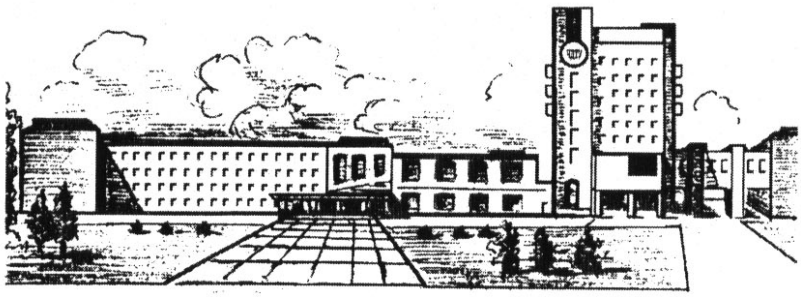
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



В І С Н И К

ЧЕРНІГІВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

СЕРІЯ «ТЕХНІЧНІ НАУКИ»

№ 42

Чернігів 2010

Міністерство освіти і науки України

УДК 62/69+004
30/35
В 53

Головний редактор:
Пилипенко О.І., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри основ конструювання машин
Редакційна колегія:
Кальченко В.В., доктор технічних наук, професор, заст. гол. редактора;
Дубенець В.Г., доктор технічних наук, професор;
Чередніченко П.І., доктор технічних наук, професор;
Кальченко В.І., доктор технічних наук, професор;
Скоробогатова В.І., доктор технічних наук, професор;
Павловський В.І., кандидат технічних наук, доцент;
Болотов Г.П., доктор технічних наук, доцент;
Сиза О.І., доктор технічних наук, професор;
Дудла І.О., доктор технічних наук, доцент;
Харченко Г.К., доктор технічних наук, професор;
Волков І.В., доктор технічних наук, професор;
Сенько В.І., доктор технічних наук, професор.
Рецензенти:
Д-р техн. наук Анохін С.В.;
д-р техн. наук Антощук С.Г.;
д-р техн. наук Бурачек В.Г.;
д-р техн. наук Зенкін А.С.;
д-р техн. наук Іванишин В.А.;
д-р техн. наук Іванова І.М.;
д-р техн. наук Ковалко М.П.;
д-р техн. наук Козирський В.В.;
д-р техн. наук Нікітенко Ю.Г.;
д-р техн. наук Параска Г.Б.;
д-р техн. наук. Парняков С.С;

Друкується за рішенням вченої ради університету (протокол № 6 від 25.05.2010). Статті надруковано в авторській редакції.

В 42 Вісник Чернігівського Державного технологічного університету.
Збірник. – Чернігів: ЧДТУ, 2010. – № 42. – 356 с.

Заснований у 1996 році. Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №14994-3966 ПР від 27.02.2009 р.

Вісник ЧДТУ включено до Переліку № 3 наукових фахових видань ВАК України
ISBN 978-966-7496-32-6
© Вісник Чернігівського державного технологічного університету, 2010

Вельмишановні колеги,

в цьому 2010 році наш вищий навчальний заклад IV (вищої) категорії – Чернігівський державний технологічний університет (ЧДТУ) – святкує 50-ту річницю свого народження. З цієї нагоди хотів би привітати Вас і подякувати Вам за Вашу участь і представлені наукові статті. В світовому вимірі мабуть це не якась суттєва річниця, але для наших умов це – великий період. Ми хочемо представити тут результати дослідних робіт провідних вчених, а також початківців у цьому благородному і непростому виді людської діяльності − в галузі технічних наук з метою отримати можливість побачити сьогочасну ситуацію в цій важливій для нашого господарства галузі.

Цей Вісник ЧДТУ, серія Технічні науки, який Ви тримаєте в руках, був заснований у 1996 році, тобто ще в минулому столітті, в скромному форматі А5, спочатку це була серія Машинобудування, електроніка, потім додалися Механохімія та інші галузі знань. Вісник друкувався тільки державною мовою і входив до Переліку № 3 наукових фахових видань Вищої Атестаційної Комісії (ВАК) України. Таким чином, друкуючись у нашому виданні, багато хто з аспірантів і пошукачів змогли захистити кандидатські і докторські дисертації, а промисловість − отримати певну наукову і технологічну підтримку. Першим головним редактором цього видання до 1999 року був перший професор нашого ВНЗ, доктор технічних наук Зіневич Володимир Дорофійович. З року в рік ми, тобто редакційна колегія, яка складалася з провідних вчених, і автори цього видання наполегливо працювали над вдосконаленням цього збірника наукових праць, з часом у нас почали друкуватись вчені з інших вищих навчальних закладів та науково-дослідних інститутів.

З огляду на те, що в останній час до нас надходили прохання з інших регіонів нашої країни і з інших країн опублікувати статті російською та англійською мовами, було прийняте рішення піти назустріч цим побажанням. Як відомо, офіційними мовами Організації Об'єднаних Націй є російська, англійська, французька, іспанська, китайська і арабська мови. Отже, з цього номера Вісника ми офіційно домоглися права друкуватися, крім державної, ще і на двох мовах ООН. Формат з цього номера видання збільшується до А4, а обкладинка набуває більш привабливого вигляду з зображенням одного з корпусів нашого університету. Наше видання було чи не єдиним такого роду, що друкувалося без будь-якої оплати авторами з початку його заснування і до № 40 2009 р., але в умовах, що склалися, такого, на превеликий жаль, ми собі дозволити більше не можемо. Щодо оформлення статей, то з огляду на побажання їх авторів ми відмовилися від шаблону і спростили шрифти, звівши їх до єдиного – Times New Roman. Принагідно запрошуємо колег до надсилання нам своїх статей на будь-якій з трьох мов і більш широкої співпраці.

В результаті колективних зусиль ми видаємо цей номер Вісника ЧДТУ, серія Технічні науки, що охоплює 50 статей. Окрім статей співробітників нашого університету, в цьому номері друкуються статті наших колег з Київського, Харківського та Одеського національних політехнічних університетів, Запорізького, Кіровоградського, Кременчуцького, Луцького, Хмельницького, Черкаського національних технічних (технологічних) університетів, національного університету біоресурсів і природокористування, Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона, Інституту математичних машин, Інституту землевпорядкування та інформаційних технологій при НАНУ, науково-

дослідного інституту «Квант-Радіолокація», державного інституту економіки і управління, Львівської комерційної академії.

Звичайно, цей номер Вісника міг би бути ще більшим (товстішим), а деякі статті можливо більш якісними, але зовнішні рецензенти (див. с. 2) вирішили так, як тут представлено. Статті розсортовані (а з цього номера так буде і надалі) згідно подібних дослідних тем за рубриками (які можуть змінюватись в залежності від тематики представлених статей): Механіка, Технології автотранспорту, Технології обробки матеріалів, Технології зварювання, Комп'ютерні технології, Технології легкої та харчопереробної промисловості.

Вважаю, що всі прийняті статті розкривають проаналізовані теми ясно і систематично на високому науковому і професійному рівні, отже вони мали право бути виданими в цьому Віснику. Маю надію, що Ви будете часто читати і вивчати це видання з великим задоволенням, так же, як і я роблю це вже 10 років (ще один ювілей), створюючи його інформаційне наповнення, працюючи і коректором, і технічним і головним редактором в одній особі. Комп'ютерний макет ретельно готує к.т.н. С.В. Бойко. Ваші зауваження і побажання щодо цього видання будуть нами з вдячністю прийняті і по можливості враховані задля подальшого його вдосконалення.

З глибокою повагою і вдячністю, Головний редактор, завідувач кафедри основ конструювання машин, д.т.н., професор Олег І. Пилипенко.

Чернігів, 16.07.10.

Зміст

ПЕРЕДМОВА **3**

РОЗДІЛ І. МЕХАНІКА **9**

1 **Фадеев А.В.** **9**
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УНИФИЦИРОВАННОГО КОРПУСА УСТАНОВОЧНО-ЗАЖИМНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ

2 **Рогоза О.В., Тепла Т.М.** **17**
МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПОНЯТТЯ МАСИ В КУРСІ ФІЗИКИ

3 **Грицюк В.Ю.** **21**
РОЗРАХУНОК БАЛКИ НА ПРУЖНІЙ ОСНОВІ НА ПОПЕРЕЧНИЙ УДАР

4 **Ігнатенко А.С.** **25**
НЕСТАЦІОНАРНІ КОЛИВАННЯ КОНІЧНОЇ ОБОЛОНКИ З В'ЯЗКОПРУЖНОГО МАТЕРІАЛУ, АРМОВАНОГО ВОЛОКНАМИ

5 **Пилипенко О.І., Максименко В.А.** **31**
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРИВОДА З ЛАНЦЮГОВОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ

6 **Пилипенко О.І.** **35**
ДИНАМІКА БАГАТОМАСОВОЇ ЛАНЦЮГОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ПІД ЧАС УСТАЛЕНОГО РЕЖИМУ ЇЇ РОБОТИ

7 **Черніков Б.І.**, **Барбаш М.І.** **45**
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ТЕХНІЧНИХ ФОРМ З ВРАХУВАННЯМ УТВОРЕННЯ СВІТЛОВОЇ ЛІНІЇ

РОЗДІЛ ІІ. ТЕХНОЛОГІЇ АВТОТРАНСПОРТУ **49**

8 **Кальченко В.І., Кальченко В.В., Венжега В.І., Кологойда А.В.** **49**
НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ РОЗПОДІЛЬЧИХ ВАЛІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

9 **Кальченко В.І.**, **Венжега В.І.**, **Рудик А.В., Пасов Г.В.** **59**
АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

10 **Кальченко В.В.**, **Веремей Г.А.** **66**
ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОНТАКТА СОЕДИНЕНИЯ «КЛАПАН – СЕДЛО» ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА В ДВИГАТЕЛЕ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

11 **Міщенко М.В.,Чуприна В.М., Пасов Г.В.** **74**
АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ І ПІДТРИМКА РІВНЯ ЕЛЕКТРОЛІТУ В АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЯХ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

12 **Хоменко І.М., Кобринець А.К.** **79**
ПРО РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ МАСТИЛА ПРИ ЗНОШУВАННІ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ АВТОТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

13 **Сахно Ю.О., Сахно Є.Ю., Шевченко Я.В.** **85**
ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА КОРІННІ ШИЙКИ КРИВОШИПА

14 **Барановський Д.М., Драгобецький В.В.** **93**
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛІВ І ТЕРМІНІВ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

15 **Пасов Г.В., Чуприна В.М., Міщенко М.В.** **98**
ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ЗАПОРІЗЬКОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ЗАВОДУ ТА ЙОГО ПЕРСПЕКТИВИ

РОЗДІЛ ІІІ. ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ **106**

16 **Чуприна В.М., Говоруха О.М., Гуменник Ю.М.** **106**
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТИПОВИХ КОМПОНОВОК ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

17 **Федориненко Д.Ю.** **116**
ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕГУЛЬОВАНИХ ШПИНДЕЛЬНИХ ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОР

18 **Федориненко Д.Ю.**, **Бойко С.В.** **122**
КОМПЕНСАЦІЯ ДЕФОРМАЦІЙ РЕГУЛЬОВАНОЇ ГІДРОСТАТИЧНОЇ ВТУЛКИ В АКСІАЛЬНОМУ НАПРЯМКУ ПІДШИПНИКА

19 **Рудик А.В.** **128**
ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ШАРУ, ЩО ЗРІЗАЄТЬСЯ КРОМКОЮ ОРІЄНТОВАНОГО АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

20 **Мамонтова Л. С.** **136**
ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ТА НАПРЯМКУ ТЕЧІЇ ВОДНОГО ПОТОКУ

РОЗДІЛ IV. ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ І ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ **144**

21 **Болотов Г.П.**, **Болотов М.Г.** **144**
ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ПРИ ДИФУЗІЙНОМУ ЗВАРЮВАННІ У ВАКУУМІ

22 **Зяхор І.В.** **148**
ФОРМУВАННЯ З'ЄДНАНЬ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ТЕРТЯМ ЖАРОМІЦНОГО СПЛАВУ ЖС3-ДК ІЗ СТАЛЛЮ 40Х

23 **Дудла І.О.**, **Ганєєва Т.В.**, **Новомлинець О.О.** **156**
ДО ПИТАННЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ АЛЮМІНІЮ І ЙОГО СПЛАВІВ ТА ПРОБЛЕМИ ЇХ ЗВАРЮВАННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

24 **Буйний Р.О.**, **Марич Б.О.** **162**
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СТРУМІВ В ЕКРАНАХ ОДНОФАЗНИХ КАБЕЛІВ З ІЗОЛЯЦІЄЮ ІЗ ЗШИТОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ

25 **Варинская Л.А**. **167**
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ВЕТРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

26 **Замулко А.І., Солоха Ю.В., Бовкун Я.В.** **176**
ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ УКРАЇНИ

РОЗДІЛ V. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ **182**

27 **Риндич Є.В., Казимир В.В.** **182**
ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ЗАХИЩЕНОГО ГОЛОСОВОГО КОНФЕРЕНЦ ЗВ'ЯЗКУ НА БАЗІ ПРОТОКОЛУ IP

28 **Бичко В.А., Цулун А.І.** **191**
ОСОБЛИВОСТІ ТРИВИМІРНОГО СКАНУВАННЯ ПОВЕРХНІ ФІЗИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

29 **Стасюк С.С.**, **Свирепов С.В.** **198**
КРОСПЛАТФОРМЕНА ЗАХИЩЕНА РОЗШИРЮВАНА СИСТЕМА ВІДДАЛЕНОГО АДМІНІСТРУВАННЯ КОМП'ЮТЕРІВ

30 **Бурачек В. Г., Зацерковний В. І., Беленок В. Ю.** **204**
АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

31 **Кривоберець С. В., Сімакін Ю. С.** **213**
МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ БАГАТОКОРИСТУВАЦЬКОЇ ОБРОБКИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ РЕГІОНУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОПОРТАЛІВ

32 **Бивойно П.Г., Лукін О.В., Навозенко В.М.** **222**
СИСТЕМА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

33 **Ігнатенков М.А., Торгонський В.В.** **229**
ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ АЛГОРИТМІВ СИГНАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НА ПЛІС

34 **Лукін О.В.**, **Попело А.А.** **235**
СИСТЕМА МАРШРУТИЗАЦІЇ ВИСОКОЯКІСНИХ ЗВУКОВИХ ПОТОКІВ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

35 **Сорокін А.Ю.** **242**
ОПТИМАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ РОЗШИРЕННЯ СПЕКТРА РАДІОСИГНАЛУ НА ОСНОВІ ШВИДКИХ СТРИБКІВ ЧАСТОТИ З БЕЗПЕРЕРВНОЮ ФАЗОЮ

36 **Криськов О.Д., Іваник І.М., Щербина К.К.** **247**
РОБОЧІ ПОЛЯ ПРОГРАМОВАНОГО ЕЛЕМЕНТАРНОГО МОДУЛЯ TECHNOLOGICHNASOBIVARTIST ТА СТРУКТУРА ECONOMIK

37 **Кунгурцев О.Б., Лещенко О.О., Зіноватна С.Л.** **253**
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ З УРАХУВАННЯМ ДЕФІЦИТУ РЕСУРСІВ І ПРІОРИТЕТІВ

38 **Єфіменко Н. А., Портянко Т. М., Білан М. О.** **260**
МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЦЕСНОГО УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ЯКОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

РОЗДІЛ VI. ТЕХНОЛОГІЇ ЛЕГКОЇ ТА ХАРЧОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ **265**

39 **Karmalita A.K., Yakymchuk D.M.** **265**
INVESTIGATION OF ENERGETIC PARAMETERS OF ELECTRO-HYDRAULIC PRESS EQUIPMENT

40 **Сємака О. М., Іванова Ю. В., Ярошенко О. О.** **270**
ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ АСПЕКТІВ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

41 **Победаш М.М., Дудла І.О.** **275**
ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АРБОЛІТУ В ПОРІВНЯННІ З ІНШИМИ БУДІВЕЛЬНИМИ СТІНОВИМИ МАТЕРІАЛАМИ

42 **Пушкар Г.О.**, **Семак Б.Д.**, **Дудла І.О.** **280**
ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СТАНДАРТИЗАЦІЇ КИЛИМОВИХ ПОКРИТЬ ДЛЯ ПІДЛОГИ І СТІН

43 **Яковенко А.М., Соболь О.М., Дудла І.О.** **285**
ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ПОКРАЩЕННЯ СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОВНЯНИХ ТКАНИН ПРИ ВИКОРИСТАННІ У ЗМІСКУ ХІМІЧНИХ ВОЛОКОН

44 **Дудла І.О.**, **Хребтань О.Б.** **290**
ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПАЛЬТОВИХ ВОВНЯНИХ ТКАНИН ЗІ СПЕЦІАЛЬНОЮ ОБРОБКОЮ

45 **Беднарчук М.С.** **296**
БАЗОВІ ЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПІДОШВИ ОСІННЬО-ЗИМОВОГО ВЗУТТЯ ДЛЯ МОЛОДІ

46 **Дудла І.О., Голодюк Г.І.** **302**
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ЯКОСТІ АЛКІДНИХ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ

47 **Дудла І.О.**, **Коробка А.М.** **308**
СУЧАСНИЙ СТАН ТА КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ЛЬОНАРСЬКОГО ПІДКОМПЛЕКСУ ЧЕРНІГІВСЬКОГО РЕГІОНУ

48 **Семак Б.Б.** **314**
РОЛЬ РОСЛИННИХ БАРВНИКІВ У ФОРМУВАННІ АСОРТИМЕНТУ ЕКОТЕКСТИЛЮ

49 **Дудла І.О., Кучинська А.М.** **320**
ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

50 **Денисенко Т.М.**, **Хребтань О.Б.** **325**
ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ МОРОЖЕНОГО РИБНОГО ФІЛЕ, ЩО РЕАЛІЗУЄТЬСЯ В РОЗДРІБНІЙ ТОРГІВЛІ М. ЧЕРНІГОВА

АНОТАЦІЇ **330**

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ **353**

МЕХАНІКА

УДК 621.9

А.В. Фадеев, канд.техн.наук

Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков, Украина

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УНИФИЦИРОВАННОГО КОРПУСА УСТАНОВОЧНО-ЗАЖИМНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ

Рассмотрен принцип агрегатирования за счет унификации элементной базы установочно-зажимных приспособлений

Постановка проблемы

Необходимость сокращения сроков проектирования и изготовления технологической оснастки высокопроизводительного агрегатированного технологического оборудования как основы сокращения сроков подготовки производства при смене объектов производства делает актуальной задачу поиска путей повышения технико-экономического уровня и эффективности проектирования и изготовления оснастки. Одним из направлений решения данной научно-технической задачи следует считать дальнейшее развитие принципа агрегатирования за счет унификации элементной базы установочно-зажимных приспособлений (УЗП).

Цель работы: необходимость разработки сборочного комплекта унифицированных деталей УЗП компоновочной схемы с пневмоприводом, двухсторонним клином и плунжерно-рычажным механизмом зажима была обоснована производственной необходимостью ГП ХМЗ «ФЭД».

Основной материал исследований

При выборе компоновочной схемы в качестве объекта унификации была учтена универсальность компоновки УЗП с механизмом двухстороннего клина. Возможность применения любой схемы базирования с возможностью варьирования усилием зажима за счет изменения передаточных отношений клино-рычажного механизма определили приоритет данной компоновки. Общая модель компоновки показана на рис. 1.

В результате проведенной унификации определена компоновочная схема корпуса (рис. 2). Габаритные размеры корпуса (ширина и высота) подчиняются десятичному ряду предпочтительных чисел

$B=\{100; 125; 160; 200; 250; ...\}$, $H=\{100; 125; 160; 200; 250; ...\}$.

Длина корпуса определяется длиной направляющей втулки клина и равна

$$L=\{125; 160; 200; 250; ...\}.$$

Корпус УЗП является ответственной частью конструкции, воспринимающей все прикладываемые нагрузки от элементов узла зажима и все усилия резания при обработке детали. От прочности, жесткости и устойчивости корпуса УЗП к воздействию внешних нагрузок зависит точность обработки и надежность закрепления детали.

Для теоретического исследования напряженно-деформированного состояния корпуса УЗП используем метод конечных элементов (МКЭ). Данный метод широко применяется в технике числовых методов решения задач теории упругости благодаря таким свойствам, как универсальность и хорошая алгоритмизация. При использовании МКЭ для решения задачи о напряженно-деформированном состоянии корпуса УЗП сплошное упругое тело заменяется совокупностью отдельных конечных элементов, связанных между собой в узловых точках. Между узловыми усилиями $\{R\}$ и узловыми пере-

мещениями *{q}* существует зависимость:

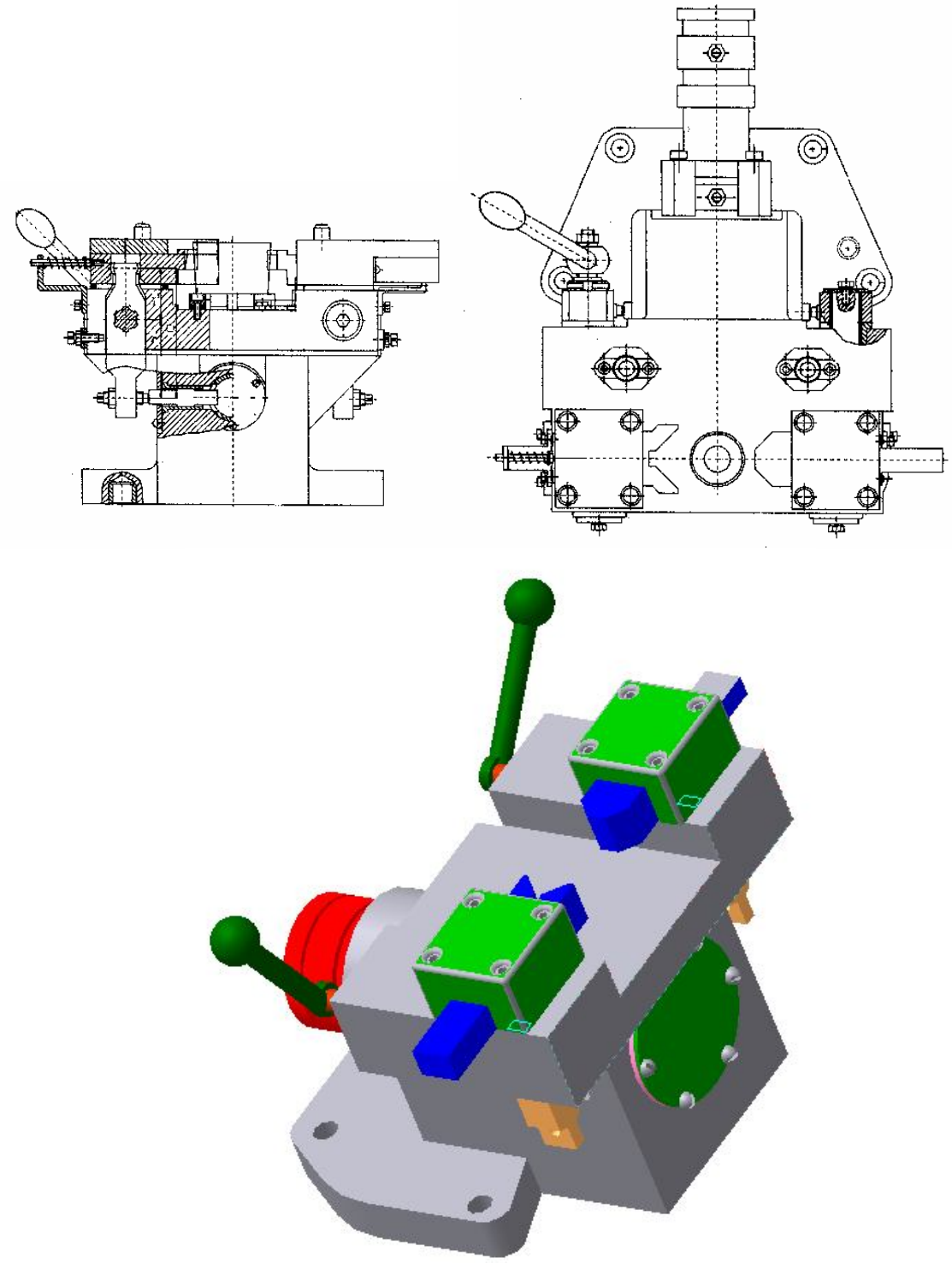


Рис. 1. Компоновка УЗП, подлежавшего унификации

$$\{R\}=[K]\{q\},$$

где *{R}* и *{q}* – векторы узловых усилий и перемещений; [K] – матрица жесткости, определяющая жесткостные свойства рассматриваемого элемента.

Полный цикл анализа напряженно-деформированного состояния корпуса УЗП с помощью расчетного программного комплекса COSMOSWorks2006 включает следующие этапы:

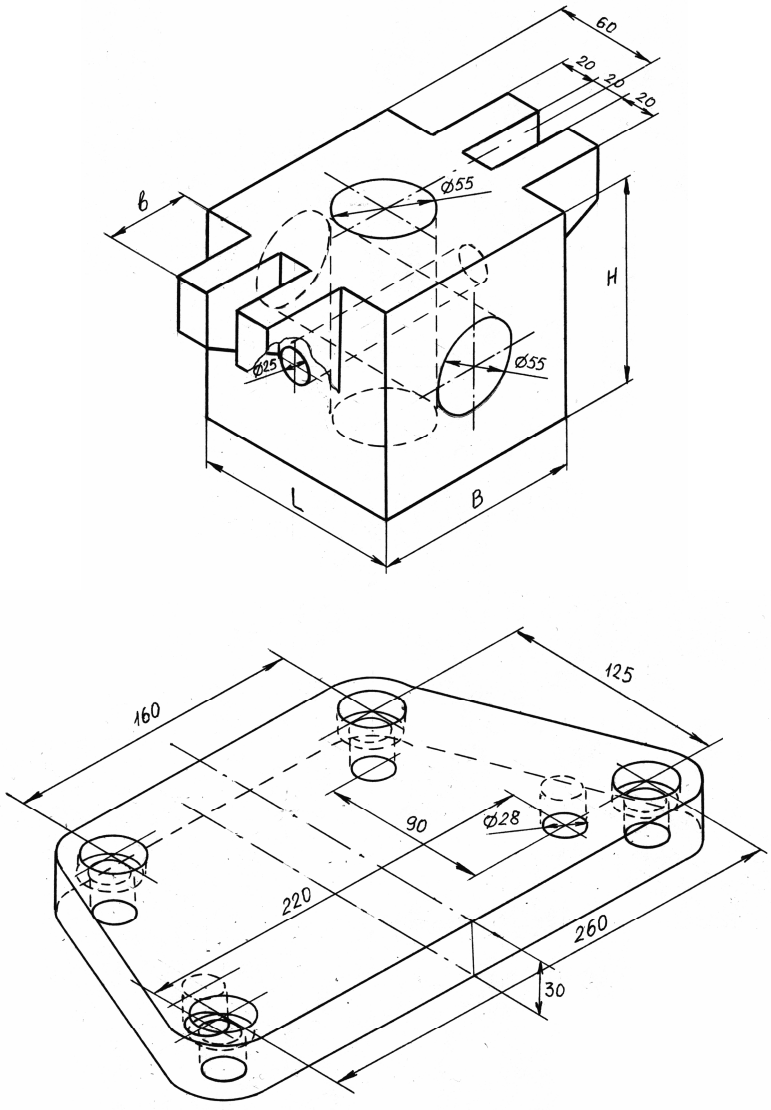


Рис. 2. Компоновочная схема корпуса и основания УЗП

- Разработка геометрической твердотельной модели.

Геометрическая модель корпуса УЗП создана с помощью средств, базирующихся на геометрическом ядре твердотельного моделирования. Разработанная твердотельная модель учитывает всю геометрию реальной конструкции (рис.3)

- Задание характеристик материала

No.	Имя детали	Материал	Масса	Объем
1	Деталь 1	[SW]Серое литое железо	19.5115 kg	0.00270993 м^3

- Разбиение геометрической модели на конечные элементы

Генерация конечно-элементной сетки выполнена автоматически с использованием опций управления их параметрами, позволяющими установить размер конечного элемента. Геометрия корпуса описана сеткой тетраэдральных конечных элементов, количество которых составляет 31229

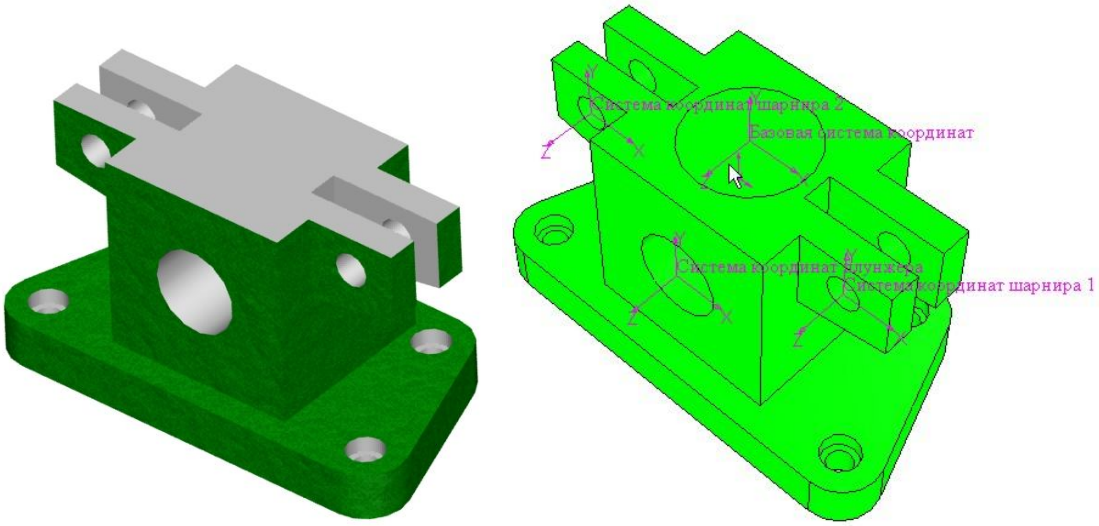


Рис. 3. Компоновка УЗП и модель корпуса

Информация о сетке	
Тип сетки:	Сетка на твердом теле
Используемое слияние:	Стандартный
Автоматический переход:	Выкл
Сглаживание поверхности:	Выкл
Якобиева проверка:	Нет
Размер элемента:	8.3667 mm
Допуск:	0.41834 mm
Качество:	Высокое
Количество элементов:	31229
Количество узлов:	48336

- Задание граничных условий, накладываемых на корпус УЗП, и формирование системы нагружения

После создания конечно-элементной сетки заданы граничные условия, роль которых при статическом расчете выполняет закрепление корпуса.

Ограничение		
Ограничение-1 <Деталь1>	вкл **1 Грани** с параметром перемещение **0 mm** перпендикулярно грани.	Последовательная загрузка
Описание:		
Ограничение-2 <Деталь1>	вкл **2 Грани** с параметром перемещение **0 m** вдоль радиальн.	Последовательная загрузка

На корпус в процессе зажима детали действуют следующие нагрузки: на верхнюю грань распределенная нагрузка от базовой детали к которой, в свою очередь приложено

усилие зажима 6000 Н (максимально развиваемая сила приводом и клино-плунжерно-рычажным механизмом зажима); на опорные отверстия осей рычагов сосредоточенная нагрузка 2000 Н.

Нагрузка		
Сила-1 <Деталь1>	вкл **1 Грани** приложение нормальной силы **60000 N,** используя равномерное распределение	Последовательная загрузка
Описание:		
Рабочие нагрузки-1 <Деталь1>	Направленная рабочая нагрузка вкл **1 Грани** применить силу **2000 N** вдоль направления X с параметром Система координат шарнира 1	Последовательная загрузка
Описание:		
Рабочие нагрузки-2 <Деталь1>	Направленная рабочая нагрузка вкл **1 Грани** применить силу **2000 N** вдоль направления X с параметром Система координат шарнира 1	Последовательная загрузка
Описание:		
Рабочие нагрузки-3 <Деталь1>	Направленная рабочая нагрузка вкл **1 Грани** применить силу **-2000 N** вдоль направления X с параметром Система координат шарнира 2	Последовательная загрузка
Описание:		
Рабочие нагрузки-4 <Деталь1>	Направленная рабочая нагрузка вкл **1 Грани** применить силу **-2000 N** вдоль направления X с параметром Система координат шарнира 2	Последовательная загрузка
Описание:		

- Моделирование напряженно-деформированного состояния

Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния проиллюстрированы на рис.4-6

Расчет перемещений под действием нагрузок:

Имя	Тип	Мин	Место	Макс	Место
Построение1	URES:Результирующее перемещение	6.26816e-009 m Узел: 396	(-41.5 mm, -30 mm, 82.5 mm)	3.04791e-005 m Узел: 1121	(62.5 mm, 125 mm, 57.2051 mm)
Построение2	UX: Перемещение X	-0.00936568 mm Узел: 40012	(-18.75 mm, 73.125 mm, 67.5 mm)	0.00936371 mm Узел: 1042	(140 mm, 72.5 mm, 47.5 mm)
Построение3	UY:Перемещение Y	-0.0304756 mm Узел: 1121	(62.5 mm, 125 mm, 57.2051 mm)	0.00189198 mm Узел: 631	(-60 mm, 125 mm, 87.5 mm)
Построение4	UY:Перемещение Y	-0.0304756 mm Узел: 1121	(62.5 mm, 125 mm,	0.00189198 mm	(-60 mm, 125 mm,

			57.2051 mm)	Узел: 631	87.5 mm)
Построе-ние5	UX: Перемеще-ние X	-0.00936568 mm Узел: 40012	(-18.75 mm, 73.125 mm, 67.5 mm)	0.00936371 mm Узел: 1042	(140 mm, 72.5 mm, 47.5 mm)
Построе-ние6	UY:Перемещение Y	-0.0304756 mm Узел: 1121	(62.5 mm, 125 mm, 57.2051 mm)	0.00189198 mm Узел: 631	(-60 mm, 125 mm, 87.5 mm)

Определение усилий сжатия:

Имя	Тип	Мин	Место	Макс	Место
Построение1	VON: уси-лие Von Mises	0.00631627 N/mm^2 (MPa) Узел: 34573	(-71.8677 mm, 0 mm, 119.026 mm)	53.9135 N/mm^2 (MPa) Узел: 55	(90 mm, 62.5 mm, 70 mm)

Расчет напряжений :

Имя	Тип	Мин	Место	Макс	Место
Построение1	ESTRN: Экви-валентное на-пряжение	1.29581e-007 Элемент: 23100	(199.185 mm, -1.875 mm, 116.975 mm)	0.000554285 Элемент: 21612	(91.5179 mm, 65.1217 mm, 70.641 mm)

Расчет деформаций:

Эпюра No.	Коэффициент масштаба
1	918.74

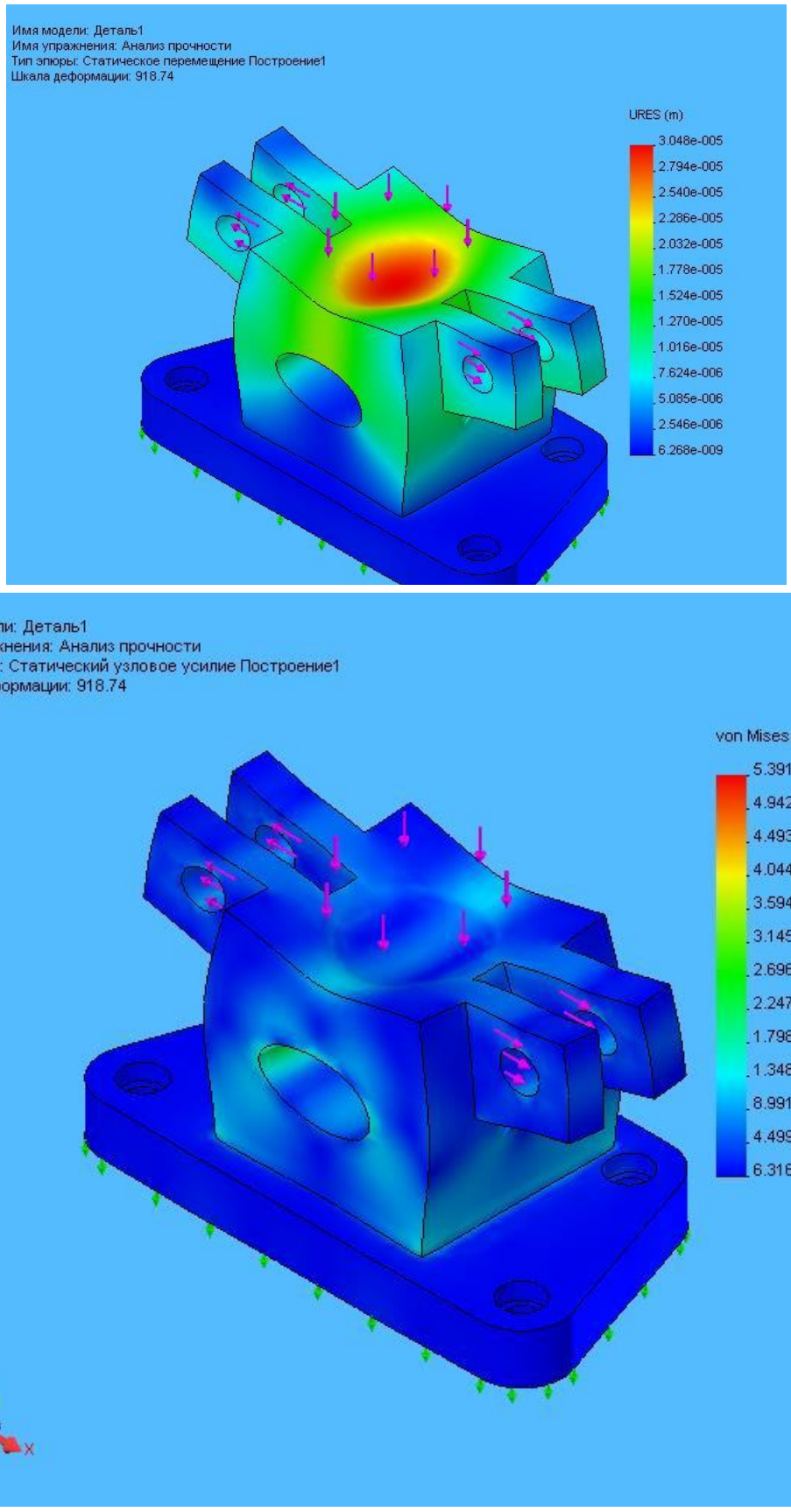


Рис. 4. Анализ усилий сжатия корпуса УЗП

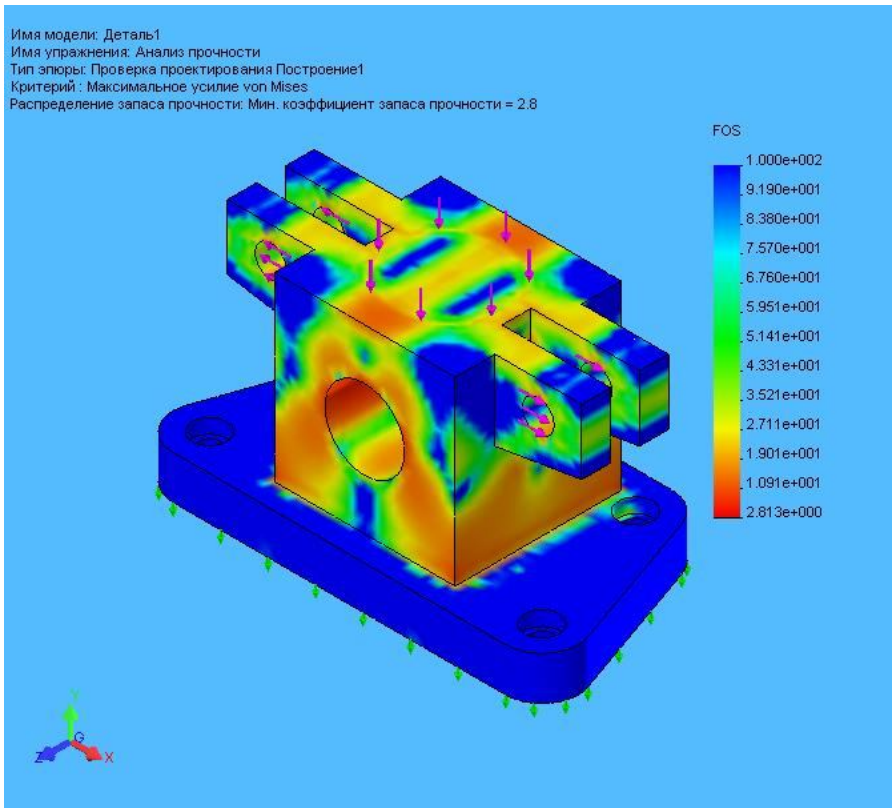


Рис. 5. Анализ коэффициента запаса прочности корпуса УЗП

Выводы

В результате проверки установлено, что при максимальной нагрузке 6000 Н минимальный коэффициент запаса прочности составляет 2,8 при распределении, показанном на рис. 5.

Из полученных результатов моделирования вытекает, что наибольшие напряжения возникают в элементах корпуса на поверхности центрального отверстия под направляющую втулку и двусторонний клин. При этом происходит деформирование отверстия по оси Y (в вертикальном направлении) на 0,02 мм и по оси X (в горизонтальном направлении) на 0,007 мм. Деформация по верхней грани корпуса, на которой размещаются элементы базирования детали, составляет 0,019 мм, что может считаться допустимым для значений погрешности закрепления детали.

Список литературных источников

1. Агрегатные станки средних и малых размеров /Ю.В. Тимофеев, В.Д. Хицан, М.С. Васерман, В.В. Громов /Под общ. ред. Ю.В. Тимофеева. – М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.

2. Схиртладзе А.Г., Новиков В.Ю. Станочные приспособления: Учеб. пособие для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 2001. – 110 с.

УДК 531.422
О.В. Рогоза, канд. фіз-мат. наук
Т.М. Тепла, асистент

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПОНЯТТЯ МАСИ В КУРСІ ФІЗИКИ

Зроблений огляд сучасної навчальної літератури з методологічних проблем формування поняття маси в курсі фізики. Підкреслені важливі сторони цього поняття, які повинні знати студенти.

Вступ

Матеріал про поняття маси і методи її вимірювання студентам починає викладатись при вивченні розділу «Механіка» курсу загальної фізики. З цим поняттям студенти зустрічаються при вивченні всіх наступних розділів. Це поняття має глибоке методологічне значення, необхідне для розуміння сучасної фізичної картини світу, є узагальненням найважливіших результатів фізичних теорій – механіки, термодинаміки, електродинаміки, теорії відносності, квантової механіки і часто зустрічається як фундаментальне поняття в усьому курсі фізики. Глибоке філософське поняття маси обумовлене його тісним зв‘язком з поняттями матерії, руху, простору, часу. Про складну структуру поняття маси свідчать багатогранність цього поняття: міра інертності, міра тяжіння, міра енергії тіла, характеристика залежності властивостей тіл від умов взаємодії («поздовжня» і «поперечна» маса), характеристика структурних зв‘язків елементарних частинок («дефект маси»), міра кількості частинок у тілі (класичний атомізм, хімія), коефіцієнт пропорційності у рівняннях, що описують різні процеси (математичний бік поняття).

Аналізу цієї проблеми присвячена велика кількість робіт.

Методи та результати

Поняття маси було введене у фізику Ньютоном. На основі атомістичних уявлень воно розглядалось як «кількість матерії в тілі». Ньютон користувався і більш загальним трактуванням маси як міри матерії. Методологічно було б невірним ньютонівське поняття маси вважати в усіх відношеннях просто помилковим. Його історична відносність повинна розглядатись у плані розвитку наукових понять, у плані відкриття їх глибокого зв‘язку.

У сучасній навчальній літературі поняття маси вживається не однозначно.

Зокрема, в [1] «Мірою інертності тіла є фізична величина, яка називається інертною масою, або просто масою. Маса тіла визначається відношенням сили, що діє на тіло, до прискорення, якого набуває тіло. У теорії відносності встановлено, що маса тіл залежить від швидкості, а саме

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \qquad (1)$$

де v – швидкість руху тіла;

m_0 – маса тіла при $v = 0$, тобто маса спокою;

c – швидкість світла у вакуумі.

Маса – величина адитивна, тобто маса системи тіл дорівнює сумі їх мас».

Про масу, що залежить від швидкості, мова іде також і у ряді інших підручників та навчальних посібників, наприклад, [2,3].

Поняття «релятивістська маса» вже багато років не використовується у наукових роботах і у більшості навчальної літератури з теоретичної фізики, а от у підручниках з курсу загальної фізики це поняття продовжує широко використовуватись.

На відміну від цієї точки зору, у [4] говориться, що: «…В якості міри інертності в механіці вводиться позитивна скалярна величина m – маса тіла. Маса тіла − величина постійна, що не залежить ні від стану руху тіла, ні від його місцезнаходження у просторі, ні від того, діють на нього інші тіла чи не діють».

Тобто, маса тіла, що знаходиться у стані спокою, буде однією і тією ж, де б це тіло не знаходилось − у міжпланетному просторі, чи на будь-якій планеті. Корисно звернути увагу на ту обставину, що визначаючи масу шляхом зважування на терезах, ми у будь-якому місці одержуємо завжди один і той же результат.

При вивченні елементів релятивістської динаміки у навчальному посібнику [5] підкреслюється, що інертність частинки за напрямом швидкості відрізняється від її інертності у напрямі, перпендикулярному швидкості, на що важливо наголосити студентам. Зокрема, як виходить з експерименту по вивченню руху заряджених елементарних частинок,

$$\frac{F_n}{a_n}=\frac{const}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \tag{2}$$

$$\frac{F_\tau}{a_\tau}=\frac{const}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{2}{3}}}, \tag{3}$$

де F_n, a_n − відповідно сила і прискорення, перпендикулярні напряму швидкості,

F_τ, a_τ – відповідно сила і прискорення, що колінеарні дотичній до траєкторії.

Релятивістська форма рівняння руху

$$\frac{d\left(m\vec{v}\right)}{dt}=\vec{F}, \tag{4}$$

де m - релятивістська маса або просто маса (1),

m_0 – маса спокою,

$\vec{v}$ – швидкість тіла у тій системі відліку, в якій обчислюється імпульс.

У релятивістському випадку напрям сили і прискорення не збігаються. З вектором сили $\vec{F}$ збігається за напрямом вектор зміни імпульсу $d\left(m\vec{v}\right)$. Релятивістська маса, як і нерелятивістська, характеризує інертність матеріальної точки. Різниця між ними тільки у тому, що інертність матеріальної точки у релятивістському випадку залежить від швидкості, а у нерелятивістському – цією залежністю можна знехтувати.

Поняття релятивістської маси з кожним роком відіграє все меншу роль у викладанні теорії відносності. Автор [6] приводить цитату з листа Ейнштейна, написаного у 1948 р.: «Недобре вводити поняття маси тіла

$$m=\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}},$$

для якого не можна дати ясного визначення. Краще не вводити ніякої іншої маси, крім «маси спокою» m_0. Замість того, щоб вводити m, краще привести вираз для імпульсу і

енергії рухомого тіла.» Маси, що залежить від швидкості, нема і в роботах А.Ейнштетейна [7].

Не вдаючись у дискусію з проблеми маси, відзначимо важливі у методологічному відношенні сторони формування поняття маси у курсі фізики: трактування поняття маси, зв'язок поняття маси з іншими поняттями (матерія, рух, взаємодія, простір, час, енергія та ін.), розвиток поняття маси.

Висновки

Після вивчення курсу фізики студенти повинні знати, що:

1. У теорії відносності, на відміну від механіки Ньютона, маса системи не є мірою кількості матерії. Поняття маси часто неправомірно ототожнюється з поняттям матерії, і на цій основі закон $E_0 = mc^2$ (де E_0 – енергія спокою тіла, m – його маса) трактується як закон трансмутації матерії в енергію (наприклад, В. Гейзенберг [9 с. 92] пише, що: «перетворення енергії у масу і навпаки не являє собою нічого незвичайного»).

Рівняння $E_0 = mc^2$, в принципі, не можна трактувати як можливість перетворення маси в енергію чи енергії в масу. Воно показує, що коли збільшується (зменшується) маса, то одночасно відбувається строго пропорціональне збільшення (зменшення) енергії.

У релятивістській теорії нема принципової різниці між речовиною (протонами, нейтронами, електронами) і випромінюванням (фотонами) [8]. Цілком можливо, що фотони – не єдині частинки, які мають масу спокою рівну нулю, однак, поки що такі частинки експериментально не зафіксовані.

2. У нерелятивістській теорії, чим більша маса окремих частинок (атомів), тим більша маса тіла. У релятивістській теорії, коли енергії частинок відносно великі порівняно з їх масами, маса системи частинок визначається не стільки їх числом, скільки їх енергіями і взаємною орієнтацією імпульсів. Маса тіла не дорівнює сумі мас частинок, з яких воно складається.

3. Маса ізольованої системи тіл зберігається; у число тіл необхідно включити не тільки речовину, а і випромінювання (фотони).

Наприклад, при перетворенні електрона і позитрона у фотони вся енергія і маса цих частинок перетворюється в енергію і масу фотонів. При цьому, не дивлячись на глибокі якісні перетворення маси і енергії при будь-яких реальних процесах, загальна кількість енергії і загальна кількість маси системи взаємодіючих тіл залишаються незмінними (закони збереження маси і енергії не порушуються).

4. Як і у механіці Ньютона, у теорії відносності маса тіла не змінюється при переході від однієї інерціальної системи відліку до іншої.

5. Маса тіла, що рухається з релятивістською швидкістю, не є мірою його інертності, не визначає його взаємодію з гравітаційним полем.

6. У теорії відносності маса спокою частинки є мірою енергії спокою. Масу елементарної частинки розраховують з найбільшою точністю, позаяк вона є найважливішою її характеристикою, шляхом незалежного вимірювання енергії та імпульсу з використанням формули

$$m^2 = \frac{E^2}{c^4} - \frac{p^2}{c^2}, \qquad (5)$$

де E – повна енергія тіла, p – імпульс тіла.

Список літературних джерел

1. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика: Фізичні основи механіки: Молекулярна фізика і термодинаміка: навч. посібник 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Вища шк., 1993. – 431 с.: іл.

2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 1. Механика: Учеб пособие для вузов 3-е изд. испр. и доп. – М.: Наука. Гл. ред.физ.-мат. лит., 1989. – 576 с.: ил.

3. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие. В 3-х т.: Т. 1. Механика. Молекулярная физика. 3-е изд., испр. – М.: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 432 с.: ил.

4. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учеб. пособие для втузов – М.: Высш. шк., 1989. – 608 с.: ил.

5. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности: Учеб. пособие для физ. спец. вузов. – М.: Высш. шк. 1986. – 320 с.: ил.

6. Adler C. Am. J. Phys. 1987. V. 5 P. 739.

7. Эйнштейн А. Собрание сочинений. В 4-х т.: Т. 1. – М.: Наука, 1965. – 702 с.:ил.

8. Л.Б. Окунь. Понятие массы (масса, энергия, относительность). – Ж-л «Успехи физических наук» – Т. 158, Вып. 3, 1989. – С. 511-530.

9. Гейзенберг В. Фізика і філософія. – М., ИЛ, 1963. – 132 с.

УДК 539.3:539.4

В.Ю. Грицюк, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

РОЗРАХУНОК БАЛКИ НА ПРУЖНІЙ ОСНОВІ НА ПОПЕРЕЧНИЙ УДАР

Відомий розрахунок С.П. Тимошенка поперечного удару тілом по балці узагальнюється на випадок поперечного удару тілом по шарнірно опертій балці, що лежить на пружній основі.

Вступ

Модель С.П. Тимошенка розрахунку балок на поперечний удар [1] враховує загальні деформації конструкції і місцеві деформації у зоні взаємодії тіла, що ударяє, і балки. Реалізація задачі виконується чисельно; вона досить трудомістка. Подальші дослідження були спрямовані у двох напрямках: вдосконалення методів розрахунку і застосування моделі для більш складних конструкцій. У даній роботі розглядається поперечний удар тілом по шарнірно опертій на кінцях балці, яка лежить на шарі пружної основи (рисунок 1), використовуються сучасні можливості обчислювальної техніки.

Математична модель

Силу контактної взаємодії $F(t)$ тіла і балки можна знайти з рівняння

$$d(F) = \alpha(F) + w_F(x_F, F), \qquad (1)$$

де d – вертикальні переміщення тіла;

α – вертикальні переміщення тіла, викликані контактними деформаціями у місці взаємодії тіл (тіла і балки);

w_F – вертикальні переміщення балки, що лежить на пружній основі, у місці знаходження тіла;

x_F – горизонтальна координата цього місця;

t – час.

Рівняння (1) є узагальненням відомого рівняння поперечного удару, запропонованого С.П.Тимошенком [1].

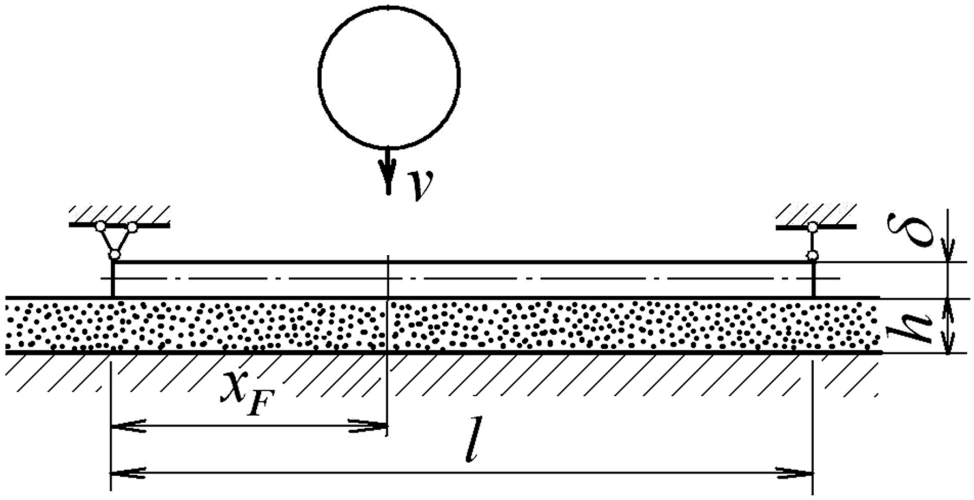


Рис. 1. Розрахункова схема

Переміщення тіла d можна визначити за допомогою формули

$$d(t) = d_0 + \dot{d}_0 t + g\frac{t^2}{2} - \frac{1}{M}\int_0^t F(t_1)(t - t_1)dt_1, \qquad (2)$$

де d_0, $\dot{d}_0$ – початкові переміщення і швидкість тіла;

g – прискорення земного тяжіння;

M – маса тіла.

Переміщення α можна визначити за допомогою статичної контактної задачі Герця.

Для розрахунку балки на пружній основі, товщина якої h, застосуємо модель, запропоновану у [2]. Якщо вважати, що вертикальні переміщення по висоті основи розподіляються за лінійним законом, то диференційне рівняння руху балки записується у вигляді

$$a_1 w'''' + a_2 w'' + a_3 w + a_4 \ddot{w} = \frac{1}{b} q(x,t), \qquad (3)$$

$$a_1 = \frac{E\delta^3}{12},\ a_2 = \frac{-E_O h}{6(1+\nu_O)},\ a_3 = \frac{E_O}{h(1-\nu_O^2)},\ a_4 = \frac{\gamma\delta}{g} + \frac{\gamma_O h}{3g}, \qquad (4)$$

де $q(x,t)$ – розподілена сила, що діє по довжині балки;

b і δ – ширина і висота балки;

w – вертикальні переміщення тіла;

E і γ – модуль Юнга і питома вага матеріалу балки;

E_O, ν_O і γ_O – модуль Юнга, коефіцієнт Пуасона і питома вага матеріалу основи.

У рівнянні (1) і штрихами позначено диференціювання за координатою x, а точками – за часом t.

Будемо враховувати розсіяння енергії у матеріалі основи. Для цього пружні характеристики цього матеріалу запишемо у комплексній формі

$$E_O = E_O \pm i\beta E_O, \qquad (5)$$

де β – коефіцієнт розсіяння енергії у матеріалі основи.

Розкладаючи переміщення і навантаження у тригонометричні ряди і застосовуючи методи операційного обчислення, одержуємо

$$w(x,t) = \sum_{m=1}^{\infty}[T_{0m}e^{-\mu_m t}\cos\omega_m t + \frac{\dot{T}_{0m}}{\omega_m}e^{-\mu_m t}\sin\omega_m t + \\ + \frac{2}{a_4 bl}\frac{\sin\alpha_m x_F}{\omega_m}\int_0^t F(t_1)e^{-\mu_m(t-t_1)}\sin\omega_m(t-t_1)dt_1]\sin\alpha_m x, \qquad (6)$$

$$\omega_m = \sqrt{\frac{a_1\alpha_m^4 - a_2\alpha_m^2 + a_3}{a_4}},\quad \mu_m = \beta\frac{a_3 - a_2\alpha_m^2}{2a_4\omega_m},\quad \alpha_m = \frac{m\pi}{l}. \qquad (7)$$

Дана модель балки на пружній основі дозволяє розглядати основу, при якій вертикальні переміщення по товщині шару основи розподіляються нелінійно.

Реалізація задачі

Рівняння (1) дозволяє визначити силу $F(t)$. Це робиться чисельно на послідовних малих кроках часу τ. Існують різні алгоритми чисельної реалізації [3]. У даній роботі

застосовувалася ступінчаста апроксимація контактної сили. На кожному кроці сила визначається методом послідовних наближень.

Реалізація задачі виконувалася за допомогою математичного пакета MathCAD. На рисунку 2 наведений фрагмент програми.

Переміщення тіла

$$d(t,F,d0,d10) := d0 + d10\cdot t + \frac{g1\cdot t^2}{2} - \frac{1}{M}\cdot\int_0^t F\cdot\left(t - t_1\right)dt_1$$

$$d1(t,F,d0,d10) := \frac{d}{dt}d(t,F,d0,d10)$$

Власні форми коливань балки

$$X(i,x) := \sin\left(\alpha_i\cdot x\right)$$

Функції часу

$$T(i,t,T0,T10,F) := e^{-\mu_i t}\cdot\left[T0_i\cdot\left(\frac{\mu_i}{\omega_i}\cdot\sin\left(\omega_i\cdot t\right) + \cos\left(\omega_i\cdot t\right)\right) ... \right] ...$$
$$\left[+\frac{T10_i}{\omega_i}\cdot\sin\left(\omega_i\cdot t\right)\right]$$
$$+\frac{2\cdot X\left(i,x_F\right)}{a4\cdot b\cdot l\cdot\omega_i}\cdot\int_0^t F\cdot e^{-\mu_i\cdot\left(t-t_1\right)}\cdot\sin\left[\omega_i\cdot\left(t-t_1\right)\right]dt_1$$

Похідні функцій часу

$$T1(i,t,T0,T10,F) := \frac{d}{dt}T(i,t,T0,T10,F)$$

Прогини балки

$$w(x,t,T0,T10,F) := \sum_{i=1}^{iG} X(i,x)\cdot T(i,t,T0,T10,F)$$

Рис. 2. Фрагмент програми

Приклад розрахунку

Розглянемо горизонтальний удар (у формулі (2) $g = 0$) сталевою кулею, радіус якої 1 см, по балці з алюмінію, ширина якої 1 см і товщина 0,1 см. Удар відбувається посередині між шарнірними опорами балки. Балка лежить на основі, виговленої з пінопласта ПХВ-1. Товщина основи 0,9 см. Коефіцієнт розсіяння енергії у матеріалі основи $\beta = 0{,}3/2\pi$.

Для опису коливань балки враховано 40 гармонік. Сила контактної взаємодії визначалася методом послідовних наближень з точністю до 2 %. Крок інтегрування τ =0,0000005 с.

На рисунку 3 наведені результати розрахунку.

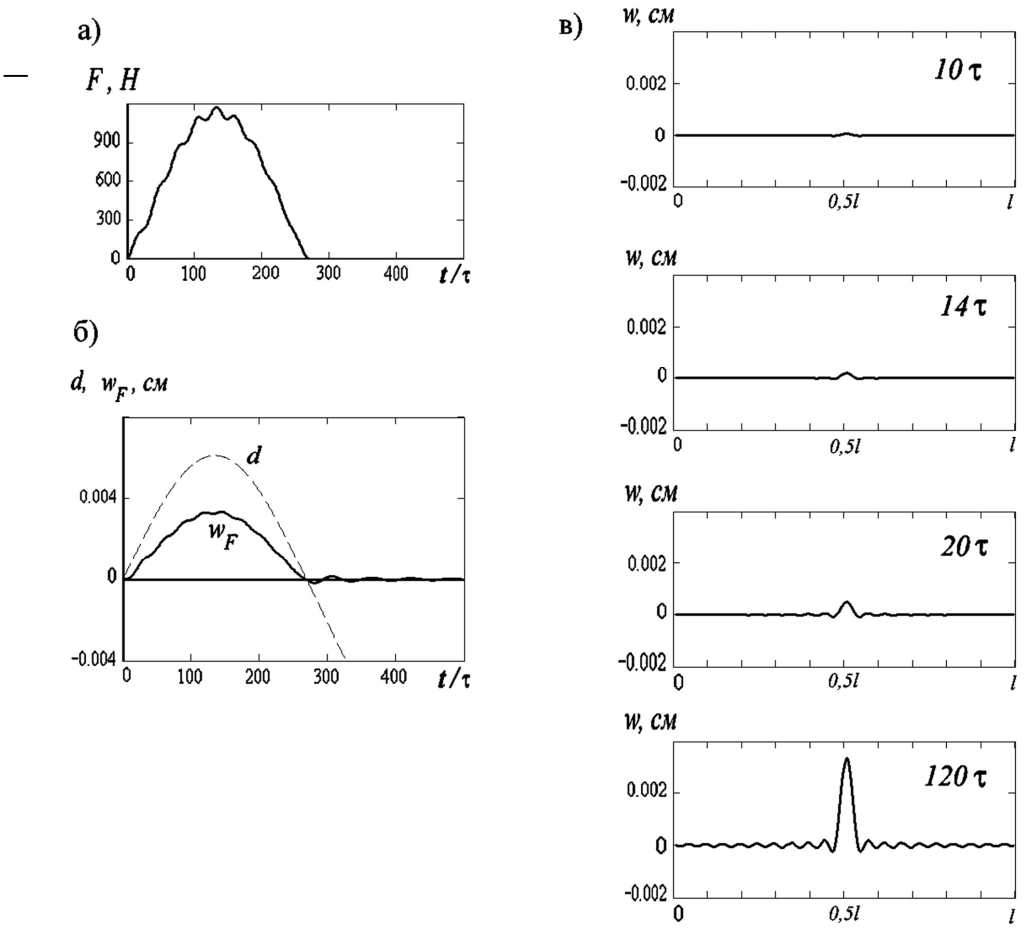


Рис. 3. Результати розрахунку

На рисунку 3,а наведена осцилограма сили контактної взаємодії кулі і балки, на рисунку 3, б – осцилограми переміщень кулі і середини балки (переміщення у напрямку удару вважаються додатніми). На рисунку в, в представлений вигляд деформованої осі балки у деякі окремі послідовні миті її руху. Цей рисунок не тільки ілюструє результати розрахунку, він також дозволяє зробити цікаві висновки.

Висновки

Виявлено, що переміщення балки, яка лежить на пружній основі і по якій відбувається удар, локалізуються поблизу місця удару. Якщо удар відбувається подалі від опор, то способи закріплення кінців балки можуть не впливати на результати розрахунку (зокрема балка може просто лежати на пружній основі без якогось спеціального закріплення опор, або балка може бути нескінченною).

Список літературних джерел

1. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. – М.: Наука, 1967. – 444 с.

2. Власов В.З., Леонтьев Н.Н. Балки, плиты и оболочки на упругом основании. – М.: Физматгиз, 1960. – 491 с.

3. Грицюк В.Ю. Алгоритми чисельного розрахунку малих коливань механічних систем. //Вісн. Чернігівського держ. техн. ун-ту, 2001. – № 12. С. 43-46.

УДК 539.3:534.1

А.С. Ігнатенко, аспірант

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

НЕСТАЦІОНАРНІ КОЛИВАННЯ КОНІЧНОЇ ОБОЛОНКИ З В'ЯЗКОПРУЖНОГО МАТЕРІАЛУ, АРМОВАНОГО ВОЛОКНАМИ

Побудовано скінченно-елементну модель конічної оболонки з в'язкопружного армованого матеріалу. Досліджено вплив параметрів армування на коливання оболонки при дії імпульсного навантаження.

Вступ

Завдяки розвитку хімічної промисловості аерокосмічна, авіа- та машинобудівна галузі отримали можливість використання в'язкопружних армованих матеріалів у конструкціях. Такі матеріали мають дуже корисну властивість – високий рівень розсіяння енергії, і тому набули широкого розповсюдження там, де є умови нестаціонарних навантажень. При розрахунку конструкцій з в'язкопружних матеріалів необхідно враховувати розсіяння енергії. Для цього використовуються гіпотези Фойхта, в'язкого тертя, спадкові ядра релаксації Ржаніцина, Работнова, Біо, Больцмана-Вольтерра у інтегральних залежностях між напруженнями та деформаціями.

Існує багато робіт, в яких розглядаються тонкостінні конструкції, зокрема оболонки, під час дії нестаціонарного навантаження [1, 2, 3]. У роботі [4] розглядалися вільні осесиметричні коливання усіченої конічної тришарової оболонки. Досліджено залежність частот коливань від довжини, кута нахилу та величини шарів матеріалів. У [5] було виведено систему диференційних рівнянь для вільних коливань конічної оболонки та отримано формулу для визначення власної частоти коливань з обмеженнями у застосуванні до оболонок з кутом конусності $\gamma \le 30^\circ$ та співвідношенням $\frac{l}{r} \le 2$.

У даній роботі побудовано скінченно-елементну модель конічної оболонки з в'язкопружного армованого матеріалу, на яку діє осесиметричне поздовжнє імпульсне навантаження. Для побудови використано метод скінченно-елементного моделювання у просторі інтегральних перетворень Фур'є, який було запропоновано у роботі [6]. Досліджено зміну реакції оболонки в залежності від параметрів матеріалу.

Модель конструкції

Розглянемо конічну оболонку з армованого в'язкопружного матеріалу. Залежності між напруженнями і деформаціями приймемо у вигляді інтегралів Больцмана-Вольтерра [7]

$$\sigma(t) = \int_0^t R(t-\tau)\frac{d\varepsilon}{d\tau}d\tau, \qquad (1)$$

де $\sigma(t),\ \varepsilon(t)$ – вектори напружень та деформацій;

$R(t-\tau)$ – матриця функцій релаксації;

t – час, τ – змінна інтегрування.

Застосовуючи інтегральне перетворення Фур'є, одержимо залежність (1) у частотній області

$$\sigma(i\omega) = C(i\omega)\varepsilon(i\omega), \qquad (2)$$

де $C(i\omega)$ – матриця комплексних модулів;

$\sigma(i\omega),\ \varepsilon(i\omega)$ – зображення напружень та деформацій у просторі перетворень Фур'є.

Компоненти матриці $C(i\omega)$ визначаємо за методикою роботи [8] для моношару армованого матеріалу (рис. 1).

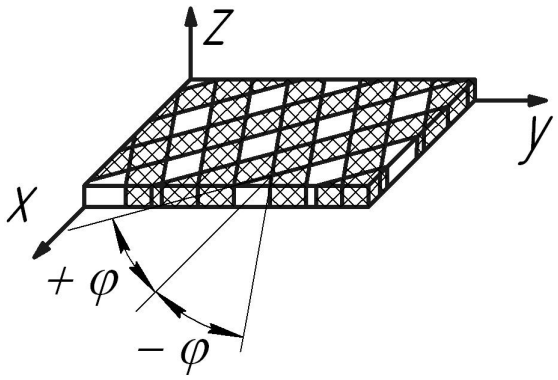


Рис. 1. Моношар композиційного армованого матеріалу: φ – кут армування

У цьому випадку композиційний матеріал буде ортотропним. Матриця $C(i\omega)$ має вигляд

$$C(i\omega)=\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & 0 & 0 & 0 \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & 0 & 0 & 0 \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{66} \end{bmatrix}, \qquad (3)$$

де C_{ij} – комплексні модулі двофазного композиційного матеріалу.

Для побудови моделі оболонки використано кільцевий скінченний елемент конічної оболонки на основі шестивузлового ізопараметричного елемента (рис. 2).

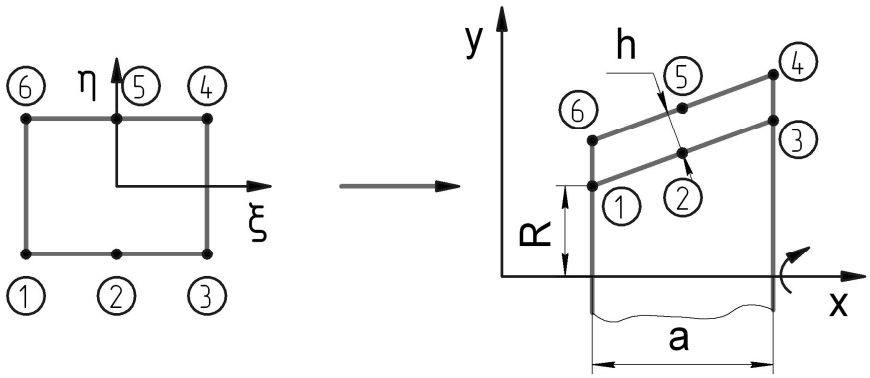


Рис. 2. Шестивузловий ізопараметричний кільцевий скінченний елемент: R – радіус; a – довжина; h – товщина

Функції апроксимації переміщень вузлів елемента мають вигляд [9]

$$N_1=\frac{1}{4}\left[(1-\xi)(1-\eta)-(1-\xi^2)(1-\eta)\right],$$

$$N_2=\frac{1}{2}\left[(1-\xi^2)(1-\eta)\right],$$

$$N_3=\frac{1}{4}\left[(1+\xi)(1-\eta)-(1-\xi^2)(1-\eta)\right],$$

$$N_4 = \frac{1}{4}\left[(1+\xi)(1+\eta)-(1-\xi^2)(1+\eta)\right], \quad (4)$$

$$N_5 = \frac{1}{2}\left[(1-\xi^2)(1+\eta)\right],$$

$$N_6 = \frac{1}{4}\left[(1-\xi)(1+\eta)-(1-\xi^2)(1+\eta)\right].$$

При використанні такого елемента маємо лінійну апроксимацію переміщень по товщині оболонки і квадратичну апроксимацію вздовж зовнішньої та внутрішньої поверхонь. При необхідності точнішого врахування деформацій зсуву можна замінити 6-вузловий елемент на 8- чи 12- вузловий.

Матриці жорсткості, мас і вектора зовнішніх навантажень одержано у вигляді

$$K = \pi \int_{-1}^{1}\int_{-1}^{1} (AN)^T \Lambda^T C \Lambda (AN) R \det I d\xi d\eta,$$

$$M = \pi \int_{-1}^{1}\int_{-1}^{1} N^T \rho N R \det I d\xi d\eta, \quad (5)$$

$$F(i\omega) = \int_V P_t e^{-i\omega t} dV,$$

де A – матриця диференціальних операторів,

C – матриця комплексних модулів,

N – матриця функцій інтерполяції,

R – радіус,

Λ – матриця повороту локальної системи координат до глобальної,

ρ – густина матеріалу,

P_t – вектор навантаження у часовому просторі,

I – матриця Якобі.

Інтеграли (5) обчислюються чисельно за формулою

$$I = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} H_i H_j f(\xi_i, \eta_j), \quad (6)$$

де $f(\xi_i, \eta_j)$ – значення підінтегрального виразу для точки $\xi=\xi_i$, $\eta=\eta_j$;

H_i, H_j – вагові коефіцієнти, які залежать від способу обчислення інтеграла [10].

Скінченно-елементну модель оболонки було побудовано із десяти елементів (рис. 3).

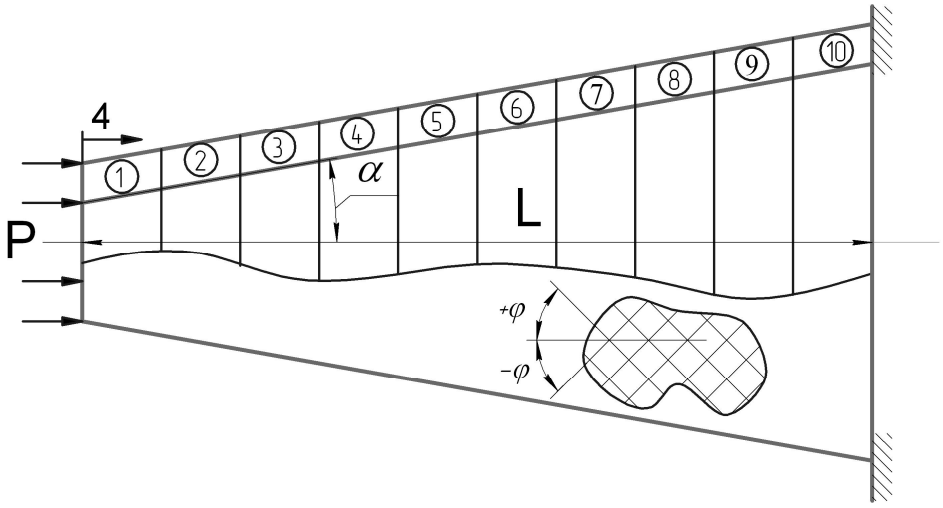


Рис. 3. Скінченно-елементна модель конічної оболонки: P – імпульс навантаження; L – довжина оболонки; α – кут нахилу оболонки; φ – кут укладення волокон

Рівняння скінченно-елементної моделі оболонки мають вигляд

$$Z(i\omega)q = F(i\omega), \tag{7}$$

де $Z(i\omega)$ – комплексна матриця динамічної жорсткості

$$Z(i\omega) = K(i\omega) + (i\omega)^2 M, \tag{8}$$

$K(i\omega)$ – комплексна матриця жорсткості оболонки,

M – матриця мас оболонки,

$F(i\omega)$ – зображення Фур'є вектора зовнішнього навантаження.

Переміщення системи у частотному просторі знайдемо, розв'язавши рівняння (7) [6]

$$q = Z(i\omega)^{-1} \cdot F. \tag{9}$$

Для знаходження розв'язку у часовому просторі використовується обернене швидке перетворення Фур'є

$$q_t = \Phi^{-1}(Z(i\omega)^{-1} \cdot F).$$

Результати розрахунків

Розглянемо коливання конічної оболонки при різних параметрах армування. Будемо вважати, що на торець конструкції діє осьовий імпульс навантаження (рис. 4.).

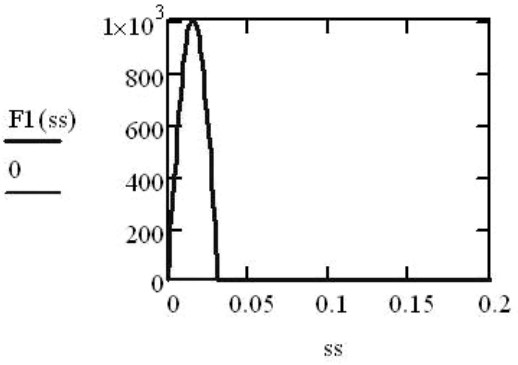


Рис. 4. Форма імпульсу зовнішнього навантаження

Розміри оболонки: довжина – $L=2$ *м*; радіус торця – $R=0.5$ *м*; товщина – $h=0.01$ *м*; кут нахилу оболонки – $\alpha=30°$; довжина скінченного елемента – $a=0.2$ *м*; кількість скінченних елементів – $n=10$.

Параметри матеріалу оболонки: дійсні частини комплексних модулів матеріалу армуючих волокон – $K1 = 2{,}6 \cdot 10^{10}$ *Па*; $G1 = 5{,}2 \cdot 10^{9}$ *Па*; дійсні частини комплексних модулів матеріалу основи – $K2 = 2 \cdot 10^{8}$ *Па*; $G2 = 4 \cdot 10^{7}$ *Па*; декремент коливань матеріалу основи $d_2 = 0{,}628$; декремент коливань армуючого матеріалу $d_1 = 0{,}097$; коефіцієнт армування $\eta = 0{,}5$;.

Для перевірки працездатності моделі було визначено переміщення по координаті 4 (рис. 3) при значенні кута конусності $\alpha=0°$ (тобто отримали циліндричну оболонку) та порівняно з відповідним переміщенням для аналогічної циліндричної оболонки, побудованої за допомогою прямокутних 6-вузлових кільцевих елементів (рис. 5).

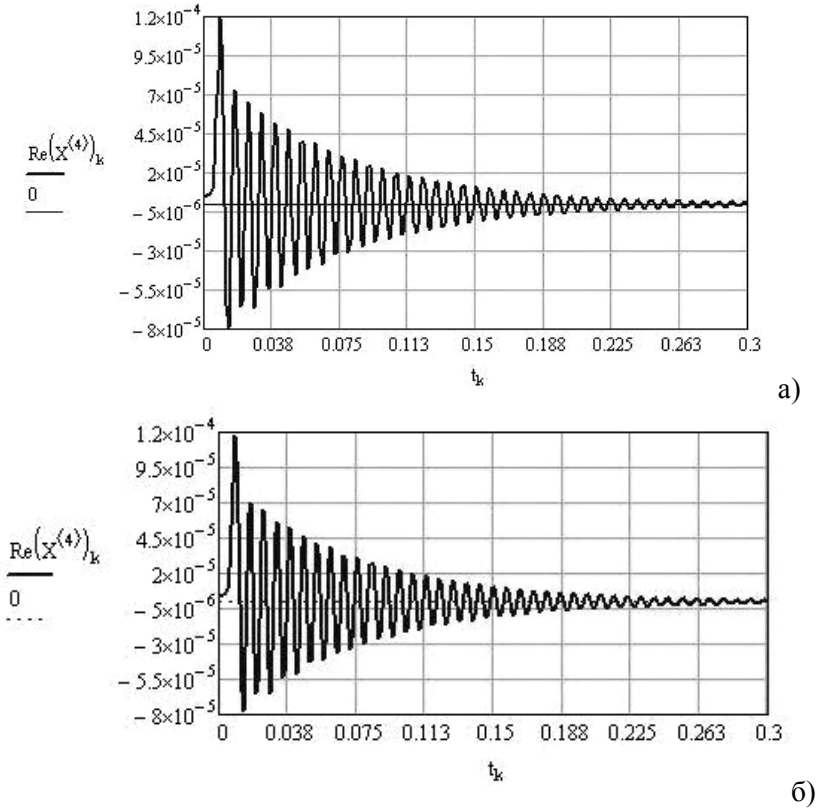


Рис. 5. Осцилограми поздовжніх коливань торця оболонки:
а) конічна оболонка при α=0°; б) циліндрична оболонка

Максимальні значення переміщень для конічної оболонки та циліндричної склали відповідно $X=1.189\cdot10^{-4}$ *м* та $X=1.175\cdot10^{-4}$ *м*. Різниця між значеннями переміщень склала *1.17 %,* тому будемо вважати, що модель працює.

Визначимо залежність між поздовжніми переміщеннями торця оболонки та кутом армування φ при різних значеннях коефіцієнта армування η. Розрахунок будемо проводити для значень φ – *0, π/6, π/4, π/3, π/2* та $\eta = 0,1$; $\eta = 0,3$; $\eta = 0,8$.

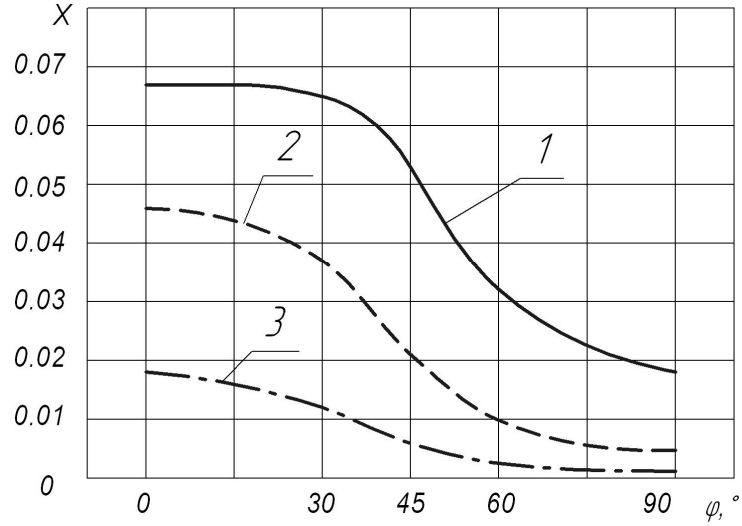


Рис. 6. Графіки залежності переміщень X від кута укладення волокон:
1) η = 0,1; 2) η = 0,3; 3) η = 0,8

Із графіків видно, що при збільшенні кута укладення волокон, а також при збільшенні коефіцієнта армування переміщення суттєво зменшуються. Таким чином можна ска-

зати, що за допомогою зміни параметрів армування можна досить сильно впливати на динамічні характеристики конструкції.

Висновки

У даній роботі було використано кільцевий ізопараметричний скінченний елемент, за допомогою якого побудовано модель тонкостінної конічної оболонки. Досліджено вплив параметрів армування на поведінку конструкції під час дії імпульсного навантаження.

Показано можливість застосування методу скінченно-елементного моделювання у просторі інтегральних перетворень Фур'є для розрахунку та проектування конструкцій із заданими властивостями.

Список літературних джерел

1. Рассказов А.О., Козлов А.В. Неосесимметричные колебания оболочки вращения из вязкоупругого материала при нестационарном нагружении //Проблемы прочности. – 1999. – № 3. – С. 54-62.

2. Савченко О.В. Коливання циліндричної оболонки з в'язкопружних композиційних матеріалів //Вісн. Черніг. держ. техн. ун-ту. – Чернігів, 2001. – № 18. – С. 22-30.

3. Луговой П.З. Динамика тонкостенных конструкций при нестационарных нагрузках //Приклад. механика. – 2001. – 37, N 5. – С. 44-72.

4. Gupta A.P., Manju Jain Axisymmetric Vibrations of Conical Sandwich Shells. Department of Mathematics, University of Roorkee, Roorkee, 1978. – P. 1322-1336.

5. Гутин Н.Л. Свободные колебания трехслойной конической оболочки. Исслед. теор. пластин и оболочек, 2, Казанский университет, Казань, 1964. – С. 94-103.

6. Дубенец В.Г., Хильчевский В.В. Колебания демпфированных композитных конструкций. – К.: Вища школа, 1995. – 226 с.

7. Кристенсен Р. Введение в теорию вязкоупругости. – Изд. «Мир». М., 1974. – 338 с.

8. Савченко Е.В. Пассивное демпфирование колебаний композитных конструкций: Монография. – Нежин: ООО «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2006. – 232 с.

9. Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов: Учеб. пособие для студентов авиац. спец. ВУЗов. – М.: Высш. шк., 1985. – 392 с., ил.

10. Ершов И.Ф., Шахверди Г.Г. Метод конечных элементов в задачах гидродинамики и гидроупругости. – Л.: Судостроение, 1984. – 235 с.

УДК 621.855:678.7
О.І. Пилипенко, д-р техн. наук
В.А. Максименко, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРИВОДА З ЛАНЦЮГОВОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ

Пропонується методика, відмінність якої полягає в застосуванні послідовності розрахунку ланцюгових передач, яка дозволяє уникнути ітераційного процесу підбору параметрів. Існує можливість вибору вихідного критерію для розрахунку в залежності від специфіки матеріалу, що використовується

Вступ

Незважаючи на широку розповсюдженість ланцюгових передач та представленість алгоритмів вибору їх параметрів, незавершеним аспектом їх аналізу є проектна послідовність. Суттєвим її недоліком є те, що в ній не враховуються динамічні навантаження при роботі, зумовлені самою конструкцією передачі, а також немає можливості призначення матеріалу її складових, відмінного від того, що традиційно використовується (наприклад, полімерного композиту) по причині відсутності способів врахування його властивостей в існуючій методиці вибору параметрів передачі.

Аналіз досліджень і публікацій

Головним критерієм силового розрахунку ланцюгової передачі [1, 2] є перевірка несучої здатності ланцюга, який є слабкою ланкою передачі, по тиску в шарнірі ланцюга та коефіцієнту запасу міцності. Одночасний їх розгляд обумовлений тим, що зносостійкість ланцюга визначається величиною тиску в шарнірі, а надійність роботи – величиною коефіцієнта запасу міцності. Недоліки існуючих розрахункових методик очевидні з розгляду реалізації цих критеріїв. Оскільки в процесі руху та взаємодії ланок ланцюга з зубцями зірочок виникають динамічні навантаження, здатні збільшити розрахункове передане зусилля, то при малих коефіцієнтах запасу міцності не можна забезпечити надійну роботу ланцюга без деформацій і поломок, а рекомендований мінімальний коефіцієнт запасу $k = 6$ (для забезпечення строку служби 10000–15000 годин при змінному навантаженні та нерегулярному змащуванні рекомендується $k = 10 \div 20$) приводить до необґрунтованого збільшення ресурсу ланцюга. При виконанні розрахунку за критерієм зносостійкості виходять з припущення про пропорційність площі опорного перерізу шарніра F_{on} та руйнуючого навантаження Q квадрату крока ланцюга t. Однак, ця умова виконується тільки для ланцюгів, виконаних за стандартом DIN, де для довільних роликових ланцюгів будь-якого типу навантаження руйнування прийняте $Q = 88{,}7 \cdot t^2\ H$, а площа проекції опорної поверхні шарніра $F_{on} = 0{,}273 \cdot t^2\ мм^2$. Виходячи з цього, максимально допустимий тиск в шарнірі при прикладенні зусилля, яке дорівнює навантаженню руйнування, для ланцюгів всіх типів є постійною величиною $p_Q = (88{,}7 \cdot t^2)/(0{,}273 \cdot t^2) = 325\ МПа$, що при максимально допустимому тиску в шарнірі за цим же стандартом $[p] = 54\ МПа$ дає найменший коефіцієнт запасу міцності $k_{\min} = 6$. Приводні роликові ланцюги різного типу, включені в ГОСТ 13568-75, мають неоднакове співвідношення вищезгаданих параметрів. А це приводить до того, що при однаковому тиску p коефіцієнти запасу міцності k для кожного типу ланцюга будуть різними.

Методи та результати

В основу рекомендованого методу та виводу формул покладемо розрахунок терміну служби ланцюга по зносостійкості шарнірів. Теоретичними та експериментальними до-

слідженнями [3, 4] встановлено, що залежність між тиском в шарнірі та його спрацюванням (швидкістю ковзання) має залежність:

$$p_0 \cdot \sqrt[3]{\vartheta_0} = p \cdot \sqrt[3]{\vartheta} \qquad (1)$$

де p_0 – базовий допустимий тиск в шарнірі ланцюга, МПа;

ϑ_0 – базова швидкість руху ланцюга, м/с;

p – допустимий тиск в шарнірі ланцюга, МПа, при заданій швидкості ϑ, м/с.

Експериментальні параметри зносостійкості по [5], де при дослідженні окремого випадку зачеплення зірочки з графітонаповненого полімерного композиту ПА6.6 і металевого стандартного ланцюга забезпечувалась довговічність 10^7 циклів при контактному тиску $p_0 = 2{,}0\ МПа$ та коловій швидкості $\vartheta_0 = 1{,}25\ м/с$, дозволяють отримати з (1): $p = p_0 \cdot \sqrt[3]{\vartheta_0} \big/ \sqrt[3]{\vartheta} = 2{,}0 \cdot \sqrt[3]{1.25} \big/ \sqrt[3]{\vartheta}$, або:

$$p = \frac{2{,}15}{\sqrt[3]{\vartheta}} \qquad (2)$$

Для виконання проектного розрахунку використовуються наступні вихідні дані.

Передаточне число передачі, яке розраховується за частотами обертання ведучої n_1 та веденої n_2 зірочок: $u = \frac{n_1}{n_2}$.

Передана потужність N, за якою розраховується ***момент кручення*** $T = 9550 \cdot \frac{N}{n_1}$ та ***корисне зусилля***, яке передає ланцюг $F = \frac{N}{\vartheta}$.

Кінематична схема передачі, для якої визначаються зовнішні діаметри зірочок D_{e1} та D_{e2}, попередня міжосьова відстань A_0 та розташування передачі в просторі.

Мінімально допустимий зовнішній діаметр меншої зірочки для приводних роликових ланцюгів за рекомендаціями ГОСТ 13568-75 приймається за залежністю:

$$D_{e1\min} = 280 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{\sqrt[3]{n_1^2}}} \qquad (3)$$

Мінімально допустима міжосьова відстань для двохзірочкового контуру визначається з врахуванням передаточного числа:

$$A_0 = \begin{cases} 0{,}6 \cdot D_{e1} \cdot (1+u)\ при\ 1 \le u \le 4 \\ D_{e1} \cdot (1+u)\ при\ 4 < u \le 10 \end{cases} \qquad (4)$$

Зовнішній діаметр більшої зірочки при відомих значеннях зовнішнього діаметра меншої зірочки та передаточного числа визначається за залежністю $D_{e2} = u \cdot D_{e1}$.

На підставі заданих та вибраних за розрахунковими залежностями параметрів можна побудувати початкову схему ланцюгового контуру, достатньо обґрунтовану для прийняття її в якості вихідної.

Робочі характеристики передачі отримаємо в три етапи.

Вибір кроку ланцюга. Від його величини в значній мірі залежить плавність, безшумність та довговічність роботи передачі. При інших рівних умовах ланцюг з меншим кроком має кращі властивості, ніж ланцюг з більшим кроком. Незважаючи на важливість кроку ланцюга, існуючі методи його визначення ґрунтуються або на попередньому призначенні декількох величин кроку та наступній їх перевірці по тяговій здатності з метою прийняття найбільш раціонального значення, або на визначенні кроку ланцюга по величині допустимого тиску в шарнірі, який, в свою чергу, залежить від кроку ланцюга. Це викликає необхідність вибору кроку ланцюга методом послідовних набли-

жень. Наведемо метод визначення кроку ланцюга, який дозволяє провести проектний розрахунок ланцюгової передачі в один цикл. Порядок розрахунку наступний:

– на підставі відомого діаметру меншої зірочки визначимо швидкість руху ланцюга:

$$\vartheta = \frac{\pi \cdot D_{e1} \cdot n_1}{60000} \tag{5}$$

– на підставі формули (2) розрахуємо допустимий базовий тиск в шарнірі ланцюга, виходячи з умов експлуатації;

– виберемо крок ланцюга в залежності від величини проекції опорної поверхні шарніра, яка визначається по несучій здатності ланцюга:

$$F_{on} = \frac{1000 \cdot N}{[p] \cdot \vartheta} \tag{6}$$

Наведена послідовність дозволяє проектувати оптимальні по терміну служби ланцюгові передачі.

Кінематичний розрахунок передачі.

Мінімально допустиме значення числа зубців ведучої зірочки при відомих попередніх розмірах передачі визначається за наступною залежністю:

$$z_1 \geq \frac{15}{1-(u-1)\cdot\dfrac{D_{e1}}{\pi \cdot A_0}} \tag{7}$$

Число зубців веденої зірочки визначається з передаточного числа $z_2 = u \cdot z_1$ і обмежене 120-ма зубцями. Розраховується число ланок ланцюга, після чого отримується остаточна міжосьова відстань:

$$L_t = 2 \cdot \frac{A_0}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi}\right)^2 \cdot \frac{t}{A_0} \tag{8}$$

$$A = \frac{t}{4} \cdot \left[L_t - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(L_t - \frac{z_1 + z_2}{2}\right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{z_2 + z_1}{\pi}\right)^2} \right] \tag{9}$$

Силовий розрахунок передачі.

Головною задачею силового розрахунку є визначення коефіцієнта запасу міцності ланцюга, виходячи з відомого навантаження розтягу. Відмінною особливістю цього розрахунку є те, що в якості допустимого коефіцієнта запасу міцності застосовано загальномашинобудівний коефіцієнт $[k] = 2{,}5$, оскільки ланцюг підбирається виходячи з терміну служби. Розрахунок проводиться в два етапи.

Етап 1. Визначення максимального зусилля в ланцюзі при пуску для запобігання його розриву внаслідок невідповідним чином призначеного розгону механізму. Максимальне зусилля при запуску визначається з вирішення системи рівнянь у відповідності з вибраним законом розгону двигуна $F(\tau)$ [6]. Для цього розраховуються числові значення для підстановки в систему: жорсткість ланцюга c, коефіцієнт демпфірування η, величини приведених мас $m_{1,2}$ (виходячи із заданих моментів інерції) і отримується рішення системи в інтервалі часу, який дорівнює тривалості перехідних процесів в системі.

$$\begin{aligned} &\ddot{x}_1 + P_1 \cdot \dot{x}_1 - p_1 \cdot \dot{x}_2 + q_1 \cdot x_1 - q_1 \cdot x_2 = q_1 \cdot A \cdot FSIN(\tau) - q_1 \cdot B \cdot FCOS(\tau) + \frac{F_c}{m_1} + F(\tau)\ ; \\ &\ddot{x}_2 - p_2 \cdot \dot{x}_1 + p_2 \cdot \dot{x}_2 - q_2 \cdot x_1 + q_2 \cdot x_2 = -q_1 \cdot A \cdot FSIN(\tau) + q_2 \cdot B \cdot FCOS(\tau) - \frac{F_c}{m_2}. \end{aligned} \tag{10}$$

Як показано в [7], для розрахунку амплітуди крутильних коливань від полігонального ефекту цілком достатньо використання тільки першого члену розкладання функції

збурювання в ряд Фур'є. Але, при використанні для розрахунків обчислювальної техніки, можна використати п'ять гармонік, які дають точність з запасом, більш ніж достатнім для інженерних розрахунків. Визначаємо найбільше значення прикладеного зусилля $F_{\max 1}$, на основі якого проведемо розрахунок коефіцієнту запасу міцності за розривним зусиллям ланцюга:

$$k_1 = \frac{Q}{F_{\max 1}} \tag{11}$$

Етап 2. Визначення зусилля у вітці ланцюга $F_{2\max}$ при усталеному русі, виходячи з деформації вітки ланцюга X_A, на підставі отриманого значення якого розраховується коефіцієнт запасу міцності:

$$F_{2\max} = c \cdot X_A \tag{12}$$

$$k_2 = \frac{Q}{F_{\max 2} + F_c} \tag{13}$$

Окрім цього, розраховується процентне співвідношення частот власних коливань і збурень для виходу з резонансної зони частот обертання, якщо це необхідно:

$$\frac{\omega_c - \omega_z}{\omega_c} < 20\% \tag{14}$$

Висновки

Викладена методика проектування ланцюгових передач дозволяє провести повноцінний розрахунок ланцюгового привода з ланцюгом із полімерного матеріалу або композиту. Відмінні риси запропонованого методу наступні:

– проектування побудовано в один цикл, що дозволяє відійти від багатоітераційної послідовності визначення параметрів ланцюгової передачі;

– в розрахунок введено динамічну складову, що робить отриманий результат максимально наближеним до дійсності;

– запропонована послідовність може бути реалізована в будь-якому пакеті програмування, що надасть можливість непідготовленому користувачу швидко отримати кінцевий результат;

– наведена методика універсальна, тобто при незначних змінах нею можна скористатись для проектування металічних ланцюгових передач, що дозволить полегшити рутинну роботу їх розрахунку.

Список літературних джерел

1. Иванов М.Н. Детали машин. – М.: Высшая школа, 1984. – 336 с.

2. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. – К.: Вища шк., 1993. – 556 с.

3. Воробьев Н.В. Цепные передачи. – М., Машиностроение, 1968. – 252 с.

4. Готовцев А.А. Проектирование цепных передач. – М.: Машиностроение, 1982. – 336 с.

5. Pilipenko O.I. Friction and Wear in Groups of the Chain Drives from Polymer Composites. Proceedings of the International Simposium on the Tribology of Friction Materials. Yaroslavl.: – 1991. – Volume II. – P. 273-278.

6. Пилипенко О.І., Максименко В.А. Аналіз пуску ланцюгового привода при застосуванні двигунів різного типу. //Вісник ЧДТУ № 13, Чернігів, 2001/ – С. 35-39/

7. Пилипенко О.И. Исследование динамических явлений, возникающих при установившемся режиме работы роликовых цепных передач. //Дисс….канд. техн. наук: Машиноведение и детали машин 05.161. – Львов: ЛПИ, 1969. – 232 с.

УДК 621.855

О.І. Пилипенко, д-р техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ДИНАМІКА БАГАТОМАСОВОЇ ЛАНЦЮГОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ПІД ЧАС УСТАЛЕНОГО РЕЖИМУ ЇЇ РОБОТИ

Розглянуто такі динамічні характеристики багатомасової ланцюгової передачі як власні частоти і амплітуди коливань, динамічні навантаження ведучої та ведених віток ланцюгового контуру при крутильних коливаннях під час усталеного режиму роботи, інерційні навантаження ведучої та ведених зірочок (мас) та динамічні нерівномірності їх обертання

Вступ

Ланцюгова передача є складною динамічною системою як з зосередженими, так і з розподіленими масами, кожний окремий елемент якої може здійснювати певні види коливань під дією певних збурень. Основним недоліком існуючих методів розрахунку ланцюгових передач було неврахування динамічного характеру навантаження, на першому місці стояло питання міцності ланцюгів [1]. Але, незважаючи на високі коефіцієнти запасу міцності (від 6 і більше), ланцюги продовжували руйнуватись. Справа в тому, що визначення параметрів здійснювалось або зовсім без врахування динамічних явищ, які неминуче супроводжують роботу ланцюгової передачі, або з врахуванням деяких з них за допомогою надто приблизних емпіричних коефіцієнтів. До того ж всі розрахунки стосувались майже виключно найпростіших ланцюгових передач, що складались з двох зірочок і ланцюгового контуру. Тому дотепер є актуальною проблема розрахунків та конструювання складних багатомасових ланцюгових передач на засадах теорії коливань та експлуатаційної міцності з врахуванням реальних динамічних процесів, що відбуваються під час їх роботи.

Аналіз досліджень і основних публікацій

Динаміка усталеного руху 2-масової (з точки зору теорії коливань) ланцюгової передачі, що складалася з ведучої та веденої зірочок і приведених до них обертових мас, з'єднаних тільки ведучою віткою ланцюгового контуру, розглянуті в [2]. В [3] основна увага була приділена дослідженню: поперечних коливань віток ланцюгового контуру з врахуванням швидкості їх руху; стійкості руху ведучої вітки ланцюгового контуру при періодичній зміні її натягу (параметричні коливання); поздовжніх коливань віток ланцюгової передачі; крутильних коливань системи; джерел внутрішніх збурень елементів передачі; амплітуд коливань і динамічних навантажень у вітках ланцюгового контуру, викликаних полігональним ефектом зірочок, різнорозмірністю кроків ланок ланцюга та накопиченою погрішністю його довжини, ексцентриситетами зірочок; динамічній нерівномірності обертання зірочок; сумарних динамічних навантажень у вітках передачі; шляхів вибору основних параметрів і оптимальних режимів роботи ланцюгових передач. Але динамічна система ланцюгової передачі була обмежена знову ж таки двома зірочками з приведеними до них масами, що дало змогу при збереженні основних рис більш складних систем зробити її аналіз більш простим.

Основною відміною вказаного дослідження від існуючих на той час є те, що вперше була зроблена спроба (яка виявилася цілком вдалою, як показали подальші практичні застосування) отримати універсальні залежності для обчислення значень динамічних навантажень при різних співвідношеннях жорсткостей ведучої і веденої віток ланцюгового контуру, що є функціями відповідних натягів віток, на різних стадіях зношування ланцюга. Головним же результатом дослідження виявилася розробка єдиної методики кількісної оцінки сумарних динамічних навантажень у вітках ланцюгової передачі з

врахуванням основних факторів конструктивного, кінематичного, технологічного і експлуатаційного характеру [4].

Наступним етапом було здійснене аналітичне рішення для 3-масової передачі, але спроби аналітичного рішення для більшої кількості мас не увінчалися успіхом з огляду на утворення під час рішень неозорих рівнянь, що не піддаються практичному застосуванню. Тому в подальшому застосовувались чисельні методи, які дозволили створити спеціалізовані пакети прикладних програм для аналізу та оптимального синтезу ланцюгових передач з практично будь-якою кількістю мас на основі нової (динамічної) концепції їх автоматизованого проектування по критеріях віброактивності та віброзахисту, зниження матеріаломісткості та енергоспоживання за рахунок застосування полімерних композитів при мінімальних витратах праці та часу на їх розробку та виготовлення [5,6,7]. Велика увага в цей період була приділена впровадженню на ряді підприємств технології полімерних композитів та прес-форм для литва під тиском спочатку зірочок, а потім і ланцюгів з метою покращення динамічних характеристик ланцюгових передач і приводів. Для науково обґрунтованого розрахунку і вибору ланцюгів з полімерних композитів без застосування необґрунтованих коефіцієнтів запасу міцності згодом була розглянута динаміка ланцюгового привода в перехідних режимах [8]. В [9] все це було підсумовано з прикладами напружено-деформованого стану ланок полімерних ланцюгів і автоматизованого розрахунку геометрії 13-масової ланцюгової передачі. На жаль, результати дослідження динаміки такої ланцюгової передачі не були опубліковані з огляду на деяку громіздкість і більш актуальні на той час проблеми, що їх треба було вирішувати. Приклад автоматизованого розрахунку динаміки більш простої 3-масової передачі (з двома приводними і натяжною зірочкою) приведений в [10].

Мета статті полягає у висвітленні динаміки 8-масової ланцюгової передачі одної з текстильних машин з тим, щоб показати на її прикладі основні динамічні характеристики: частоти і форми власних коливань, амплітуди вимушених коливань, переміщення кінцевих шарнірів та динамічні навантаження віток ланцюгового контуру, інерційні навантаження приведених мас та динамічні нерівномірності їх обертання.

Власні частоти і форми крутильних коливань

Рівняння крутильних коливань *n*-масової ланцюгової передачі приводилися неодноразово в різних варіантах [5, 6, 7, 9], тому тут вони не приводяться. Зауважимо лише, що схема 8-масової ланцюгової передачі подібна наведеній у [9] 13-масовій передачі, але з меншою кількістю мас і віток ланцюгового контуру з метою позбутися згадуваної вже громіздкості та накладання кривих амплітуд і динамічних навантажень в умовах некольорового друку. Друге зауваження стосуватиметься врахування демпфірування в рівняннях і величини його впливу на динамічні процеси в ланцюговій передачі. Ще в [3] було експериментально доведено, що безрозмірний коефіцієнт демпфірування D=0,06, тобто менше 0,1 і тому відноситься до групи малих, що не веде до викривлення динамічних властивостей, притаманних системі без тертя. Там різниця в частотах власних коливань без врахування тертя і з його врахуванням складала всього лише 0,24%. Це положення підтвердилося і в роботі [8], таблицю з якої наведемо з додаванням відсотків відповідних відхилень.

З даних табл. 1 видно, що з чотирьох розглянутих варіантів поєднання металевих та полімерних деталей ланцюгових передач між варіантами «полімерний ланцюг на металевих зірочках» та «полімерний ланцюг на полімерних зірочках» різниця власних частот коливань становить несуттєву величину – 0,6 % і тому перший з варіантів не представляє інтересу як з експлуатаційної точки зору, так і з економічної, а найбільша різниця між власними частотами з врахуванням тертя і без такого врахування складає 1,56 % і тому тертям можна нехтувати.

Таблиця 1

Власні частоти коливань ланцюгової передачі

	Металевий ланцюг на металевих зірочках	Полімерний ланцюг на металевих зірочках	Металевий ланцюг на полімерних зірочках	Полімерний ланцюг на полімерних зірочках
Частота незгасаючих власних коливань ω_c, c^{-1}	612,4	155,0	548,0	153,8
Частота загасаючих власних коливань ω_∂, c^{-1}	611,3	152,6	546,9	151,4
Різниця частот Δ, %	0,18	1,5	0,2	1,56

Вихідні дані для розрахунку власних частот крутильних коливань приведені в табл.2.

Таблиця 2

Вихідні дані для розрахунку

Кількість гармонік	Крок ланцюга, мм	Кутова швидкість, с-1	Коефіцієнт асинфазності	Період обертання, с	Крок у часі, с
10	15.875	1200	0.5	0.0052	0.0004

Як бачимо, має місце велика кутова швидкість ведучої зірочки ланцюгової передачі текстильної машини. Крім того, будемо розглядати найбільш несприятливий випадок, коли має місце асинфазний рух, тобто коефіцієнт числа ланок 0,5. Попередньо розраховуються жорсткості віток ланцюгового контуру і зсув по фазі між їх кінцевими шарнірами [3], приведені маси, що беруть участь у крутильних коливаннях (табл.3).

Таблиця 3

Результати попереднього розрахунку

№ зірочки або вітки	Жорсткість віток, Н/мм	Маса, кг	Число зубців	Зсув по фазі, рад
1	1431.0	4.00	25	1.35
2	2546.0	1.00	25	1.57
3	2504.0	1.70	25	1.02
4	1147.0	1.00	25	1.41
5	1344.0	11.22	25	1.57
6	1516.0	4.28	25	1.33
7	1410.0	4.05	25	1.35
8	1332.0	3.24	25	1.36

Власні частоти ω_j повністю визначаються діагональною матрицею мас (моментів інерції) і симетричною матрицею жорсткостей динамічної системи [5,10], тобто $\omega_j = f_1^{(j)}(M_1, ..., M_n, C_1 ..., C_n)$. Власні вектори є функціями як мас (моментів інерції) і жорсткостей, так і власних частот:

$$\begin{aligned} \overline{X}^{(j)} &= f_2(M_1,...,M_n, C_1 ..., C_n, \\ &\omega_j(M_1, ..., M_n, C_1 ..., C_n)) \end{aligned} \qquad (1)$$

$j = 1, ..., n$.

Вирішуючи матричне рівняння відносно ω_j,

$$\Delta(\omega_j)=\begin{vmatrix} \frac{c_{1,2}+c_{1,n}}{m_1}-\omega^2 & -\frac{c_{1,2}}{m_1} & 0 & \cdots & 0 & -\frac{c_{1,n}}{m_1} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & \cdots & -\frac{c_{i-1,i}}{m_i} & \frac{c_{i-1,i}+c_{i,i+1}}{m_i}-\omega^2 & -\frac{c_{i,i+1}}{m_i} & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ -\frac{c_{n,1}}{m_n} & 0 & \cdots & 0 & -\frac{c_{n-1,n}}{m_n} & \frac{c_{n-1,n}+c_{n,1}}{m_n}-\omega^2 \end{vmatrix}=0$$

тобто розкриваючи представлений вище визначник (детермінант) і замінюючи в подальшому ω_j на $p_{\varphi i}$, отримаємо в загальному випадку n власних частот. Для напіввизначеної системи, якою є динамічна система ланцюгової передачі, отримаємо $n-1$ власних частот, оскільки одна з частот завжди дорівнюватиме нулю (система при нульовій власній частоті під дією збурюючих сил рухається як єдине тверде тіло). Кожній власній частоті ω_j відповідає власний вектор $\overline{X}^{(j)}=(X_1^{(j)}, X_2^{(j)}, ..., X_n^{(j)})$, складові якого визначаються з точністю до довільного постійного загального множника, а їх відношення $X_1^{(j)}/X_2^{(j)}/.../X_n^{(j)}$ визначають власну форму коливань, що відповідає власній частоті ω_j:

$$\begin{aligned} &\omega_1, X_1^{(1)}, ..., X_к^{(1)}, ..., X_n^{(1)}; \\ &. \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \\ &\omega_j, X_1^{(j)}, ..., X_к^{(j)}, ..., X_n^{(j)}; \\ &. \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \\ &\omega_n, X_1^{(n)}, ..., X_к^{(n)}, ..., X_n^{(n)}. \end{aligned} \qquad (2)$$

Якщо розпорядитися так, щоб сума абсолютних значень амплітуд дорівнювала одиниці, то отримаємо нормовану форму, нормований множник якої $N^{(j)}=\sum_{i=1}^{n}\left|X_i^{(j)}\right|$. Тоді нормована форма прийме вид $\widetilde{X}_1^{(j)}/\widetilde{X}_2^{(j)}/.../\widetilde{X}_n^{(j)}$, де $\widetilde{X}_к^{(j)}=X_к^{(j)}/N^{(j)}$ – нормована амплітуда власної форми, тобто доля, яку складає k - а амплітуда від суми абсолютних значень всіх амплітуд j-ої форми. Зазначимо, що мінімізація нормованої амплітуди власної форми знижує віброактивність динамічної системи ланцюгової передачі на даній частоті.

Варіюючи деякими або всіма масами і жорсткостями динамічної системи багатомасової ланцюгової передачі в деяких межах $M_к^{*}\le M_к\le M_к^{**}$; $C^{*}\le C\le C^{**}$; $k=1,...,K$; $l=1,...,L$, можна керувати не тільки власними частотами, але і власними формами (відношеннями амплітуд). Звичайно, при великій кількості мас в системі відлагодити всі власні частоти від робочих частот обертання вдається не завжди, і тоді вступає в силу інтегральний показник динамічної якості ланцюгової передачі − коефіцієнт динамічності:

$$K_D=1+\frac{\left|F_{D\max}\right|\cdot n_1 D_1}{0{,}19\cdot 10^8 P_1}, \qquad (3)$$

де F_{Dmax} – середньоквадратичне абсолютне значення максимальних динамічних навантажень у вітках ланцюгового контура; n_1 – частота обертання ведучої зірочки; D_1 – її діаметр; P_1 – потужність на ведучій зірочці.

Таким чином, оптимізація параметрів динамічної системи багатомасової ланцюгової передачі може проводитися по власних формах на резонансних частотах, уникаючи розрахунків вимушених коливань з врахуванням демпфірування на безперервному спектрі частот. Зазначимо, що обернені задачі динаміки ланцюгового привода, тобто знаходження необхідних мас і жорсткостей по спектру частот власних коливань в загальному випадку мають невизначене рішення [5]. Для конкретизації цих задач можна розглядати лише системи, в яких кожна маса має лише одну степінь вільності (при визначенні мас по заданому спектру частот), або лише ті задачі, в яких число варіюємих жорсткостей співпадає з числом степенів вільності динамічної системи (при визначенні жорсткостей по заданому спектру частот).

Результати розрахунку квадратів кругових частот (що є коренями представленого матричного рівняння), кругових і циклічних частот власних крутильних коливань ланцюгової передачі, отримані при застосуванні програми DINAF [5], представлено в табл. 4.

Таблиця 4

Результати розрахунку власних частот

Квадрат колової частоти	Колова частота, $с^{-1}$	Циклічна частота, Гц
0.27	0.52	0.08
180899.69	425.32	67.69
310577.13	557.29	88.70
761920.19	872.88	138.92
960862.44	980.24	156.01
1354116.00	1163.66	185.20
3824147.00	1955.54	311.23
6086154.00	2467.01	392.64

Як бачимо, в табл.4 перша власна частота $p_{\varphi 0}$, яка повинна бути рівною нулю, дещо від нього відрізняється, що пояснюється похибками обчислень з огляду на складність системи.

На рис. 1 показані відносні амплітуди (форми) власних крутильних коливань приведених мас 8-масової ланцюгової передачі. На частоті $p_{\varphi 0} = 0$ відношення амплітуд власних коливань дорівнюватимуть одиниці, тобто:

$$\frac{X_1}{X_2} = \frac{X_2}{X_3} = \frac{X_3}{X_4} = \frac{X_4}{X_5} = \frac{X_5}{X_6} = \frac{X_6}{X_7} = \frac{X_7}{X_8} = 1$$

Перша форма коливань (відношення амплітуд X_1/X_2) відбувається на власній частоті $p_{\varphi 1} = 67.69$ Гц, друга (X_2/X_3) – 88.7 Гц, третя (X_3/X_4) – 138.92 Гц, четверта (X_4/X_5) – 156.01 Гц, п'ята (X_5/X_6) – 185.2 Гц, шоста (X_6/X_7) – 311.23 Гц і сьома (X_7/X_8) – 392.64 Гц.

Амплітуди вимушених коливань, динамічні навантаження і нерівномірність

Переміщення кінцевих шарнірів віток ланцюгового контуру записуються наступним чином [5]:

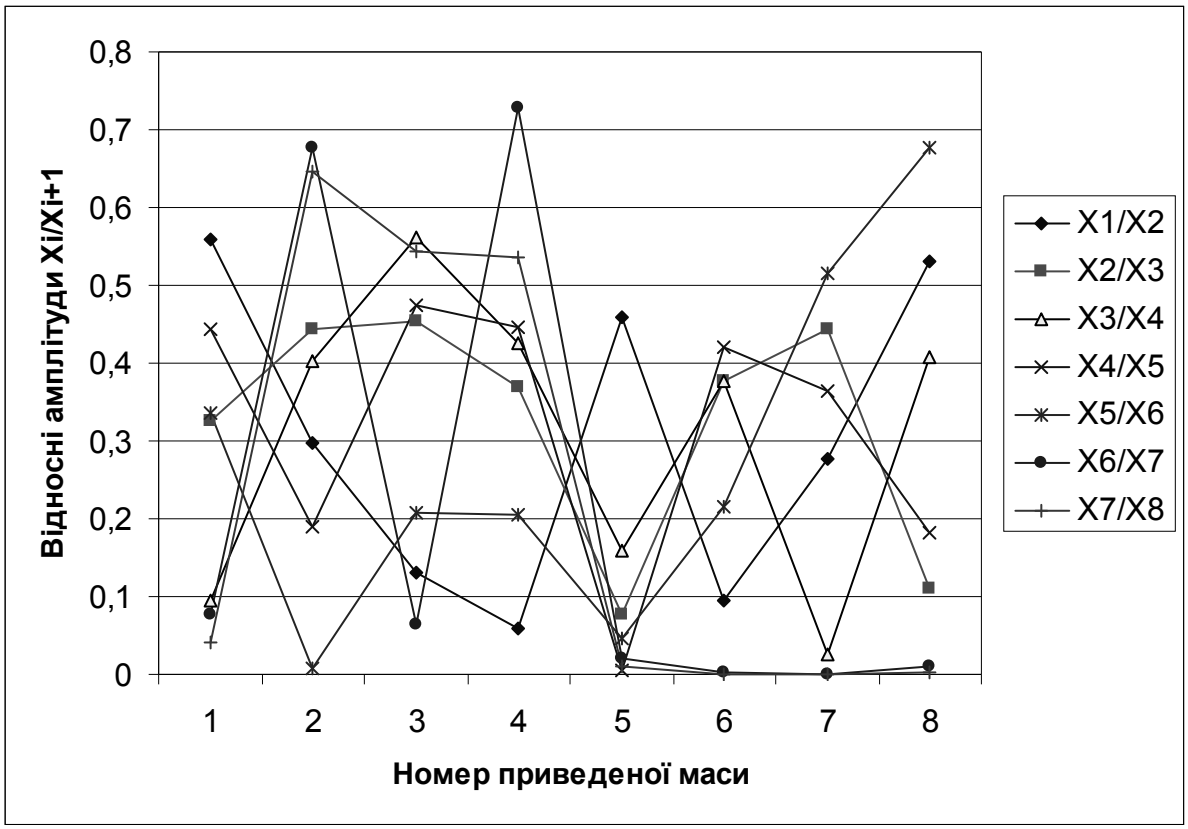


Рис. 1. Відносні амплітуди власних крутильних коливань

$$
\begin{aligned}
x_1 &= \frac{c_{1,2} t \mu_{zk}}{\pi (c_{1,2} + c_{1,n})(1 + u^2 r_{1,2})} \sum_{k=1}^{10} (-1)^k \frac{N}{k(1 - k^2 z_1^2)} \sin k\omega_z \tau; \\
&\cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \\
x_i &= \frac{c_{i,i+1} t \mu_{zk}}{\pi (c_{i-1,i} + c_{i,i+1})(1 + u^2 r_{i-1,i})} \sum_{k=1}^{10} (-1)^k \frac{N}{k(1 - k^2 z_i^2)} \sin k\omega_z \tau; \qquad (4) \\
&\cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \\
x_n &= \frac{c_{n-1,n} t \mu_{zk}}{\pi (c_{n-1,n} + c_{n,1})(1 + u^2 r_{n-1,n})} \sum_{k=1}^{10} (-1)^k \frac{N}{k(1 - k^2 z_n^2)} \sin k\omega_z \tau,
\end{aligned}
$$

де t – крок ланцюга; $\mu_{zk} = \dfrac{k^2}{\left| \dfrac{\omega_{zn}^2}{p_{\varphi n}^2} - 1 \right|}$ – частотний коефіцієнт, в якому k – номер гармоніки; $\omega_z = \omega_1 z_1 = \omega_2 z_2 = \cdots = \omega_n z_n$ – частоти збурень від полігонального ефекту зірочок; $z_1, z_2, \cdots, z_n$ – кількість зубців зірочок; $p_{\varphi n}$ – відповідні власні частоти крутильних коливань; u – передаточне число; $r_{n-1,n} = \dfrac{I_1}{I_2} = \dfrac{I_2}{I_3} = \cdots = \dfrac{I_{n-1}}{I_n}$ – відношення відповідних приведених моментів інерції; N – складова, що враховує в основному різницю фаз між крутильними коливаннями сусідніх зірочок [5]; τ – час.

Зазначимо, що кількість гармонік обмежена 10-ма (як і при визначенні частот і форм власних коливань, табл. 2), оскільки, як зазначалося ще в [3], всі парні гармоніки дорівнюють нулю, а врахування тільки першої з них призводить до похибки менше 5%., тобто врахування 10 гармонік означає практично точне рішення задачі.

На рис. 2 представлені лінійні амплітуди (тобто кутові відхилення в радіанах, помножені на радіуси зірочок, що відповідає переміщенням кінцевих шарнірів віток ланцюгового контуру) вимушених крутильних коливань 8-масової ланцюгової передачі на протязі періоду обертання ведучої зірочки T=0.0052 с. Тут і в подальших графіках вертикальна сітка нанесена з інтервалом 0.0004 с.

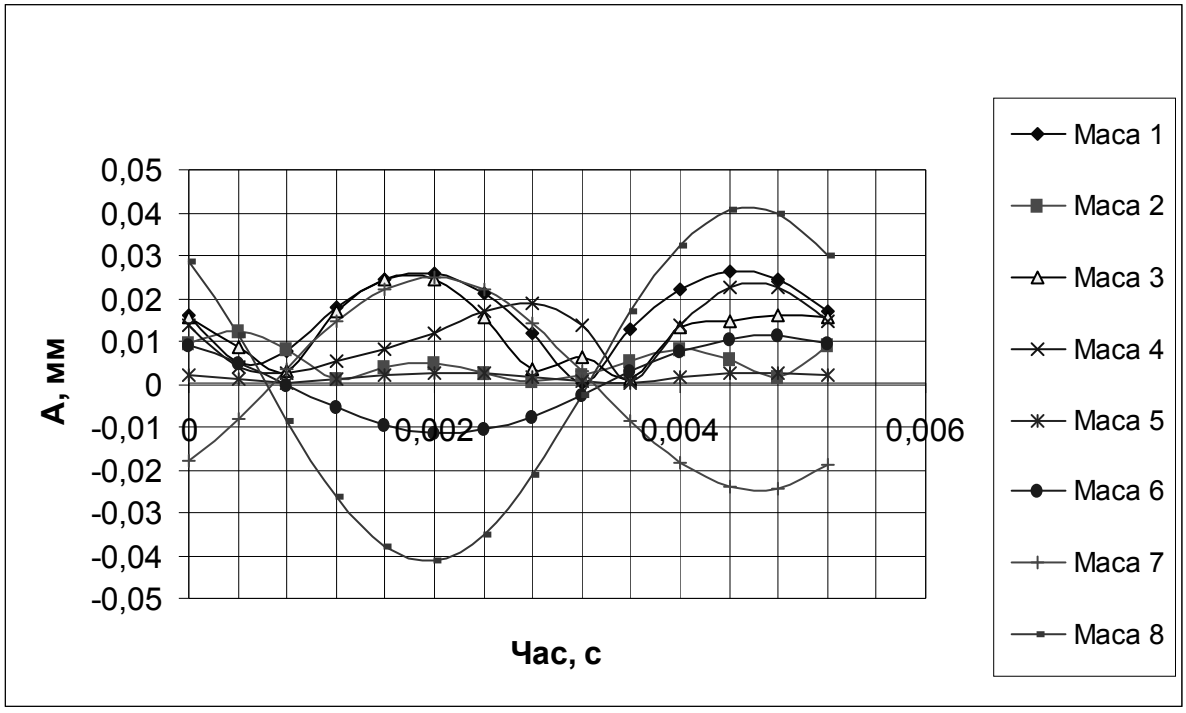


Рис. 2. Лінійні амплітуди вимушених крутильних коливань приведених мас

Як бачимо на рис.2, на відміну від показаних на рис.2 в [10] лінійних амплітуд для 3-масової ланцюгової передачі, де одна з мас (натяжна зірочка) грає роль гасителя коливань, що мають майже гармонічний характер, у випадку 8-масової ланцюгової передачі майже всі маси, хіба що за виключенням 7-ї та 8-ї, демонструють періодичний, але явно негармонічній характер протікання процесу крутильних коливань. Це ще раз підтверджує максимальну близькість до точного рішення (заміною негармонічного періодичного збурення сумою 10 гармонічних складових ряду Фур'є) і необхідність регулювання коливань в динамічній системі n-масової ланцюгової передачі з тим, щоб якомога більше наблизити характер процесу коливань до гармонічного.

Динамічні навантаження у вітках ланцюгового контуру, обумовлені кінематичним збуренням (оскільки ці коливання є результатом руху точок підвісу віток по встановлених законах [3], а не під дією збурюючих сил), записуються, як [5]

$$F_{1,2}(\tau) = c_{1,2}(\mp x_1 \pm x_2 \mp \frac{t}{\pi}\sum_{k=1}^{10}(-1)^k \frac{\sin(k\omega_z\tau)}{k(1-k^2z_1^2)} \pm \frac{t}{\pi}\sum_{k=1}^{10}(-1)^k \frac{\sin k(\omega_z\tau - 2\pi j)}{k(1-k^2z_2^2)});$$

… … … … … … … … … … … … … … …

$$F_{n,1}(\tau) = c_{n,1}(\mp x_n \pm x_1 \mp \frac{t}{\pi}\sum_{k=1}^{10}(-1)^k \frac{\sin[k(\omega_z\tau - \xi_n)]}{k(1-k^2z_n^2)} \pm \frac{t}{\pi}\sum_{k=1}^{10}(-1)^k \frac{\sin[k(\omega_z\tau - \xi_1 - 2\pi j)]}{k(1-k^2z_1^2)}). \quad (5)$$

На рис. 3, 4 представлені динамічні навантаження у вітках ланцюгового контуру, викликані полігональним ефектом зірочок (кінематичним збуренням), та інерційні навантаження від нерівномірності обертання приведених мас [5,10].

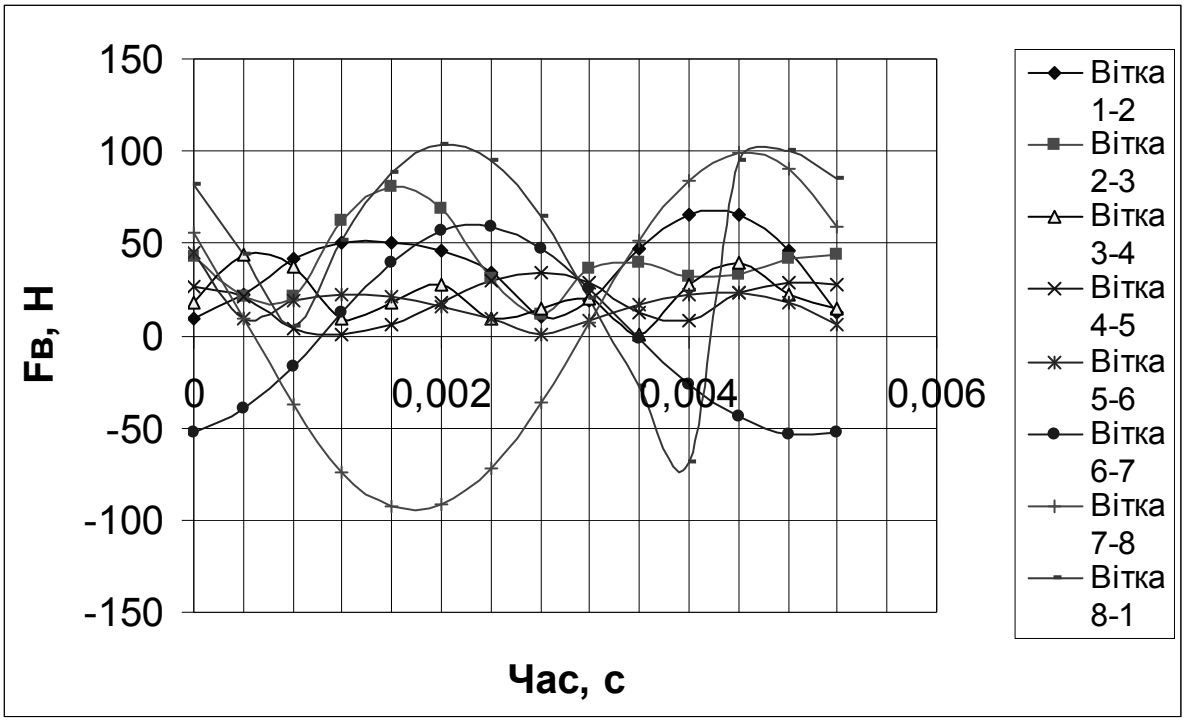


Рис. 3. Динамічні навантаження у вітках ланцюгового контуру

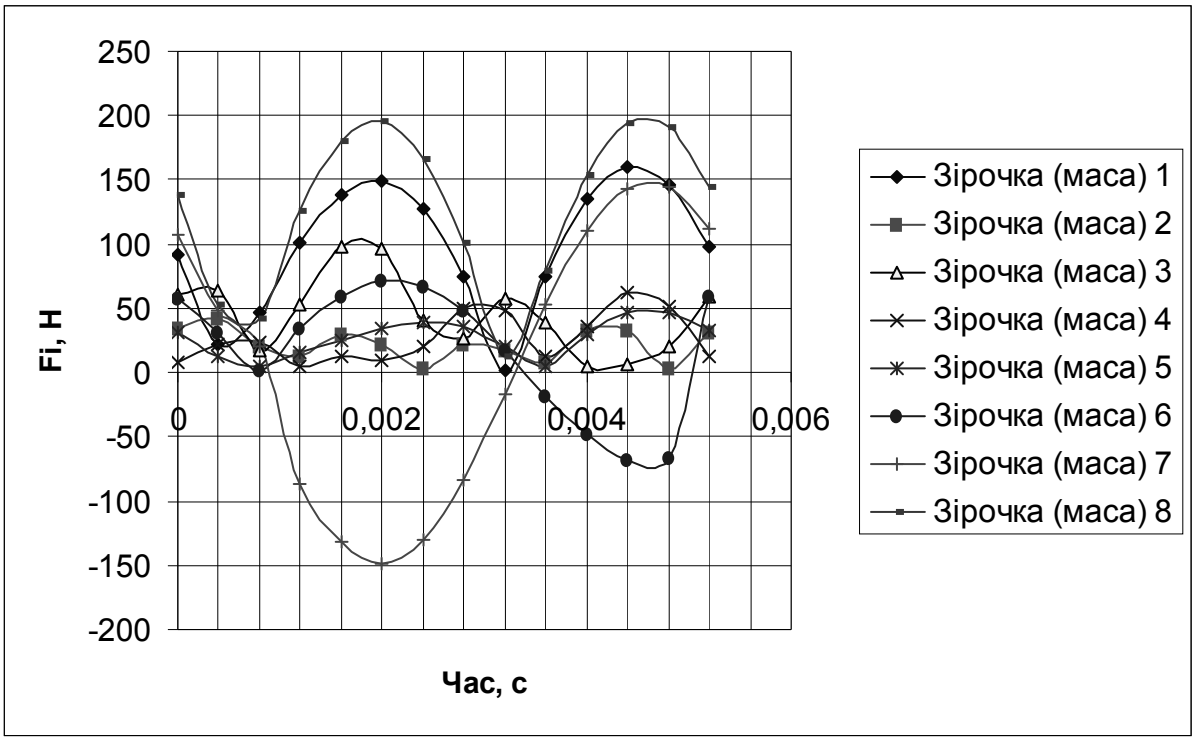


Рис. 4. Інерційні навантаження від нерівномірності обертання приведених мас

Як бачимо, динамічні навантаження у вітках ланцюгового контуру, викликані полігональним ефектом зірочок, та інерційні навантаження від нерівномірності обертання приведених мас досягають значних величин. Максимальні значення динамічних навантажень мають вітки 8-1 (103,47 Н) і 7-8 – 98,96 Н. Найбільші значення інерційних навантажень спостерігаються у мас 8 (194,95 Н) і 7 – 148,09 Н. Зауважимо, що в залежнос-

тях (5) $\xi_n = \alpha_n - q_i \frac{2\pi}{z_n}$ – зсув по фазі між рухом кінцевих шарнірів віток, що належать одній зірочці (табл.3); α_n – кути охоплення зірочок ланцюгом; q_i – кількість шарнірів ланцюга на дузі охоплення; $j = \frac{\varepsilon \cdot z_n}{2\pi}$ – коефіцієнт числа ланок; ε – зсув по фазі між збуреннями кінцевих шарнірів віток ланцюгового контуру, що належать сусіднім зірочкам. Якщо довжина вітки кратна цілому числу кроків ланцюга (синфазний рух), то збурення його кінцевих шарнірів направлені в один бік, тобто $\varepsilon = 0$. При довжині вітки, що дорівнює непарному числу половин кроку ланцюга (асинфазний рух), $\varepsilon = \pm\pi$.

На рис. 5 показано результати розрахунку динамічної нерівномірності обертання приведених мас за залежністю $\delta_n = 2\frac{x_n}{R_n} z_n \cdot 100\%$, де R_n – радіуси розташування шарнірів ланцюга на зубцях зірочок. Найбільшу нерівномірність *обертання* мають 8 і 7 маси (відповідно 3,25 % і 2 %). Найменшу – 5 маса (вона найбільша – 11,22 кг, табл. 2).

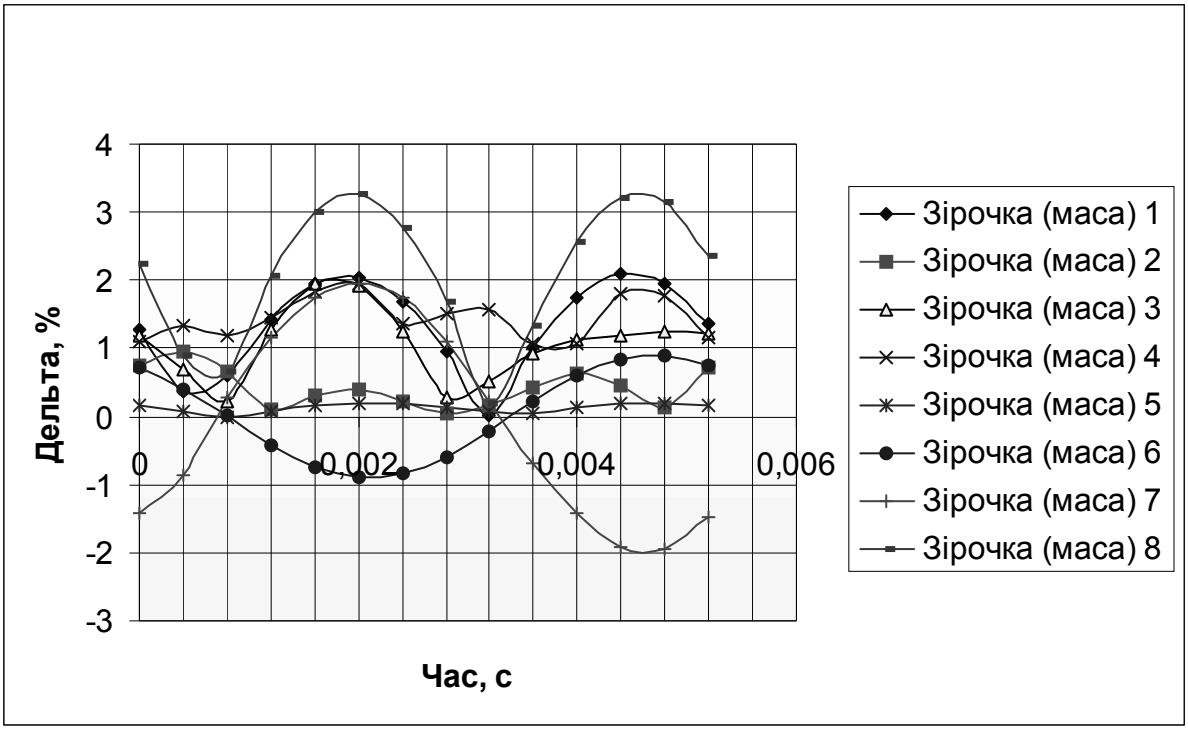


Рис. 5. Динамічна нерівномірність обертання приведених мас

Висновки

1. Багатомасова ланцюгова передача представляє собою складну динамічну систему, приведені маси і вітки ланцюгового контуру якої здійснюють певні коливальні рухи на протязі періоду обертання ведучої зірочки під дією певних збурень.
2. Одна з частот власних коливань такої системи (в дослідженому випадку 8-масової) дорівнює нулю, тобто маємо так звану напіввизначену динамічну систему. Відношення амплітуд власних коливань на цій частоті дорівнюють одиниці. Відносні амплітуди (форми) власних крутильних коливань мають місце на семи певних частотах, що складають спектр власних частот крутильних коливань ланцюгової передачі.
3. Амплітуди вимушених коливань мас (переміщень кінцевих шарнірів віток ланцюгового контуру) мають періодичний, але негармонічний характер проті-

кання процесу крутильних коливань. Звідси витікає задача регулювання цих коливань варіюванням масами і жорсткостями віток ланцюгового контуру з тим, щоб наблизити ці коливання якомога ближче до гармонічних.

4. Динамічні навантаження у вітках ланцюгового контуру, викликані полігональним ефектом зірочок, та інерційні навантаження від нерівномірності обертання приведених мас досягають значних величин.
5. Динамічна нерівномірність обертання приведених мас залежить від їх величини і налагодження коливальної системи: найменшу нерівномірність має найбільша з мас, але найбільшу нерівномірність – не найменша з них.

Список літературних джерел

1. А.А. Готовцев, И.П. Котенок. Проектирование цепных передач. – М.: Машиностроение, 1982. – 336 с.

2. Rachner H-G. Stahlgelenkketten und Kettentriebe. – Berlin, 1962. – 221 s.

3. Пилипенко О.И. Исследование динамических явлений, возникающих при установившемся режиме работы роликовых цепных передач. //Дисс….канд техн.. наук 05.161 – машиноведение и детали машин. – Львов. политехн. ин-т, 1969. – 232 с.

4. О.І. Пилипенко. Визначення сумарних динамічних навантажень, зумовлених факторами конструктивного, технологічного, кінематичного та експлуатаційного характеру. //Вісник Львівського політехнічного ін.-ту, № 69. Деякі питання динаміки та технології машин. – Вид-во Льв. ун-ту: Львів, 1973. – С. 261-266.

5. Пилипенко О.И. Научные основы и синтез цепных передач. //Дисс … докт. техн. наук 05.02.02 – машинознавство. – ХГПУ: Харьков, 1996. – 467 с. (+Додатки 245 с.).

6. Пилипенко О.И. Моделирование динамической системы и проектирование многомассовых цепных передач из полимерных композитов. //Междунар. сб. науч. тр. Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Вып. 6, Т. 2. – Донецк, Машиностроение, 1998. – С. 294-297.

7. O.I. Pilipenko. Polymeric Composite Materials in Multimass Chain Drives of Machines: Proceedings of Second International Congress «Mechanical Engineering Technologies'99». (September 16-18.1999). – Sofia, Bulgaria. – Vol. 5. – P. 24-26.

8. Пилипенко О.И., Максименко В.А., Козар И.Ф. Динамика переходных процессов цепного привода, оснащенного металлическими и полимерными цепями: Материалы междунар. н.-т. конф. «Современные проблемы машиноведения» (научные чтения, посвящённые 105-летию со дня рождения авиаконструктора П.О. Сухого). – Т. 1. – Гомель, Беларусь, 05-07.07.2000. – С. 134-137.

9. Oleg Pilipenko. Synthesis of Chain Drives Based on Dynamic Methods: New Materials and Technologies. Machine Design. Monograph. Novi Sad, Serbia, 2007. – P.307-314.

10. Пилипенко О.І. Порівняльна динаміка ланцюгової передачі, оснащеної металевою і полімерною натяжними зірочками. //Вісник ЧДТУ, № 40, серія Технічні науки. – Чернігів, 2009. – С. 56-62.

УДК 515.2

Б.І. Черніков, канд. техн. наук
М.І. Барбаш, ст. викладач

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ТЕХНІЧНИХ ФОРМ З ВРАХУВАННЯМ УТВОРЕННЯ СВІТЛОВОЇ ЛІНІЇ

Приведені опис і результати використання світлової лінії під час проектування поверхонь технічних форм. Дана оцінка стану конструкторської практики та можливості застосування світлових ліній в різних областях машинобудування

Постановка проблеми

Світлова лінія (відблиск) на поверхні утворюється під час освітлення цієї поверхні будь-яким джерелом світла. В основу утворення віддзеркалень на поверхні лежить закон збереження енергії. Відбитий промінь лежить у площині, що проходить через промінь, який падає, і нормаль до віддзеркалюваної поверхні. При відбиванні промінь, який падає, і промінь, який відбивається, проходять до спостерігача найкоротшим шляхом. Ця схема пояснює утворення відблисків на поверхні, тобто ми бачимо віддзеркалення джерела світла. Джерелом світла можна вважати будь-який об'єкт, видиме віддзеркалення якого ми спостерігаємо. Все, що ми бачимо на поверхні (відблиски, лінії, власні тіні), всі ці явища в подальшому будемо називати світловими лініями.

Форма і розміри відблисків на поверхні залежать від форми і розмірів джерела світла, фактури (шорсткості) і кривизни поверхні. Кривизна поверхні головним чином впливає на форму і розміри світлової лінії. В даному випадку під кривизною розуміємо головні кривизни поверхні [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вплив кривизни на форму і розміри світлової лінії можна спостерігати на прикладі конічної і циліндричної поверхонь. Видиме віддзеркалення буде витягнуте вздовж прямолінійної твірної (найменша кривизна) і стиснене за найбільшою кривизною [2]. При зміні положення циліндричної поверхні відносно джерела світла відблиск завжди буде «прив'язаний» до прямолінійної твірної, тобто до найменшої кривизни. Цей ефект спостерігається на всіх криволінійних поверхнях. Можна припустити, що за певних умов освітлення і стану віддзеркалюваної поверхні спостерігаємо появу однієї з головних кривизн криволінійної поверхні [3].

Математичний апарат для визначення і побудови головних кривизн складний, оскільки має бути задане рівняння поверхні. Тому на практиці світлові лінії будуються тільки наближено, частіше доводиться покладатися на інтуїцію і кваліфікацію проектувальника.

Мета статті

Метою роботи є дослідження використання світлової лінії під час проектування поверхонь технічних форм та можливості застосування світлових ліній в різних галузях машинобудування.

Виклад основного матеріалу дослідження

В інженерній практиці досить багато задач по конструюванню поверхонь, де зустрічається світлова лінія. Як відомо з літературних джерел, основне застосування світлової лінії можна відслідкувати за напрямками:

- дизайн поверхні;
- оцінка якості поверхні;
- визначення метричних характеристик поверхні;
- стелс-технології;
- конструювання відбиваючих поверхонь геліоустановок;
- освітлювальні установки.

Це неповний перелік того, де використовується світлова лінія. Найбільш часто світлова лінія згадується в дизайн-проектах, де світлові лінії трансформуються в світловий каркас поверхні.

Перед проектувальником ставиться задача пошуку композиційного рішення форми, на якій світлова лінія органічно б вписувалася в каркас поверхні, що проектується. При цьому необхідно слідкувати за тим, щоб світлова лінія не порушувала пропорційну будову форми, гармоніювала з обводами поверхні і не руйнувала загальну форму поверхні. Є два шляхи розв'язання цієї задачі.

1. Розробка каркасу поверхні в процесі проектування. Тут необхідне використання математичного апарату для опису обводів та рівняння поверхні, і застосування графічних способів побудови каркасу поверхні [4]. Деякою мірою можливе керування формою світлової лінії та внесення коректив в процесі проектування.

2. Конструювання каркасу на основі моделювання поверхні, модель, як правило, виконується в натуральну величину та на цій моделі візуально перевіряється утворення світлових ліній. Дана методика, наприклад, застосовується під час конструювання кузова автомобіля. Процес дуже трудомісткий, тривалий за часом та дорогий. В той же час це поки що найнадійніший та ефективний спосіб отримання якісної поверхні з позицій дизайну.

Паралельно з пошуком форми вирішуються задачі, пов'язані з визначенням якості поверхні. Найчастіше перевіряється фактура поверхні чи наявність окремих дефектів. Світлова лінія вельми чутлива до зміни форми та дозволяє виявити щонайменші дефекти поверхні. При цьому не потрібна спеціальна апаратура – достатньо освітити поверхню джерелом світла та спостерігати за поведінкою світлової лінії (рис. 1).

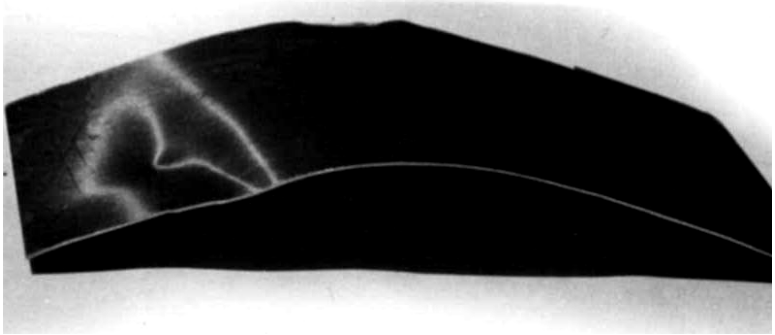


Рис. 1. Візуальне спостереження дефектів поверхні за допомогою світлової лінії

За цією методикою проводять перевірку «на світло» корпусних деталей в спеціальних світлових камерах на заводах автопрома. Цей же процес використовують під час рихтування поверхні. Оператор візуально визначає стан поверхні та положення світлової лінії з наступним коректуванням форми.

Шорсткість поверхні також впливає на форму та положення світлової лінії. Якщо на поверхню нанести риски в двох напрямах (рис. 2), на ній будуть видимі дві світлові лінії, які вказують кут нахилу рисок до джерела світла та характер шорсткості.

Рис. 2. Утворення світлових ліній на циліндричній шорсткій поверхні

В цьому випадку кожна риска поводиться як самостійна відбивна поверхня. Світлова лінія за формою може спостерігатися у вигляді різних кривих ліній, зокрема, закономірних кривих (рис. 3).

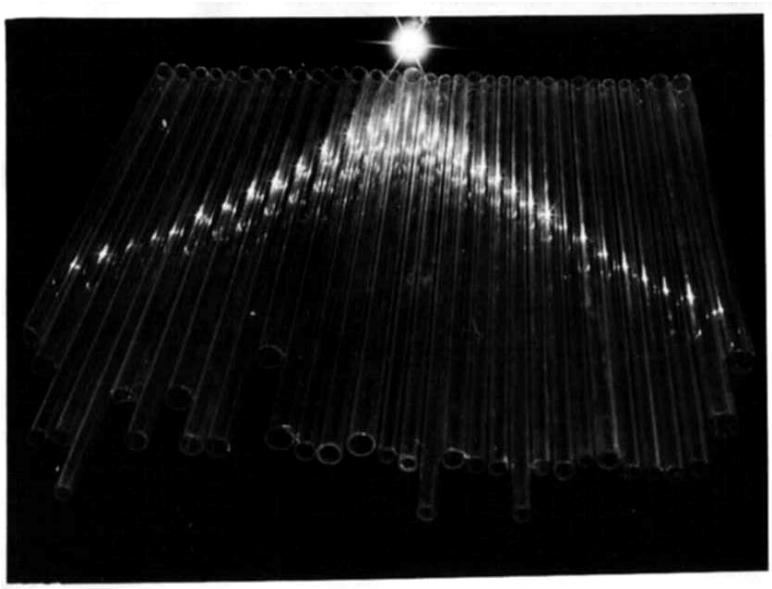


Рис. 3. Світлова лінія на шорсткій площині

Висновки

Світлова лінія практично завжди присутня на поверхнях технічних форм. Це дає можливість і перспективу для використання світлової лінії під час проектування нової техніки та технологій.

Наступний етап конструювання поверхонь технічних форм – поява методик та алгоритмів, які дозволять проектувальнику конструювати поверхні за наперед заданими умовами, зокрема, і з врахуванням світлової лінії.

Список літературних джерел

1. Гильберт Д., Кон-Фоссен С. Наглядная геометрия. – М.: «Наука», 1981. – 344 с.

2. Жарій Я.В., Черніков Б.І. Графоаналітичне дослідження віддзеркалень на лінійчатих поверхнях //Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту. 2002. – № 15. – С. 5-10.

3. Жарій Я.В., Черніков Б.І. Алгоритм конструювання поверхонь за її просторовими обводами //Вісник ЧДТУ, № 22, 2005. – С. 5-10.

4. Черніков Б.І., Жарій Я.В. Ідентифікація ліній кривизни на поверхні з врахуванням утворення світлової лінії. //Міжвідомчий науково-технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка». Випуск 76. – К.:КНУБА, 2004 – С. 122-127.

5. Черніков Б.І., Жарій Я.В. Моделювання системи безконтактного контролю радіуса тіла обертання //Вісник Черніг. держ технол. ун-ту, 2001. – № 12. – С. 20-24.

6. Барбаш М.І. Дослідження поверхні, утвореної за умови заданого розміщення осі пакування відносно розкладника. //Міжвідомчий науково-технічний збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка», Випуск 76. – К.: КНУБА, 2004 – С. 133-136.

ТЕХНОЛОГІЇ АВТОТРАНСПОРТУ

УДК 621.922

В.І. Кальченко, д-р техн. наук
В.В. Кальченко, д-р техн. наук
В.І. Венжега, канд. техн. наук
А.В. Кологойда

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ РОЗПОДІЛЬЧИХ ВАЛІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Розроблено новий спосіб і на його базі нова технологія обробки кулачків розподільчих валів та проведено розрахунок основних параметрів процесу обробки. Запропонована методика ремонту розподільчих валів за допомогою наплавки профілю кулачка з наступною обробкою на верстаті ЧПК в режимі глибинного однопрохідного шліфування.

Вступ

Механізм газорозподілення двигуна повинен забезпечувати своєчасний впуск в циліндри двигуна свіжої порції повітря або запальної суміші і випуск із циліндрів відпрацьованих газів. Виникнення неполадок в механізмі газорозподілення порушує нормальну роботу двигуна, зменшує його потужність і погіршує економічність. Розподільчий вал служить приводом штовхачів клапанів механізму газорозподілення, а також допоміжних механізмів – паливних насосів, масляного насоса і т.д.

В процесі виробництва і ремонту розподільчих валів використовують профільне і фасонне шліфування на копіювальних верстатах та верстатах з ЧПК. До геометричної точності розподільчих валів пред'являють високі вимоги. При обробці опорних шийок допуск діаметра становить до 8 мкм, некруглість та нециліндричність до 5 мкм, биття середньої опорної шийки відносно крайніх опорних шийок до 10 мкм, шорсткість Ra = 0,32-0,63. При шліфуванні профілю кулачків відхилення поточного радіуса профілю кулачка не повинно перевищувати 0,05 мм, биття циліндричної частини кулачка – 0,02-0,03 мм, кутове зміщення кулачка відносно шпоночного паза – 1^{o}.

Аналіз досліджень і публікацій

Найбільш широко проблема шліфування складних криволінійних поверхонь, а саме кулачків висвітлена в роботі [1], де розглянуті основні аспекти обробки кулачкових валів: розрахунок подачі, сил різання, розрахунок оптимального радіуса шліфувального круга, оптимальних координат технологічної осі обертання кулачка, проаналізований процес обробки кулачкових валів за допомогою копіра, включаючи динаміку процесу. Слід зазначити, що дана робота присвячена в основному обробці кулачків копіюванням.

Більшість робіт присвячується в тій чи іншій мірі класичному способу обробки кулачків по копіру. Роботи 70-80-х років присвячені саме цьому методу обробки кулачкових валів. Хоча автори і намагаються поліпшити вищезгаданий спосіб: стабілізуючи контурну подачу деталі за допомогою спеціальних пристроїв, обертанні кулачків навколо оптимальної технологічної осі, як у роботі [2], компенсуючи похибку, викликану розмірним зносом круга (роботи [3], [4]), підвищуючи точність формоутворення шляхом зменшення переносимої похибки копіра, виникаючої при його виготовленні на деталь, – але всі ці способи залишаються за своєю сутністю все тою ж обробкою по копіру. Цій обробці притаманні невисока точність формоутворення, мала гнучкість обладнання при переналагодженні, висока коштовність виготовлення копірів при частій зміні номенклатури оброблюємих виробів.

Роботи [5], [6] наводять більш сучасні методи обробки кулачкових валів на верстах з ЧПК, що можуть застосовуватись і в одиничному, і в серійному виробництвах. Однак ці способи передбачають необхідність програмованого руху по двох координатах важких інерційних мас – столу [5] та шліфувальної бабки [6] відповідно. При русі столу чи бабки з перемінною швидкістю в механізмі приводу її руху неминуче виникатимуть великі динамічні навантаження, що негативно впливають на точність.

Найбільш сучасним і в більшій мірі усуваючим недоліки вищезгаданих способів є метод, застосований у верстаті, який запатентований Пермським заводом «Машиностроитель» [7]. Верстат має достатньо жорсткі приводи обертання деталі та качання столу, програмовані ЧПК. Спосіб обробки, застосований у верстаті, забезпечує напрямок сумарного вектора швидкості по дотичній до контуру, що дозволяє на порядок зменшити помилку від обертання деталі та качання столу. В той же час слід відзначити, що застосування коливаючогося реверсивного столу, як і при класичній схемі обробки по копіру, негативно впливає на динаміку системи. При коливанні столу з перемінною швидкістю в механізмі приводу його руху виникатимуть динамічні навантаження, знижуючи точність обробки.

Мета статті

Метою роботи є підвищення точності і продуктивності обробки кулачків та інших криволінійних деталей за рахунок розробки нового способу і на його базі нової технології шліфування профілю кулачків на верстатах з ЧПК.

В якості прототипу при розробленні нового способу було обрано патент Російської Федерації, заявлений ФДУП Пермській завод «Машиностроитель» [7].

Як вже було зазначено, він має суттєвий недолік, притаманний і верстатам, що працюють за копіром, – при обробці кулачка для повної обробки всього профілю стіл, несучий оброблювану деталь, що коливається навколо своєї осі, двічі змінює напрямок свого руху, реверсуючись в точках профілю деталі з максимальним радіус-вектором. Завдяки цій особливості спосіб має суттєвий недолік: виникнення похибки при обробці, зумовленої наявністю реверсування столу. Двічі зупиняючи по ходу обробки стіл-качалку, що має суттєву масу, погіршують динамічні показники процесу – отже, знижується точність обробки.

При розробці нового способу стояла задача підвищити точність і продуктивність обробки кулачків, виключивши рух формоутворення, який вносить похибку, зберігаючи позитивні риси відомих способів.

Виклад основного матеріалу

Технічний результат досягається тим, що зі схеми обробки виключається реверсивний стіл, а замість нього застосовується багатопозиційний барабан. На відміну від прототипу, де стіл здійснював коливальний рух навколо своєї осі, барабан обертається навколо своєї осі з постійною швидкістю та в одному напрямку. Напрямок сумарного вектора швидкості обертання деталі і барабану завжди направлений по дотичній до поверхні обробки, що досягається за рахунок нерівномірного обертання самих деталей по заданій програмі від системи ЧПК.

Барабан є багатопозиційним, що дозволяє проводити обробку декількох деталей. Натяг в системі при обробці забезпечується постійним знаходженням в контакті шліфувального круга та двох заготовок.

Обробка кулачків розподільчих валів (рис. 1), встановлених на багатопозиційному столі-барабані, відбувається в наступній послідовності.

Перед обробкою шліфувальному кругу 3 надається подача в радіальному напрямку на врізання. Деталі – кулачкові вали 2, базуються за допомогою центрів на багатопози-

ційному барабані 1 та отримують обертання з програмуємою кутовою швидкістю від власних сервоприводів.

На рисунку 1 показана початкова позиція обробки першої деталі. Деталь 1 встановлена з умови отримання максимального радіуса кривизни $\rho_к = max$, причому сумарний вектор швидкості обертання столу і деталі направлений до контуру деталі по дотичній, яка перпендикулярна радіусу кривизни деталі $\rho_к$ та радіусу круга $R_{кр}$. Деталь отримує обертання зі змінною кутовою швидкістю $\omega_2 = var$ навколо своєї осі в напрямку проти годинникової стрілки та одночасно здійснює обертальний рух разом з багатопозиційним барабаном радіусом $R_б$, в тому ж напрямку, але з постійною кутовою швидкістю $\omega_1 = const$. Кутові швидкості обертання барабану і деталі задаються по програмі від системи ЧПК.

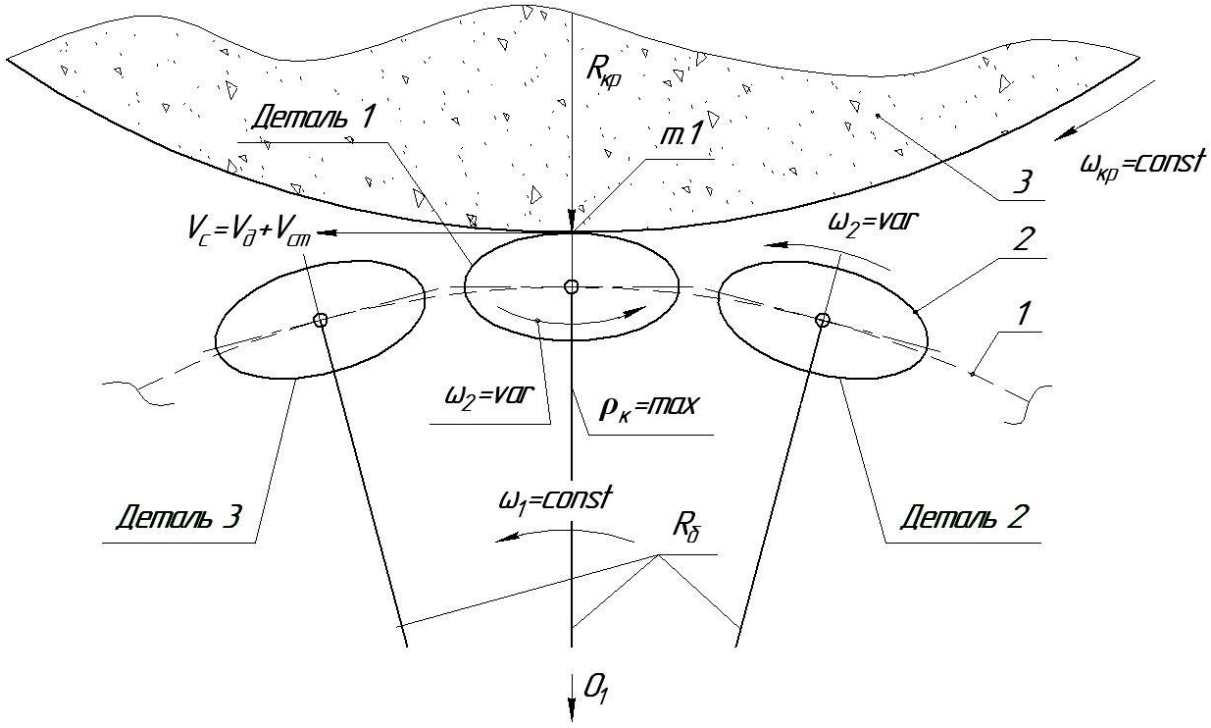


Рис. 1. Початкова позиція обробки першої деталі

На рисунку 2 зображено отримання проміжної точки т. 2 профілю першої деталі.

Завдяки нерівномірній кутовій швидкості обертання деталі при постійній кутовій швидкості барабану досягається необхідний напрямок сумарної швидкості – по нормалі до оброблюваного контуру.

При подальшому обертанні барабану і деталі остання займає крайнє положення, що відповідає точці т. 3_1 (рис. 3) з найменшим значенням радіусу кривизни $\rho_к = min$. Оскільки барабан обертається постійно і після обробки крайньої точки т. 3_1 деталь виходить з контакту з шліфувальним кругом, то для забезпечення неперервності шліфування (необхідного натягу в системі ВПІД (верстат, пристрій, інструмент, деталь), а отже і точності), деталі на барабані розміщені таким чином, щоб в контакті з кругом перебували дві різні деталі. На рис. 3 в одночасному контакті з кругом знаходяться крайня т. 3_1 першої деталі, точка т. 1_2 другої деталі. При подальшому повороті барабана перша деталь виходить із зони обробки, але натяг в системі зберігається, так одночасно починається обробка третьої деталі (т. 2_3). При входженні третьої деталі в зону обробки перша деталь повертається на визначений кут до входження в контакт крайньої точки т. 2_1 профілю кулачка з шліфувальним кругом.

При подальшому обертанні барабану 1 і обертанні деталей з перемінною кутовою швидкістю на деталі обробляються проміжні точки другої чверті кулачка, і деталь входить до положення, що відповідає отриманню точки з максимальним радіусом кривизни або мінімальним радіус-вектором кулачка, – точки симетричної т. 1.

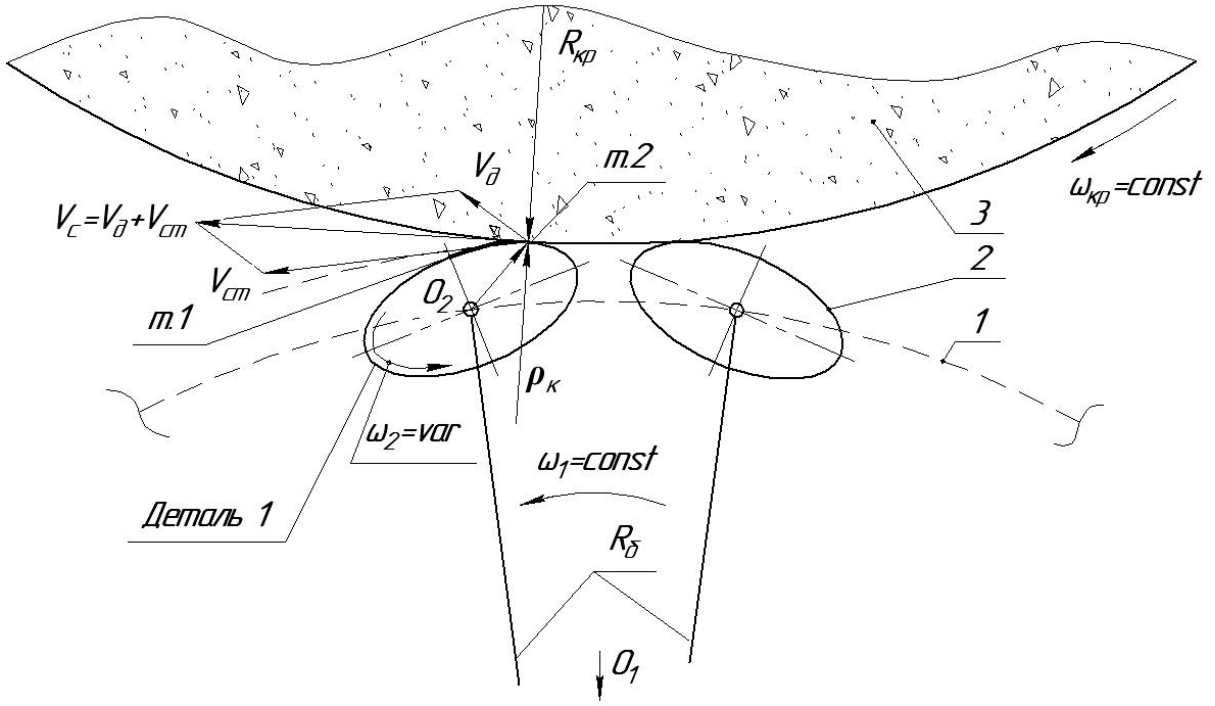


Рис. 2. Обробка проміжної точки контуру деталі

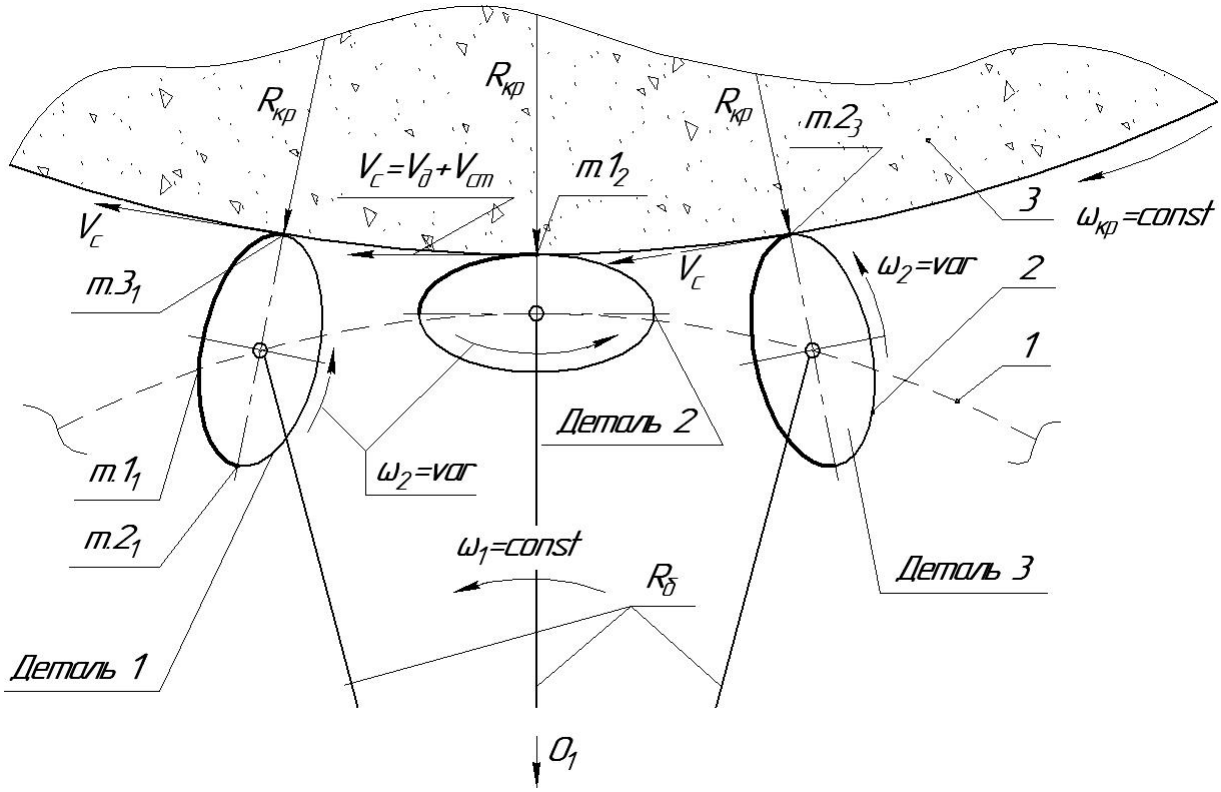


Рис. 3. Крайня точка чверті деталі

При подальшому обертанні барабану до досягнення другої крайньої точки з мінімальним радіусом кривизни обробляються інші 3/4 частини профілю, після чого деталь знову виходить з контакту. Таким чином за два оберти барабану обробляються всі деталі, встановлені на барабані.

В представленому способі реверсивний стіл-качалка, який традиційно використовувався на верстатах, призначених для фінішної обробки, і який вносив динамічну складову похибки формоутворення, замінений на барабан, який для покращення динаміки процесу отримує обертання в одному напрямку з постійною швидкістю; отримання необхідного профілю досягається за рахунок нерівномірної кутової швидкості обертання кулачкового валу. Завдяки цим двом рухам також вдається досягнути напрямку сумарного вектора швидкості обертання деталі і столу по дотичній в кожній точці оброблюваного профілю.

Під час обробки фасонних поверхонь велике значення має плавність профілюючого руху, що залежить від величини і характеру зміни прискорення, яке визначається другою похідною від радіус-вектора еквідистанти центра кулачка по часу, і залежить як від задаючої подачі, так і від профілю деталі та інструмента. Різка зміна прискорення супроводжується ударами і призводить до утворення дефектної фасонної поверхні у вигляді огранки та хвилястості. Оптимальне керування задаючою кутовою подачею дозволяє стабілізувати контурну подачу і, як наслідок, інші складові процесу обробки (сили різання, знімаємий припуск, покращити теплові явища під час обробки) (рис. 4).

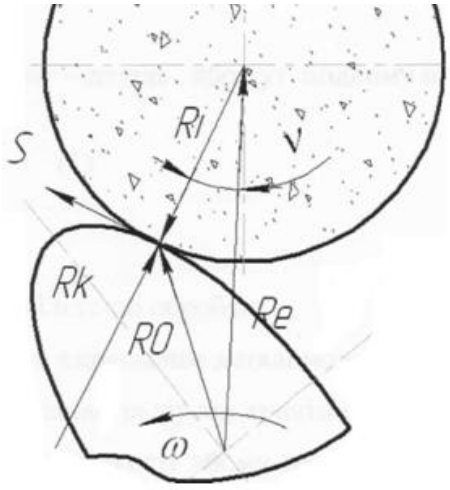


Рис. 4. Схема визначення кутової подачі

Подача під час обробки кулачка визначається з виразу:

$$S = \omega \cdot \frac{1}{1 \mp R_i / R_k} \cdot \sqrt{R_e^{\,2} + \left(\frac{dR_e}{d\alpha}\right)^2}\ , \qquad (1)$$

де R_i – радіус інструменту; R_k – радіус кривизни кулачка; R_e – плинний радіус-вектор еквідістанти; α – кут повороту деталі; $\mp$ – для опуклого та увігнутого контурів.

Кут тиску в парі інструмент-деталь, або кут підйому профілю можна знайти з виразу:

$$\upsilon(\alpha) = a\tan\left[\frac{1}{R_e(\alpha)}\left(\frac{dR_e(\alpha)}{d\alpha}\right)\right]. \qquad (2)$$

Враховуючи рівняння (1) і (2), подачу при обробці кулачка можна записати у вигляді:

$$S = \omega \cdot \frac{1}{(1 \mp R_i / R_k)\cos(\upsilon)}\ . \qquad (3)$$

Радіус-вектор поверхні в точці обробки R_o дорівнює:

$$\frac{R_e}{cos(\upsilon)} = R_o + R_i . \quad (4)$$

Знаючи залежності, відомі з креслення деталі, знайдемо характер зміни кутової подачі в точках з різним радіусом кривизни та залежних від неї технологічних величин – швидкості знімання припуску, товщини зрізаємого шару, сил різання.

Для деталі еліптичної форми залежність радіуса кривизни і радіус-вектора поверхні в точці обробки від кута повороту: $R_i = 0{,}6$ *м* – початковий радіус інструменту; $b = 0{,}05$ *м*; $a = 0{,}03$ *м* – величини великої та малої осей кулачка.

Залежність радіус-вектора поверхні в точці обробки від кута повороту кулачка

$$R_o(\alpha) = \sqrt{\frac{b^2}{1-\left(1-\frac{a^2}{b^2}\right)\cdot(cos(\alpha))^2}} . \quad (5)$$

Залежність радіусу кривизни поверхні в точці обробки від кута повороту кулачка

$$R_k(\alpha) = a^2 \cdot b^2 \cdot \left[\frac{R_o(\alpha)^2 \cdot cos(\alpha)^2}{b^4} + \frac{R_o(\alpha)^2 \cdot sin(\alpha)^2}{a^4}\right]. \quad (6)$$

Використовуючи рівняння (5) і (6), можна побудувати графіки зміни величин радіус-вектора R_o та радіуса кривизни R_k поверхні кулачка в точці обробки в залежності від кута повороту кулачкового валу (рис. 5).

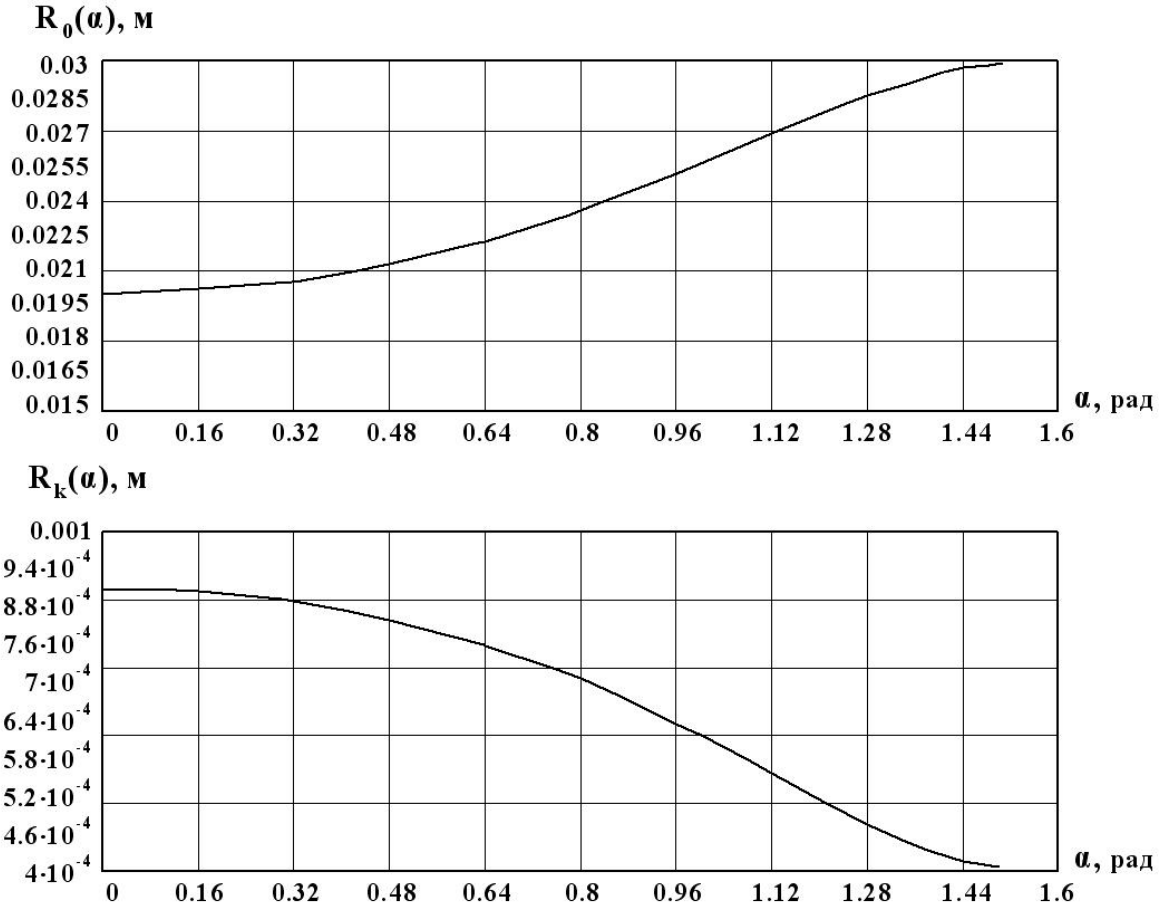


Рис. 5. Графіки зміни величин радіус-вектора R_o, та радіуса $R_к$, кривизни поверхні кулачка в точці обробки в залежності від кута повороту кулачкового валу

Залежність радіус-вектора еквідистанти від кута повороту α розрахуємо з виразу (4):

$$R_e(\alpha) = R_o(\alpha) + R_i . \quad (7)$$

Кут підйому профілю (кут тиску в парі інструмент-деталь) в залежності від кута повороту деталі розраховуємо з рівняння (2).

Графік зміни величини радіус-вектора $R_e(\alpha)$ еквідистанти побудований за рівнянням (7), зображено на рис. 6. Графік зміни кута підйому профілю від функції кута повороту деталі зображено на рис. 7.

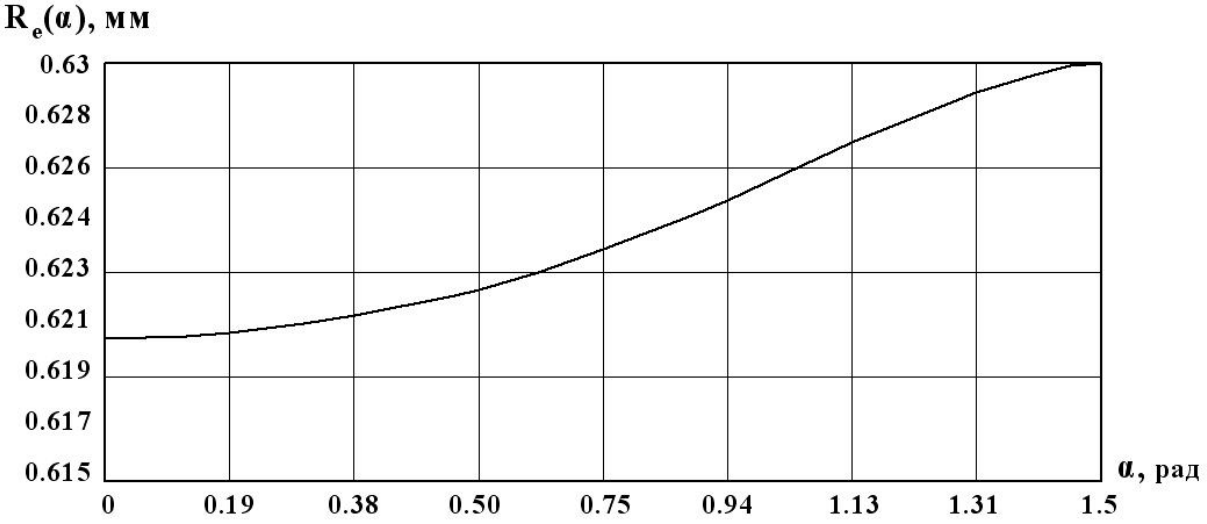


Рис. 6. Графік зміни величини радіус-вектора еквідистанти

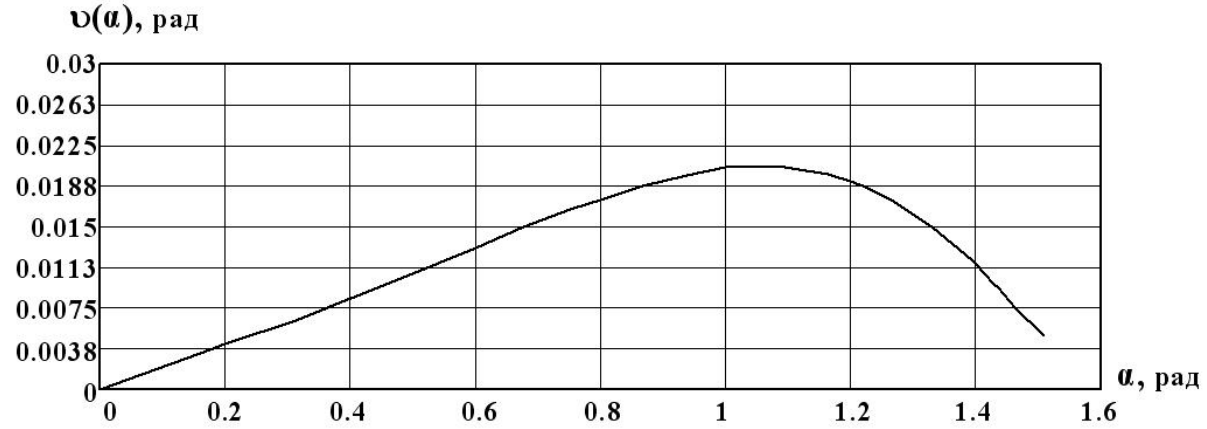


Рис. 7. Графік зміни кута підйому профілю від функції кута повороту

Розраховуємо кутову нерівномірну задаючу подачу, таким чином стабілізуючи контурну подачу кулачка при шліфуванні:

$$\omega(\alpha) = S_n \frac{R_k(\alpha) + R_i}{R_k(\alpha) \cdot \left(R_i + R_o(\alpha)\right)}, \quad (8)$$

де $S_n = 0{,}03$ *м/с*^{2} – нормативна контурна подача.

Графік зміни кутової швидкості від функції кута повороту кулачка зображено на рис. 8.

Розраховану кутову подачу порівнюємо з максимально допустимою, що розраховується з умови забезпечення необхідної шорсткості поверхні:

$$\omega(\alpha) = 16{,}7 \cdot \left[\frac{R_k(\alpha) + R_i}{R_k(\alpha) \quad (R_i + R_o(\alpha))} \right] \cdot 10^{\frac{0{,}4 \cdot 0{,}35}{0{,}2}}, \quad (9)$$

де *0,4 мкм* – потрібна шорсткість поверхні деталі; *0,35 мкм* – значення параметра шорсткості при *S = 1 м/хв.*; *p = 0,2* – коефіцієнт.

Графік зміни кутової швидкості, максимально допустимої з точки зору отримання необхідної шорсткості, від кута повороту зображено на рис. 9.

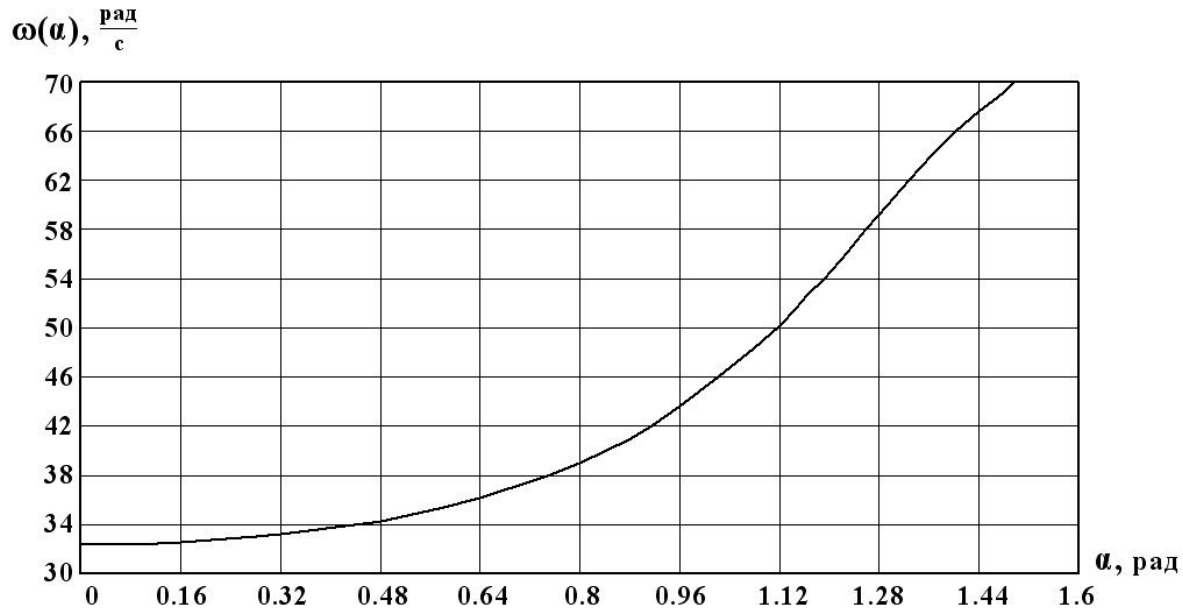


Рис. 8. Графік зміни кутової швидкості від функції кута повороту кулачка

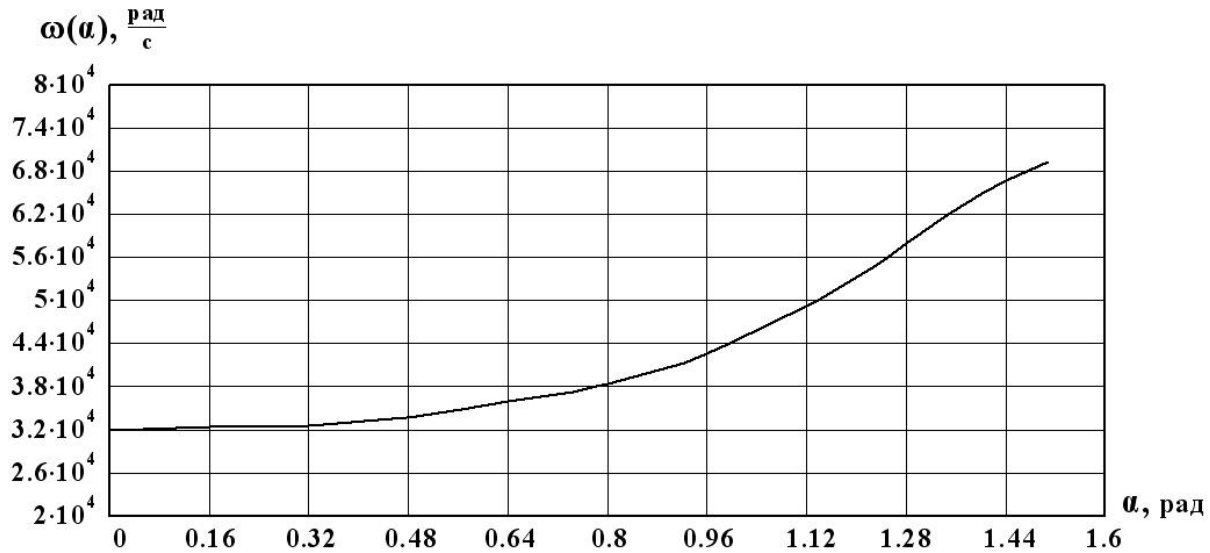


Рис. 9. Графік зміни кутової швидкості, максимально допустимої з точки зору отримання необхідної шорсткості

Розраховуємо кутове прискорення, диференціюючи кутову швидкість:

$$W(\alpha) = \frac{d\omega(\alpha)}{d\alpha}. \qquad (10)$$

Побудуємо відповідний графік зміни кутового прискорення деталі в залежності від кута повороту α (рис. 10).

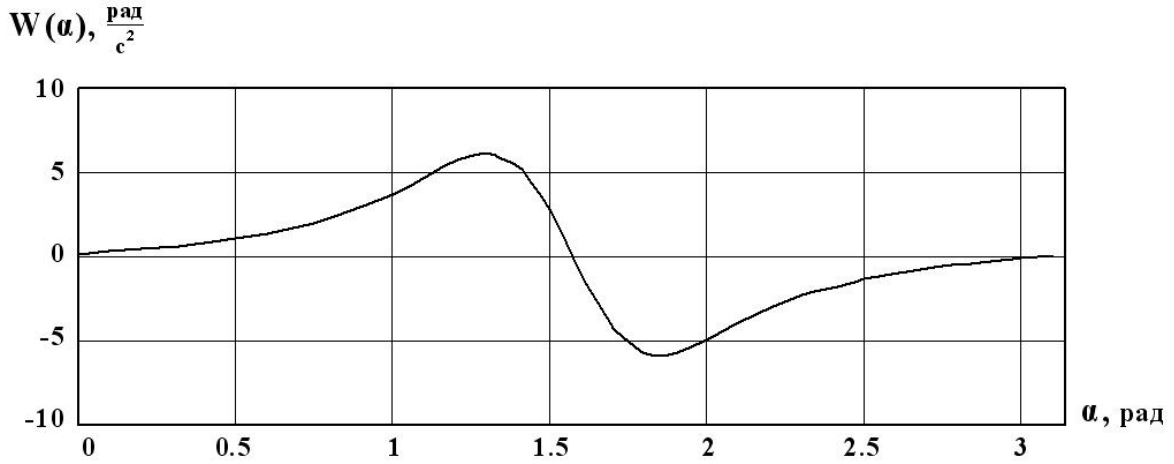


Рис. 10. Графік зміни кутового прискорення деталі

Завдяки нерівномірній кутовій швидкості обертання деталі (задаючої подачі) вдається оптимізувати контурну подачу *S(α)*, стабілізуючи її до рівня нормативної (рис. 11). Таким чином вирівнюються і шар знімаємого припуску, і сили різання.

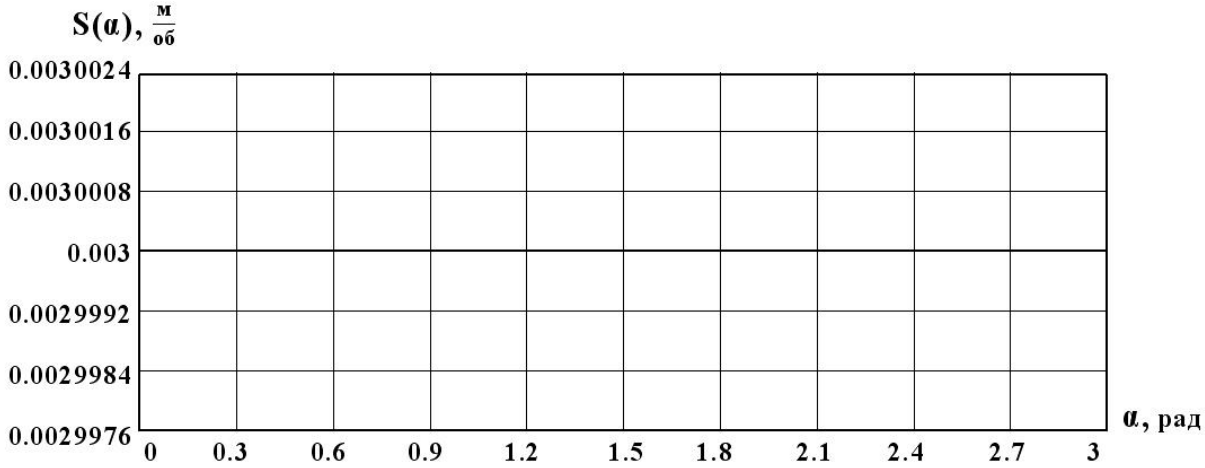


Рис. 11. Стабілізація контурної подачі деталі за рахунок розрахованої нерівномірної кутової подачі

Ремонт розподільчих валів виконується методом наплавки профілю кулачків з наступною обробкою на верстаті з ЧПК, наприклад, ВЗ 208-Ф3. Обробка виконується методом продольного шліфування, оскільки метод копіювання, описаний вище, де ширина круга дорівнює ширині кулачка, який використовується при обробці нових валів, є не доцільним по причині нерівномірного зносу круга при обробці наплавленого профілю.

Обробка виконується за один прохід вузьким алмазним кругом діаметром 200 мм і висотою 5 мм в режимі глибинного шліфування. Подача шліфувальної бабки виконується в горизонтальній площині за рахунок розташування поточного радіусу кривизни кулачка в цій площині, що досягається підйомом шліфувальної бабки разом з консоллю, що забезпечує виключення впливу зносу радіусу круга на точність формоутворення. Обчислення керуючих програм виконується за методикою, наведеною в роботі [8].

Для обробки розроблений новий спосіб і на його базі нова технологія шліфування зі схрещеними осями круга та деталі. Обробка здійснюється в режимі глибинного шліфування за один прохід. Оптимізацію кута повороту наведено роботі [9].

Радіус-вектор обробленої поверхні описується рівнянням:

$$\bar{r}_o(u,i,\text{ґ}) = A3(p\cdot\theta)\cdot A4(\theta)\cdot A1(-L(\theta))\cdot A4(\chi)\cdot A3(Z(i))\cdot A6(u)\cdot A1(R(i))\cdot \text{ę}4 \qquad (11)$$

при виконанні умови:

$$\overline{n} \cdot \overline{\nabla} = 0\,, \qquad (12)$$

де *A1…A6* – матриці перетворення систем координат, що моделюють зсуви та повороти вздовж та навколо осей; *i* – координата в здовж профілю круга, *u* – кутова координата; *Z(i)* – залежність висоти круга від координати на профілі; *R(i)* – залежність радіуса круга від координати на профілі; χ – кут орієнтації круга; *L* – міжосьова відстань; *p* – параметр гвинтового руху круга.

Висновки

Розроблено новий спосіб і на його базі нова технологія обробки кулачків розподільчих валів. Нова технологія дозволить значно підвищити продуктивність та точність обробки складних криволінійних поверхонь. В ході роботи було проведено розрахунок основних параметрів процесу обробки: зміни кутової швидкості та прискорення деталі, зміни радіус-вектору еквідистанти центру деталі.

Розроблена методика ремонту розподільчих валів за допомогою наплавки профілю кулачка з наступним шліфуванням на верстаті ЧПК. Обробка здійснюється в режимі глибинного шліфування за один прохід.

Список літературних джерел

1. Кулик В.К. и др. Прогрессивные процессы обработки фасонных поверхностей. – К.: «Техника», 1987. – 176 с., с ил.

2. Кальченко В.И. Шлифование криволинейных поверхностей крупногабаритных деталей. – М., «Машиностроение», 1979. – 160 с., с ил.

3. Авторское свидетельство СССР № 808251, кл. B24B 19/8 – Ю.В. Петраков. Устройство для шлифования некруглой детали.

4. Авторское свидетельство СССР № 619326, кл. B24B 17/02, 1978 – Кулик В.К., Данько Л.В., Иотов В.В. Устройство для обработки некруглых деталей.

5. Авторское свидетельство СССР № 656813, кл. B24B 17/10, 1980 – Ю.С. Рейбах, В.Г. Башмаков, М.А. Водяницкая, В.А. Ерохин. Вертикальный шлифовальный станок с числовым программным управлением.

6. Пасов Г.В., Кальченко В.В. та ін. Обчислення керуючих координат шліфувального круга при різних схемах його руху. //Вісник ЧДТУ, 2001, № 13. – С. 73-77.

7. Лурье Г.Б., Комиссаржевская В.Н. Шлифовальные станки и их наладка. – Учебник для средних проф.-технических училищ. Изд. 3-е, дополненное и переработанное. – М.: «Высшая школа», 1976. – 415 с. с ил.

8. Кальченко В.І., Пасов В.Г. Обробка фасонних поверхонь на верстаті моделі ВЗ-208-Ф3. //Вісник ЧДТУ, 2002, № 15. – С. 64-68.

9. Кальченко В.І., Кальченко В.В., Дмитренко М.А. Глибинне кругле шліфування зі схрещеними осями деталі і круга. //Вісник ЧДТУ, 2009, № 37. – С. 64-72.

УДК 629.083

В.І. Кальченко, д-р техн. наук
В.І. Венжега, канд. техн. наук
А.В. Рудик, канд. техн. наук
Г.В. Пасов, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

Досліджено традиційні методи відновлення деталей автомобілів та методи і засоби, що дозволяють в процесі експлуатації, без розбирання вузлів і агрегатів здійснювати відновлення і ефективно підвищувати зносостійкість деталей автомобіля, знижувати шкідливі викиди в атмосферу і ефективно впливати на економічні характеристики роботи машини. Приведено обгрунтування вибору того або іншого методу відновлення.

Вступ

Безпека дорожнього руху, своєчасність доставки вантажів і пасажирів, економічні показники використання автомобілів багато в чому визначаються їх надійністю. Для її забезпечення автотранспортні засоби згідно положення [1] повинні проходити технічне обслуговування та ремонт, під яким розуміють комплекс операцій щодо відновлення справності, працездатності та ресурсів їх конструктивних елементів.

У класичному розумінні процес відновлення деталі (з'єднання) має на меті проведення технологічних заходів, спрямованих на зміну її геометричних розмірів до номінальних або ремонтних. Проте, в деяких випадках працездатність вузла може бути відновлена за допомогою підвищення його зносостійкості, зниження в ньому сил тертя, проведення регулювальних робіт.

Перспективними на даний час є методи і засоби, що дозволяють в процесі безперервної експлуатації, без розбирання вузлів і агрегатів, здійснювати відновлення і ефективно підвищувати зносостійкість деталей автомобіля, а також знижувати шкідливі викиди в навколишнє середовище і ефективно впливати на економічні характеристики роботи машини. З'явилися методи і засоби для безрозбірного відновлення — smart-selftechnologies (інтелектуальні технології самовідновлення).

Аналіз досліджень і публікацій

По джерелу виникнення відмови автомобіля можна розділити на конструктивні, експлуатаційні та зношувальні. Зношувальні відмови, як правило, виникають в період усталеного періоду експлуатації автомобіля і зумовлені процесами зношування і старіння металів та інших матеріалів.

В теорії тертя і зношування розрізняють кілька видів зношування і руйнувань. Їх класифікація виконана професорами В.Є. Канарчуком і А.Д. Чигринець [2].

Аналіз дефектів спрацьованих вузлів машин і механізмів дозволив виділити дві виражені області нормального і паталогічного процесів: зношування і пошкодження. До допустимих видів руйнувань під час тертя відносяться: механічне нормальне окислювальне зношування, механічне нормальне зношування плівок некисневого походження, механічна форма абразивного зношування. До другої групи віднесено: зношування схоплюванням першого і другого роду, фретінг-корозія, абразивна форма зношування з різанням, втома при коченні, корозія, кавітація, ерозія, зім’яття [3].

Найбільш повна класифікація та характеристика методів відновлення деталей автомобілів наведена в [3] та [4] , але вона не містить методів відновлення без розбирання вузлів та агрегатів.

Мета статті

Метою роботи є дослідження ефективності та обгрунтування використання різноманітних методів та засобів відновлення деталей автомобілів.

Виклад основного матеріалу

У автомобільних деталях виникають різні дефекти, кількість яких досить значна. Дефектом називається кожна окрема невідповідність продукції вимогам, встановленим нормативною документацією [5]. Для зручності дослідження дефектів їх класифікують за тією або іншою ознакою.

1. По наслідках дефекти підрозділяються на критичні, значні, малозначні.

Критичний дефект – дефект, за наявності якого використання продукції за призначенням практично неможливе або виключається відповідно до вимог техніки безпеки.

Значний дефект – дефект, який істотно впливає на використання продукції за призначенням і (або) на її довговічність, але не є критичним.

Малозначний дефект – дефект, який суттєво не впливає на використання продукції за призначенням і на її довговічність.

2. По місцю розташування всі дефекти підрозділяються на зовнішні і внутрішні.

Зовнішні дефекти, такі, як деформації, поломи, зміна геометричної форми і розмірів, легко виявляються візуально або шляхом нескладних вимірювань.

Внутрішні дефекти, такі, як втомні тріщини, дислокації тріщин термічної втоми і т. д., виявляються різними способами дефектоскопії деталей. Під дефектоскопією деталей розуміється комплекс робіт, що полягає у виявленні і характеристиці дефектів, наявних в автомобільних деталях.

3. По можливості виправлення дефекти класифікують на виправні і невиправні.

Виправний дефект – дефект, усунення якого технічно можливо і економічно доцільно.

Невиправний дефект – дефект, усунення якого технічно неможливо або економічно недоцільно.

4. За методами і засобами відновлення дефекти класифікують на такі, що потребують розбирання деталі з вузла для її відновлення, і на такі що здійснюються без розбирання.

На основі даних конструкторської документації і результатів прискорених випробувань деталей даного найменування для автомобілів, що запускаються у виробництво, а крім того, на базі апріорної інформації вирішується питання про можливість усунення тих або інших дефектів.

Вибір способів усунення дефектів проводиться на підставі наступних критеріїв [6].

1) Критерій застосовуваності дозволяє з існуючих способів усунення дефекту вибрати ті, які кращим чином відповідають даній деталі, а також відкинути методи, застосування яких неможливе.

Цей критерій описується логічною функцією

$$K_M = \varphi\left(M_Д ; \Phi_Д ; D_Д ; И_Д ; H_Д ; \sum_{i=1}^{m} T_i \right) \neq 0 , \qquad (1)$$

де $M_Д$ – матеріал деталі;

$\Phi_Д ; D_Д$ – форма і діаметр відновлюваної поверхні деталі;

$И_Д$ – величина зносу деталі, що підлягає відновленню;

$H_Д$ – величина і характер навантаження, що сприймається деталлю;

$\sum_{i=1}^{m} T_i$ – сума технологічних особливостей способу ремонта, що визначають об-

ласть його раціонального застосування.

Для вибору методів відновлення за даним критерієм необхідно проаналізувати дані параметри і вибрати можливі методи відновлення.

При цьому, при можливості застосування значенню аргумента привласнюється одиниця, при неможливості застосування – нуль. За наявності хоча б одного нуля метод вважається непридатним.

2) Критерій довговічності визначає працездатність відновлюваних деталей. Він виражається через коефіцієнт довговічності, під яким розуміють відношення довговічності відновленої деталі до довговічності нової деталі даного найменування.

Згідно «Положення про технічне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту» капітальний ремонт рухомого складу, агрегатів і вузлів призначений для відновлення їх технічної справності і близького до повного (не менше 80%) відновлення ресурсу і безвідмовності в роботі. Тому в якості технічного критерію доцільності відновлення автомобільних деталей резонно прийняти числове значення коефіцієнта довговічності, що визначається як співвідношення ресурсів аналогічних відновленої і нової деталей, більшим або рівним 0,8, тобто

$$K_{Д} = \frac{L_{B}}{L_{H}}, \qquad (2)$$

де L_{B} – забезпечуваний ресурс відновленої деталі, км.;

L_{H} – ресурс аналогічної нової деталі, км.

При такому значенні коефіцієнта довговічності відновлена деталь забезпечить післяремонтний ресурс того агрегату, в конструкцію якого вона входить. На підставі результатів численних досліджень і виробничих даних відомо, що післяремонтний ресурс відновлених деталей визначається трьома чинниками: зносостійкістю відновлених робочих поверхонь, втомною витривалістю деталі і міцністю зчеплення нарощенного шару з її основним металом. Вказані параметри можна оцінити за допомогою коефіцієнтів, аналогічних по структурі коефіцієнту довговічності, тобто як співвідношення зносостійкості і втомної витривалості відновлених деталей і аналогічних показників однойменних нових деталей. Коефіцієнт зчіплюваності можна визначити як співвідношення міцності на відрив нарощеного на дану деталь шару до міцності, що забезпечує за будь-яких умов експлуатауії стабільність нарощеного шару, за значення якої доцільно прийняти для сталевих деталей 490 МПа. Таким чином

$$K_{Д} = f\left(K_{И}; K_{B}; K_{СЦ}\right), \qquad (3)$$

де $K_{И}; K_{B}; K_{СЦ}$ – коефіцієнти зносостійкості, втомної витривалості, зчіплюваності (таблиця 1).

Числові значення коефіцієнта довговічності, як правило, визначаються найменшим числовим значенням одного з коефіцієнтів, що знаходяться в правій частині рівності (3), оскільки значення саме цього коефіцієнта визначає ресурс відновленої деталі. Проте, по-перше, ряд способів відновлення (ремонтних розмірів, пластичної деформації, електромеханічної обробки) не пов'язаний з нарощуванням компенсуючого знос шару; в цьому випадку значення коефіцієнта зчіплюваності можна умовно прийняти рівним одиниці. По-друге, відомий ряд автомобільних деталей, не схильних до значних знакоперемінних навантажень і що практично ніколи не виходять з ладу внаслідок втомного напруження. По відношенню до таких деталей, якщо навіть K_{B} має при використанні даного способу низьке значення, за коефіцієнт довговічності може бути прийняте мінімальне значення, визначене для двох інших коефіцієнтів.

3) Техніко-економічний критерій є функцією двох аргументів:

$$K_{ТЭ} = f_{2}\left(K_{И}; E\right), \qquad (4)$$

де $K_И$ – коефіцієнт продуктивності способу відновлення;

E – показник економічності способу відновлення.

Даний критерій дозволяє вибрати з декількох способів відновлення, що задовольняють першим критеріям, найбільш економічний.

4) Економічний критерій.

Виробництво нових деталей і їх відновлення в певних межах є альтернативою. Якщо ті або інші деталі можна і доцільно відновлювати, то виробляти їх як запасні частини не потрібно, за виключенням невеликого резерву для компенсації деталей, що вибраковуються як виняток по аварійних пошкодженнях. І навпаки, якщо деталі із забезпеченням необхідної якості відновлювати неможливо або недоцільно, їх необхідно виробляти як запасні частини. Даний критерій призначений для ухвалення саме такого альтернативного рішення.

В принципі, собівартість відновлення однойменних деталей має бути меншою собівартості їх виробництва на автозаводі, причому не менше, ніж на ту величину, на яку по Положенню допускається зниження ресурсу капітально відремонтованих вузлів і агрегатів (тобто на 20 %). Відповідно

$$C_B \le 0{,}8C_H, \qquad (5)$$

де C_B і C_H – собівартості відновлення і виробництва на автозаводі аналогічних деталей.

Проте вказану залежність незручно використовувати з практичною метою, оскільки визначення C_B і C_H пов'язане з складанням трудомістких калькуляцій собівартості, які до того ж не можуть бути достатньо точними, оскільки залежать від технічного і технологічного рівнів конкретних підприємств.

Тому наближено питання про доцільність відновлення деталей того або іншого найменування може бути вирішено на основі залежності, запропонованої М. А. Масино [5], основаної на середньостатистичних даних по галузі

$$M_P \le 0{,}8МП \pm K \cdot Д_И, \qquad (6)$$

де M_P – витрати на ремонтні матеріали в % від повної собівартості відновлення деталей C_B;

$МП$ – витрати на матеріал і напівфабрикати в % від повної собівартості виготовлення деталей $C_И$. В середньому для вантажних автомобілів можна приймати 70...75%, для легкових – менші значення. Більші значення застосовують для деталей з меншим об'ємом механічної обробки;

$Д_И$ – витрати на заробітну плату в % від повної собівартості виготовлення деталей $C_И$. Дані витрати залежатимуть від конкретного виробництва (від ступеня механізації і автоматизації, річної програми і так далі). Для орієнтовних розрахунків можна приймати 4...7,5%. Вищі значення приймаються для складних деталей;

K – коефіцієнт, що залежить від співвідношення відсотків накладних витрат при виробництві і при відновленні деталей даного найменування. Даний коефіцієнт лежить зазвичай в межах – 9...6. Оскільки сучасна економічна ситуація характеризується невеликими обсягами виробництва, то найбільш вірогідні значення даного коефіцієнта лежатимуть в межах – 8...1, причому значення буде зменшуватися при збільшенні серійності відновлення і зменшенні серійності виробництва.

Характеристики основних способів відновлення приведені в таблиці 1.

Максимальні значення коефіцієнтів відносяться до деталей, що не сприймають знакозмінні, значні ударні навантаження і працюють в умовах рідинного тертя.

Таблиця 1

Характеристика основних способів відновлення

Метод відновлення		Показники методу									
		Умовне позначення методу	Коефіцієнт зносостійкості, $K_И$	Коефіцієнт втомної витривалості $K_В$	Коефіцієнт зчіплюваності, $K_с$	Товщина покриття, мм	Витрати матеріалів, кг/м^2	Витрати на ремонтні матеріали $M_Р$, %	Трудомісткість, год/м^2	Енергоємність споживання, кВт·год/м^2	Продуктивність, м^2/год
Ручне зварювання	Електродугове	РНЕ	0,8 1,0	0,65 0,7	0,8 1,0	5,0	48	7,8	60		0,016
	Газове	РНГ	0,8 1,0	0,65 0,7	0,8 1,0	3,0	38	14,4	72	80	0,014
	Аргонно-дугове	АДН	0,8 0,9	1,0	0,8 0,85	4,0	36	28	56	520	0,018
Наплавлення	Під флюсом	НСФ	0,9 1,1	0,8 0,85	1,0	3-4	38	6,5	30	286	0,033
	Вібродугове	ВДН	0,8 1,0	0,55 0,65	0,8 1,0	2-3	31	2,2 2,5	32	234	0,031
	в CO_2	НУГ	0,8 1.0	0,8 0,85	0,8 1,0	2-3	30	12,6	28	256	0,036
Елекролітичне покриття	Хромування	Х	1,0 1,1	0,8 1,0	1,0	0,3	21	3,0 9,3	54	324	0,018
	Осталювання	О	0,8 0,9	0,85 0,9	0,5 0,8	0,5	23	0,3 0,5	18	121	0.054
Пластичне деформування		ПД	0,9 1,0	1,0	1,0	2,0	-	-	36	126	0,028
Обробка під ремонтний розмір		РР	0.9 1,0	0,9 1,0	1,0	0,2	-	-	17	121	0.06
Постановка додаткової деталі		ДД	0,8 1,0	0,9 1	1,0	5,0	8	-	148	121	0.007

Всі відомі в даний час методи і засоби для безрозбірного відновлення з'єднань, що труться, по компонентному складу, фізико-хімічному процесу їх взаємодії з поверхнями, що труться, властивостях отримуваних покриттів (захисних плівок), а також механізму функціонування діляться на три основні групи: металоплакувальні композиції (направлені на реалізацію ефекту Гаркунова); речовини, що полімеризуються; металокерамічні матеріали.

Умовно до відновників по критерію підвищення техніко-економічних показників слід віднести кондиціонери металу та інші поверхнево-активні речовини (ПАР), а також добавки-модифікатори, які складаються з декількох шарів.

Всі ці продукти розрізняються за умовами і способами застосування. Одні добавки додають до олив, палива або пластичних мастил. Інші вводять через карбюратори і впускні колектори у вигляді аерозолей і присадок до паливно-повітряних сумішей. Тре-

ті вводяться безпосередньо в зону тертя, наприклад, в циліндропоршневу групу. Створені препарати, що додаються в трансмісійні оливи для відновлення працездатності ручних коробок передач, диференціалів, а також зниження шуму і запобігання їх подальшого зношування. Деякі спеціальні препарати призначені для відновлення і продовження терміну служби високонавантажених вузлів — підшипників маточин, хрестовин, кулькових опор, наконечників кермової тяги і так далі.

Іншим методом відновлення зношених поверхонь тертя і підвищення їх триботехнічних характеристик є застосування матеріалів, що містять полімери. Даний напрям зародився в кінці 50-х, коли англійські учені Х. Германс і Т. Іган виявили утворення органічних відкладень (забруднень) на релейних контактах телефонного і телеграфного зв'язку. На підставі спеціальних високоточних експериментів було встановлено, що відкладення в зоні контакту утворюються внаслідок хімічних перетворень пари органічних речовин, що виділяються деякими ізоляційними матеріалами. У всіх випадках відкладення знижували коефіцієнт тертя в контактній парі і погіршували струмопровідність.

Надалі на цьому принципі були розроблені спеціальні присадки в змащувальні матеріали, названі полімероутворювальними. З цієї групи найбільш поширені препарати на основі політетрафторетилену (ПТФЕ, або PTFE). ПТФЕ, він же тефлон, занесений в «Книгу рекордів Гінеса» як найслизькіший матеріал у світі. Розробником, володарем торгової марки Teflon і одним з перших виробників тефлонових препаратів для автохімії (DLX-600 і інш.) є американська фірма DuPont de Neumours & Company (Дюпон), яка, проте, за наявними відомостями, в даний час припинила випуск препаратів цього класу. Як полімерні складові можуть також виступати перфторпропіленоксид, поверхнево активований фторопласт-4, перфторполіефір карбонової кислоти («епілам») і деякі інші. При обробці ці препарати покривають поверхні деталей, що труться. Це переводить безпосередній контакт металу по металу в режим тертя полімеру по полімеру із значним зниженням коефіцієнта тертя та інтенсивності зношування в з'єднанні.

Геомодифікатори (ремонтно-відновлювані засоби – РВЗ) показують якнайкращі результати в елементах трансмісії. Володіючи високими змащувальними, водо- і брудовідштовхувальними властивостями, РВЗ істотно знижують знос і температуру в зоні тертя, зокрема, у відкритих вузлах, таких, як ланцюгова передача мотоциклів, шарніри карданних валів і так далі. По хімічному і фазовому складу вони найчастіше є сумішшю класичного магнезійно-залізистого силікату (серпентин Mg6{Si4O10} (OH) 8), що являють форму цілого ряду мінеральних руд класу оливінів, кінцевими фазами яких є форстерит (Mg2SiO4) і фаяліт (Fe2SiO4), а також в незначних кількостях кремнезем (SiO2) і доломіт CaMg(CO3)2.

Під час роботи обробленого вузла активні компоненти металокераміки вступають у взаємодію з ділянками деталей, що контактують, і формують на цих ділянках металокерамічний шар, який частково відновлює дефекти поверхонь тертя і володіє високими антифрикційними і протизношувальними властивостями.

Зміст словосполучення «кондиціонер металу» стосовно автохімії можна інтерпретувати як речовина і механізм дії на метал, що дозволяють відновити структуру (склад) металу, на який препарат впливає, за допомогою доставки необхідних компонентів (середовища або енергії) від зовнішніх джерел. Дія препаратів даної групи заснована на взаємодії (адсорбції) їх поверхнево-активних компонентів, наприклад, з'єднань на основі фторокарбоната (смоли) кварцу, естерів (продукту спеціальної переробки копри кокосового горіха, а також смол ряду хвойних дерев) або інших ПАР з поверхнями тертя. При використанні кондиціонера металу спостерігається пластифікування поверхонь тертя і формування на них якнайтоншого шару, по властивостях близького до сервовітної плівки, характерної для ефекту беззношування. Це обумовлено вибірковим розчи-

ненням ПАР кондиціонера легуючих елементів конструкційного матеріалу деталі і утворенням структури, що складається з чистого заліза з включеними в нього залишковими фазами вуглецю в алмазоподібному виді. Розчинені легуючі елементи і залізоорганічні з'єднання кондиціонера металу здійснюють певне підживлення руйнованих при терті контактуючих поверхонь, створюючи замкнутий трибологічний цикл «пасивація (стабілізація) поверхні — зношування плівки — розчинення (винесення) легуючих елементів — відновлення плівки (осадження активних елементів кондиціонера) — пасивація».

Іонізовані молекули кондиціонера (рекондиціонера) металу, проникаючи всередину металевої поверхні, змінюють її структурний склад і, отже, міцністні та антифрикційні властивості. При цьому ділянки контакту покриваються достатньо стійкими полімерними і поліеэфірними структурами. Це дозволяє істотно понизити в рухомих з'єднаннях втрати на тертя та інтенсивність зношування, зокрема, під час пуску, розгону, в режимах перевантажень і так далі.

Препарати ще однієї групи іноді називають багатошаровими модифікаторами тертя. Ці присадки складаються з елементів з низьким зусиллям зрушення між шарами, наприклад, дисульфід молібдену (Mo2S), трисульфід молібдену (Mo3S), диселеніт молібдену (Mo2Se), дисульфіди вольфраму (W2S) і танталу (Ta2S), графіт і деякі інші. При роботі дисульфід молібдену, графіт або інший багатошаровий модифікатор заповнюють («згладжують») мікронерівності поверхонь тертя, внаслідок чого зниження коефіцієнта тертя і зносу оброблених поверхонь досягає 50%. Дані присадки (модифікатори) необхідно вводити при кожній заміні мастила, оскільки при роботі двигуна на чистій оливі відбувається інтенсивне вимивання з мікронерівностей частинок дисульфіду молібдену і їх винесення із зони тертя.

Висновки

- для досягнення найвищої ефективності вибір способів відновлення деталей автомобілів повинен проводитись з урахуванням критеріїв можливості застосування, довговічності відновлених деталей, техніко-економічного та економічного критеріїв;
- застосування методу відновлення деталей без розбирання вузлів і агрегатів smart-selftechnologies на автомобільній техніці дозволяє понизити витрати на паливно-мастильні матеріали і запасні частини, скоротити трудовитрати на усунення відмов, зменшити втрати внаслідок простою техніки в період ремонту.

Список літературних джерел

1. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожних транспортних засобів автомобільного транспорту. – Харків: Форт, 2003. – 16 с.

2. Канарчук В.Є., Чигринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. – К.: Вища шк., 1994. – Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія: Підручник. – 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління: Підручник. – 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. – 495 с.

3. Чередніков О.М. Технологічні основи ремонту машин і відновлення деталей: Навчальний посібник.– Чернігів:ЧДТУ, 2008. – 212 с.

4. Молодык Н.В. Восстановление деталей машин: Справочник /Н.В. Молодык, А.С. Зенкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.

5. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. – К: Знання-Прес, 2003. – 511 с.

6. Румянцев С.И. Ремонт автомобилей: Учебник /С.И. Румянцев, В.Ф. Борщов, А.Г. Боднев. Под ред. С.И. Румянцева. – М.:Транспорт, 1981. – 462 с.

УДК 621.923.42

В.В. Кальченко, д-р техн. наук
Г.А. Веремей, аспирант

Черниговский государственный технологический университет, г.Чернигов, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОНТАКТА СОЕДИНЕНИЯ «КЛАПАН – СЕДЛО» ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА В ДВИГАТЕЛЕ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Исследовано сопряжение пары «клапан-седло» газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания автомобиля с системой привода от коленчатого вала с точки зрения характеристик и технических требований, предъявляемых к условиям работы и формообразованию поверхностей контакта деталей данного сопряжения. Рассмотрены и проанализированы существующие методы обеспечения параметров качества соединения «клапан-седло», показана необходимость улучшения существующих практических методов обеспечения этих параметров посредством применения новых способов финишной обработки.

Вступление

В современном автомобилестроении, известны и применяются на практике несколько типов газораспределительных механизмов (ГРМ) в двигателе внутреннего сгорания (ДВС) [1]: имеющих привод от распределительного вала и, приводимых в действие другими системами (электрическими, электромагнитными, гидравлическими и т.д.) [2]. Первый тип (рис.1) непосредственно связан с формообразованием сложных объёмных поверхностей деталей самого ГРМ, вступающих в механический контакт между собой, и с методами их получения посредством последующей металлообработки.

Сегодня двигатели, как правило, имеют клапанные ГРМ, основным преимуществом которых есть надёжная герметизация полости цилиндра с целью исключения возможности прорыва отработанных газов или стехиометрической смеси (воздух-бензин) в процессе сдавливания [3], поскольку пара клапан – седло представляет собой сопряжение внутренней и внешней конических поверхностей (рис. 2). В процессе работы ГРМ испытывает значительные переменные и ударные нагрузки и подвержен воздействию высоких температур. Данные детали узла находятся непосредственно в контакте между собой и испытывают влияние со стороны различного вида сил и температур во время работы. Именно поэтому к качеству поверхностного слоя, размерным связям поверхностей, их формообразованию и взаимному расположению предъявляются высокие требования [4].

Во время изучения литературы и источников, посвящённых теме ГРМ в ДВС материалы по исследованию в этой области обнаружены в очень малых количествах, Проработка базы данных библиотеки Вернадского в электронном виде [5], статистических данных станций технического обслуживания и существующих релевантных изданий [6, 7] указали на недостаточность фактически накопленного теоретического и практического опыта по данному вопросу.

Анализ исследований и публикаций

ГРМ предназначен для управления процессом газообмена в двигателе, т.е. для впуска в цилиндры горючей смеси или воздуха и для выпуска из цилиндров отработавших газов, а также для герметизации полости цилиндра в моменты рабочих тактов [3].

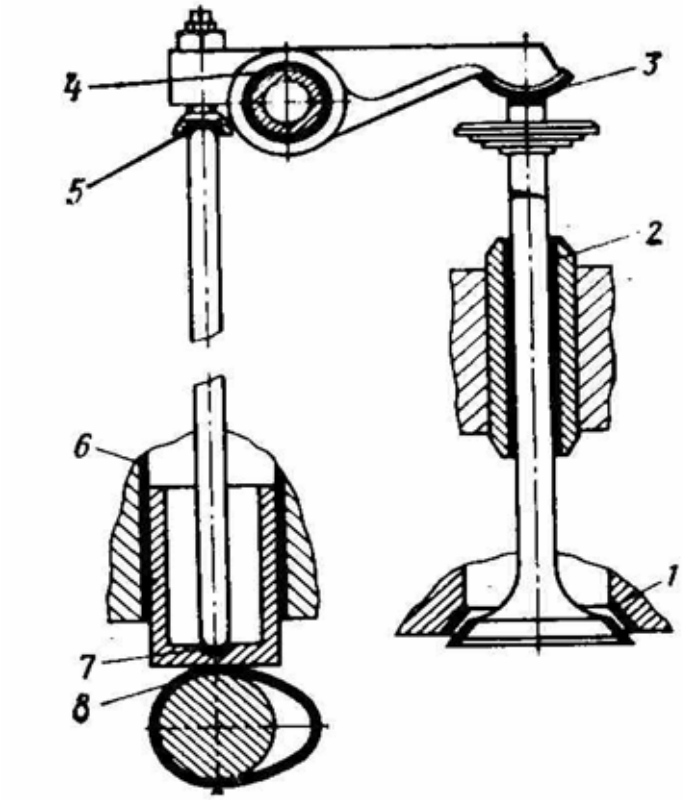


Рис.1. Поверхности сопряжения деталей ГРМ, подвергаемые механическому контакту:
1 – фаски клапан-седло,
2 – стержень клапана и направляющая втулка,
3 – опорные поверхности коромысла и клапана,
4 – втулка коромысла–ось,
5 – регулировочный винт–штанга,
6 – толкатель–блок,
7 – штанга–толкатель,
8 – толкатель-кулачок распределительного вала

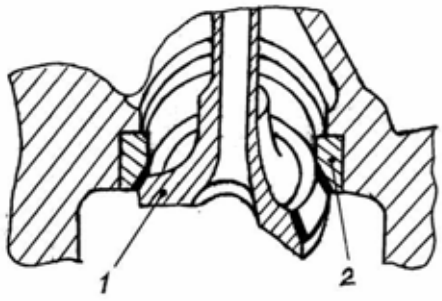


Рис. 2. Сопряжение конических поверхностей пары клапан – седло ГРМ:
1 – тарелка клапана,
2 – седло головки

В отечественном автопроме на сегодняшний день используются общепринятые методы достижения параметров качества узла ГРМ, которые прямым образом сказываются на мощностных и экономических характеристиках ДВС. К примеру по статистическим данным производителя автомобилей марки «Славута», компрессия в цилиндрах нового обкатанного автомобиля при использовании топлива марки АИ 92-95 находится в пределах 9-10 атм [6] и многие источники информации рекомендуют заняться притиркой клапанов ещё нового авто с целью повышения мощности двигателя и снижения расхода топлива [7]. Существующие кустарные методы (притирка клапанов) с переменной вероятностью успеха позволяют добиться улучшения этого показателя максимум на 1 атм и, как правило не гарантируют достижения желаемого результата за отсутствием надлежащего оборудования и соответствующих технологий. К примеру, у производителя любого немецкого автопрома эта цифра находится в пределах 14,5 атм и соответствует фактически идеальной [8].

Залогом обеспечения требуемого параметра качества у зарубежных производителей является применение совершенных технологий в области металлообработки и использование современного оборудования с ЧПУ фирм: Serdi (Франция), Прицизион (Рос-

сия), Rottler (США), Peterson (США), Kwik-Way (США), Kolbenschmidt (Германия), Sunnen (США).

Цель статьи

В данной статье исследуется сопряжение поверхностей деталей «клапан – седло» газораспределительного механизма с механическим приводом с целью доказать необходимость применения более совершенных методов достижения точности взаимного расположения и формообразования этих поверхностей, поскольку вопрос обеспечения данных параметров качества является сложной технологической задачей в области машиностроения и практические существующие на сегодняшний день методы их достижения не всегда удовлетворяют конструкторским требованиям и запросам потребителя.

Изложение основного материала

Анализ конструкций отечественных и зарубежных двигателей [7, 9] показал, что допустимая величина биения фаски клапана относительно стержня клапана и фаски седла головки цилиндров относительно оси направляющей втулки не должна превышать 0.05 мм (рис. 3). Это продиктовано тем, что качество сопряжения тарелки клапана и седла напрямую связано с величиной зазора стержня клапана и его направляющей втулки, оптимальный выбор которого обязан обеспечивать нужный температурный режим с одновременно необходимым условиями смазки в паре втулка – клапан. Величина зазора между стержнем клапана и направляющей втулкой в значительной степени влияет на работоспособность пары клапан - седло, так как связана с ними и позволяет снизить теплонапряженность клапана за счет улучшения отвода тепла через направляющую втулку. При этом его величина выбирается таким образом, чтобы избежать опасности зависания клапана.

На примере экспериментального исследования влияния величины зазора между направляющей втулкой и стержнем клапана в зависимости от температурного режима можно проследить величину биения тарелки клапана и определить параметры качества узла втулка – клапан – седло (рис. 3), на основании которых – назначить методы обеспечения достижения их точности посредством механической обработки данных деталей.

В качестве экспериментальных брались двигатели СМД-14 [9] и с помощью специальной установки определялась зависимость между температурой и величиной зазора в точках установки термопар – 1, 2 и 3. В процессе исследования зазор варьировался и результаты были представлены в виде графиков зависимости температуры клапана и величины зазора (рис. 5).

Изменение величины зазора в рассматриваемом сопряжении при прогреве двигателя можно определить по формуле (1).

$$\Delta\delta = d[\alpha_k(t_k - t_o) - \alpha_в(t_в - t_o)], \quad (1)$$

тогда: $\Delta\delta = 11\,[10{,}7 \cdot 10^{-6}(137 - 20) - 11{,}8 \cdot 10^{-6}(94 - 20) = 0{,}004$ мм,

где d = 11 мм диаметр стержня клапана; $\alpha_k = 10{,}7 \cdot 10^{-6}$ – коэффициент линейного расширения материала клапана; $\alpha_в = 11{,}8 \cdot 10^{-6}$ – то же направляющей втулки; $t_k = 137^oC$ – температура стержня клапана; $t_в = 94^oC$ – температура направляющей втулки; $t_o = 20^oC$ – температура окружающей среды.

В зазоре между стержнем клапана и направляющей втулкой должен помещаться слой смазочного масла при максимальной рабочей температуре. Увеличенные зазоры способствуют повышению температуры стержня клапана, а также скоплению отложений, которые снижают эффективность смазки и приводят к задиру и износу.

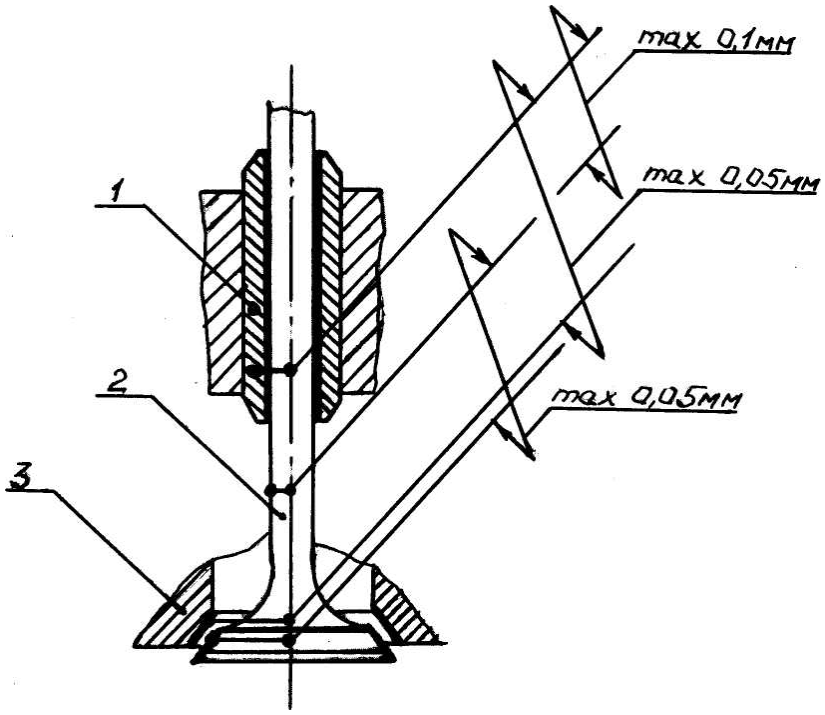


Рис. 3. Схема параметров качества деталей сопряжения в ГРМ:
1 – направляющая втулка клапана, 2 – стержень клапана, 3 - седло головки

Известные в литературе [9] рекомендации по выбору величины зазора между стержнем клапана и направляющей втулкой задаются зависимостью когда $\delta \approx 0{,}01d$ (рис. 4) Что выполняется применительно к двигателям СМД-14 и ДВС других марок (ГАЗ, ВАЗ, МАЗ, Volkswagen, Opel, Chrysler) в результате их практического исследования.

Величина зазора между клапаном и направляющей втулкой влияет на прочность клапана в месте сопряжения переходного радиуса тарелки в стержень. На (рис. 4) представлена расчетная схема клапана. Отсутствие утечки газов при закрытом клапане свидетельствует о том, что при посадке тарелки на седло с перекосом выбирается зазор между фаской тарелки и седла за счет действия на тарелку клапана усилия от газовых сил. На схеме (рис. 4, а) зазор между клапаном и направляющей втулкой $\delta = 0$. В этом случае напряжение в стержне клапана будет определяться величиной неизбежного технологического биения фаски седла относительно оси направляющей втулки Δ' На самом деле $\delta \neq 0$ (рис. 4,б) и величина биения тарелки клапана Δ будет меньше на величину приведенного к фаске седла зазора между клапаном и направляющей втулкой $D\delta / l$, т, е.

$$\Delta = \Delta' - \frac{D}{l}\delta, \qquad (2)$$

где D – диаметр тарелки клапана; l – длина направляющей втулки.

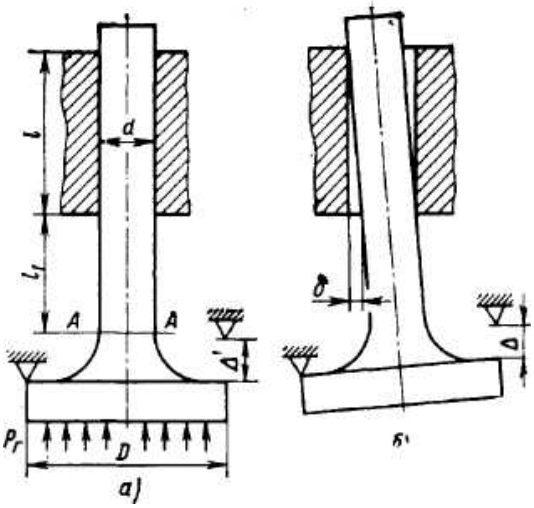


Рис. 4. Схема расчёта клапана

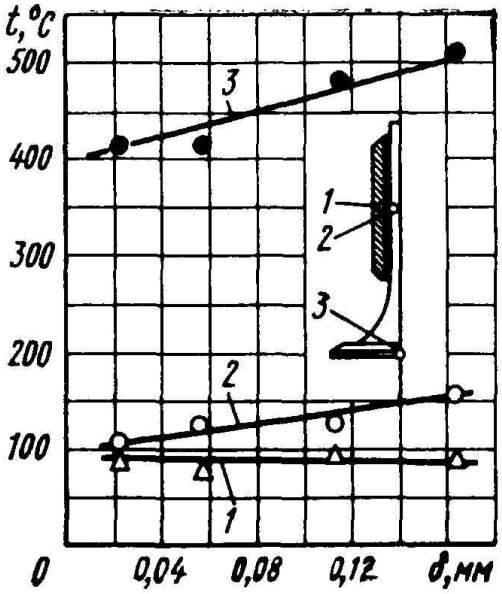


Рис. 5. Изменение температуры клапана в направляющей втулкеи его тарелке в зависимости от величины зазора сопряжения втулка – клапан

При расчете принимают, что тарелка клапана абсолютно жесткая, так как жесткость тарелки клапана намного 6больше жесткости его стержня. Тогда можно предположить, что зазор Δ выбирается за счет деформации стержня клапана. Изгибающий момент в опасном сечении стержня при выбранном полностью зазоре Δ равен

$$\Delta EJ / D l_1, \tag{3}$$

где l_1 - расстояние от нижнего торца направляющей втулки до рассчитываемого сечения $A-A$ (рис.4,б); $J = \pi d^4 / 64$ – момент инерции сечения стержня клапана диаметром d; E – модуль упругости первого рода для материала клапана.

Напряжение изгиба в сечении $A-A$

$$\sigma = \frac{\Delta E d}{2 D l_1} = \frac{E}{2 l_1}\left(\Delta' \frac{d}{D} \delta \frac{d}{l}\right), \tag{4}$$

условие усталостной прочности для рассматриваемого сечения

$$\sigma < \sigma_{-1}, \tag{5}$$

где σ_{-1} – действительный предел усталости при симметричном цикле напряжений для данного сечении.

Воспользовавшись условием (5), с учетом (4) можно записать формулу для выбора минимального зазора в сопряжении клапана с направляющей втулкой

$$\delta_{\min} > l\left(\frac{\Delta'}{D} - \frac{2 \cdot \sigma_{-1} \cdot l_1}{E d}\right), \tag{6}$$

где для выпускного клапана двигателя СМД-14 d=11 мм, D=41 мм, l=81 мм, l_1=5 мм,

$E = 2{,}1 \cdot 10^4 кгс/мм^2$, $\sigma_{-1} = 35$ $кгс/мм^2$, $\Delta' = 0{,}1мм$ (сумма допустимого биения фаски седла и фаски клапана по техническим условиям), минимальный зазор, вычисленный по формуле (6), $\delta_{\min} = 0{,}098$ $мм$. Величина зазора для выпускного клапана по чертёжным размерам $\delta = 0{,}095 \div 0{,}12$ $мм$. Для впускного клапана $(D = 48$ $мм)$ $\delta_{\min} = 0{,}067$ $мм$, $\delta = 0{,}065 \div 0{,}09$ $мм$.

На основании выполненных расчетов можно сделать вывод, что с уменьшением зазора в сопряжении клапан-втулка напряжения в клапане возрастают, достигая предела усталости. В такой же степени на прочность клапана влияет величина биения фаски клапана и седла относительно оси направляющей втулки

Напряжения в стержне клапана также зависят от жесткости тарелки клапана. С увеличением податливости тарелки напряжения в стержне клапана снижаются. Однако снижение жёсткости тарелки клапана ведет в свою очередь к снижению износостойкости сопряжения клапана с седлом головки цилиндров. Дополнительные эксперименты показали [9], что жесткость тарелки в малой степени зависит от увеличения её толщины, а размер фаски H (рис. 8) должен колебаться в определённых пределах в зависимости от типа и величины двигателя. Те же эксперименты и расчёт на прочность показали, что жёсткость тарелки и её предел прочности зависят в первую очередь от радиуса R – перехода стержня в тарелку (рис. 8), что обеспечивает необходимую величину её прогиба при посадке на седло, которая должна иметь место во избежание ускоренного износа данного сопряжения.

Таким образом теоретические расчёты указали, выбранные величины зазоров между направляющими втулками и клапанами на двигателе при обеспечении максимально допустимых биений клапана и седла в головке цилиндров, заданных в чертежах, гарантирует надежную работу клапанов с точки зрения напряженности в месте сопряжения радиуса тарелки со стержнем клапана.

Но проведённые дополнительные практические исследования на примере двигателей марки СМД, показали, что действительные величины биений значительно превосходят расчётные (заданные на чертежах), что ведет к нарушению перпендикулярности оси втулок к нижней привалочной плоскости головки цилиндров, а также к нарушению соосности между внутренней цилиндрической поверхностью направляющей втулки клапана и конусной поверхности седла и приводит к интенсивному износу, некачественному сопряжению тарелки клапана и седла и к преждевременному выходу из строя этих элементов узла ГРМ.

Именно для изучения влияния перечисленных факторов на искажение геометрии седла клапана в головке цилиндров и были выполнены исследования [9], которые имитировали работу ГРМ на специальной макетной установке и позволили измерить величину коробления седла в головке двигателя, а также величину биения тарелки клапана относительно седла, в котором конструкция самого механизма предусматривала поворот клапана относительно седла при каждом их контакте на 90 градусов (рис. 7). Результаты измерений были округлены с точностью 0,01 мм и представлены в виде эпюры короблений (рис. 6). Максимальное биение фаски седла относительно оси направляющей втулки при нагреве головки цилиндров на двигателе СМД-14 составляет 0,06 мм.

Характер распределения напряжений (рис. 7) свидетельствует о влиянии неизбежных отклонений в геометрии и перекосов седла и фаски клапана и изменяется с ростом нагрузки. На это изменение влияет низкая контактная жесткость сопрягаемых поверхностей вследствие отклонения их геометрии от правильной формы.

Опытами установлено, что при отсутствии необходимого качества сопряжения по

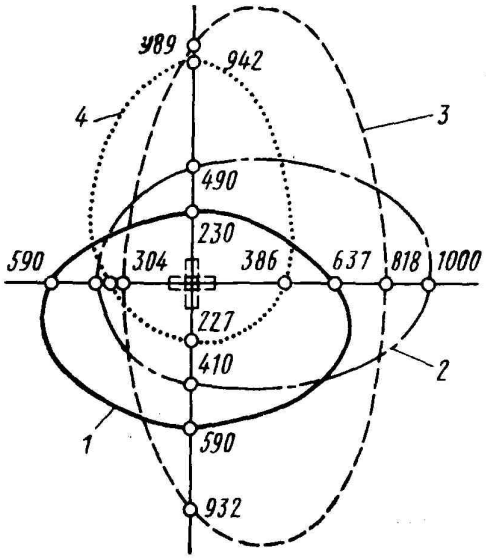


Рис. 6. Эпюра короблений седла клапан

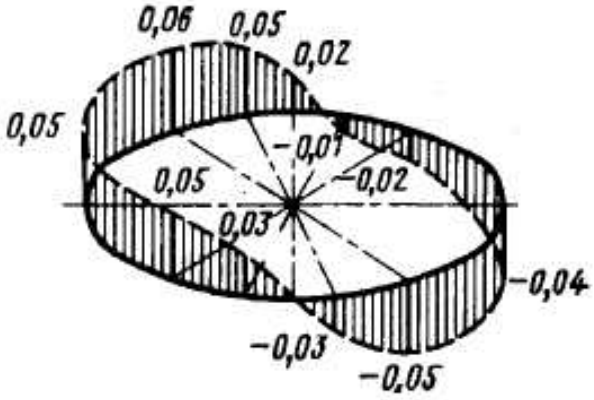


Рис. 7. Эпюра напряжений в тарелке клапана при его повороте относительно седла на 90 градусов

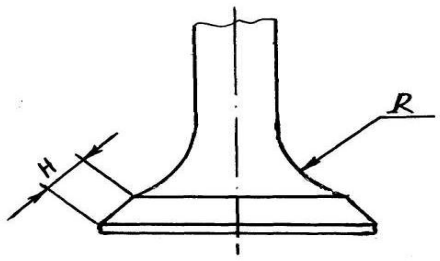


Рис. 8. Схема тарелки клапана

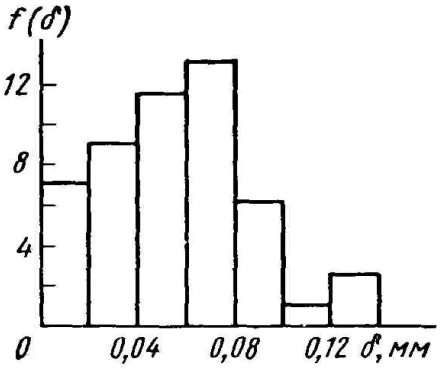


Рис. 9. Гистограмма распределения величин биения сёдел головок цилиндров

мере роста нагрузки изменяется площадь контакта клапана с седлом, что в свою очередь ведет к перераспределению давления на седло и вызывает нарушение пропорциональности между нагрузками и напряжениями. Результаты тех же опытов показали, что увеличение площади контакта конических поверхностей тарелки клапана и седла ведёт к ухудшению процесса оттока тепла и диктует необходимость исполнения их в пределах существующих размеров для обеспечения податливости тарелки при посадке на седло.

Наряду с изучением основных факторов, оказывающих влияние на изменение геометрии сопряжения клапана с седлом головки цилиндров, был проведен анализ точности изготовления головок цилиндров в производстве. Для этого были измерены с точностью 0,002 мм действительные величины биений седел на 20 головках цилиндров перед постановкой их на двигатели. Оказалось, что при допускаемой техническими условиями величие биения седла, равной 0,05 мм, максимум кривой плотности распределения

(рис. 9) соответствует примерно 0,06 мм, а некоторая часть головок цилиндров имеют биение седел, достигающее величины 0,14 мм. Недостаточная точность обработки в начальный период выпуска двигателей СМД-14 приводила к тому, что головки цилиндров, имеющие биения седел, превосходящие допустимые величины $(0,05 < \delta < 0,14)$, поступали на сборку. Полученные предельные величины биений в совокупности с результатами исследований искажения геометрии седел при работе двигателя и статистическими данными о рассеивании биений седел на новых головках цилиндров указали также на то, что возможны случаи, когда напряжения в стержне клапана по радиусу перехода могут превосходить предел усталости материала. В результате последующая эксплуатация таких двигателей приводила к быстрому износу сопряжения клапан – седло, что прямым образом сказывалось на мощности двигателя, низкой компрессии и повышенном расходе топлива, а также к случаям частых обрывов клапанов в месте сопряжения тарелки и стержня клапана,

Выводы

Таким образом, проследив состояние на практике и исследовав теоретическую сторону дела, сделан вывод, что эффективным методом повышения надежности и качества сопряжения клапан-седло ГРМ является обеспечение в производстве требуемой точности формообразования их поверхностей контакта, что прямым образом влияет на мощностные характеристики и износостойкость ДВС. А также проведенное исследование указало на актуальности поставленного вопроса и необходимость усовершенствования существующих технологий за счёт применения более совершенных технологических процессов, оборудования и инструментов. В данном случае для обеспечения требуемого качества сопряжения клапан-седло, а именно для формирования поверхностей контакта этих деталей может быть предложен метод финишной обработки конических поверхностей посредством шлифования со скрещивающимися осями.

Список литературных источников

1. Абрамчук Ф.И. Двигатели внутреннего сгорания. Надёжность. – Харьков, 2004. – 322 с.
2. «Camshaft and camless technologies» Зарубежная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Valvetrain.
3. Антропов Б.С. и др. Методы обеспечения и контроля герметичности впускного тракта автомобильных двигателей. – 2000. – 41 с.
4. Круглов М.Г., Меднов А.А. Газовая динамика комбинированных двигателей внутреннего сгорания.– М.: Машиностроение, 1988. – 360 с.
5. Архив библиотеки Вернадского [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nbuv.gov.ua/
6. Статистические данные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://tavria.nm.ru/kompressia_full.htm
7. Статистические данные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://tavria.org.ua
8. «Cylinder pressure measurement Volkswagen» Зарубежная энциклопедия [Электронный ресурс].– Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Volkswagen_Group_petrol_engines
9. Балюк Б.К., Божко А.Е. Надёжность механизмов газораспределения быстроходных дизелей. – М.: Машиностроение, 1979. – 156 с.

УДК 629.331.5

М.В. Міщенко, канд. техн. наук,

Чернігівський державний інститут економіки і управління, м.Чернігів, Україна

В.М. Чуприна, канд. техн. наук,

Г.В. Пасови канд. техн. наук,

Чернігівський державний технологічний університет, м.Чернігів, Україна

АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ І ПІДТРИМКА РІВНЯ ЕЛЕКТРОЛІТУ В АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЯХ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

Проаналізовані основні схеми гібридних силових установок. Запропонована автоматична система підтримання рівня електроліту в акумуляторних батареях гібридних автомобілів.

Вступ

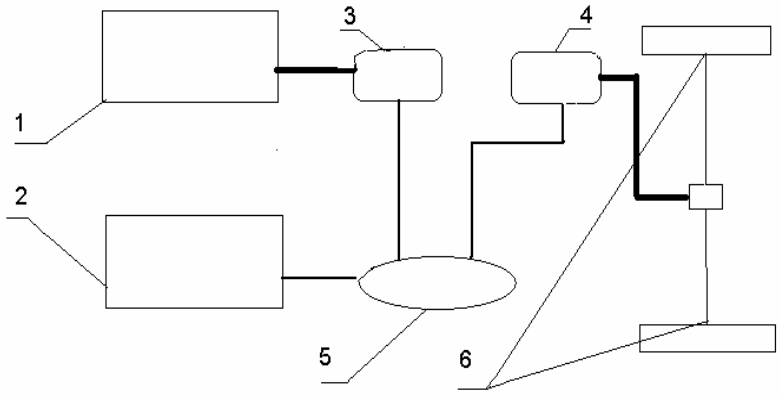
Розвиток науки й техніки підштовхує людство до пошуку шляхів розв'язку ощадливого і екологічно безпечного засобу пересування за допомогою автомобіля.

Ідея широкого застосування електромобілів поки не може скласти конкуренцію двигунам внутрішнього згоряння через невеликий запас ходу й необхідність частої й довгої процедури зарядки акумуляторів, тому все частіше відомі світові виробники автомобілів схиляються до гібридних силових установок, які складаються з двигуна внутрішнього згоряння й електромотора (наприклад: Toyota Prius, Lexus RX-400h, Chevrolet Malibu, Mazda Demio, Орбіта-Иж-21261).

Аналіз досліджень і публікацій

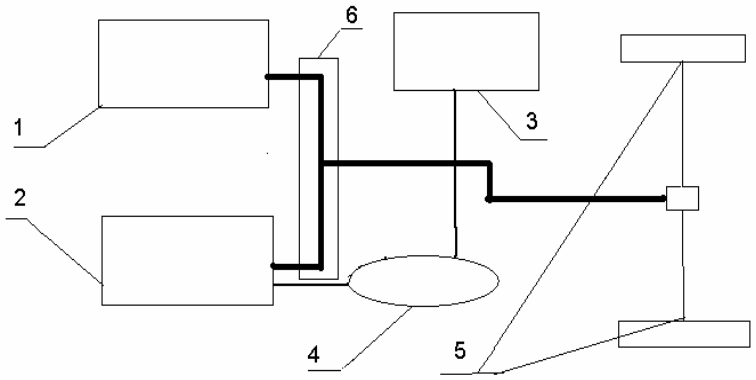
Існують три принципово різні конструктивні схеми гібридних силових установок:

1) послідовна схема (рис. 1) припускає роботу двигуна внутрішнього згоряння в парі з генератором, тягу забезпечує електродвигун, який може живитися від акумуляторних батарей і (або) генератора. Подібна схема такої електричної трансмісії вже існує, наприклад, на кар'єрних самоскидах, але доповнена блоком електронного керування й акумуляторними батареями. Головний недолік такої схеми – втрата енергії під час передачі до ведучих коліс, а тому виграш в екологічності й витраті палива губиться.



1 – двигун внутрішнього згоряння; 2 – акумуляторні батареї; 3 – генератор; 4 – тяговий електродвигун; 5 – блок керування; 6 – ведучі колеса
Рис. 1. Послідовна схема гібридної силової установки

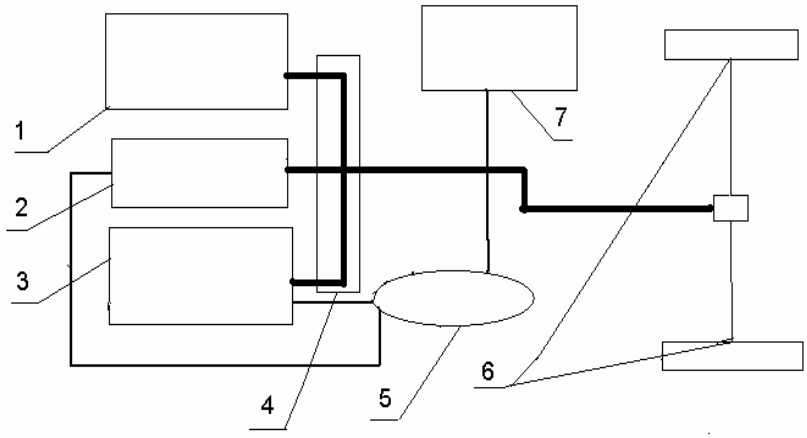
2) паралельна схема (рис. 2), у якій вали двигуна внутрішнього згоряння й мотор-генератора жорстко зв'язані. Скорочення шкідливих викидів і витрати палива обумовлене зменшенням робочого об’єму двигуна внутрішнього згоряння. Недолік такої схеми – неможливість одержати найбільш ефективний стаціонарний режим роботи двигуна внутрішнього згоряння.



1 – двигун внутрішнього згоряння; 2 – електродвигун-генератор; 3 – акумуляторні батареї; 4 – блок керування; 5 – ведучі колеса; 6 – редуктор
Рис. 2. Паралельна схема гібридної силової установки

3) спліт-схема (рис. 3) забезпечує не жорсткий зв'язок валів двигуна внутрішнього згоряння й електродвигуна. Такий зв'язок здійснюється за допомогою несиметричного планетарного диференціала, що дозволяє, з однієї сторони забезпечити двигуну внутрішнього згоряння найбільш ефективний стаціонарний режим роботи, а з іншого – перерозподіляти потік потужності між трьома машинами й ведучими колесами з найменшими втратами.

Спліт-схема вважається найбільш перспективною. Головним недоліком такої схеми є те, що ефективність системи залежить від правильності узгодження параметрів машин між собою й надійності алгоритму керування.



1 – двигун внутрішнього згоряння; 2 – тяговий електродвигун; 3 – генератор; 4 – диференціальний механізм; 5 – блок керування; 6 – ведучі колеса; 7 – акумуляторні батареї
Рис. 3. Спліт-схема гібридної силової установки

Як, правило, для автомобілів вибирають паралельну схему з'єднання двигунів. Така схема дозволяє передавати крутний момент як з одного двигуна на інший, так і з обох двигунів на трансмісію.

Наприклад, завод «Ижмаш» на базі серійної моделі «Орбіта – 21261» застосував бензиновий двигун з максимальним крутним моментом 44,1 Н·м, у якості другого мотора – електродвигун постійного струму ПТ-125-12, у якого напруга живлення якоря 120 В, крутний момент – 49 Н·м.

Двигун внутрішнього згоряння живиться за звичайною схемою, а для живлення електродвигуна виникла необхідність у восьми додаткових стандартних акумуляторних

батареях 6СТ-55, два блоки по чотири акумуляторні батареї, що спричинило додаткові труднощі в експлуатації таких автомобілів.

Режими роботи силової установки перемикає електронна пускорегулююча апаратура. Бензиновий двигун у даному автомобілі не укомплектований стартером, його роль відіграє електродвигун. Коли автомобіль починає рухатися, живлення від акумуляторів передається на електромотор, який у свою чергу, через редуктор розкручує колінчатий вал бензинового мотора. Поки бензиновий двигун працює на холостому ходу, електричний переходить у такий режим, коли він не споживає енергію батарей і не створює крутний момент на вихідному валу, але стабілізує роботу бензинового мотора.

Коли автомобіль починає рухатись й розганятись, включаються обидва двигуни й на трансмісію передається їхній сумарний крутний момент. Як тільки автомобіль досягне швидкості, відповідній до включеної передачі й кута відкриття дросельної заслінки, електродвигун переходить у генераторний режим і починає заряджати акумуляторні батареї, при цьому потужності бензинового мотора для продовження руху – вистачає. При русі на підйом, зустрічному вітрі, сильному завантаженні й інших несприятливих умовах опір руху зростає і потужності бензинового мотора стає недостатньо, пускорегулируюча апаратура підключає електродвигун. У роботу вступають обидві силові установки, при цьому витрачається паливо й енергія акумуляторних батарей.

При нормальній роботі всіх систем автомобіля виникає можливість, завдяки такій гібридній силовій установці, економити палива до 20%, що довели проведені випробування.

Однак, при використанні гібридних автомобілів виникає ряд технічних і експлуатаційних проблем, у тому числі пов'язаних з пасивною безпекою людини.

Мета статті

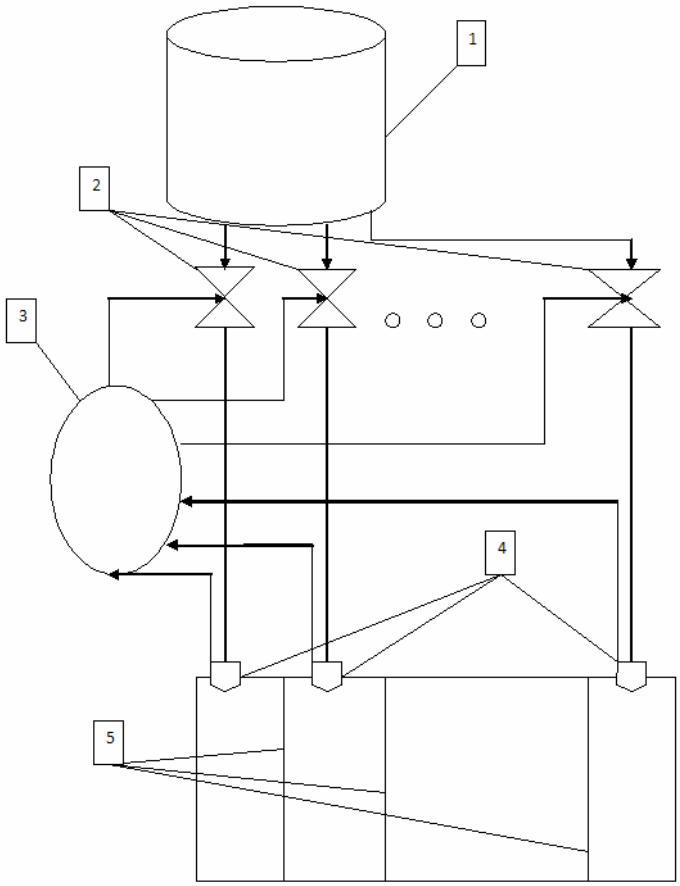
Одим з важливих завдань, яке необхідно вирішувати постійно, є контроль за рівнем електроліту в акумуляторних батареях. Рівень необхідно контролювати узимку не рідше одного разу в десять-п'ятнадцять днів, влітку – удвічі частіше. Якщо температура навколишнього повітря перевищує + 30˚С, то рівень електроліту потрібно контролювати щодня. В електроліті в основному випаровується тільки вода, а рівень електроліту в акумуляторах повинен бути у межах 8-10 мм над сіткою пластин. Не можна допускати навіть короткочасної експлуатації батареї з оголеними пластинами. До того ж електроліт є агресивним середовищем, а робота з кислотою шкідлива і небезпечна для людини.

Тому найкраще застосувати для цього автоматичний контроль і обслуговування акумуляторних батарей.

Виклад основного матеріалу

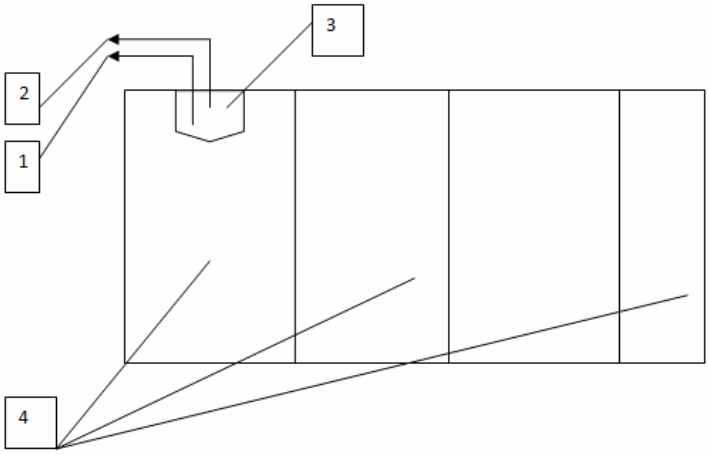
Вищезазначену проблему можна вирішити впровадженням автоматичного пристрою для контролю й підтримки рівня електроліту в акумуляторних батареях. Схема такого пристрою показана на рисунку 4.

В автомобілі необхідно розташувати бачок з дисцильованою водою 1 та з'єднати його трубопроводами через електромагнітні запірні клапани 2 з акумуляторними батареями 5. Електромагнітні клапани відкриваються автоматично за допомогою електронного блоку керування (контролера) 3. Контролер отримує відповідні інформаційні сигнали від датчиків 4, які контролюють рівень електроліту в кожній з акумуляторних батарей.



1 – бачок для дисцильованої води; 2 – запірні електромагнітні клапани; 3 – електронний блок керування (контролер); 4 – пристрої для контролю рівня електроліту (датчики); 5 – акумуляторні батареї
Рис. 4. Схема пристрою автоматичного контролю й підтримки рівня електроліту

Схема встановлення датчика для контролю рівня електроліту показана на рисунку 5.



1 – пластина (електрод) нижнього рівня електроліту; 2 – пластина (електрод) верхнього рівня електроліту; 3 – заливна горловина акумулятора; 4 – акумуляторні батареї
Рис. 5. Датчик для контролю рівня електроліту

Датчик вмонтований в горловині акумулятора поряд з трубопроводом для подачі дисцильованої води. Він має два електроди у вигляді пластин, розташовані на різних рівнях, через які, при умові повного заповнення акумулятора електролітом, проходить електричний струм. При цьому сигнали 1 і 2 від датчика встановлюються в позицію «ON» і в контролері обидва відповідають логічній одиниці – «1» (максимальний рівень заповнення електролітом). Клапан в такому випадку буде закритий контролером.

При поступовому зменшенні рівня електроліту сигнал 2 перемикається в позицію «OFF» (припиниться електричний контакт через електроліт для пластини 2). Але запірний клапан при цьому не відкриється.

Як тільки рівень електроліту в акумуляторній батареї досягне мінімальної норми, то зникне електричний струм в обох датчиках. При цьому сигнали 1 і 2 від датчика встановлюються в позицію «OFF» і обидва відповідають логічному нулю – «0» (мінімальний рівень заповнення електролітом). В цьому випадку контролер автоматики включить запірний електромагнітний клапан даного акумулятора й дисцильована вода стане надходити в акумулятор.

Рівень електроліту в акумуляторі буде рости доти, доки не виникне електричний сигнал із пластиною 2 і не буде досягнений максимальний рівень заповнення електролітом. Обидва сигнали знов встановляться в логічну «1» і по команді від контролера запірний електромагнітний клапан відключить подачу води в акумулятор.

У такий спосіб в усіх акумуляторних батареях дифференційовано буде підтримуватися рекомендований рівень електроліту, причому в автоматичному режимі.

Під час руху автомобіля з метою виключення помилкового спрацьовування за рахунок переливів електроліту система автоматично відключається (блокується контролером).

Висновки

Оснащення гібридних автомобілей описаною вище автоматичною системою підтримання рівня електроліту в акумуляторних батареях дозволить забезпечити роботу електродвигуна на повну потужність, значно збільшити термін служби батарей, поліпшити умови обслуговування акумуляторів і в цілому знизити витрати на експлуатацію гібридних автомобілів.

Список літературних джерел

1. Е.Я. Тур, К.Б. Серебряков, Л.А. Жолобов. Устройство автомобиля. – М.:, «Машиностроение», 1991. – 352 с.

2. И. Мягченков. Машина без бензина – «Эксперт Украина», № 12, 2006. – С. 27-29.

3. http://www.hybrid-cars.ru

УДК 621.822. 3

І.М. Хоменко, канд. техн. наук
Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна
А.К. Кобринець, магістрант
Національний технічний університет України «КПІ» , м.Київ, Україна

ПРО РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ МАСТИЛА ПРИ ЗНОШУВАННІ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ АВТОТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Проведено дослідження регулювання тиску мастила в радіальному гідростатодинамічному підшипнику ковзання у процесі його зношування. Наведено значення тиску і його розподіл у підшипнику залежно від ширини кишені в подушці підшипника.

Вступ

Сучасні опорні вузли швидкохідних машин, як правило, включають радіальні підшипники ковзання з нерухомими поверхнями або сегментами, здатними самовстановлюватися в процесі роботи підшипника. У останньому випадку для регулювання характеристик підшипника передбачено постачання мастила під різним тиском в окремі камери або групи камер і циліндри, на які спираються верхні навантажені сегменти-вкладиші [1]. На спинці кожного вкладиша виконано кишеню, з'єднану отвором з робочою поверхнею вкладиша. У процесі роботи на робочому боці вкладиша створюється гідродинамічний тиск і через отвори мастило поступає в кишеню на спинці вкладиша, створюючи в ній гідростатичний тиск. При відповідному режимі роботи підшипника наступає рівновага, при якій витрати мастила, яке відбирається з гідродинамічного клину, дорівнюють витратам мастила, що дроселюється з гідростатичної кишені.

В автотракторних дизельних двигунах використовують радіальні підшипники ковзання з нерухомими поверхнями і з джерелом мастила, тобто з примусовим постачанням мастила від спеціального насосу. При цьому тиск мастила насосу підтримується на певному рівні завдяки наявності редукційного клапану. Такі підшипники можуть працювати у гідродинамічному, гідростатичному або гідростатодинамічному режимі залежно від тиску мастила джерела [2].

У процесі зношування автотракторних двигунів зростають зазори у спряженнях підшипник-цапфа вала, що веде до збільшення витоку мастила із спряження, падінню тиску мастила і вантажності підшипника. Інколи для компенсації зносу зазори в підшипниках регулюють відносним осьовим переміщенням конічних вкладиша і вала. Отже, наукові дослідження і конструктивні рішення, спрямовані на регулювання тиску мастила в підшипнику при зростанні зазору, мають важливе практичне значення.

Методи і результати досліджень

В існуючих методах розрахунку підшипників ковзання при визначенні тиску в шарі мастила використовують неоднорідне рівняння Рейнольдса у частинних похідних, розв'язання якого часто відшукують у формі $P(\theta,z)=P_{\infty}(\theta)\cdot f(\theta,Z)$, де $P_{\infty}(\theta)$ – розв'язок одномірної задачі (підшипник нескінченної довжини), $f(\theta,Z)$ – корегуюча функція, яка враховує скінченність довжини підшипника ковзання, Z – координата, яка відраховується вздовж осі підшипника від його середини.

В роботі [2] наведено функцію для визначення розподілу тиску мастила по колу радіального підшипника ковзання нескінченної довжини з примусовим постачанням мастила у підшипник. Функція враховує гідродинамічний тиск, що виникає при обертанні вала у підшипнику на в'язкому мастилі і за наявності клинового зазору між цапфою вала і підшипником, а також гідростатичний тиск у підшипнику, що створюється тиском мастила джерела. Вона має наступний вигляд:

$$p(\theta) := \frac{-6\mu \cdot U \cdot r \cdot \chi \cdot (2 - \chi \cdot \cos\theta) \cdot \sin\theta \cdot \Phi(\theta)}{c^2 \cdot (2 + \chi^2) \cdot (1 - \chi \cdot \cos\theta)^2} + \left[\frac{p_n}{\pi} \cdot \left(\pi - \frac{\theta}{|\theta|} \cdot \theta \right) \cdot \Phi(\theta) + p_n \cdot f(\theta) \right], \quad (1)$$

де c – радіальний зазор у підшипнику;

$\chi = \rho / c$ – відносний ексцентриситет;

ρ – ексцентриситет вала в підшипнику;

r – радіус вала;

θ – кут охоплення вала мастилом (відраховується від мінімального зазору в підшипнику);

μ – динамічна в'язкість мастила;

U – лінійна швидкість точок мастила на поверхні цапфи вала;

p_n – тиск мастила, яке поступає з джерела мастила;

$\Phi(\theta)$ – функція Хевісайда, яка в даній задачі має наступні значення: при $-\infty < \theta < -\frac{b}{2}$ і $\infty > \theta > \frac{b}{2}$ $\Phi(\theta) = 1$; при $-\frac{b}{2} < \theta < \frac{b}{2}$ $\Phi(\theta) = 0$;

b – ширина канавки джерела мастила, виражена в одиницях центрального кута θ;

$f(\theta) = 1 - \Phi(\theta)$.

Корегуюча функція пропонується у наступному вигляді:

$$f(\theta, Z) = \left[1 - \frac{\cosh\left(\sqrt{\frac{2\chi}{1-\chi}} \cdot \frac{Z \cdot l}{r} \right)}{\cosh \sqrt{\frac{2\chi}{1-\chi}} \cdot \frac{l}{2r}} \right], \quad (2)$$

де $\lambda = -\frac{2\chi \cdot \cos\theta}{1 + \chi\cos\theta}$ – параметр, граничні значення якого $\lambda = 0$ (підшипник нескінченної довжини) і $\lambda = \frac{2\chi}{1-\chi}$.

Перша складова у виразі (1) – функція Зоммерфельда для підшипника нескінченної довжини враховує гідродинамічний, а друга – гідростатичний тиск мастила. Залежно від співвідношення гідродинамічного і гідростатичного тиску, а також наявності кишень у подушках підшипника можна отримати гідродинамічний, гідростатичний або гідростатодинамічний підшипники.

Змінні складові функції Зоммерфльда, які визначають характер розподілу тиску в підшипнику, мають вигляд:

$$y1(\theta) = -\sin\theta, \; y2(\theta) = \frac{1}{(1 - \chi \cdot \cos\theta)^3}; \; y(\theta) = y1(\theta) \cdot y2(\theta)$$

Оскільки друга з наведених функцій має обмежене значення, то розподіл гідродинамічного тиску у підшипнику по колу визначається синусоїдою.

Характер розподілу гідродинамічного тиску для наведених функцій (при $\chi = 0.95$) наведено на рисунку 1.

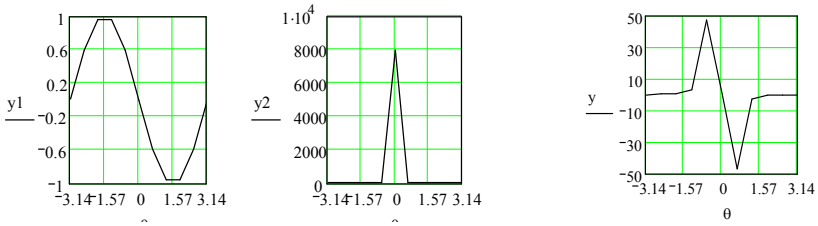


Рис. 1. Графіки складових функції розподілу тиску мастила по колу в радіальному підшипнику ковзання

Тобто, при русі в'язкої рідини у кофузорно-дифузорному зазорі радіального підшипника характер розподілу тиску визначається перш за все конфігурацією конструкції.

Графік розподілу гідростатичного тиску по колу підшипника нескінченної довжини наведено на рисунку 2 ($p_n = 5 \cdot 10^5$ Па) [2].

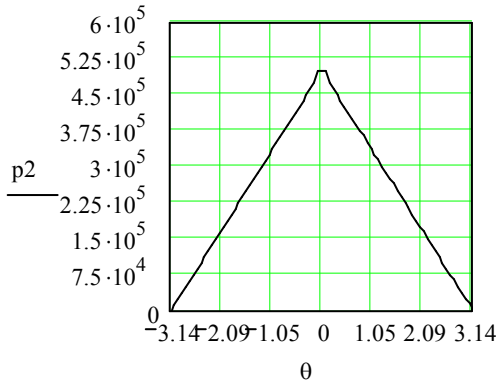


Рис. 2. Розподіл гідростатичного тиску мастила по колу підшипника

Для чисельних розрахунків приймемо радіус шийки вала $r = 0.035$ м, діаметр отвору джерела $d_{от} = 0.007...0.009$ м, що відповідає центральному куту приблизно $b = 0.06\pi$, в зоні джерела вздовж осі підшипника розташовано канавку шириною t, тиск мастила в якій має стале значення $p_n = 5 \cdot 10^5$ Па і зменшується за лінійним законом до нуля при $\theta = \pm\pi$. Відрахунок кута охоплення шипа вала мастилом ведеться від мінімального зазору в підшипнику. Значення інших розрахункових параметрів наступні: $\chi = 0.95$, $\mu = 0.01$ Н·с/м^2, $c = 0.0002$ м, $U = 8$ м/с, $N = 80$, $i = 0..N$, $\theta_i = -\pi + \frac{\pi}{6} \cdot i$, рад.

Розрахунки проведені у системі MathCad. Графік функції (1) наведено на рисунку 3 (значення параметрів на графіках наведено у системі СІ).

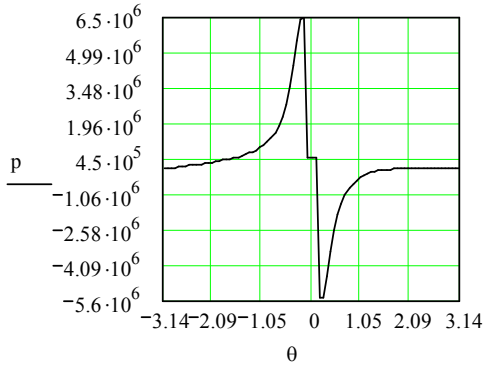


Рис. 3. Розподіл гідростатодинамічного тиску мастила по колу підшипника

Якщо тиск мастила джерела збільшити від $p_n = 5 \cdot 10^5$ Па до $p_n = 70 \cdot 10^5$ Па, то отримаємо повне охоплення мастилом цапфи вала (рисунок 4).

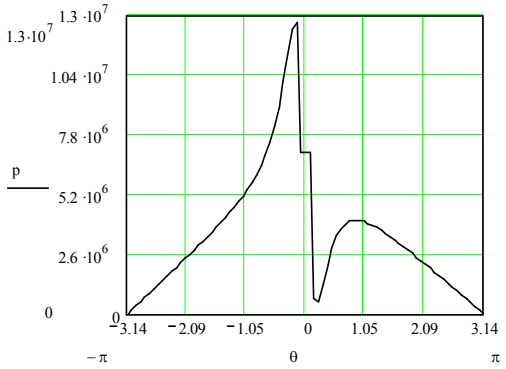


Рис. 4. Розподіл гідростатодинамічного тиску мастила по колу підшипника при $pn = 70 \cdot 10^5$ *Па*

Розширення канавки джерела мастила у підшипнику або створення кишені супроводжуються зменшенням максимальних значень тиску мастила, а також впливу гідродинамічної компоненти тиску при зростанні впливу гідростатичної компоненти (рисунок 5).

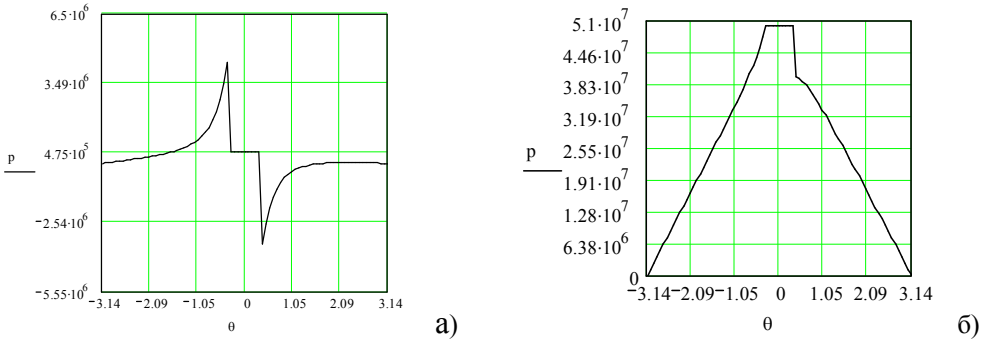


Рис. 5. Розподіл гідростатодинамічного тиску мастила по колу підшипника
(а – $p_n = 5 \cdot 10^5$ *Па ,* $b = 0.24\pi$ *; б –* $p_n = 5 \cdot 10^7$ *Па,* $b = 0.24\pi$ *)*

Випадки на рисунку 4 або на рисунку 5б свідчать про умови (збільшення тиску мастила джерела або ширини канавки), при яких можна отримати повне охоплення цапфи вала мастилом. На рисунку 5б маємо по суті гідростатичний підшипник.

Вантажність підшипника визначається інтегруванням по колу і вздовж осі підшипника функції $P(\theta, z)$ відповідно за формулами

$$W_r = \int_0^{\pi} \int_{-l/2}^{l/2} p(\theta, z) \cdot r \cdot \cos\theta \cdot d\theta \cdot dz$$ – радіальна складова;

$$W_\tau = -\int_0^{\pi} \int_{-l/2}^{l/2} p(\theta, z) \cdot r \cdot \sin\theta \cdot d\theta \cdot dz$$ – дотична складова;

$$W = \sqrt{W_r^2 + W_\tau^2}$$ – загальна вантажність.

На рисунку 6а наведено графік залежності вантажності, а на рисунку 6б – середнього гідростатодинамічного тиску мастила на шип вала підшипника від радіального зазору у спряженні підшипник-вал для корінного підшипника автотракторного дизельного двигуна СМД-14. (W – в Н, p_c – в Па, с – в м).

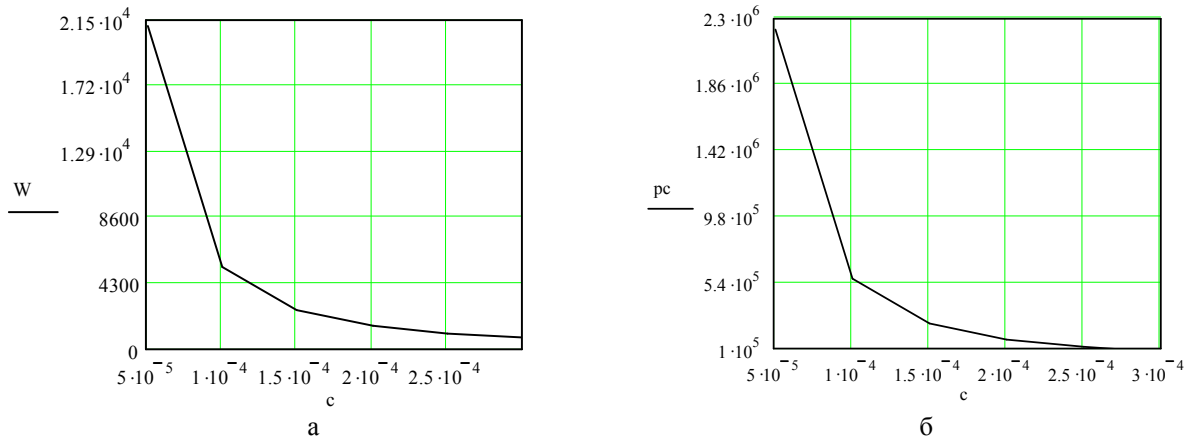


Рис. 6. Залежність вантажності (а) і гідродинамічного тиску мастила на шип вала (б) автотракторного дизеля СМД-14.

Для певних значень розрахункових параметрів і при радіальному зазорі у спряженні підшипник-вал $c = 0.00006$ м середній гідростатодинамічний тиск на вал становить $\approx 223 \cdot 10^5$ Па, а при тих же значеннях параметрів і зазорі $c = 0.00024$ м – $17 \cdot 10^5$ Па [3].

Можливі інженерні рішення, які випливають з наведених вище результатів дослідження.

На рисунку 7 зображено поперечний розріз гідростатодинамічного підшипника ковзання для випадку, коли рухомий вкладиш займає крайнє положення і забезпечує максимальну ширину кишені джерела мастила [4]. Підшипник ковзання містить корпус 1, подушку вала 2, на внутрішній поверхні якої виконано кишеню 3, технічний отвір 8 для з'єднання кишені з джерелом мастила і в якому розташований вкладиш 5, виконаний з шипом 4 у нижній його частині, причому в корпусі та подушці виконано отвір, в якому розміщено штифт 7, зафіксований гвинтом 6 так, що штифт упирається у шип вкладиша.

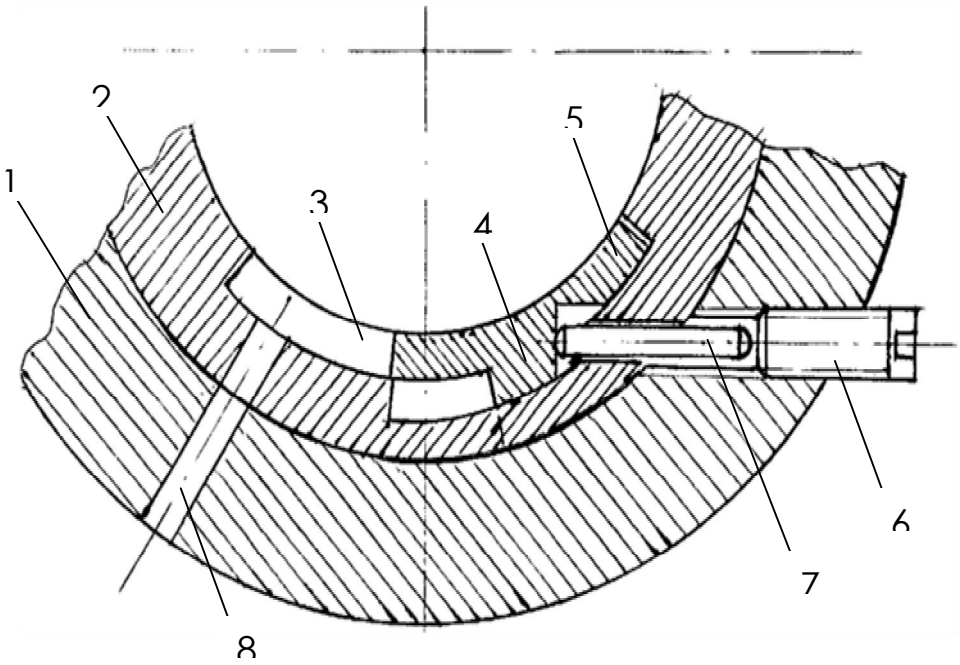


Рис. 7. Радіальний підшипник ковзання з механічним регулюванням тиску мастила

Мастило поступає від насосу по каналу 8 в кишеню з заданим для нового підшипника тиском, під дією якого рухомий вкладиш разом з штифтом займають крайнє положення (на рис. 7 – праворуч), штифт при цьому не має контакту з гвинтом, а ширина кишені – максимальна. Для максимальної ширини кишені розраховуються нормальні значення вантажності підшипника і необхідний тиск мастила мастильного насосу.

У процесі зношування підшипника і зростанні зазору у спряженні підшипник-вал тиск мастила в кишені джерела мастила падає, зменшуючи вантажність підшипника і термін його роботи. Контролюючи падіння тиску мастила у підшипнику за допомогою манометра, який практично в усіх випадках експлуатації підшипників ковзання вмонтований у мастильну магістраль, шляхом загвинчування гвинта, переміщення при цьому штифта і рухомого вкладиша у бік зменшення ширини кишені джерела можна збільшувати у необхідних межах тиск мастила у підшипнику і його вантажність, підтримуючи тим самим функціональні характеристики підшипника і подовжуючи термін його експлуатації.

Конструкцію радіального підшипника ковзання з автоматичним регулюванням тиску мастила наведено в [5].

Висновки

У розрахунках підшипників ковзання слід виходити не лише з умов обертання ексцентрично розташованого в підшипнику вала на в'язкому мастилі (гідродинамічний тиск), а також – з умов наявності у загальному випадку гідростатичного тиску в підшипнику, що створюється джерелом мастила у переважній більшості радіальних підшипників ковзання.

Дослідження роботи гідростатодинамічного підшипника ковзання показали залежність у ньому тиску мастила від величини зазору у спряженні підшипник-вал, а також – від розмірів кишені у подушці підшипника, в яку зі сталим тиском подається мастило від джерела мастила. Величина гідростатичної складової тиску може регулюватися положенням рухомого вкладиша, який може бути розміщно у кишені подушки підшипнка.

Список літературних джерел

1. Чайка А.И., Шмелев В.А. Расчет и некоторые результаты исследований тяжелонагруженных радиальных подшипников скольжения с самоустанавливающимися подушками, снабженными индивидуальной системой принудительного питания //Гидростат. подшипники и уплотнения опорных узлов турбомашин: Межвуз. сб. научн. тр. – Харьков: ХАИ, 1990. – С. 105-119.

2. Хоменко І.М. Гідродинаміка гідростатодинамічного радіального підшипника ковзання /І.М. Хоменко, М.В. Кіндрачук, О.М. Яхно, А.К. Кобринець //Машинознавство. – Л.: Львів. нац. політехн. ун-т. – 2009. – № 4 (142). – С. 29-33.

3. Хоменко І.М., Кобринець А.К. Про показники роботи підшипника ковзання з примусовим постачанням мастила. //Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту.– 2008.– № 34. – С. 28-35.

4. Пат. України № 41247, F16C 17/00. Гідростатичний підшипник ковзання /Хоменко І.М., Кобринець А.К., Кіндрачук М.В. (Україна). Заявн. і власник патенту Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – № u 2008 15001; Заявл. 25.12.2008; Опубл. 12.05.2009; Бюл. № 9

5. Пат. України № 42453, F16C 17/00. Гідростатичний підшипник ковзання /Хоменко І.М., Кобринець А.К., Кіндрачук М.В. (Україна). Заявн. і власник патенту Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».– № u 2009 02777; Заявл. 25.03.2009; Опубл. 25.06.2009; Бюл. № 12.

УДК 621. 9. 06

Ю.О. Сахно, д-р техн. наук
Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна
Є.Ю. Сахно, д-р техн. наук
Я.В. Шевченко, ст. викладач
Чернігівський державний інститут економіки і управління, м. Чернігів, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА КОРІННІ ШИЙКИ КРИВОШИПА

Визначено критичні значення навантаження на корінну шийку кривошипа, які впливають на експлуатаційні властивості двигуна внутрішнього згорання. Розраховані необхідні додаткові витрати рідини для вибору окремого джерела живлення і модернізації системи змащування гідроопор колінчастого валу.

Вступ

Навантаження, які виникають при роботі двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ), впливають на процеси зношування його деталей і, відповідно, на термін служби ДВЗ в цілому. Для виконання розрахунків обрано одноциліндровий чотирьохтактний двигун марки Д-250 (Моторсіч) [1]. За своїм виконанням двигун дезаксіальний, тобто циліндр нахилено відносно вертикальної осі на кут $\alpha = 20^{o}$ і дезаксаж шатунної шийки кривошипа відносно вертикальної осі становить e = 19 мм, робочий об'єм циліндра рівний V_h = 250 см^3, діаметр циліндра D = 72 мм, хід поршня S = 62 мм, довжина шатуна l = 120 мм, кількість циліндрів i = 1, оберти стабільної роботи двигуна n = 1000 – 4200 об/хв, обертання кривошипа – за годинниковою стрілкою.

Аналіз досліджень і публікацій

Відомі дослідження стану двигунів ВАЗ з різним часом експлуатації, що зібрані з використанням устаткування поста діагностики спеціалізованого авто центру в Красном Селе (м. Санкт-Петербург). На динамометричному стенді моделі «Dinatest-122» виробництва фірми «Хофманн» (Hoffmann, ФРН) випробувано двигуни автомобілів ВАЗ різних моделей з різним пробігом. Зі збільшенням часу експлуатації шийки кривошипу набувають форму еліпса, хоча різниця між довжинами осей незначна, наприклад: на двигунах з пробігом 150-200 тис. км вона складає 0,01-0,02 мм, від початкового. Зміна в розмірах вкладишів, як правило, менша за зміну розмірів шийок вала, при тому, що міцність матеріалу вала набагато більша, ніж міцність матеріалу вкладишів. Для двигунів з пробігом до 250 тис. км, параметри шийок вала змінюються приблизно в два рази більше, ніж параметри вкладишів. Дослідження інтенсивності зношування в спряженні, кривошип – гідроопора, залежно від сил, діючих в двигуні, проведені при експлуатаційних випробуваннях трьох піддослідних серій колінчастих валів двигунів ЗМЗ-53 [2] показали, що при однакових коефіцієнтах нерівномірності зносу (1,10 і 1,65) і варіації (23,0-35,5 %) для досліджуваних серій колінчастих валів двигунів ЗМЗ-53, абсолютні значення інтенсивності зношування мають такі значення: шатунні шийки 0,054; 0,052; і 0,103 мкм/тис.км; корінні шийки 0,380; 0,385 і 0,658 мкм/тис.км. З отриманих даних виходить, що інтенсивність зношування шатунних шийок колінчастих валів менша ніж у корінних.

В роботі [3] наведена методика побудови діаграм переміщень кривошипа по методу Ф.А. Брікса залежно від кута його повороту та виділено три методи побудови діаграми прискорень для деталей, що рухаються. В роботах [4, 5] розкрито методи побудови індикаторних діаграм роботи ДВЗ та діаграм навантажень, подано методику розрахунків та основні розрахункові залежності кінематики і динаміки двигунів внутрішнього зго-

рання. Розраховані і приведені в табличній формі основні значення типорозмірів деталей існуючих ДВЗ.

Постановка проблеми

В даній роботі поставлено задачу визначити теоретичні значення сил діючих в спряженні «корінна шийка кривошипа – гідроопора», для подальшої компенсації зміщення колінчастого валу за рахунок модернізації системи змащування ДВЗ.

Виклад основного матеріалу дослідження

На рис. 1, наведена схема сил, які виникають при роботі двигуна. Відповідно до схеми, для подальшого розрахунку сил побудуємо діаграму переміщення мас (рис. 2, *а*), що рухаються (поршень в комплекті і шатун) $x = f(\alpha)$, де x – переміщення поршня в циліндрі залежно від кута повороту кривошипа α. Побудову проводимо методом складання переміщень першого і другого порядку Ф.А. Брікса, для визначення переміщення поршня дезаксіального механізму маємо [3]:

$$x = r \cdot \left(1 - \cos\alpha + \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - k^2} - \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{2}\lambda \cdot \sin^2\alpha - \lambda k \cdot \sin\alpha + \frac{\lambda k^2}{2} \right), \qquad (1)$$

де $r = \frac{S}{2} = 31 мм$ – радіус обертання кривошипа; S – хід поршня; α – кут відхилення шатуна на початковий момент прискорення від положення верхньої мертвої точки (ВМТ); $\lambda = \frac{r}{l} = 0{,}248$ – коефіцієнт який залежить від відношення радіуса обертання кривошипа до довжини шатуна l (при розрахунках не повинен бути меншим за 1/3,5 і більшим 1/4,5 [4]); $k = \frac{e}{r} = 0{,}61$ – коефіцієнт дезаксажа. Тоді при $\alpha = 15^o$, $x_1 \approx 2{,}98$ мм, а при $\alpha = 195^o$, $x_{13} \approx 62{,}0$ мм, (відповідає нижній мертвій точці (НМТ)). Таким же чином визначається хід поршня на підйом до ВМТ, але знак зміниться на протилежний, знак «–».

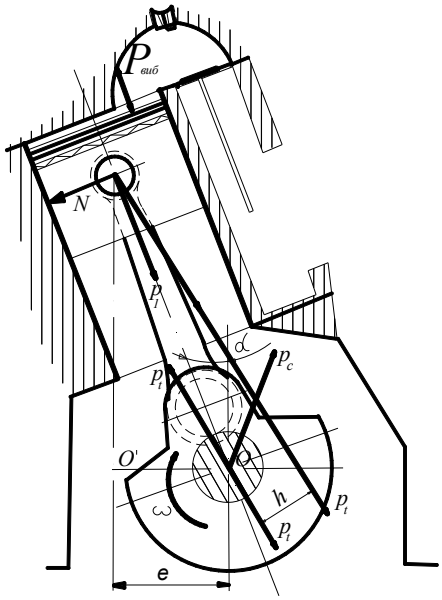


Рис. 1. Схема сил, що виникають при роботі ДВЗ

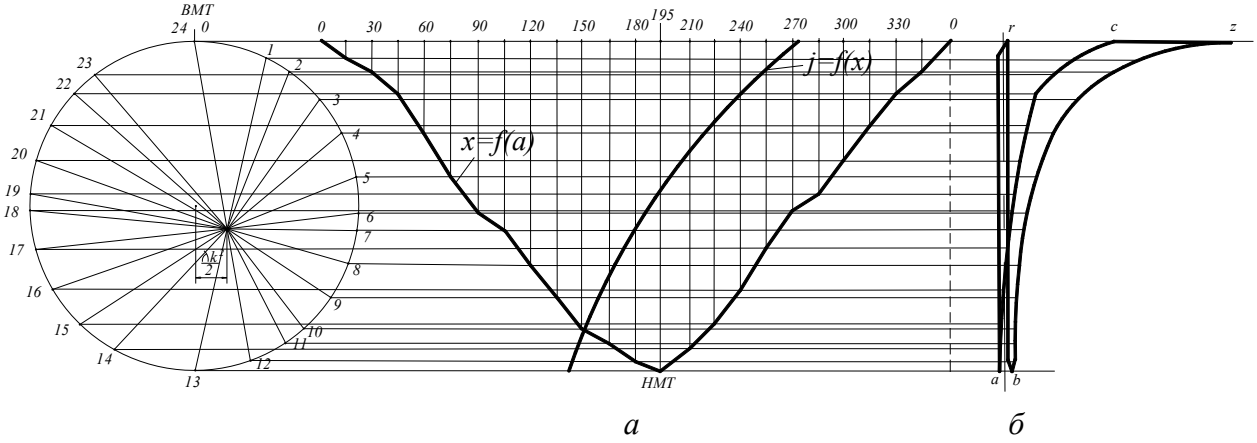


Рис. 2. Діаграма переміщення $x = f(\alpha)$ і прискорення $j = f(x)$ поршня (а); індикаторна діаграма роботи двигуна (б):a-r - зміна тиску в кінці процесу всмоктування; r-b - зміна тиску в кінці процесу випуску; b-z - зміна тиску при робочому ході; c-z - зміна тиску в момент вибуху в циліндрі; a-c- зміна тиску в процесі стиснення

Визначимо сили, що діють у механізмі: сили від тиску газів і сили інерції частин, що рухаються.

Силу $P_{виб}$ (рис. 1), діючу від вибуху газів у момент запалення визначаємо за формулою:

$$P_{виб} = \frac{\pi d^2}{4} p \,. \tag{2}$$

Тиск визначається виразом $p = (p_x - 1)$ Па, де p_x – тиск в середині циліндра у відповідному положенні поршня.

Сила від тиску газів $P_{виб}$ буде постійно змінюватись залежно від положення поршня, і того який рух відбуватиметься всмоктування чи стиснення. Тому проведемо розрахунок сили тиску газів залежно від положення поршня і швидкості обертання кривошипа та побудуємо індикаторну діаграму (рис. 2, *б*) для визначення p_x, дійсного тиску в циліндрі у відповідний момент переміщення поршня. Для побудови індикаторних діаграм ДВЗ і визначення p_x необхідні параметри характерних точок (*a ,r,c, z*, і *b*), а також закон зміни тисків. Параметрами, що характеризують кожну з цих точок, будуть: абсолютний тиск газу *p,* об'єм газу *V* і абсолютна температура *T*. Визначення зазначених параметрів і виявлення зміни тисків у двигуні проводимо послідовно.

Середній тиск у кінці процесу всмоктування p_a, визначається [4] як:

$$p_a = p_0 - \sum p_{оп} \,, \tag{3}$$

де p_0 – тиск зовнішнього середовища; $\sum p_{оп}$ – сума всіх гідравлічних опорів, які мають місце під час роботи двигуна у даному швидкісному режимі.

При цьому, існує велика кількість факторів, що впливають на визначення величини p_a, і важкість розрахунків процесів всмоктування дуже ускладнюють її визначення. Тому посилаючись на експериментальні значення [4] для аналогічних типів двигунів, p_a (для карбюраторних двигунів) коливатиметься залежно від ступеню відкриття дросельної заслінки від $(0{,}07 \cdot 10^6$ до $0{,}095 \cdot 10^6)$ Н/м^2 і завжди буде нижче атмосферного.

Прийнявши значення p_a (рис. 2, *б* точка *а*) залежно від обертів двигуна, визначимо ступінь стиснення ε, через об'єм газів в кінці положення всмоктування V_a, який дорівнюватиме [4]:

$$V_a = \varepsilon \cdot V_c, \quad (4)$$

де ступінь стиснення $\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_c + V_h}{V_c}$, V_h – об'єм циліндра; V_c – об'єм камери згорання.

При відомих об'ємі циліндра V_h = 250 см^3 і камери згорання V_c = 25 см^3, визначаємо об'єм газів всмоктування: $V_a = V_c + V_h = 275$ см^3, і тоді ступінь стиснення $\varepsilon = 11$.

Тиск залишків газу p_r коливається у межах ($0{,}105 \cdot 10^6$ – $0{,}125 \cdot 10^6$) Н/м^2 [4]. Для побудови точки r – початку всмоктування, приймаємо $p_r = 0{,}105 \cdot 10^6$, відповідно до прийнятих обертів (n = 1000 об/хв).

Тиск в кінці процесу стиснення p_c, визначаємо за виразом [4]:

$$p_c = p_a \cdot \left(\frac{V_a}{V_c}\right)^{n_1} = p_a \cdot \varepsilon^{n_1}, \quad (5)$$

де n_1 – показник політропи стиснення, для бензинових двигунів приймається 1,28 – 1,38 [5], або визначається за формулою В.А. Петрова $n_1 = 1{,}41 - \frac{100}{n} = 1{,}31$, де n – кількість обертів ДВЗ. Значення тиску у точці (c), дорівнюватиме:

$$p_{c_{(0)}} = 0{,}93 \cdot 10^6 \cdot 11^{1{,}31} = 2{,}15 \cdot 10^6 \frac{H}{м^2}.$$

Окрім отриманого значення у точці (c), для проведення подальших розрахункових операцій, прийнявши значення кутів переміщення мас, що рухаються навколо осі кривошипа (рис. 2, *а*, діаграма $f = x(\alpha)$), визначаємо $p_{c_{x(i)}}$, силу тиску в момент стиснення для кожної точки переміщення, яка визначена як [4]:

$$p_{c_{x(i)}} = p_a \left(\frac{V_a}{V_{c_{x(i)}}}\right)^{n_1}, \quad (6)$$

де $V_{c_{x(i)}} = (V_h - V_{h_{x(i)}}) + V_c$, $V_{h_{x(i)}}$ – об'єм циліндра від переміщення поршня.

За отриманими значеннями будуємо політропу стиснення (рис. 2, *б*) від точки *а* до точки *с*.

Далі відповідно до тиску в кінці згорання палива p_z, який коливається від ($2{,}2 \cdot 10^6$ до $4{,}2 \cdot 10^6$) Н/м^2 [5], приймаємо значення точки (z), $4{,}2 \cdot 10^6$Н/м^2 (рис. 4, *б*).

Останнім етапом побудови діаграми є визначення точки (b) відповідно до тиску в точці максимального розширення p_b. За формулою [4], тиск в кінці робочого ходу для карбюраторних двигунів дорівнює:

$$p_b = p_z \left(\frac{V_z}{V_b}\right)^{n_2} = \frac{p_z}{\varepsilon^{n_2}}, \quad (7)$$

де $V_a = V_b$, а показник політропи розширення n_2 приймають залежно від температури газів та обертів двигуна 1,25 – 1,35, або визначається за формулою В.А. Петрова $n_2 = 1{,}22 + \frac{130}{n} = 1{,}35$, де n – кількість обертів кривошипа.

Звідки: $$p_{b_{x(13)}} = \frac{p_z}{\varepsilon^{n_2}} = 0{,}16 \cdot 10^6 \frac{H}{м^2}.$$

Враховуючи, що ступінь стиснення буде змінюватись відповідно до переміщення поршня, визначається значення тиску в процесі розширення газів $p_{b_{x(i)}}$:

$$p_{b_{x(i)}} = p_b \left(\frac{V_b}{V_{b_{x(i)}}} \right)^{n_2}, \quad (8)$$

де $V_{b_{x(i)}} = V_c + V_{h_{x(i)}}$, $V_{h_{x(i)}}$ – об'єм циліндра після переміщення поршня.

За отриманими значеннями будуємо адіабату розширення (робочий хід) в камері згорання (рис. 2, *б*).

Окрім цього додатковий вплив на навантаження шийки кривошипу буде здійснювати сила інерції від мас всіх частин, що рухаються P_j, яка в свою чергу залежить від прискорення, яке набуває двигун у момент вибуху газів і визначається як [5]:

$$j = \omega^2 r(\cos\alpha + \lambda \cos 2\alpha + \lambda k \sin\alpha), \quad (9)$$

де ω – кутова швидкість, що дорівнює $\omega = \frac{2\pi n}{60}$; n – кількість обертів кривошипа, прийнято 1000 об/хв; $\omega = \frac{2\pi n}{60} = 104{,}6\frac{1}{c}$.

Прийнявши найбільше прискорення частин, що рухаються при значенні $\alpha = 0^o$, а найменше при $\alpha = 195^o$ (рис. 2, *а*), отримаємо:

$$j_{\max} = \omega^2 r(\cos\alpha + \lambda \cos 2\alpha + \lambda k \sin\alpha) = 509\ м/с^2$$

$$j_{\min} = -\omega^2 r(\cos\alpha + \lambda \cos 2\alpha + \lambda k \sin\alpha) = -341{,}6 м/с^2$$

При цьому знак «+» вказує на те, що сила інерції спрямована від осі кривошипа, а знак «–» навпаки, якщо сила спрямована до осі кривошипа.

За отриманими значеннями будується діаграма $j = f(x)$ розподілення прискорення деталей, що рухаються, у масштабі 1мм = 20 м/с^2 і накладається на діаграму переміщення поршня $x = f(\alpha)$ (рис. 2, *а*). Поєднавши діаграму прискорень з діаграмою переміщень, визначимо, значення прискорення для кожного положення поршня і кута повороту кривошипа.

Маючи значення максимального прискорення j_{max}, в момент вибуху в циліндрі, визначаємо силу інерції $P_{j_{\max}}$, яка виникатиме під час руху з'єднаних між собою деталей, що рухаються за залежністю [4,6]:

$$P_j = m\omega^2 r(\cos\alpha + \lambda \cos 2\alpha + \lambda k \sin\alpha) = mj, \quad (10)$$

де m – повна маса деталей, що рухаються; $m = m_n + m_1$, де m_n – маса поршня; $m_1 = m_ш \frac{L - L_1}{L}$, і відповідно до [4] приймаємо розрахункове значення L_1, рівним $(0{,}725 \cdot L)$.

Знаючи вагу поршня та шатуна, $G = mg$, визначаємо повну масу частин, що рухаються. Маса поршня буде рівна: $m_n = 0{,}0357кг$, маса чистого шатуна $m_ш = 0{,}02кг$, $m_1 = m_ш \frac{L - L_1}{L} = 0{,}11кг$, тоді повна маса $m = m_n + m_1 = 0{,}146кг$.

Тепер можна визначити силу інерції $P_{j_{\max}}$ яка виникає під час роботи ДВЗ за формулою (10).

Алгебраїчна сума отриманих сил P_1, буде визначена як:

$$P_1 = P + P_j. \quad (12)$$

З рис. 1, видно, що отримана сила P_1 в свою чергу розподіляється на силу, яку спрямовано вздовж шатуна P_t і силу яка діятиме перпендикулярно до осі циліндру N. Виходячи з того, що значення кута повороту кривошипа α відповідатиме значенню кута переміщення шатуна β, то сила P_t яка виникатиме під час переміщення поршня буде дорівнювати:

$$P_t = \frac{p_1}{\cos\beta}. \tag{13}$$

Окрім вищевказаних сил, на корінну шийку кривошипа впливатиме відцентрова сила інерції $P_{від}$, яка діятиме по радіусу кривошипа (діаграма $Z = f(\alpha)$) (рис. 3) і дорівнюватиме $P_{від} \cong 0{,}725 m_ш \omega^2 r = 3{,}6H$, де $m_ш$ – маса шатуна; ω – кутова швидкість; r – радіус обертання кривошипа.

Отримавши значення сил, які впливатимуть на навантаження корінної шийки кривошипа, визначимо значення рівнодіючої сили, тобто суму всіх сил R.

Для визначення рівнодіючої сили R будуються діаграми $p_t = f(\alpha)$; $p_1 = f(\alpha)$; $Z = f(\alpha)$ (рис. 3).

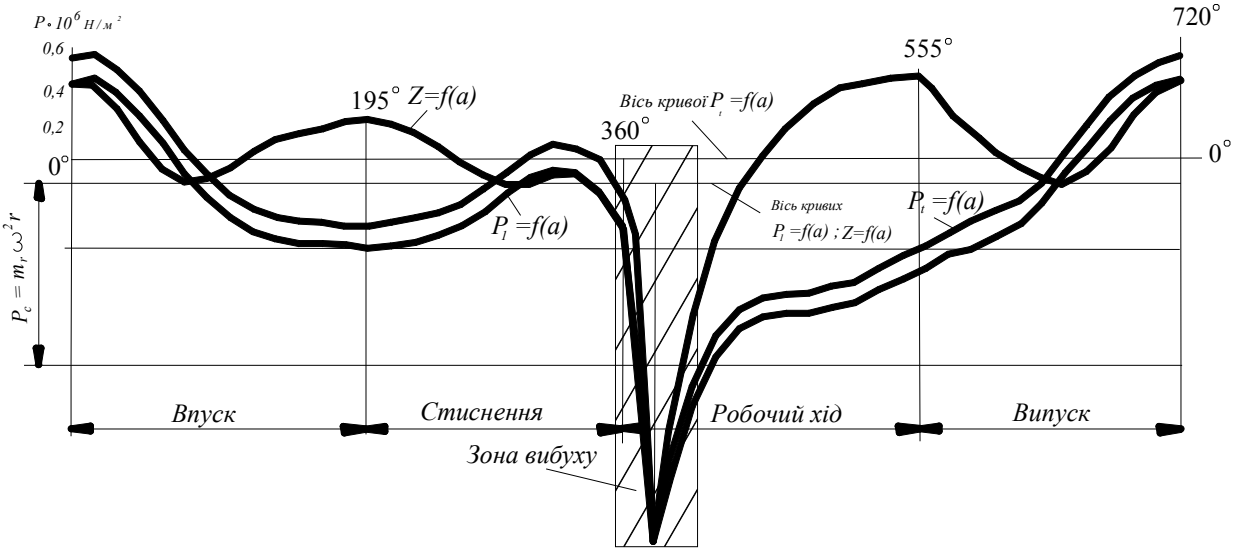


Рис. 3. Дdіаграма $P_t = f(\alpha)$; $P_1 = f(\alpha)$; $Z = f(\alpha)$, переміщення кривошипа навколо своєї осі під навантаженням (для зручності ось діаграми $P_t = f(\alpha)$ зміщена по вертикалі)

Шляхом геометричного додавання отримані сили приводимо до рівнодіючої R, для визначення максимального значення рівнодіючої R_{max}, і будуємо у полярних координатах діаграму її зміни за один цикл (рис. 4).

Отримавши необхідні значення проводимо порівняння витрат рідини змащування в момент робочого навантаження $R_{ср}$ і максимального навантаження на корінній шийці кривошипа R_{max}.

Кількість рідини яка подаватиметься до спряження «кривошип – гідроопора» визначається виразом [4]:

$$G_M = 0{,}8\frac{d^{0,8}\cdot\Delta^{2,2}\cdot\sigma'\cdot n}{\lambda^{0,6}} + 2{,}5\cdot10^6\frac{\Delta^{3,4}p_c\cdot\sigma''}{\delta^{0,4}\cdot\eta\cdot\lambda^{0,2}}, \tag{14}$$

де $\sigma' = \left(1 + \frac{d}{l}\right)^{0,6} = 1,73$; $\sigma'' = \left(1 + \frac{d}{l}\right)^{1,2} = 3,0$; $\lambda = \frac{\eta n}{q_{cp}} = \frac{23,95 \cdot 1000}{14,64} = 1635$; p_c – теоретичне значення тиску рідини змащування при якому вона подається до гідроопори, Н/м^2; Δ = 0,08 мм – діаметральний зазор; η – абсолютна в'язкість рідини змащування в сантипуазах; d = 45 мм – діаметр шийки; n – кількість обертів кривошипа (прийнято 1000 об/хв); l = 30 мм – довжина шийки.

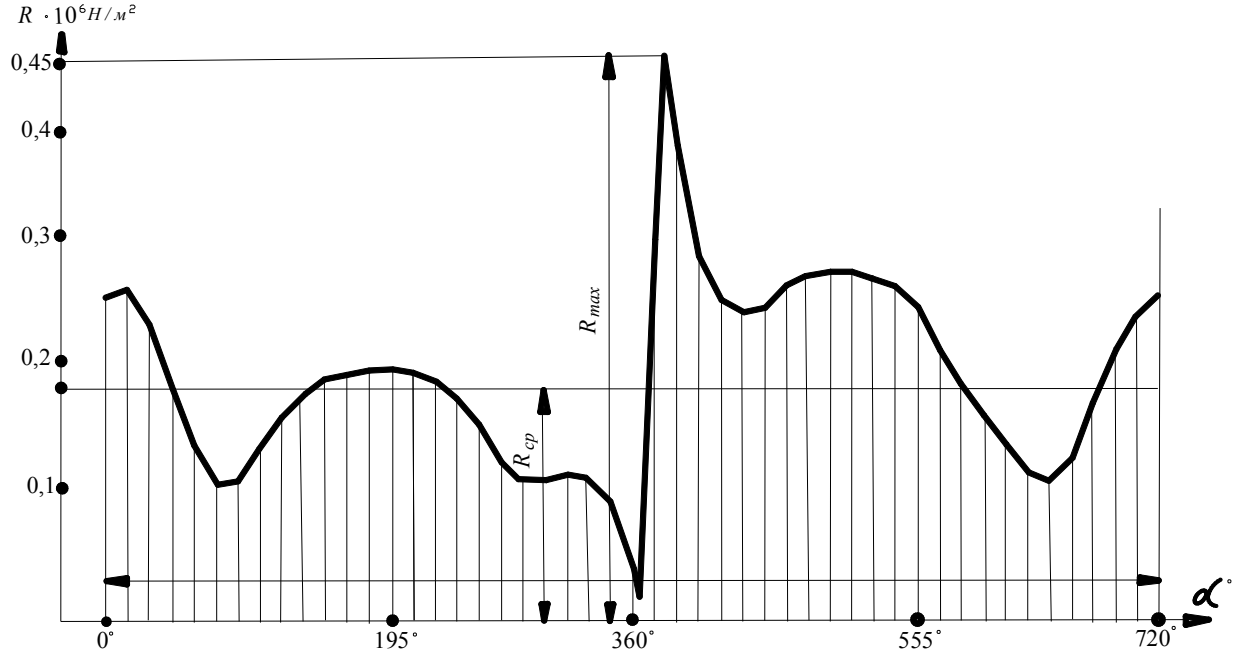


Рис. 4. Діаграма зміни рівнодіючої сили R за один цикл

Звідки: $q_{cp} = \frac{R_{cp}}{l \cdot d} \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 1,464 \cdot 10^6$ Н/м^2, де R_{cp} – середнє за цикл значення рівнодіючої, віднесене до 1м^2 площі поршня, вона дорівнює $1,75 \cdot 10^6$ Н/м^2; D = 125 мм – діаметр обертання шатунної шийки, $\eta = \frac{9810 \cdot i}{(0,1 \cdot t_n)^3} = 23,95$ сантипуазів, де $i = 1,25$ – характеристичне число мастила (приймається за відповідністю до характеристик прийнятої рідини змащування); t_n = 80°С – температура рідини змащування, приймається рівній прийнятій температурі підшипника.

Для порівняльного розрахунку робочу кількість рідини змащування G_M позначаємо Q', а критичне як Q'' і тоді за формулою (14) $Q' = 9,126$ см^3/с.

У випадку розрахунку критичної витрати рідини змащування Q'', осереднені значення, а саме R_{cp} замінюємо на максимальне R_{max}, тобто таке, що з'являється в моменти перевантаження ДВЗ:

$$q_{\max} = \frac{R_{\max}}{l \cdot d} \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 4,088 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2; \quad \lambda = \frac{\eta n}{q_{cp}} = 585,86; \quad Q'' = 11,46 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Визначаємо різницю між осередненою і критичною величиною витрат рідини змащування, яку необхідно компенсувати за рахунок модернізації системи змащування:

$$Q = Q'' - Q' = 11,46 - 9,126 = 2,2 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Висновки

1. Визначено критичні значення навантаження корінної шийки кривошипа, які впливають на експлуатаційні можливості двигунів внутрішнього згорання.

2. Доведено необхідність компенсації робочих витрат рідини змащування Q в гідроопорі, для поліпшення експлуатаційних умов та подовження терміну служби двигунів внутрішнього згорання.

3. Розраховані необхідні додаткові витрати Q, для подальшого підбору окремого джерела живлення модернізованої системи змащування гідроопори двигуна внутрішнього згорання.

Список літературних джерел

1. Двигатели «Моторсич Д-250». Руководство по эксплуатации 0583600000 РЭ. – Запорожье: ОАО Моторсич, 2004. – 28 с.

2. Каржубаев А.С. Технология восстановления шеек чугунных коленчатых валов с применением ферромагнитной шихты. Автореферат дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Республика Казахстан. Алматы: Казахский национальный аграрный университет, 2007. – 19 с.

3. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчёт автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 496 с.

4. Болтинский В.Н. Тракторные и автомобильные двигатели. – М.: Госиздательство сельскохозяйственной литературы, 1953. – 587 с.

5. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей /под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.

6. Выгодский М.Я. Справочник по элементарной математике. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. – 412 с.

УДК 621.438

Д.М. Барановський, канд. техн. наук

В.В. Драгобецький, д-р техн. наук

Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського, м.Кременчук, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛІВ І ТЕРМІНІВ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Показано, що технічний стан дизелів можна визначати за властивостями моторної оливи. Встановлено розбіжність часу проведення і невідповідність структури та періодичності певних технічних дій при виконанні операцій ТО-1, ТО-2 дизелів. При ППС не має можливості корегування номенклатурою та часом проведення робіт по підтриманню працездатного стану дизелів. Роботи, які відносяться до переліку технічного обслуговування при адаптивній стратегії, доводиться виконувати в структурі більш складних технічних дій, частіше із запізненням, а на початку експлуатації – з випередженням.

Дослідження по структурі робіт технічного обслуговування та ремонту дизелів дали можливість подовжити терміни виконання не лише ТО-1 та ТО-2, а й змістити момент необхідності проведенні робіт поточного та капітального ремонтів.

Вступ

При експлуатації дизелів спеціального самохідного рухомого складу (ССРС) залізниць відбувається процес їх природного старіння та збільшення числа відмов. Оскільки усунення наслідків відмов в експлуатації супроводжується значними витратами, то для підвищення довговічності дизелів доцільно контролювати їх технічний стан при застосуванні певної стратегії технічного обслуговування і ремонту (ТОР). Процеси ТОР полягають у сукупності цілеспрямованих технічних дій по відновленню номінальних чи близьких до них значень параметрів стану дизелів. При цьому, відновлюється ресурс, зберігається висока ймовірність безвідмовної роботи дизелів.

Операції ТОР, при умові раціонального використання дизелів, здійснюють значний вплив на їх надійність і довговічність. Внаслідок цього, виникає необхідність ретельного аналізу умов і методів застосування ТОР, періодичної оцінки стану і відповідності нормативно-технічної бази, що регламентує ці процеси, особливо з появою техніки нових марок.

Актуальність проблеми

Для ТОР дизелів є відповідна нормативно-технічна документація, що регламентує ТО, зберігання і ремонт машин [1, 3, 4]. Проте останніми роками стала відчуватися потреба в розробці комплексу керуючих організаційно-технічних заходів, що формують, з одного боку, єдині принципи технічної політики в області обслуговування, зберігання і ремонту дизелів, а з іншого – в різноманітних нормативах і правилах, призначених для планування і організації діяльності служб технічної експлуатації машин в різних підприємствах і організаціях.

Надзвичайно вагомий внесок на підтримання працездатного стану дизелів, поза всяким сумнівом, здійснюють стратегії ТОР. Найбільш широкого розповсюдження набули три стратегії ТОР: до відмови, планово-попереджувальна (ППС), адаптивна (діагностична, по стану). При всіх перевагах та недоліках наступних [2, 3] вони всі мають право на життя, але, вибір або створення прийнятної стратегії чи навіть комбінації їх елементів (в абсолютній більшості випадків) повинен бути осмисленим та певним чином обґрунтований. В конкретних умовах господарювання, на перший план виступає специфіка використання, а вже потім нормативно-технічні вимоги, що регламентують експлуатацію техніки.

У роботах [2, 5] наведено певні алгоритми отримання інформації про динаміку зміни стану як технічних об'єктів так і їх складових, розроблені спеціальні методи визначення деталей, що лімітують надійність.

Система впливів направлених на керування надійністю дизелів повинна ґрунтуватися на достовірній, повній інформації, бажано за окремий період. Знання умов експлуатації, нормативно-правових засад, початкового стану (стану поставки або після ремонту), вибраної стратегії ТОР, матеріально-технічного забезпечення дає право ставити діагноз більш точно. Логічно буде припустити, що максимум інформації, забезпечує можливість вибору оптимальної сукупності та алгоритму технічних дій оптимальних в конкретних умовах виробництва.

На жаль, на сьогодні, не існує певного структурованого підходу підтримки техніки. Діагностика яка повинна відповідати щодо знаходження дизелів у певному стані, має обмежену область дослідження і не охоплює всю множину факторів впливу.

Гарантоване перекриття термінів виконання та настання моменту необхідності коректуючих дій неможливе навіть при планово-попереджувальній стратегії ТОР, а при адаптивній стратегії це можливо лише при отриманні достовірної інформації про технічний стан, стратегія до відмови не дає можливості втручання в процес керування.

Мета роботи

Метою роботи є експериментальні дослідження взаємозв'язку технічного стану дизелів та термінів проведення технічного обслуговування.

Методи та результати

Заміну оливи у дизелях ССРС залізниць проводять при ППС згідно їх напрацювання. Але дослідження властивостей оливи, що підлягає заміні не проводять. У цьому випадку не відбувається оцінка технічного стану дизелів. При АС можна контролювати технічний стан дизелів на протязі всього терміну експлуатації. Тому, технічний стан дизелів ССРС можна контролювати за змінами властивостей моторної оливи [4].

Марки моторних олив, для проведення експериментальних досліджень були вибрані виходячи з таких міркувань. Майже на всьому ССРС на сьогоднішній день установлені дизелі ЯМЗ-236 або ЯМЗ-238. Тому, з цих дизелів відбирались проби олив М8$Г_2$К і М10$Г_2$К.

Дослідження проводили в Знам'янській дирекції Одеської залізниці на протязі 2008-2009 рр.

Для встановлення технічного стану дизелів за властивостями моторної оливи було застосовано спектральний аналіз.

Спектральний аналіз проб оливи проводився на фотоелектричному спектрометрі МФС-7, який дозволяє визначати наявність більше 26 металів, методом електроду, що обертається. Результати зміни концентрації хімічних елементів в моторній оливі дизеля ЯМЗ-238 при ППС і АС наведено на рис. 1, 2.

Аналізуючи зміну концентрації конкретних хімічних елементів в моторній оливі, на прикладі дизеля ЯМЗ-238, при ППС можемо говорити, що досягнення критичних концентрацій відбувається вже при пробігу 4,5 тис. км по *Si* та *Cr*. На підвищення концентрації хрому значний вплив здійснює підвищення концентрації кремнію, у вигляді абразивних частинок. При пробігу більше 7,5 тис. км спостерігається різке збільшення концентрації заліза. Це свідчить про зростання інтенсивності зношування сполучених деталей дизеля. При настанні часу заміни моторної оливи в дизелі ЯМЗ-238 (пробіг 12 тис. км), максимальних значень при цьому сягає концентрація заліза, яка перевищує гранично допустимі межі на 30…39 %.

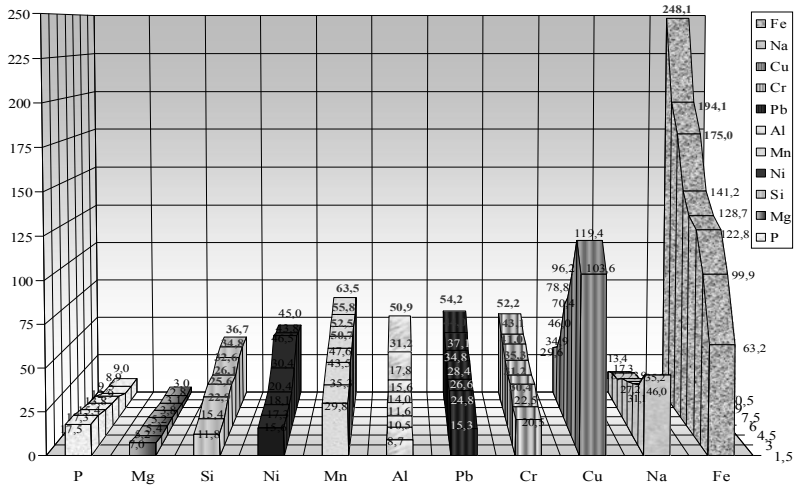


Рис. 1. Зміна концентрації хімічних елементів в моторній оливі дизеля ЯМЗ-238 при ППС ТОР

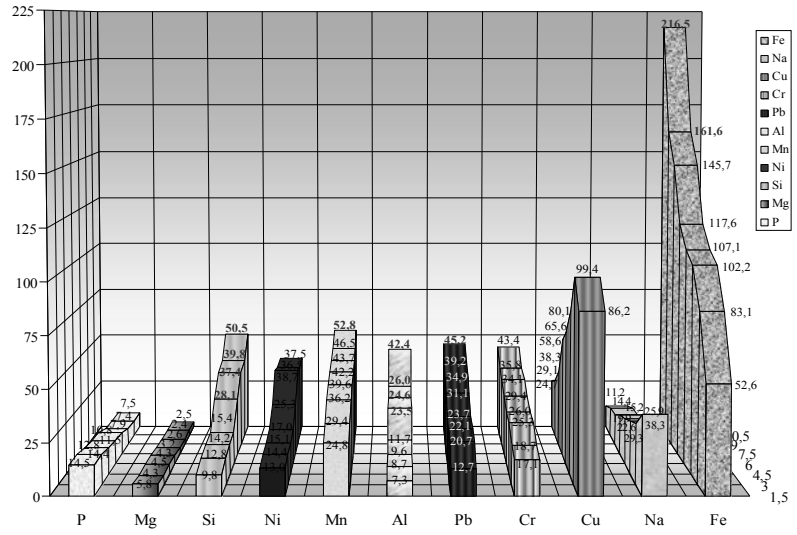


Рис. 2. Зміна концентрації хімічних елементів в моторній оливі дизеля ЯМЗ-238 при АС ТОР

Можна бачити, що інтенсивність збільшення концентрації хімічних елементів в моторній оливі менша на 5…16 % в порівнянні з розвитком концентрації при ППС. Так, поява підвищеної концентрації кремнію та хрому відбувається після пробігу після 6,0 тис. км, що вказує на кращий стан моторної оливи при АС ніж при ППС за умови рівного пробігу. На діаграмах видно, що різке підвищення концентрації заліза, аналогічно пробігу ППС. Хоча значення концентрації при АС в 1,2 рази менше ніж при ППС. При проведенні робіт ТО-2 і відповідно заміни оливи, максимальна концентрація заліза перевищує гранично допустиме значення на 20…30 %, що в 1,3…1,5 рази нижче в порівнянні зі значеннями концентрації заліза при ППС.

Аналогічні дані отриманні і при порівняльному дослідженні зміни концентрації хімічних елементів в іншій моторній оливі.

Жорстка регламентація виконання операцій ППС зменшує можливість оперативного реагування на зміну технічного стану дизелів. Про це свідчить різниця між досягненнями граничних концентрацій по залізу (9,0 і 10,5 тис. км пробігу) при ППС та АС. Застосування АС ТОР дає оператору та обслуговуючому персоналу більше можливостей для раціонального використання ресурсу деталей дизелів при експлуатації. Звичайно, для найбільш ефективного контролю необхідно здійснювати постійне спостереження та коректування технічного стану. Через те, що при АС ТОР роботи по підтриманню пра-

цездатного стану дизелів виконуються згідно їх фактичного технічного стану у нерегламентовані терміни, а по необхідності, то реагування на критичні зміни є більш адекватними. Звичайно, це дає переваги у вирішенні питання найбільш оптимального використання ресурсу дизеля керуванням своєчасними, необхідними за видом та обсягом технічними діями.

Дані експериментальних досліджень технічного стану дизелів ССРС при різних стратегіях ТОР, дали можливість скласти порівняльну діаграму операцій ТОР. Результати проведення технічних дій для дизелів ССРС, при виконанні операцій ТО-1, ТО-2, наведені на рис. 3.

Наведені дані свідчать про значну розбіжність часу проведення та невідповідність структури та періодичності певних технічних дій при виконанні операцій ТО-1, ТО-2 автомобільних дизелів. При ППС можливість корегування номенклатурою та часом проведення робіт по підтриманню працездатного стану є обмеженою. Роботи які відносяться до переліку ТО при АС, доводиться виконувати в структурі більш складних технічних дій, частіше із запізненням, а на початку дослідження - з випередженням.

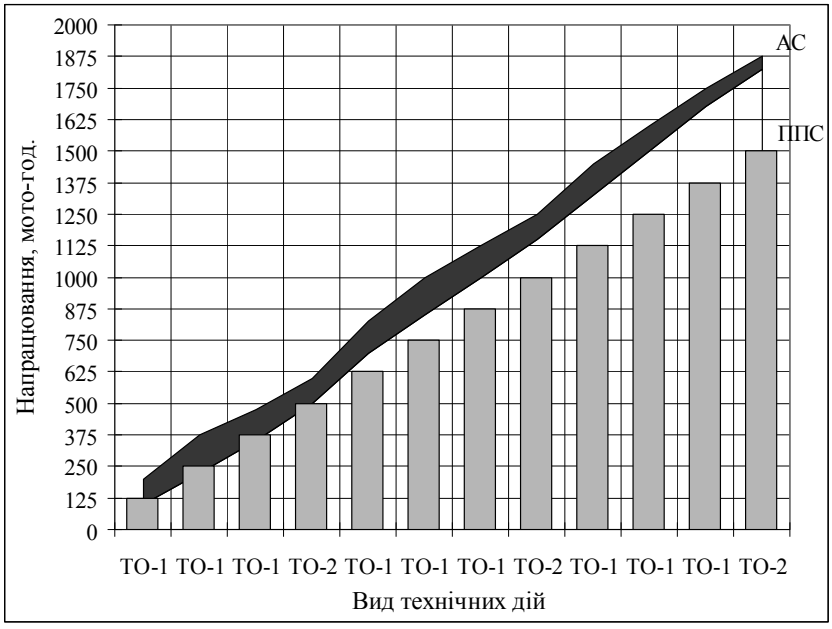


Рис. 3. Періодичність проведення операцій ТОР дизелів ЯМЗ-238 при різних стратегіях

З початку проведення операцій номерних ТО, діапазон проведення робіт при АС значно ширший, в порівнянні з наступними етапами і співрозмірний або навіть передує виконанню операцій регламентованих структурою виконання робіт при ППС. В подальшому розкид значень АС зменшується і стабілізується. При стабілізації термінів та процесів виконання робіт, при АС, відбувається подовження інтервалів проведення операцій ТО на 13…17 % у порівнянні з ППС.

Звичайно, АС також володіє певною інерційністю, проте наявна невідповідність, як правило, не перевищує тривалості однієї або декількох робочих змін. Можемо бачити, що вчасне реагування на зміну технічного стану з наступним проведенням операцій ТОР в АС, дає можливість суттєво подовжити напрацювання до проведення ПР та КР.

Продовжуючи дослідження по структурі робіт ТОР дизелів ССРС, на прикладі ЯМЗ-238, доводимо можливість подовження строків виконання не лише номерних ТО, а й зміщення моменту необхідності у проведенні робіт ПР, і навіть КР при АС.

Виходячи з термінів проведення останнього ТО-2, наявна картина проведення ПР представлена на рис. 4, для обох стратегій.

Порівнюючи дві стратегії ТОР, доводимо, що момент настання необхідності проведення робіт ПР відбувається значно пізніше, в середньому не раніше 2400 мото-год. В порівнянні з базовим рівнем забезпечення експлуатаційної надійності при ППС, використання АС дозволяє збільшити напрацювання до номерних ТО, а в деяких випадках коректувати їх структуру і, навіть, зменшити їх кількість. При цьому зберігається оптимальний, працездатний технічний стан дизелів ЗТ.

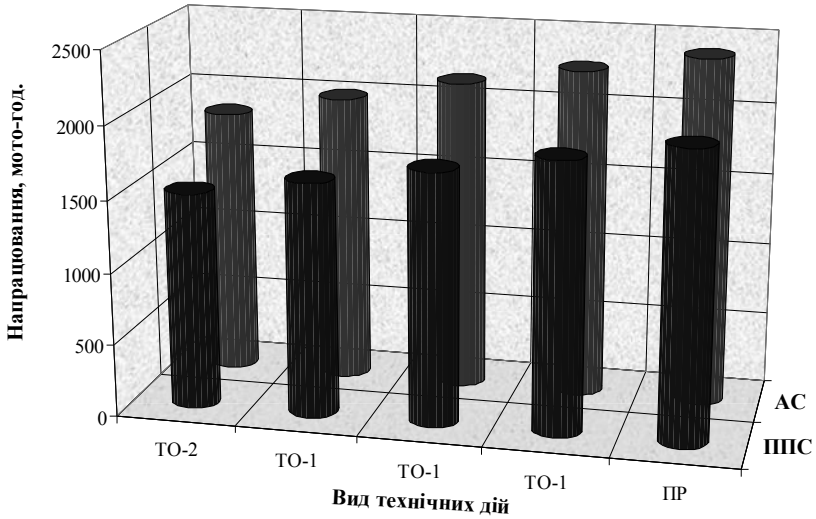


Рис. 4. Порівняльна характеристика моменту настання необхідності проведення робіт ПР дизелів ЯМЗ-238 при використанні ППС і АС

Висновки

Результати показали значний вплив властивостей моторної оливи на технічний стан дизелів. Встановлено розбіжність часу проведення і невідповідність структури та періодичності певних технічних дій при виконанні операцій ТО-1, ТО-2 дизелів ССРС. При ППС не має можливості корегування номенклатурою та часом проведення робіт по підтриманню працездатного стану дизелів. Роботи, які відносяться до переліку ТО при АС, доводиться виконувати в структурі більш складних технічних дій, частіше із запізненням, а на початку дослідження - з випередженням.

Дослідження по структурі робіт ТОР дизелів ССРС, дали можливість подовжити терміни виконання не лише номерних ТО, а й змістити момент необхідності проведенні робіт ПР і КР.

Список літературних джерел

1. Иванов Б.С. Управление техническим обслуживанием машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 157 с.

2. Калявин В.П. Технические средства диагностирования. – Л.: Судостроение, 1984. – 208 с.

3. Канарчук В.Е. Долговечность и износ двигателей при динамических режимах работы. – К.: Наукова думка, 1978. – 256 с.

4. Волошина Н.А. Разработка режимов для технического обслуживания трансортных машин на основе диагностической информации. Дис... канд. техн. наук: 05.22.20. – Харьков, 2001. – 324 с.

5. Сухарев Э.А. Эксплуатационная надежность машин. Теория, методология, моделирование: Учебное пособие. – Ровно, НУВХП, 2006. – 192 с.

УДК 658.286
Г.В. Пасов, канд. техн. наук
В.М. Чуприна, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

М.В. Міщенко, канд. техн. наук

Чернігівський державний інститут економіки і управління, м. Чернігів, Україна

ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ЗАПОРІЗЬКОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ЗАВОДУ ТА ЙОГО ПЕРСПЕКТИВИ

Розглянуто історію розвитку першого вітчизняного заводу з випуску легкових автомобілів. Описано основні моделі, які випускало це підприємство та перспективи його подальшого розвитку.

Вступ

Автомобілебудівна галузь відноситься до машинобудівного комплексу. Машинобудування на території сучасної України виникло ще в середині XIX ст. Наявність металу, вигідне транспортно-географічне розташування, зокрема вихід до узбережжя Чорного та Азовського морів, висока концентрація сільськогосподарського виробництва сприяли розвитку тут важкого, транспортного і сільськогосподарського машинобудування [1].

У переважній більшості розвинутих країн світу провідне місце в структурі транспортного машинобудування займає автомобілебудування. Україна має досить сприятливі передумови для розвитку автомобілебудування: достатнє виробництво металу, розвинута хімічна промисловість, науково-дослідна база і достатня чисельність кваліфікованих кадрів і, що дуже важливо, великий ринок збуту продукції.

В автомобілебудуванні нашої країни склалася чітка спеціалізація підприємств на випуск окремих типів машин. Виникнувши в силу особливостей свого розміщення в промислово розвинутих районах України, де були найбільш сприятливі умови для організації внутрішньої і міжгалузевої кооперації, автомобілебудування зараз почало розвиватися і в нових економічних районах [2-4].

Як відомо, в колишньому Радянському Союзі виробництво автотранспортних засобів розміщувалося нерівномірно (велика частина автозаводів і заводів по випуску комплектуючих виробів знаходилась в Росії). Проте майже кожна колишня республіка СРСР мала (і зберегла) монопольне виробництво якого-небудь виробу. Україна є виробником середніх міських, усіх видів туристичних та міжміських автобусів, великовантажних лісовозів, трубовозів і багатоцільових автомобілів, автонавантажувачів вантажопідйомністю 5 т і вище, а також легкових малолітражних автомобілів першої групи (типу «Таврія») [5, 6].

Оскільки українське автомобілебудування значною мірою залежало від постачання комплектуючих з країн СНД, що склалося ще за часів існування Союзу, то економічна самостійність зруйнувала майже всі економічні зв’язки, що привело до занепаду галузі. Так, у порівнянні з 1990 роком, випуск продукції в 1999 році скоротився майже на 87%.

Автомобілебудування – це одна з галузей машинобудування, що належить до галузей «вільного розміщення», на які менш, ніж на інші галузі, впливають чинники розміщення.

Спеціалізація зумовлює розширення кооперації виробництва. Автомобільні підприємства кооперуються з іншими галузями промисловості – хімічною, металургійною, електротехнічною, текстильною та ін. Великі межі концентрації виробництва на основі спеціалізації та кооперації зумовлюють значимість транспортного чинника.

Мета статті

Основна мета статті – розглянути історію та перспективи розвитку Запорізького автомобільного заводу.

Виклад основного матеріалу

Запорізький автомобілебудівний завод (ЗАТ ЗАЗ) – візитна картка українського автомобілебудування. Найбільший український виробник автомобілів і єдине в Україні підприємство, що володіє повним циклом виробництва легкових автомобілів. 39 % виготовлених на території України автомобілів сходить з конвеєрів Запорізького автозаводу. ЗАТ ЗАЗ входить до групи компаній УкрАвто. Збалансована система реалізації і після продажного обслуговування афінованої компанії-акціонера надає продукції ЗАТ ЗАЗ чіткі конкурентні переваги на вітчизняному ринку.

Запорізький автозавод активно розвивається завдяки інвестиціям в нове обладнання. Високий рівень технічного забезпечення виробництва став певною основою для плідної співпраці з лідерами світового автомобілебудування: Adam Opel, GM DAT, Chery, АВТОВАЗ, TATA та інші. Після придбання FSO – найбільшого автовиробника Польщі – ЗАЗ підсилив свої зв'язки з GM DAT (General Motors Daewoo Auto & Technology), підписавши угоди про збірку і дистрибуцію на території СНД [7].

Виробництво відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 9001:2000 та вимогам, висунутим партнерами ЗАТ ЗАЗ орієнтоване, в основному, на споживачів автомобілів класу С (сегменту ринку з найбільшими темпами росту).

Ера «Запорожця»

Запорізький автозавод увійшов в історію України як первісток вітчизняного комбайнобудування, потім став першим у країні підприємством, яке освоїло виробництво автомобілів малого класу. Завод зростав, будувався, піднімався з руїн, реконструювався, перепрофілювався, перенавчався, але продовжував крокувати уперед, тримаючись головного курсу, спрямованого на створення якісного вітчизняного автомобіля.

Історія виробництва легкових автомобілів у Запоріжжі, з якою ототожнюється історія українського автомобілебудування взагалі, сягає 1960 року, коли з конвеєра заводу «Комунар» (в даний час ЗАТ ЗАЗ) зійшов перший український мікролітражний автомобіль – славний ЗАЗ-965 – Запорожець (рисунок 1).

Рис. 1. ЗАЗ-965 – Запорожець

Виробництво серійних машин розпочалося з 1 жовтня 1960 року, а до кінця року було випущено близько півтори тисячі Запорожців. ЗАЗ-965 – Запорожець швидко став популярним. Він порівняно мало коштував та був економічним. Експлуатаційна витрата пального становила 7,3 л на «сотню» проти 10 літрів у Москвича-402 або 407. Повноцінна 4-місна машина була компактною та маневреною: довжина її становила 3,33 м, а радіус повороту за колією зовнішнього колеса – 5 м.

Незалежна підвіска всіх коліс, рівне, без тунелю для кардана, дно, 20-сантиметровий кліренс під задньою віссю забезпечували непогану прохідність. Були, звісно, й недоліки. Наприклад шумність, яка часто-густо допікала заднім пасажирам. Двері відкрива-

лися на старий манер, проти ходу, і могли при випадковому відкритті на ходу стати вітрилом, яке легко могло знести машину з дороги. Невдалим, з точки зору пожежної безпеки, було розташування бензобаку в передній частині кузова.

Багатьох автолюбителів не влаштовувала недостатня потужність двигуна, а отже – слабка динаміка Запорожця. Тому в жовтні 1962 року почався випуск модернізованого ЗАЗ-965А. Робочий об'єм двигуна збільшився з 746 до 887 см^3, відповідно потужність зросла з 22 до 27 к.с. Зросла й максимальна швидкість – з 80 до 90 км/год. Ця машина вироблялася до 1969 року. Коли у вересні 1993 святкували 130-річчя заводу, святкову автоколону відкривав один з перших Запорожців, прикрашений транспарантом з цифрою 332 106. Саме стільки машин випустили протягом років виробництва – з 1960 по 1969 рік.

У 1961 році конструктори ЗАЗу почали розробляти автомобіль ЗАЗ-966 з новим кузовом. Проте, його виробництво затримувалось через союзне керівництво, можливо, з економічних міркувань – ставити на конвеєр нову модель усього через рік після виходу попередньої вважалося недоречним. Тому ЗАЗ-966 побачив білий світ лише через шість років. Його двигун також був розташований ззаду. Спочатку це був 30-сильний МеМЗ-966А, який встановлювався на останніх модифікаціях «горбатого» попередника. Потім з'явився 40-сильний МеМЗ-966В, що дозволяв розганяти авто до 120 км/год на прямій трасі.

Рис. 2. ЗАЗ-968 – Запорожець

З 1969 року на базі моделі 966 почали виробляти ЗАЗ-968 (рисунок 2) з новим двигуном та деякими дрібними змінами – у неї не було декоративної панелі на передній частині кузова, з'явився новий блок приладів. З 1975 року у тому ж кузові почали випуск – ЗАЗ-968А.

Він відрізнявся новою гальмівною системою, удосконаленими передніми сидіннями і замком запалювання з протиугінним пристроєм. Більш серйозна переробка чекала на модель у 1979-1980 роках.

ЗАЗ-968М (рисунок 3) став не тільки останнім вітчизняним автомобілем із заднім розташуванням двигуна, але й найбільш живучим, бо випускався аж до 1994 року.

Рис. 3. ЗАЗ-968М – Запорожець

Також він отримав нову лінійку двигунів: більш потужні МеМЗ-968 ГЕ (45 к.с.) і МеМЗ-968 БЕ (50 к.с.). Усього (з 1960 по 1994 роки) було виготовлено 3 422 444 автомобілів "Запорожець" у м. Запоріжжя і двигунів з повітряним охолодженням у м. Мелітополь.

Ера «Таврії»

Історія створення «Таврії» цікава і різноманітна, тому що нині існуючому автомобілю передувало досить багато різних прототипів, одні з яких так і залишилися назавжди у вигляді макетів, що порошаться в конструкторських бюро ЗАЗ, а інші були втілені в металі і свого часу проходили ходові випробування.

Першим концептуальним варіантом, що самостійно покинув межі заводу, став передньопривідний ЗАЗ-1102 (рисунок 4) зразка 1970 року, який розробила група фахівців заводу «Комунар» під керівництвом головного конструктора В.П. Стешенка. Проте, в ході випробувань було виявлено безліч конструкторських недоліків, які визначили музейне майбутнє цього автомобіля.

У 1973 році було підготовлено ще два експериментальні зразки з 3-дверним кузовом типу «хетчбек» і 2-дверним – типу «седан», які також не змогли досягти рівня серійного автомобіля.

Рис. 4. ЗАЗ-1102 – Таврія

Наступними етапами еволюції ЗАЗ-1102 був передньопривідний прототип 1974 року випуску з елегантним кузовом «седан» та повнопривідний варіант зразка 1976 року з цілком сучасною на той час зовнішністю. Конструкторам заводу «Комунар» було потрібно немало часу для того, щоб підготувати і запустити в серійне виробництво в 1988 році остаточний варіант ЗАЗ-1102 Таврія – саме той, який всі добре знають.

У 1991 році, після трьох років з початку виробництва, був проведений рестайлінг автомобіля, в ході якого змінилася форма передніх крил та елементів салону. Для зниження собівартості машини були зроблені спроби перейти з дорогої передньої чеської оптики на вітчизняну.

Припинення виробництва загрожувало Таврії ще в середині 90-х, оскільки у покупців не було грошей на новий автомобіль. Та і якість продукції ЗАЗу сильно кульгала: це стосувалося як самого виробництва, так і комплектуючих.

З 1994 року введена нова схема включення електровентилятора та змінена конструкція напівосей. Але впровадження місцевих українських комплектуючих негативно позначилося на спільній якості моделей, особливо після 1992 року. Після заснування в 1998 році СП АвтоЗАЗ-Деу, деякої модернізації конструкції і насичення ринку імпортними (корейськими) комплектуючими знов з'явилася надія на реабілітацію якості автомобіля. У 1998 році у виробництві знаходилися ще так звані «перехідні зразки», у яких комплектація не відповідає заявленій.

Восени 1995 року було презентовано ЗАЗ-1103 Славута (рисунок 5) – п'ятидверний «ліфт бек» на базі «Таврії». У 1999 році розпочато його серійне виробництво.

СП «АвтоЗАЗ-Daewoo»

У 1998 році зареєстровано спільне українсько-корейське підприємство з іноземною інвестицією у формі закритого акціонерного товариства АвтоЗАЗ-Daewoo.

Рис. 5. ЗАЗ-1103 – Славута

Впроваджено випуск якісно нового автомобіля ЗАЗ-110206 Таврія-Нова (рисунок 6). Завершено роботи з підготовки виробництва і розпочато великовузлове складання автомобілів європейського рівня Daewoo Lanos, Daewoo Nubira, Daewoo Leganza на Іллічівському заводі автоагрегатів (ІЗАА).

Рис. 6. ЗАЗ-110206 – Таврія Нова

Завдяки фінансовій підтримці іноземного партнера, новим технологіям, унікальним системам контролю якості, інженерним розробкам, які були привнесені разом з інвестиціями, а також послідовному сприянню держави, для Запорізького заводу розпочався новий історичний етап – час розвитку виробництва і виходу підприємства на міжнародний рівень.

У 1999 році Корпорації УкрАвто були делеговані функції управління державним пакетом акцій заводу. У 2002 році Корпорація УкрАвто стала власником державного пакету акцій Запорізького автомобілебудівного заводу і отримала право управління підприємством і, зокрема, його виробничими програмами. У січні 2003 року підприємство було перейменоване на «Запорізький автомобілебудівний завод».

В продовж 1998-2003 років на підприємстві відбулися глибокі структурні зміни: за новими, світовими стандартами була проведена реновація виробництва, будівель, систем енергопостачання, інженерних споруд і мереж на заводах у Запоріжжі, Мелітополі, Іллічівську, Родах; організований контроль якості продукції, яка відповідає світовим стандартам; почато виробництво автомобілів Daewoo на заводі автоагрегатів в Іллічівську; після модернізації на головному заводі у Запоріжжі відновлений випуск якісно нової Таврії; змінена адміністративно кадрова політика. Цей період відзначився також істотними поворотами у стратегії – відкрилися нові перспективи і можливості співпраці з грандами світового автомобільного бізнесу – компаніями DaimlerChrysler, General

Motors, Opel, Renault та іншими, що дозволило реалізувати інвестиційні проекти з організації повномасштабного виробництва автомобілів провідних світових брендів.

Daewoo Lanos (рисунок 7) – автомобіль, розроблений компанією Daewoo, був вперше представлений на Geneva Motor Show (Женевський автосалон) в 1997 році як заміна Daewoo Nexia. Був спроектований у співпраці з авторитетними німецькими і англійськими інжиніринговими компаніями науково-дослідним центром Daewoo. Кузов автомобіля був розроблений відомим італійським дизайнером Джорджетто Джуджаро (ItalDesign). Із входженням Daewoo в концерн General Motors 30 квітня 2002 року автомобіль також почали продавати під маркою Chevrolet. Автомобіль Lanos був розроблений і запущений у виробництво за 30 місяців і коштував компанії 420 млн. доларів. Це перша власна конструкція компанії Daewoo. Автомобіль малого середнього класу (клас С за міжнародною класифікацію) Daewoo Lanos, розроблений на платформі автомобіля Daewoo Nexia, почали випускати в Південній Кореї з 1997 року. Модель включала три типи кузова: трьохдверний «хетчбек», п'ятидверний «хетчбек» і «седан».

Рис. 7. Daewoo Lanos

На автомобілі ставилися двигуни робочим об'ємом від 1.3 до 1.6 л, потужністю від 75 до 106 к.с. 30 квітня 2002 General Motors заплатила 251 млн. доларів за 42,1 % акцій в підприємстві Daewoo. У жовтні 2002 року була створена компанія General Motors Daewoo Auto & Technology (GM DAT).

Lanos був підданий рестайлінгу. В результаті рестайлінгу на автомобілі змінилася форма кришки багажника, облицювання радіатора і задніх крил. Крім цього, змінилися форми внутрішніх ручок і оббивок бічних дверей, а також форма задніх ліхтарів.

У 2003 році УкрАвто підписала угоду з GM Daewoo про створення на ЗАЗі повномасштабного виробництва моделей Daewoo Lanos потужністю до 90 тис. штук на рік, що включає не тільки зварювання, фарбування і складання, а й штампування кузова. З грудня 2004 року і до цього дня Daewoo Lanos останнього покоління (T200) складається на заводі ЗАЗ.

Автомобіль виробляється з кузовами «хетчбек» (до 1 липня 2009 року був доступний тільки на Україні, також тільки на Україні випускається Lanos Pick-Up) і «седан» (має кілька модифікацій: S, SE і SX). Базова комплектація S має бампери в колір кузова, повнорозмірне запасне колесо, задні сидіння, що розкладаються в пропорції 60/40, дистанційне відкривання багажника і паливного бака (з салону), обігрів заднього скла, аудіопідготовку (динаміки, антену і всю необхідну проводку), індикатор ременя безпеки водія, оббивку з тканини Laid, систему випуску відпрацьованих газів, що відповідає нормам Euro-3. У комплектації SE додається підсилювач керма, передні електросклопідйомники, фронтальна подушка безпеки з боку водія. На версію SX встановлюються передні протитуманні фари, кондиціонер і центральний замок.

У В'єтнамі базовою версією є Lanos з двигуном 1,4 л (75 к.с.). Для українського ринку Lanos оснащують двигунами 1,5 л (86 к.с.) і 1,6 л (106 к.с.). Модель з двигуном

МЕМЗ-307 (м. Мелітополь) об'ємом 1,3 л (70 к.с.) з'явилася на ринку України з ім'ям L-1300, зараз випускається під брендом «ZAZ Sens». Для СНД Lanos комплектують мотором об'ємом 1,5 л (86 к.с.). Машини з двигуном 1,3 л (70 к.с.) в СНД офіційно не поставляються. Крім того, з недавнього часу на авто встановлюють двигуни об'ємом 1,4 л (77 к.с.) МЕМЗ-317. З усіх моделей двигунів тільки двигуни з об'ємом 1.6 л є 16-клапанними.

До Росії офіційно поставляються з 2005 року тільки авто в кузові «седан» під назвою Chevrolet Lanos, двигуном 1,5 л, всіх трьох комплектацій, з п'яти ступінчастою механічною коробкою передач.

З 1998 по 2000 рік на заводі ТАГАЗ Lanos збирався під назвою Doninvest Assol. Комплектувався Assol двома двигунами 1,5 (86 к.с.) і 1,6 (106 к.с.).

До кінця 2008 року Lanos виготовлявся і в Польщі на заводі Fabryka Samohodow Osobowyh (FSO) під брендом «FSO Lanos». З вересня 2008 року Lanos став суто українським автомобілем по всіх виробничих ознаках локалізації. На ЗАЗі ведеться штампування, зварювання, фарбування кузовів, складання автомобілів, а для моделі 1,4 л – і виробництво силового агрегату МеМЗ.

Наприкінці травня 2007 року на українському автосалоні SIA 2007 Запорізький автозавод показав концептуальний автомобіль Lanos M, який планували запустити у виробництво в кінці 2009 року.

ЗАТ «Запорізький автомобілебудівний завод»

У 2003 році завод змінює форму власності і стає Закритим акціонерним товариством з іноземною інвестицією «Запорізький автомобілебудівний завод». Також у 2003 р. укладено генеральну дистриб'юторську угоду між Корпорацією УкрАвто (в особі одного з її підрозділів – компанії УкрАвтоЗАЗ-Сервіс), Запорізьким автомобілебудівним заводом та німецькою компанією Adam Opel GmbH (європейським представництвом GMC). Opel виступив виробничим партнером ЗАЗ і УкрАвто, надавши інвестиції для освоєння велико- та дрібновузлового виробництва автомобілів свого модельного ряду.

Цього ж року швейцарська фінансово-інвестиційна компанія Hirsch & Cie придбала 50 % акцій ЗАТ ЗАЗ, що належали компанії Daewoo Motor. У 2004 році розпочато серійне виробництво автомобіля Opel Astra Classic. На рисунку 8 представлений Opel Astra H, 2-х дверний.

У 2005 році розпочато повномасштабне виробництво автомобіля ZAZ Lanos на Зпорізькому автомобіле-будівному заводі.

Рис. 8. Opel Astra H, 2-х дверний

Корпорація УкрАвто стала головним акціонером флагмана польського автомобілебудування – заводу FSO.

Автомобіль Chevrolet Lanos, виробництва Запорізького автомобілебудівного заводу, експортується в Росію.

У 2005 р. конструкторами ЗАЗ розроблено автомобіль ZAZ Lanos Pick-up. У 2006 році розпочато виробництво автобусів I-VAN на базі платформи відомої індійської компанії ТАТА.

Сьогодні Запорізький автомобілебудівний завод – підприємство, яке володіє повним циклом виробництва легкових автомобілів, – від двигуна до трансмісії, кузова і комплектуючих, до кінцевого складання готового автомобіля і його постачання в мережу продажів.

Потужності головного заводу ЗАТ ЗАЗ дозволяють здійснювати як дрібновузлове і повномасштабне, так і великовузлове виробництво автомобілів, і розраховане на випуск до 150000 авто на рік. Обсяги виробництва невпинно зростають.

Висновки

Найбільшим виробником легкових автомобілів в Україні залишається ЗАТ ЗАЗ, яке в 2008 році практично згорнуло виробництво власних автомобілів і зосередило всю увагу на складання автомобілів з імпортованих машинокомплектів. За підсумками 2007 року ЗАЗ виробив понад 282 тис. автомобілів, за останні п’ять років (2004-2008) досягнуто зростання виробництва майже в п’ять разів (в 2003 році завод виробив приблизно 50 тис. автомобілів) [8].

Загальна динаміка розвитку галузі за підсумками 2008 році викликає оптимістичні прогнози. На думку експертів [9], в 2010-2011 роках зростання виробництва автомобілів в Україні продовжиться, незважаючи на те, що темпи зростання можуть трохи скоротитися у зв’язку з насиченням внутрішнього ринку. Про перспективу майбутнього зростання свідчить і те, що імпорт продукції автомобільної промисловості значно перевищує експорт.

Список літературних джерел

1. Рубец А.Д. История автомобильного транспорта России: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.

2. Історія розвитку автомобіля //Солтус А.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля. – К.: Арістей, 2006. – С. 7-11.

3. Очерки истории техники в России с древнейших времен до 60-х годов XX века. /Под ред. Остольского В.И. – М.: Наука, 1978. – 375 с.

4. Пікашова Т.Д., Шашкова Л.О. Основи історії науки і техники. – К.: ІЗМН, 1997. – 400 с.

5. Основные этапы развития отечественного автомобилестроения //Анохин А.П. Отечественные автомобили. – М.: Наука, 1968. – С. 5-10.

6. Паламарчук М.М., Паламарчук О.М. Економічна і соціальна географія України з основами теорії: Посібник. – К.: Знання, 1998. – С. 376-392.

7. Розміщення продуктивних сил: Підручник /За ред. Є.П. Качана. – К.: Вища школа, 1998. – С. 139-149.

8. Розміщення продуктивних сил: Підручник /За ред. В.В. Ковалевського, О.Л. Михайлюк, В.Ф. Семенова. – К.: Знання, КОО, 1998. – С. 376-392.

9. Джерела Internet.

ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

УДК 621.9.06: 621.941: 621.9-112.5
В.М. Чуприна, канд. техн. наук,
О.М. Говоруха, бакалавр,
Ю.М. Гуменник, бакалавр

Чернігівський державний технологічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТИПОВИХ КОМПОНОВОК ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Виконані порівняльні розрахунки динамічних характеристик дванадцяти варіантів компоновок шпиндельних вузлів на кулькових і роликових опорах кочення. Встановлено вплив швидкохідності компоновок на динамічні параметри шпиндельних вузлів.

Вступ

Підвищення продуктивності і рівня автоматизації виробництва викликає необхідність забезпечення високої якості і стабільності роботи всіх металорізальних верстатів і їх вузлів. Найбільш відповідальними вузлами є шпиндельні вузли, які в значній мірі визначають якість металорізальних верстатів. Одними з найважливіших показників якості верстатів є динамічні показники, що визначаються за динамічними перехідними і частотними характеристиками в різних формах [1]. При цьому динамічні характеристики верстатів і вузлів можна отримати як експериментальним так і розрахунковим шляхом [2, 3].

Найбільша доцільність динамічного розрахунку проявляється під час проектування нових моделей верстатів та їх вузлів на стадії оптимізації, коли виникає необхідність у швидкій оцінці розроблених конструкцій за динамічними критеріями (наприклад, при виборі кращого варіанту з ряду конструкцій).

Динамічний розрахунок є інформативним та дозволяє отримати дані про статичну і динамічну жорсткість, власні частоти коливань конструкції, форми коливань, коефіцієнти динамічності та інші параметри якості, а також дозволяє виявити «слабкі місця» розробленої конструкції. Крім того, розрахунковий шлях є найбільш економічним, бо він не потребує для оцінки верстатів виготовлення та випробування експериментальних зразків конструкції.

Як показано в роботі [4], з чисельних скінченно-елементних методів розрахунку пружних систем, описаних лінійними диференційними рівняннями, найбільш точним для розрахунку динамічних характеристик шпиндельних вузлів є метод початкових параметрів у матричній формі. Він дозволяє звести розрахунок складної системи до ряду циклів алгебраїчних операцій, які багатократно повторюються і відповідають переходу від однієї ділянки системи до іншої, та успішно застосовувати комп’ютери [5].

Мета статті

Метою даної роботи є динамічне дослідження типових компоновок шпиндельних вузлів (на базі вузлів багатоцільового верстату моделі ИР500ПМФ4). Для реалізації цієї мети необхідно розробити конструкції та скласти динамічні моделі типових компоновок шпиндельних вузлів, провести динамічні розрахунки та визначити статичну піддатливість, резонансні частоти і амплітуди коливань шпинделя, розрахувати і побудувати форми коливань шпиндельних вузлів. На основі отриманих даних необхідно визначити залежність динамічних показників шпинделя від типу схеми (і відповідно швидкохідності) для того, щоб зробити висновок про можливість використання даних компоновок для різних видів обробки на верстатах.

Виклад основного матеріалу

Динамічні розрахунки шпиндельних вузлів здійснювались у програмі «DYNAMO-S», яка була розроблена на кафедрі металорізальних верстатів Чернігівського державного технологічного університету [6]. Дана програма дозволяє визначити переміщення і силові впливи в усіх перерізах динамічної моделі шпинделя та розрахувати основні динамічні характеристики шпиндельного вузла у формі амплітудно-частотних характеристик (АЧХ), фазово-частотних характеристик (ФЧХ), амплітудно-фазово-частотних характеристик (АФЧХ) та інших.

Розрахунок динамічних характеристик полягає у визначенні комплексних амплітуд стаціонарних змушених коливань шпинделя у будь-якому перерізі від радіальної збурюючої сили $P_к$, що діє як сила різання на консольній оправці, яка моделює інструмент чи деталь.

Розрахункова модель системи «шпиндель-оправка» розглядається як пружна східчаста балка круглого перерізу довжиною l на пружно-демпфіруючих опорах. За допомогою n радіальних перерізів (враховуючи крайні), балка розділена на $(n-1)$ ділянок кусочно- постійного перерізу, в одному з яких (k-му) діє збурююча сила $P_к$.

Кожна i-та ділянка має розподілену масу m_i , постійну жорсткість на згин EI_i (де E – модуль Юнга, I_i – момент інерції перерізу), коефіцієнт демпфірування в матеріалі h_m і може спиратись на розподілену по довжині опору з жорсткістю c_i і коефіцієнтом демпфірування h_i.

При складанні розрахункової схеми використовуються загальноприйняті рекомендації відносно розміщення опор шпинделя. Жорсткість підшипників визначається за традиційними методиками. Демпфірування в опорах враховувалось за даними про логарифмічні декременти коливань.

Алгоритм рішення даної задачі оснований на розв‘язанні матричного рівняння, яке пов‘язує параметри у початковому перерізі балки через перехідні матриці його перерізів та ділянок з параметрами у кінцевому (n-му) перерізі, а також силовим фактором, який діє у k-му перерізі:

$$Y_n = A \cdot Y_1 + B \cdot \Psi_k ,$$

де Y_1, Y_n – матриці–стовпці комплексних параметрів на кінцях балки;

Ψ_k – матриця-стовпець зовнішніх навантажень;

A – матриця, яка дорівнює добутку всіх перехідних матриць балки;

B – матриця, яка дорівнює добутку всіх перехідних матриць балки, які розташовані після k-го перерізу, де прикладається зовнішня сила $P_к$.

Позначивши в i-му перерізі амплітуду переміщень через y_i, кут повороту – φ_i, згинаючий момент – M_i та перерізну силу – Q_i, можна виразити рішення диференційного рівняння коливань шпинделя через параметри напруженого деформованого стану на його кінцях.

Матриці-стовпці параметрів на вільних кінцях шпинделя та матриця зовнішнього навантаження силою $P_к$ мають вигляд

$$Y_1 = \begin{bmatrix} y_1 \\ \varphi_1 l \\ \dfrac{M_1 l^2}{EI} \\ \dfrac{Q_1 l^3}{EI} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ \varphi_1 l \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad Y_n = \begin{bmatrix} y_n \\ \varphi_n l \\ \dfrac{M_n l^2}{EI} \\ \dfrac{Q_n l^3}{EI} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_n \\ \varphi_n l \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad \Psi_к = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dfrac{P_к l^3}{EI} \end{bmatrix}$$

Для формалізації розрахунків на комп'ютері були виведені узагальнені матриці переходу для будь-якої ділянки і будь-якого перерізу [6]. Вони є універсальними і містять практично усі необхідні параметри, які здебільшого зустрічаються в розрахункових моделях шпиндельних вузлів. При відсутності будь-якого параметру в реальній розрахунковій моделі відповідний йому коефіцієнт узагальненої матриці прирівнюється нулю. Всього у програмі «DYNAMO-S» враховано 23 основні параметри динамічних моделей шпинделя.

Обчисливши параметри шпиндельного вузла в усіх перерізах, можна знайти частотні передаточні функції цих параметрів за силовим зовнішнім впливом P_k, який діє у перерізі k:

$$W_{Pk}^{\ y_m}(i\omega) = \frac{y_m(i\omega)}{P_k(i\omega)},$$

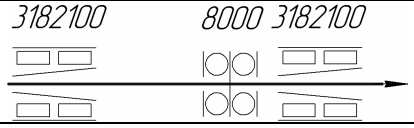
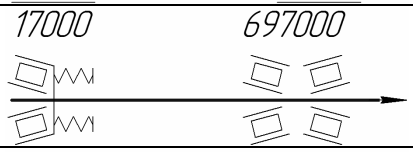
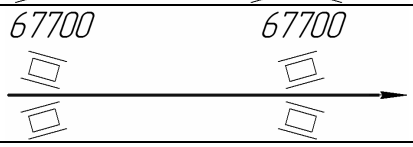
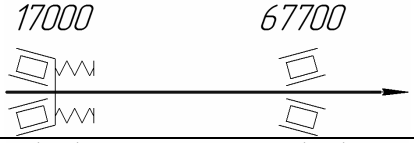
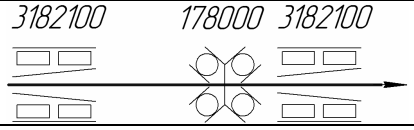
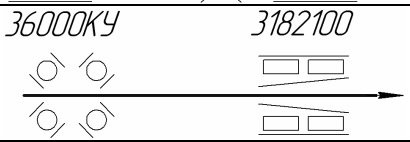
а якщо прийняти $P_k = 1$, то отримаємо

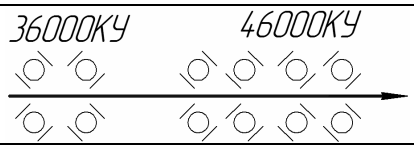
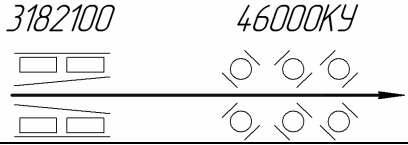
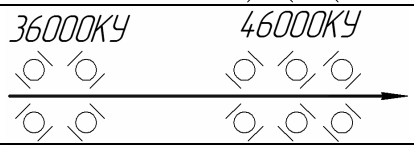
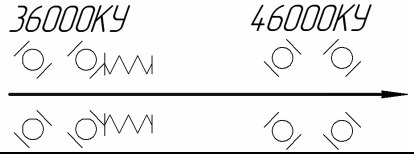
$$W_{P_k}^{\ y_m}(i\omega) = y_m(i\omega).$$

В даній роботі були здійснені динамічні розрахунки шпиндельних вузлів для дванадцяти типових компоновок, приведених в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні компоновки шпиндельних вузлів

№ п/п	Схема опор шпинделя	Швидкохідність $d{\cdot}n$, мм·хв$^{-1}$
1		$(1{,}0\ldots1{,}4)\cdot10^5$
2		$(1{,}5\ldots1{,}8)\cdot10^5$
3		$(2{,}0\ldots2{,}5)\cdot10^5$
4		$(2{,}5\ldots3{,}0)\cdot10^5$
5		$(2{,}5\ldots3{,}0)\cdot10^5$
6		$(2{,}5\ldots3{,}5)\cdot10^5$
7		$(2{,}5\ldots3{,}5)\cdot10^5$

8		$(2,5…3,5)\cdot10^5$
9		$(2,5…3,5)\cdot10^5$
10		$(2,5…3,5)\cdot10^5$
11		$(4…6)\cdot10^5$
12		$(5…8)\cdot10^5$

Наведемо приклад розрахунку однієї з типових компоновок (схема 8).

Початковими даними для розрахунку є:

- побудована параметрична 3-D модель шпиндельного вузла з оправкою;
- розрахункова динамічна модель роторної системи «шпиндель-оправка»;
- обчислені вихідні дані по кожному перерізу і кожній ділянці шпиндельного вала;
- номер перерізу з прикладеною радіальною силою;
- розрахунковий частотний діапазон для обчислення характеристик.

Розбиття динамічної моделі на ділянки за допомогою перерізів здійснюється з урахуванням різних факторів: зміна діаметра вала, зосереджена (ножова) опора (підшипник, що має жорсткість і демпфірування), зосереджений вантаж з масою і моментом інерції, жорстко закріплений безпосередньо на балці, підвісний вантаж з масою і моментом інерції та інші впливові фактори.

Конструкція шпиндельного вузла згідно вибраної типової схеми та її динамічна модель (з розбиттям на одинадцять ділянок) показані на рисунку 1.

Для розрахунку по програмі «DYNAMO-S» створюється файл вхідних даних Z_dat.dat, до якого записуються попередньо визначені параметри усіх ділянок і перерізів. Реалістична 3-D модель шпиндельного вузла з оправкою дозволяє більш швидко і точно розраховувати усі необхідні параметри системи.

Після запуску і відпрацювання програми, автоматично формується файл результатів Z_rez.dat, в якому для різних частот програма видає полярні координати (амплітуду і фазу) для кожного з перерізів, що необхідно для побудови годографа АФЧХ . Програма також розраховує статичну піддатливість (рисунок 2) та резонансні частоти шпиндельного вузла (для даної схеми – дві). Перша резонансна частота дорівнює 533,7 Гц (рисунок 3), а друга – 687,9 Гц.

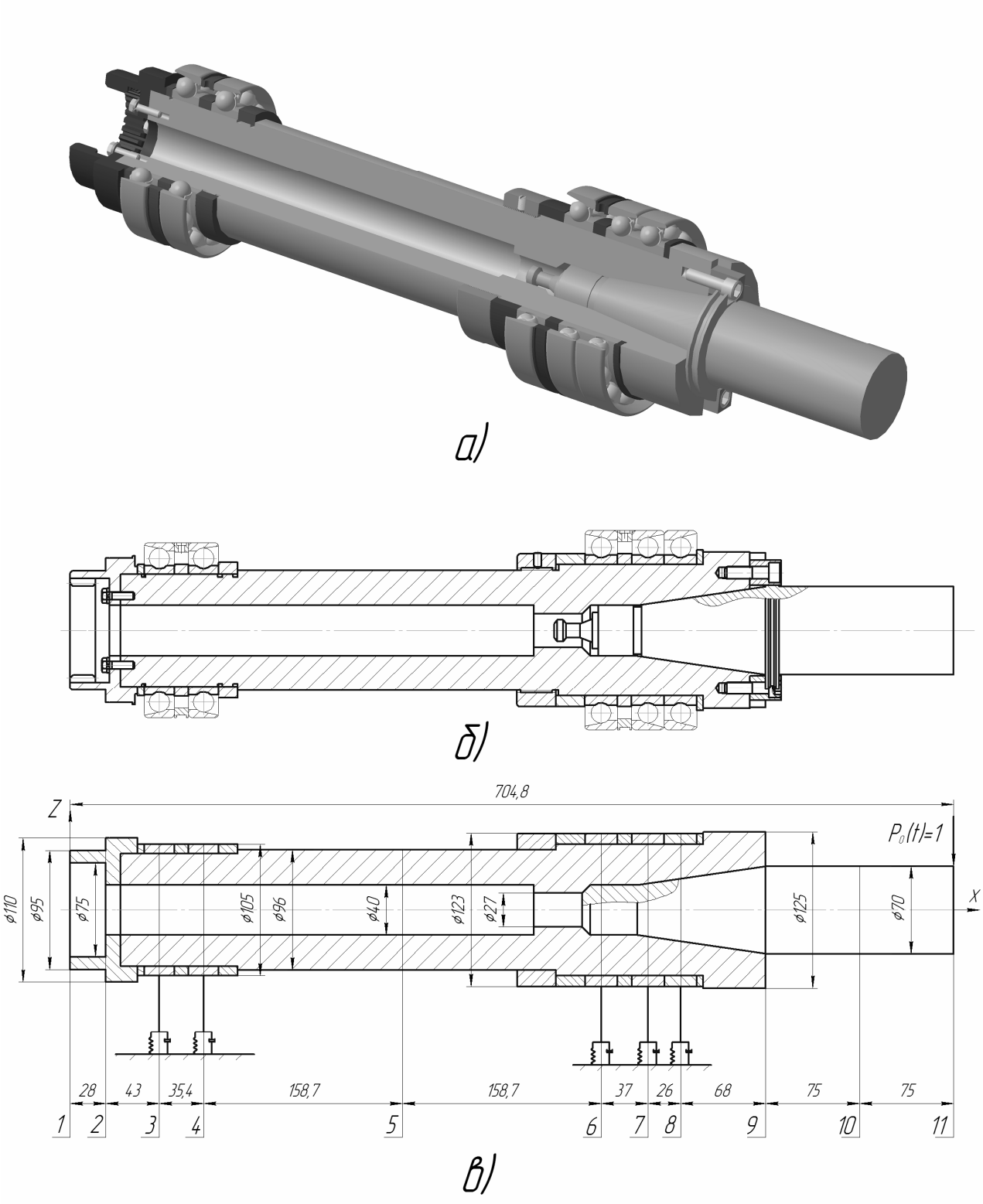


Рис. 1. Вихідні моделі шпиндельного вузла:
а) 3-D модель шпиндельного вузла; б) робоче креслення шпиндельного вузла;
в) розрахункова модель роторної системи „шпиндель-оправка”

П А Р А М Е Т Р Ы А Ф Ч Х

N	F	AM	PH	AM	PH
1	.0	.23552E-05	.00000E+00	.23613E-05	.00000E+00
		.23707E-05	.00000E+00	.23748E-05	.00000E+00
		.16951E-05	.00000E+00	.23115E-05	.00000E+00
		.39848E-05	.00000E+00	.53058E-05	.00000E+00
		.90920E-05	.00000E+00	.14860E-04	.00000E+00
		.22332E-04	.00000E+00		

Рис. 2 – Статична піддатливість шпиндельного вузла

58	533.7	.62441E-04	-.26747E+03	.57075E-04	-.26653E+03
		.48902E-04	-.26469E+03	.42278E-04	-.26266E+03
		.84706E-05	-.20825E+03	.71636E-04	-.91034E+02
		.97717E-04	-.88968E+02	.11775E-03	-.87959E+02
		.17363E-03	-.86307E+02	.24573E-03	-.84989E+02
		.32564E-03	-.83972E+02		

W= .5337E+03 -РЕЗОНАНСНАЯ ЧАСТОТА КООРДИНАТЫ 1
W= .5337E+03 -РЕЗОНАНСНАЯ ЧАСТОТА КООРДИНАТЫ 2
W= .5337E+03 -РЕЗОНАНСНАЯ ЧАСТОТА КООРДИНАТЫ 3
W= .5337E+03 -РЕЗОНАНСНАЯ ЧАСТОТА КООРДИНАТЫ 4
W= .5337E+03 -РЕЗОНАНСНАЯ ЧАСТОТА КООРДИНАТЫ 9
W= .5337E+03 -РЕЗОНАНСНАЯ ЧАСТОТА КООРДИНАТЫ 10
W= .5337E+03 -РЕЗОНАНСНАЯ ЧАСТОТА КООРДИНАТЫ 11

Рис. 3 – Перша резонансна частота для шпиндельного вузла 533,7 Гц

На основі отриманих даних будуємо АФЧХ шпиндельного вузла (рисунок 6).

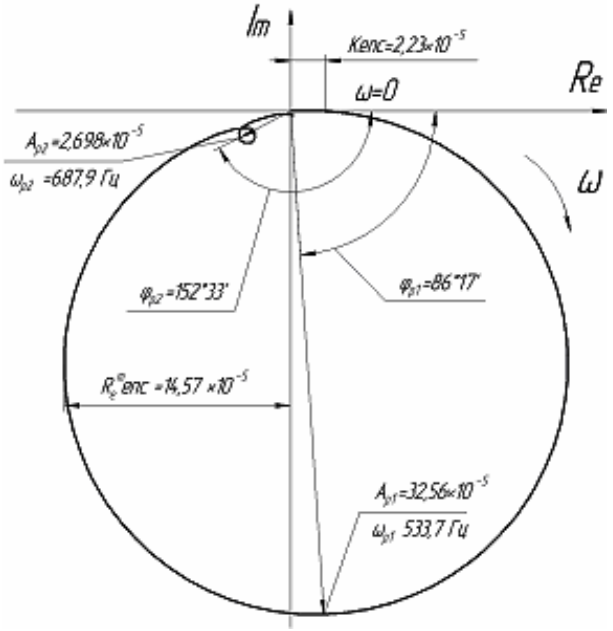


Рис. 4. Амплітудно-фазочастотна характеристика шпиндельного вузла

Аналогічно виконувались розрахунки для інших типових компоновок шпиндельних вузлів, за умови зберігання постійними наступних величин: міжопорної відстані, вильоту консолі, основних розмірів шпиндельного валу та параметрів оправки. Практично компоновки відрізнялись тільки видом підшипників в опорах.

На рисунку 5 зображені АФЧХ шпиндельних вузлів для кожної із дванадцяти схем компоновок. Задля наочності результатів всі характеристики побудовані в єдиному масштабі.

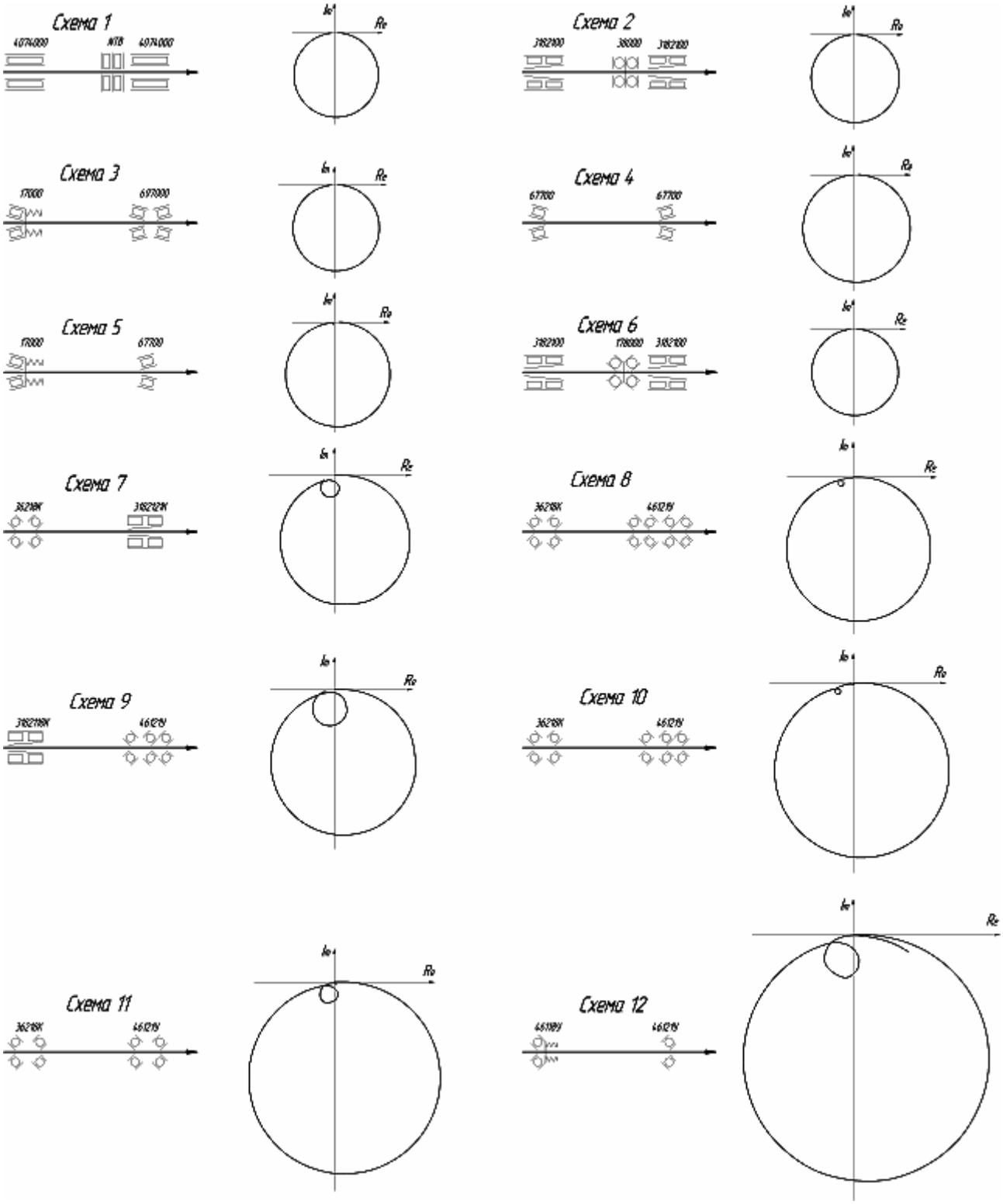


Рис. 5. Амплітудно-фазочастотні характеристики для різних типів компоновок шпиндельних вузлів

Всі схеми розташовані в порядку *зростання* швидкохідності шпиндельних вузлів, як це показано на рисунку 6.

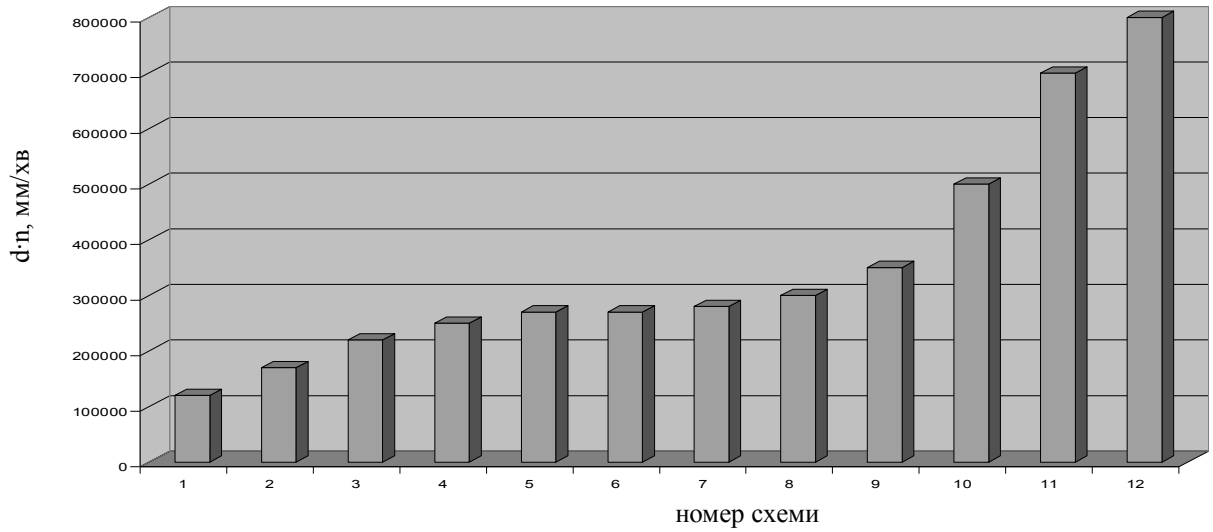


Рис. 6. Швидкохідність шпиндельних вузлів (параметр d·n,, мм/хв) в залежності від схеми їх компоновки

Представлені на рисунку 5 АФЧХ мають по одній або двох резонансних частот в робочому діапазоні частот (0-1000 Гц). Проте амплітуди другого резонансу на порядок менші і майже не впливають на поведінку характеристик. Тому, з усіх розрахованих АФЧХ вибирались тільки основні параметри, які зведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Основні параметри АФЧХ

Номер схеми	$K_{епс}$ *см/даН*	Перший резонанс			Re_{enc}^{m}, *см/даН*
		ω_p, *Гц*	A_p, *см/даН*	φ_p	
1	17,5·10-6	709,9	227,14·10-6	87º36′	187,4·10-6
2	18·10-6	694,2	234,68·10-6	86º15′	195,5·10-6
3	17,8·10-6	700,5	229,87·10-6	87º45′	191,5·10-6
4	25,7·10-6	518,1	354,25·10-6	83º53′	233,1·10-6
5	25·10-6	526,4	348,72·10-6	84º56′	225,4·10-6
6	17,7·10-6	703,1	231,61·10-6	86º12′	192,1·10-6
7	18,3·10-6	613,7	243,17·10-6	84º11′	194,3·10-6
8	20,4·10-6	533,7	245,73·10-6	85º58′	216,2·10-6
9	21,2·10-6	544,3	270,84·10-6	86º32′	218,4·10-6
10	22,3·10-6	556,7	325,63·10-6	83º59′	220,6·10-6
11	25,7·10-6	454,1	356,41·10-6	86º27′	233,9·10-6
12	31,6·10-6	360,6	458,95·10-6	81º32′	264,2·10-6

Для наочності аналізу характеристик приведемо порівняльні діаграми залежності статичної піддатливості, частоти та амплітуди першого резонансу від типу схеми і відповідно швидкохідності шпиндельних вузлів (рисунок 7).

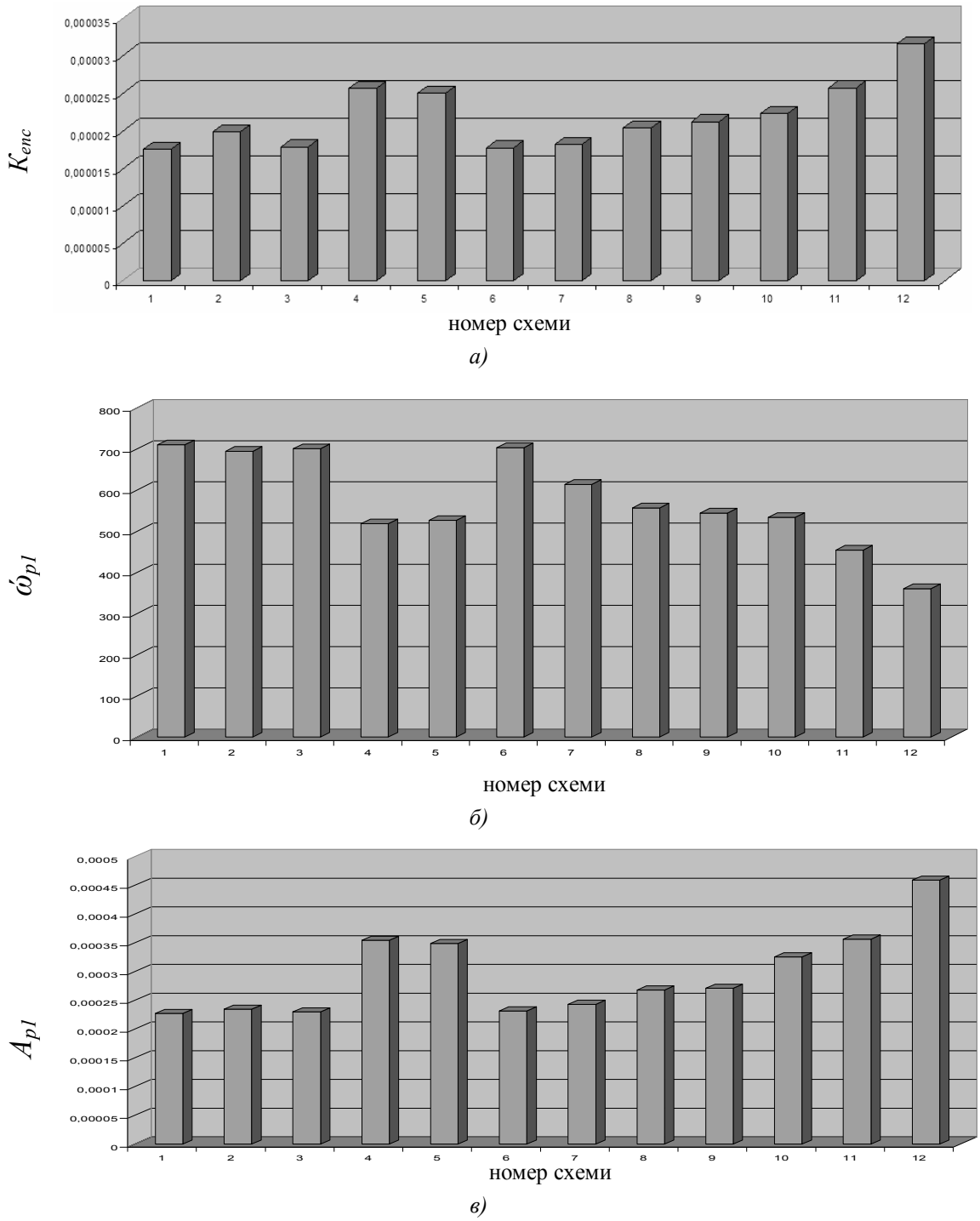


Рис. 7. Діаграми залежності основних параметрів АФЧХ від типової компоновки шпиндельних вузлів: а) статичної піддатливості K_{enc}; б) частоти першого резонансу $\acute{\omega}_{p1}$; в) резонансної амплітуди A_{p1}.

Аналіз приведених діаграм показує, що із збільшенням швидкохідності конструкцій шпиндельного вузла від $1 \cdot 10^5$ до $8 \cdot 10^5$ мм/хв. статична піддатливість зростає нерівномірно, а жорсткість шпинделя – зменшується (в 1,9 рази). При цьому суттєво падає резонансна частота першого резонансу – з 710 до 360 Гц. Резонансні амплітуди також суттєво зростають (більш, ніж вдвічі) при збільшенні швидкохідності конструкцій. Це можна пояснити зменшенням жорсткості і демпфірування в опорах шпинделя при перехо-

ді з роликових на кулькові підшипники (тобто від лінійного до точкового контакту тіл кочення).

Найбільш раціональними за критерієм «жорсткість-швидкохідність» є компоновки шпиндельних вузлів відповідно схемам 6 і 7, в яких використовуються підшипники серії 3182000. Можливо тому ці компоновки є найбільш розповсюдженими в сучасних верстатах.

На рисунку 8 показані переважні області використання розглянутих компоновок шпиндельних вузлів у верстатах основних технологічних груп для різних типів технологічних операцій. Так шпиндельні вузли з низькою швидкохідністю потрібно використовувати на продукційних операціях у тих верстатах, де зусилля під час різання дуже великі. А швидкохідні компоновки використовують переважно на верстатах, призначених для кінцевих та доводочних операцій (розточування, шліфування).

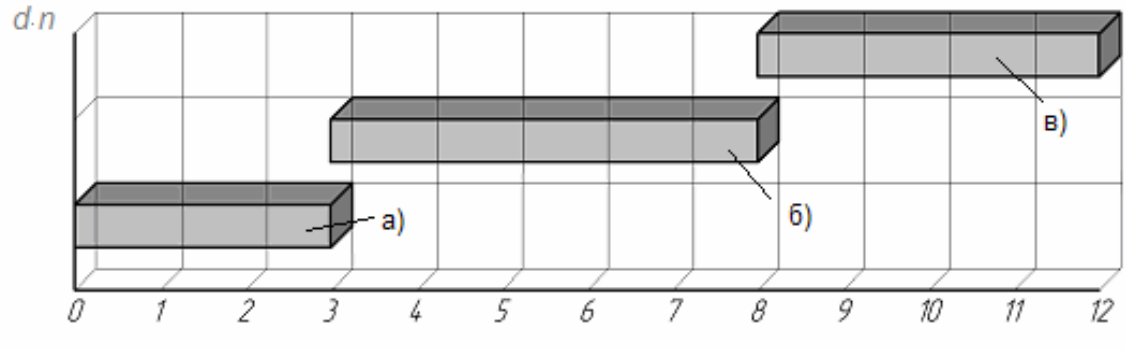


Рис. 8. Діаграми використання компоновок для різних типів верстатів: а) важкі продукційні фрезерні і токарні верстати; б) середні токарні, фрезерні, свердлильні, розточувальні та шліфувальні верстати; в) легкі фінішні розточувальні та шліфувальні верстати.

Висновки

Проведені дослідження виконані вперше для широкої гами компоновок шпиндельних вузлів і є важливими для верстатобудування. Користуючись результатами досліджень, можна вибрати оптимальну схему шпиндельного вузла в залежності від призначення металорізального верстату, спираючись не тільки на статичні, але й динамічні показники, які безпосередньо пов’язані з точністю і якістю безвібраційної обробки на верстатах.

Список літературних джерел

1. Кудинов В.А. Динамика станков. М., Машиностроение, 1967 – 360 с.

2. Пуш А.В. Шпиндельные узлы: качество и надежность. – М.: Машиностроение 1992 – 288 с.

3. Данильченко Ю.М., Кузнєцов Ю.М. Прецизійні шпиндельні вузли на опорах кочення. – Тернопіль.: «Економічна думка», 2003 – 342 с.

4. Чуприна В.М., Дмитренко М.А., Лоскутов С.В. Порівняльний розрахунок динамічних характеристик шпиндельного вузла верстату 16К20Ф3 в САПР //Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – Чернігів: ЧДТУ, 2009. – № 37. – С. 105-116.

5. Ивович В.А. Переходные матрицы в динамике упругих систем. Справочник. 2-е издание – М., Машиностроение, 1981 – 183 с.

УДК 621.822.172:621.7.079

Д.Ю. Федориненко, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕГУЛЬОВАНИХ ШПИНДЕЛЬНИХ ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОР

Розглянуті питання аналізу втомних характеристик конструкції деформованої гідростатичної втулки засобами CAE систем. Запропоновано удосконалену конструкцію гідростатичного підшипника з покращеними експлуатаційними властивостями.

Постановка проблеми

Однією з основних характеристик, що впливає на точність обертання гідростатичного шпинделя, є величини статичного та динамічного радіального зазору в його опорних вузлах. Важливим також бачиться питання забезпечення сталості величини регульованого зазору в опорі, оскільки, з одного боку, її зменшення призводить до збільшення статичної підйомної сили, жорсткості мастильного прошарку, демпфірування коливань і зменшення витрат рідини, проте, з іншого боку, істотно зростають втрати потужності на тертя, інтенсивніше відбувається нагрівання мастила за рахунок його дроселювання та зменшується здатність компенсувати похибки виготовлення опорних шийок шпинделя.

Таким чином, розробка надійних засобів для реалізації процесу керування мастильним прошарком в шпиндельних гідростатичних підшипниках (ГСП) створить передумови для підвищення точності механічної обробки на металорізальних верстатах.

Аналіз досліджень і публікацій

Авторами роботи [1] запропонована класифікація високошвидкісних регульованих ГСП технологічних машин, показана принципова можливість керування вихідними характеристиками роторів на основі регулювання геометричних, теплофізичних параметрів опор рідинного тертя, систем їх живлення та робочих рідин. Розроблені методики розрахунку характеристик регульованих підшипників гідростатичного і гідростатодинамічного типів.

В роботі [2] досліджуються способи покращення динамічних характеристик ГСП шляхом застосування додаткових гідравлічних коректувальних ланцюгів та визначені параметри вимушених коливань динамічної системи верстата з регульованими дроселями в системі живлення шпиндельних гідростатичних опорних вузлів.

В монографії [3] запропоновано технічну ідею по керуванню величиною мастильного прошарку в шпиндельних ГСП на основі застосування опор з регульованою в процесі обробки геометрією радіального зазору. Відзначено, що регулювання величини радіального зазору дозволяє керувати вихідними характеристиками точності шпиндельного вузла.

Слід також відзначити, що експлуатаційним параметрам регульованих опор в існуючих теоретичних дослідженнях приділено недостатньо уваги. Проте, саме експлуатаційні параметри ГСП будуть регламентувати надійність шпиндельних вузлів верстатів у цілому.

Мета статті

Задачею роботи є дослідження втомної міцності конструкції деформованої гідростатичної втулки в процесі регулювання діаметрального зазору з метою підвищення експлуатаційних властивостей регульованих ГСП.

Виклад основного матеріалу

З метою керування динамічними властивостями шпиндельного вузла в процесі механічної обробки розроблена конструкція регульованого ГСП, яка зображена на рис. 1.

Принциповою відмінністю запропонованої конструкції від існуючої [4] є те, що деформована гідростатична втулка 6 включає групу пазів 13, між якими утворені кармани 4, які підключені через постійні дроселі 12 до джерела стисненої рідини, причому зазначені пази розташовані в безпосередній близькості один від одного, а сусідні пази виконані почергово на внутрішній та зовнішній поверхнях втулки; на зовнішній поверхні гідростатичної втулки 6 виконані два конічних пояска, які в процесі регулювання радіального зазору взаємодіють з конічними поверхнями нерухомої втулки 3 підшипника.

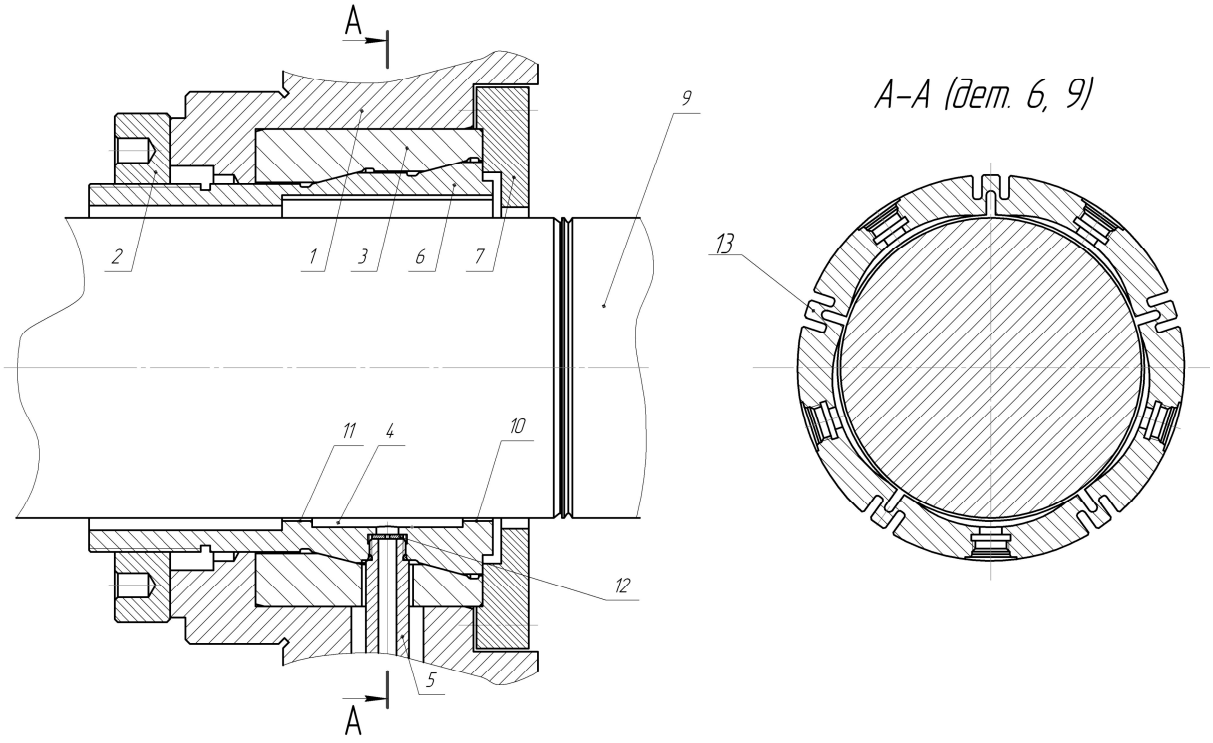
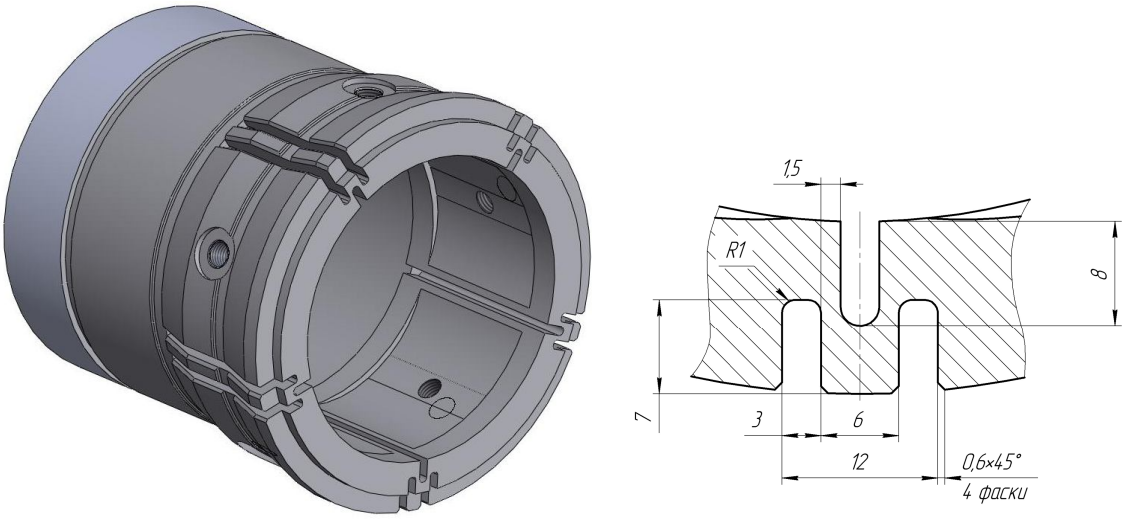


Рис. 1. Конструкція регульованого ГСП (базовий варіант)

Регульований ГСП працює наступним чином. Робоча рідина під тиском від насосу подається через штуцер 5 і дросельну шайбу 12 до карманів 4 гідростатичної втулки 6, де створюється несучий шар, який підтримує шпиндель 9 в певному положенні. Вихід рідини в картер шпиндельної бабки з карману відбувається через перемички 10 і 11, що відіграють роль дроселюючого елемента і при зміні діаметрального зазору дозволяють регулювати жорсткість підшипника і витрати рідини. Регулювання величини зазору δ виконують обертанням гайки 2 на кут α, яка, упираючись в торець корпуса 1, надає зворотнопоступального руху гідростатичній втулці 6, яка зовнішньою конічною поверхнею, рухаючись по внутрішній конічній поверхні втулки 3, зменшує (збільшує) робочий отвір між шпинделем і втулкою 6. Таким чином здійснюється регулювання діаметрального зазору в ГСП.

З метою надання втулці 6 пружних властивостей на її зовнішній поверхні виконана система з п′яти поздовжніх пазів (рис. 2), що дозволяють втулці деформуватися в межах розрахункових значень регульованого діаметрального зазору при обертанні гайки 2 та відповідному осьовому русі.



а) б)

Рис. 2. Загальний вигляд а) та профіль поздовжніх пазів б) деформованої гідростатичної втулки базової конструкції

Профіль пазів на рис. 2, б наведено в перетині А-А (див. рис. 1). В процесі регулювання радіального зазору в результаті осьового зміщення опори у спряженні «конічна втулка-гідростатична втулка» виникає нормально розподілене навантаження, складова якого по осі *y* – *Py* переміщує пелюстки опори з несучими карманами в радіальному напрямку. При реверсивному русі опори (обертанні гайки 2 в зворотному напрямку) відтискання пелюстків відбувається за рахунок пружних властивостей деформованої гідростатичної втулки.

Як відомо, при дії циклічних навантажень міцність деталей машин зменшується [5]. Ступінь зниження міцності залежить від геометрії конструкції, величини навантаження, властивостей матеріалу, якості поверхневих шарів деталі, умов експлуатації та ін. Враховуючи режими роботи регульованого ГСП, насамперед циклічність навантажень на гідростатичну втулку в процесі регулювання зазору та наявність конструктивно обумовлених концентраторів напружень, доцільним бачиться здійснити аналіз втомної міцності досліджуваної конструкції опори.

З урахуванням попередньо визначених напружень при розрахункових навантаженнях ($\sigma_{max} \approx 0{,}5\sigma^T$, де σ^T – границя текучості при згині) та їх режимів здійснимо аналіз втомної міцності в багатоцикловій області при симетричному циклі навантаження. Зробимо припущення про лінійність ушкоджень конструкції, тобто повне руйнування, викликане безліччю циклів напружень, дорівнює сумі пошкоджень, викликаних окремими циклами напружень. Також будемо вважати, що властивості матеріалу конструкції усталені при будь-яких розрахункових навантаженнях в межах його зони пружності. Характеристики якості поверхонь не враховуємо.

Відомо, що суттєвий вплив на межу втоми чинить концентрація напружень в матеріалі деталі [6]. В досліджуваній конструкції підшипника найбільшими концентраторами напружень є поздовжні пази гідростатичної втулки. Для конструкції втулки, наведеної на рис. 2, найбільші напруження ($3{,}44 \cdot 10^8$ Па) при максимальному навантаженні виникають в точці А (рис. 3) на зовнішній поверхні поздовжнього пазу. Зазначена точка обумовлює втомне руйнування конструкції при симетричному циклі з постійним розмахом амплітуди навантаження. Так, теоретично визначене число циклів до втомного руйнування (мінімальне значення в точці А) становить N_{min}=8282 (див. рис. 3); середнє значення по довжині канавки пазу – $3{,}48 \cdot 10^{10}$. Експлуатаційні параметри конструкції ГСП тут і надалі визначено на основі моделювання робочих процесів в підшипнику за-

собами програмного середовища CosmosWorks 2008 [7].

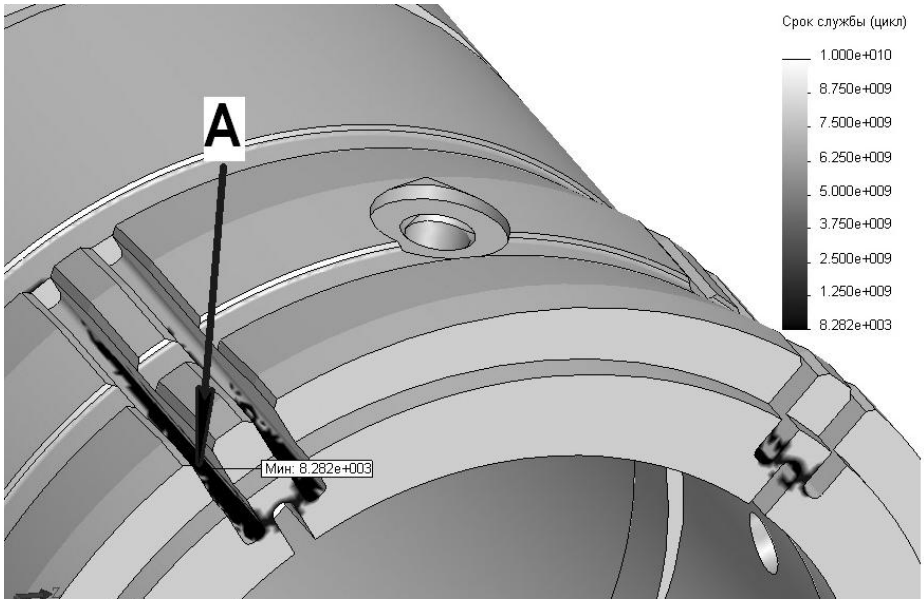


Рис. 3. Довговічність базової конструкції гідростатичної втулки

Втомну міцність при повторно-змінних навантаженнях можна характеризувати коефіцієнтом запасу міцності *n* конструкції (рис. 4). Як видно з наведеного графіку, математичне середнє значення коефіцієнту *n* в концентраторі напружень (по довжині канавки) становить 1,02. Очевидно, що зазначені параметри не відповідають службовому призначенню регульованого ГСП.

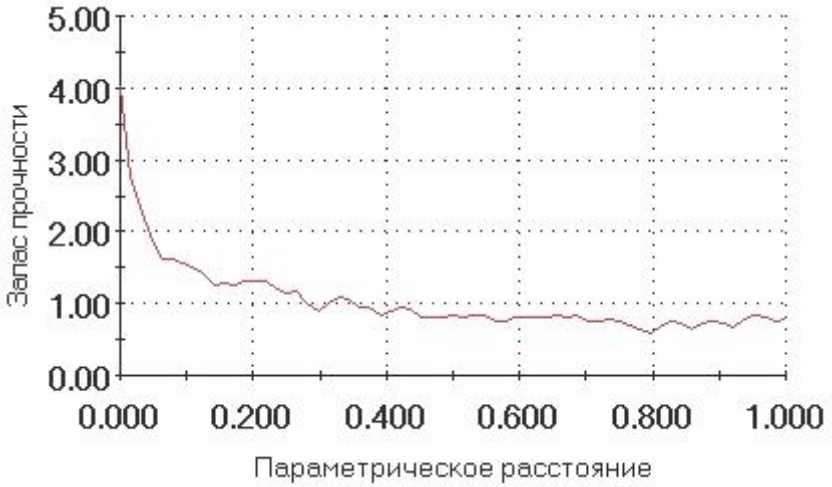


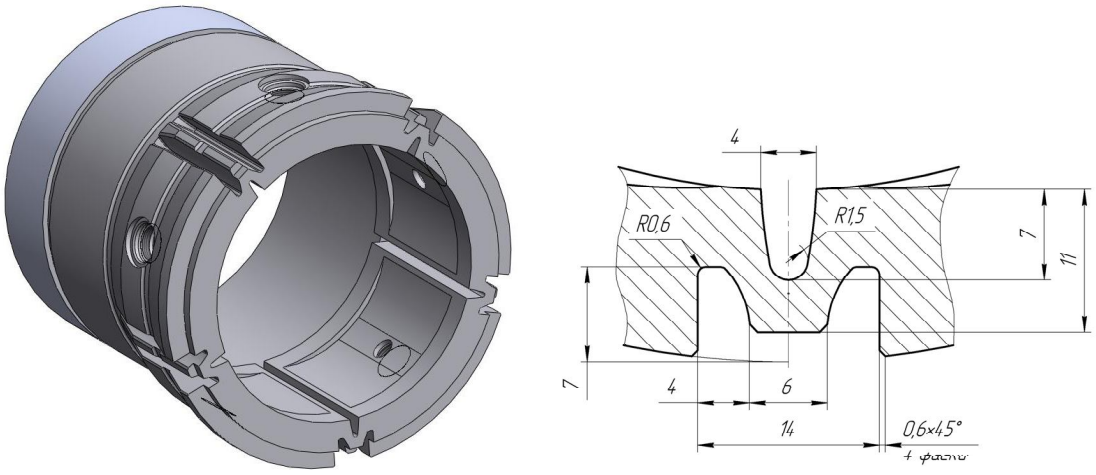
Рис. 4. Графік коефіцієнта запасу міцності по довжині зовнішньої канавки пазу базової конструкції втулки

З метою підвищення втомної міцності запропоновано удосконалити конструкцію гідростатичної втулки, а саме:

– виконати прямолінійні кромки поздовжніх пазів за кривою другого порядку (рис. 5);

– збільшити мінімальну товщину стінки профілю в 2 рази;

– з метою зменшення напружень в концентраторі (точка А на рис. 3) розвантажити паз шляхом виконання «лиски» на його зовнішній поверхні.



а) *б)*

Рис. 5. Загальний вигляд а) та профіль поздовжніх пазів б) деформованої гідростатичної втулки удосконаленої конструкції

Завдяки новому профілю поздовжніх пазів вдалося значно зменшити максимальні напруження в концентраторі до значень $2{,}8 \cdot 10^8$ Па (точка В на рис. 6) та підвищити коефіцієнт запасу міцності (середнє значення становить 2,56, див. рис. 7) в найбільш небезпечному місці з точки зору втомного руйнування конструкції (внутрішня поверхня поздовжнього пазу на рис. 6). Мінімальне число циклів навантаження до руйнування (в точці В) становить 143400, а середнє значення по кромці – $9{,}42 \cdot 10^{10}$. Таким чином, довговічність удосконаленої конструкції вдалося підвищити майже в 3 рази (оцінювання здійснено за усередненими показниками в концентраторі напружень) в порівнянні з базовим варіантом.

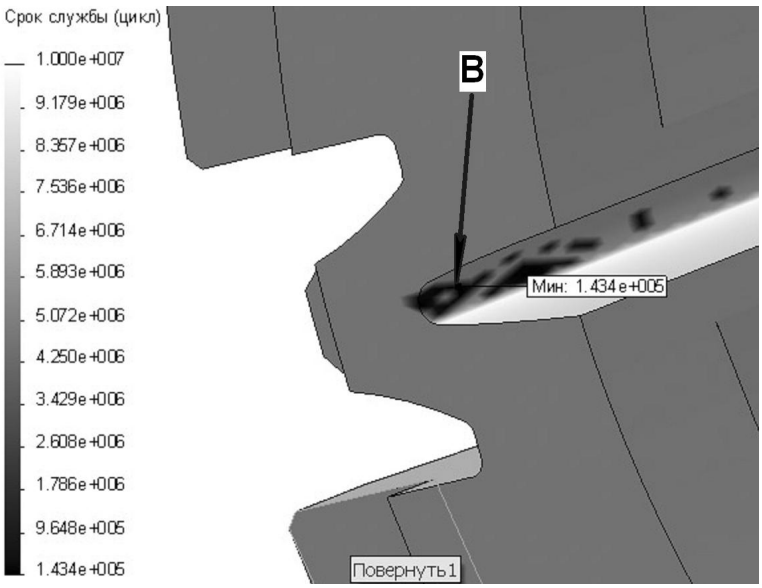


Рис. 6. Довговічність удосконаленої конструкції гідростатичної втулки

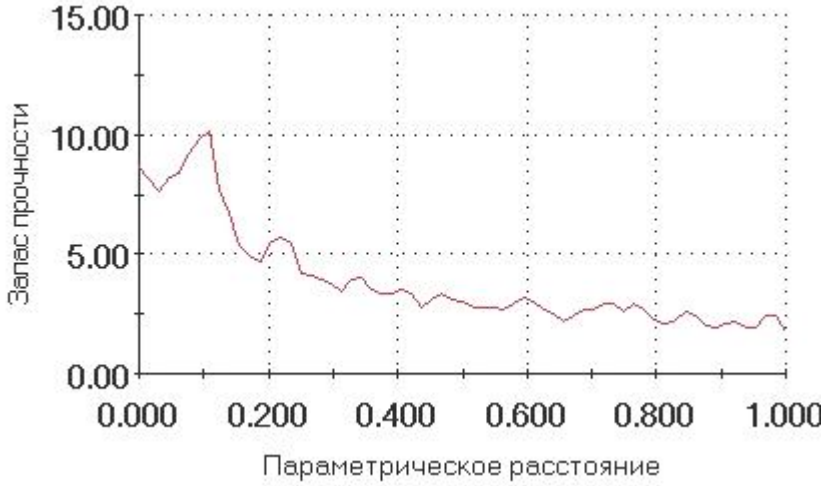


Рис. 7. Графік коефіцієнта запасу міцності по довжині внутрішньої канавки пазу удосконаленої конструкції втулки

Висновки

На основі моделювання робочих процесів регульованого ГСП розроблена удосконалена конструкція деформованої гідростатичної втулки, що дозволяє підвищити довговічність майже в 3 рази в порівнянні з базовим варіантом.

Запропонована методика аналізу втомних характеристик регульованих ГСП на основі програмного середовища CosmosWorks може бути використана для моделювання процесів втомного руйнування різноманітних конструкцій деталей машин.

Список літературних джерел

1. Гидростатические опоры роторов быстроходных машин /[Артеменко Н.П., Чайка А.И., Доценко В.Н. и др.]; под. ред. Н.П. Артеменко. – Х.: Основа, 1991. – 197 с.

2. Прокопенко В.А. Динамика шпиндельных гидростатических подшипников при использовании схемы управления с регуляторами /В.А. Прокопенко, И.А. Чернов //Теория механизмов и машин. – 2007. – Т. 5, № 1. – С. 45-50.

3. Регульовані гідростатичні підшипники для шпиндельних вузлів /Ю.О. Сахно, Д.Ю. Федориненко, С.В. Бойко, В.С. Волик. – Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2009. – 172 с.

4. Пат. 82425 UA, МПК F16C 27/00, F16C 33/04. Спосіб регулювання зазору в гідростатичному підшипнику /Сахно Ю.О., Федориненко Д.Ю., Бойко С.В., Волик В.С.; заявник і патентовласник Чернігівський державний технологічний університет. – № а 2006 07254; заяв. 30.06.2006; опубл. 10.04.2008, Бюл. № 7.

5. Когаев В.П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность /Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.

6. Сопротивление материалов деформированию и разрушению /[Трощенко В.Т., Красовский А.Я., Покровский В.В. и др.]; под. ред. В.Т. Трощенко – К.: Наукова думка. – 1994. – 701 с.

7. Алямовский А.А. SolidWorks/COSMOSWorks 2006-2007. Инженерный анализ методом конечных элементов /Алямовский А.А. – М.: ДМК, 2007. – 784 с.

УДК 621.924.1/6

Д.Ю. Федориненко, канд. техн. наук
С.В. Бойко, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

КОМПЕНСАЦІЯ ДЕФОРМАЦІЙ РЕГУЛЬОВАНОЇ ГІДРОСТАТИЧНОЇ ВТУЛКИ В АКСІАЛЬНОМУ НАПРЯМКУ ПІДШИПНИКА

Розглянуті конструктивні варіанти виконання напрямних рухомих елементів опори з метою компенсації деформацій згину аксіальних перемичок гідростатичної опори під час регулювання діаметрального зазору

Постановка проблеми

Постійні коливання товщини мастильного прошарку, в гідростатичних опорах, в зоні тертя під навантаженням і при зміні режимів та умов чинять суттєвий вплив на робочі характеристики підшипника. Одними з основних характеристик мастильного прошарку є несуча здатність і жорсткість, тобто можливість зберігати постійний розмір мастильного прошарку, сприймаючи певні навантаження. Отже, звідси випливає основна вимога до величини діаметрального зазору – це його постійність, а згідно з [3], для підтримання оптимальних значень несучої здатності і жорсткості, зазор між двома площинами не повинен змінюватись більш, ніж на 1/3 від початкового зазору. Але дана вимога справедлива лише для сталої системи, де ряд факторів (силові, теплові, кінематичні, конструктивні) є постійними величинами.

Тому незважаючи на накопичений досвід в теорії і практиці керування шаром рідини в гідростатичних опорах, є ряд невирішених питань як в області автоматизації компенсуючих пристроїв, так і в області теорії керування величиною діаметрального зазору.

Аналіз досліджень і публікацій

В описанні конструкції гідростатичного підшипника [1] регулювання величини зазору пропонується за рахунок зміни витрати рідини в карманах опори на основі регульованих вхідних дроселів. Гідростатична втулка має конічну поверхню, на якій виконано дроселюючі елементи та отвори для підводу рідини. На втулку встановлюється кільце, що має внутрішню конічну поверхню з порожнинами, кількість яких дорівнює кількості карманів підшипника. Кільце підтискається за допомогою гайки. Регулювання дроселів відбувається за рахунок повороту кільця з порожнинами на конічній поверхні, таким чином змінюється величина дроселюючої щілини і відповідно витрата рідини.

Недоліком такого способу є те, що регулювання здійснюється шляхом зміни витрати рідини, а величина діаметру гідростатичної втулки залишається незмінною, що виключає можливість компенсації впливу похибки форми шийок вала на точність обробки.

Для забезпечення можливості регулювання жорсткості, витрати рідини та з метою компенсації впливу похибки форми шийок вала на точність обробки гідростатична втулка [2] виконана у вигляді розрізної цанги з кутом нахилу рухомої частини 15º, в кожному пелюстку якої виконані кармани.

В результаті осьового переміщення даної гідростатичної втулки під час регулювання зазору відбувається стискання пелюстків, що, в свою чергу, призводить до зміни гідравлічного опору витокам рідини з карманів опори як в аксіальному, так і в тангенціальному напрямках. Це призводить до формування нелінійних реакцій мастильного прошарку в регульованому зазорі.

Мета статті

Метою роботи є компенсація деформацій згину аксіальних перемичок опори в процесі регулювання діаметрального зазору на основі розробки нової конструкції регульо-

ваного гідростатичного підшипника.

Виклад основного матеріалу статті

При шліфуванні перемичок регульованої гідростатичної опори одержується розмір $Ø100^{+0,008}$ мм (рис. 1). В процесі регулювання радіального зазору, в результаті осьового зміщення опори, в конічному з'єднанні опора-втулка виникає сила *P*, складова якої по осі y – *Py* переміщує пелюстки опори з несучими карманами в радіальному напрямку. З метою збереження в опорі пружних властивостей затискної цанги була виконана система поздовжніх пазів, що відокремлюють пелюстки опори (рис. 1). Якщо окремо розглянути рухомий елемент опори – пелюсток з несучим карманом, то його можна представити у вигляді жорстко закріпленої балки (рис. 1), при навантаженні якої силою *Py* виникає прогин на величину Δy.

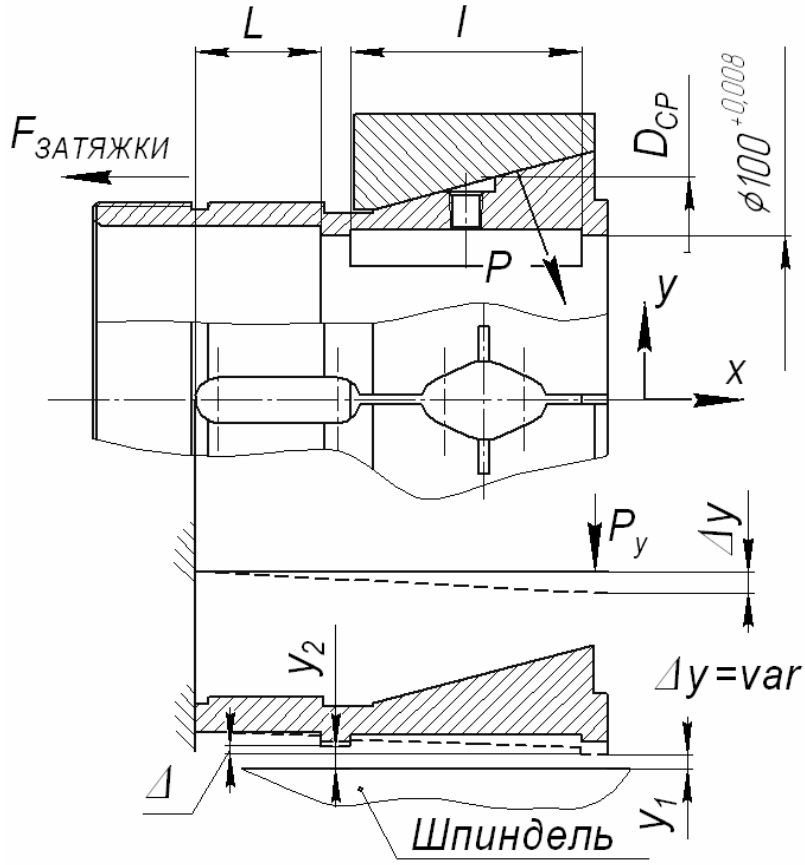


Рис. 1. Нерівномірність зміни радіального зазору при регулюванні

В роботі [4] розглянута детальна схема навантаження, що діє на пелюстки опори. Нормально розподіленому по конічній поверхні навантаженню *P* протидіє тиск рідини *p*, розподілений по внутрішній поверхні пелюстків гідростатичної втулки. В результаті нормальне навантаження, діюче на конічну поверхню пелюстки в напрямку регулювання зазору, буде мати нелінійний характер розподілу *q(z)* (рисунок 2). Наслідком дії такого навантаження є поява силових і моментних складових реакції шару мастила як в аксіальному, так і в тангенціальному напрямках підшипника.

Отже, для визначення деформацій гідростатичної втулки в напрямку регулювання зазору необхідно розглянути в загальному випадку згин в аксіальному та кручення пелюстків в тангенціальному напрямках.

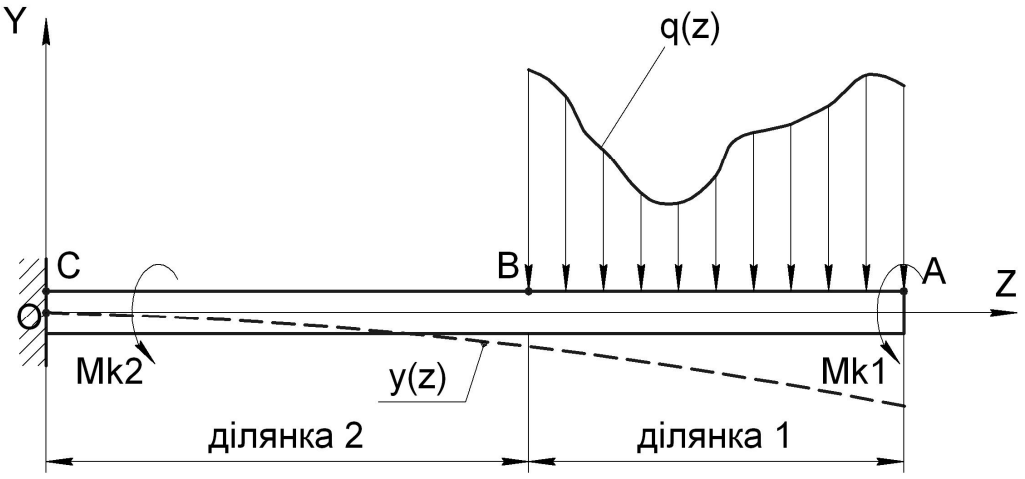


Рис. 2. Розрахункова схема пелюстка гідростатичної втулки

Аналітичне вирішення задачі визначення деформацій пелюстка в напрямку регулювання зазору під дією довільного навантаження будемо шукати на основі енергетичних методів. Накопичена потенціальна енергія деформації визначається роботою зовнішнього навантаження і пов′язана квадратичною функцією з узагальненими переміщеннями. Так, згідно теореми Кастільяно переміщення (повороти) для системи з довільним навантаженням можна обчислити у вигляді [5]:

$$\frac{\partial U}{\partial F_i} = \Delta_i \,, \quad \frac{\partial U}{\partial M_i} = \Theta_i \,, \tag{1.1}$$

де U – потенціальна енергія деформації; Δ_i – переміщення в точці і напрямку прикладення узагальненого зусилля F_i; Θ_i – кут повороту в точці і напрямку прикладення узагальненого моменту M_i.

В першому наближенні вважаємо геометрію контактуючих поверхонь пелюстка з конічною втулкою ідеальною, тоді впливом згинальних деформацій в тангенціальному напрямку на регульований зазор можна знехтувати. В цьому випадку потенціальну енергію деформованого пелюстка можна обчислити за формулою

$$U = \int_0^b \frac{M_1(z)^2\,dz}{2EI_1(z)} + \int_0^a \frac{M_2(z)^2\,dz}{2EI_2(z)} + \int_0^b \frac{N_1(z)^2\,dz}{2GA_1(z)} + \int_0^a \frac{N_2(z)^2\,dz}{2GA_2(z)} + \int_0^b \frac{M_{k1}(z)^2\,dz}{2GI_{\xi 1}(z)} + \int_0^a \frac{M_{k2}(z)^2\,dz}{2GI_{\xi 2}(z)}, \tag{1.2}$$

де M_1, M_2 – згинаючі моменти на ділянках 1 и 2 відповідно; N_1, N_2 – поперечні зусилля на ділянках 1 и 2 відповідно; $M_{к1}$, $M_{к2}$ – крутні моменти на ділянках 1 и 2 відповідно; E, G – модулі пружності при згині та зсуві відповідно; I_i – осьовий момент інерції; A_i – площа поперечного перерізу шпинделя; $I_{\xi i}$ -полярний момент інерції.

Нелінійність реакцій мастильного прошарку в регульованому зазорі значно ускладнює пошук аналітичного рішення рівнянь (1.1, 1.2), яке можливо здійснити наближеними ітераційними методами. Тому здійснимо перехід до лінійної моделі.

Оскільки відношення відстані між перемичками l до середнього діаметру опори $D_{ср}$ – незначне (0,5), то лінія прогину ділянки, на якій розташовано карман, має незначну кривизну, і, в першому наближенні, може бути апроксимована лінійною залежністю.

В результаті перекосу несучої поверхні опори радіальний зазор між опорою і валом є нерівномірним на деяку величину $\Delta = y_2 - y_1$.

В результаті прогину пелюстків цанги на величину Δy величина зазору між шпинделем і передньою та задньою перемичками ГСП, внаслідок перекосу, є нерівномірною (рис. 3).

Нерівномірність розподілу зазору між передньою і задньою перемичками опори чинить істотний вплив на витрати рідини в аксіальному напрямку (рис. 4).

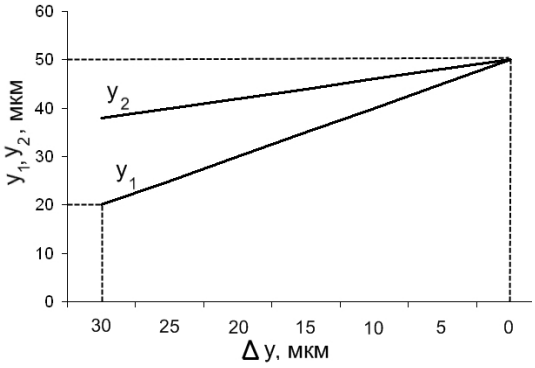


Рис. 3. Нерівномірність регулювання зазору в передній і задній перемичках ГСП

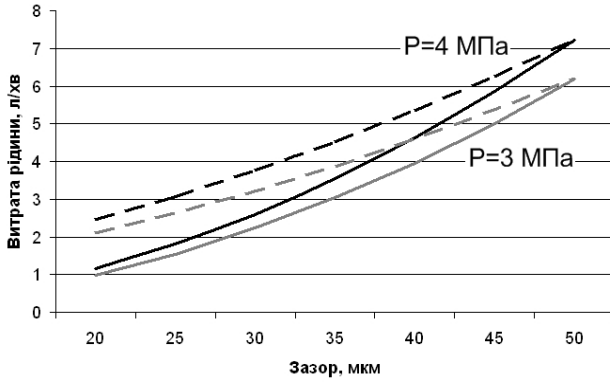


Рис. 4. Залежність витрат рідини від радіального зазору в РГСО: – – з врахуванням перекосу; — без врахування перекосу; p – тиск в карманах опори

Витратні характеристики опори безпосередньо впливають на її жорсткість. Як видно з рисунку 5, зміна витрати рідини в аксіальному напрямку опори призводить до відповідної зміни величини радіальної жорсткості (в напрямку сили P_y) при регулюванні зазору в опорному ГСП.

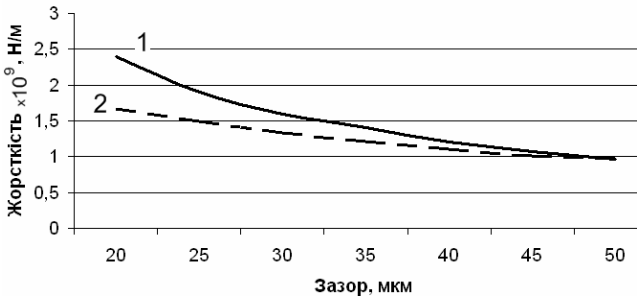


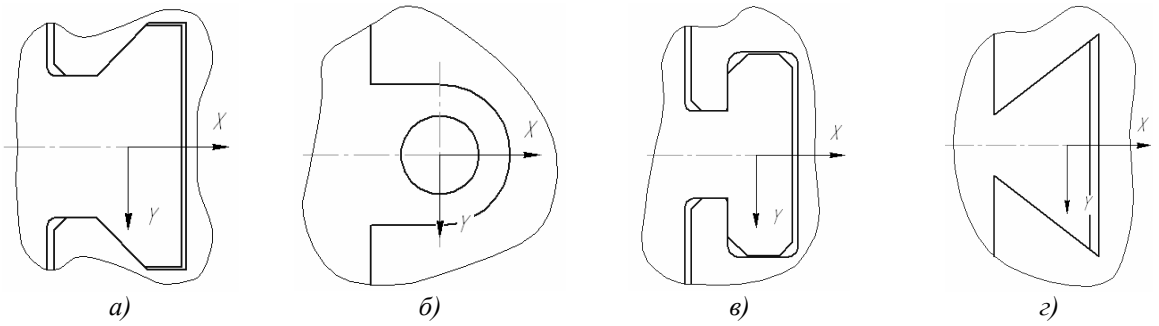
Рис. 5. Залежність радіальної жорсткості від величини регульованого радіального зазору в ГСП: 1 – без врахування перекосу; 2 – з врахуванням перекосу

Встановлено, що перекіс несучої поверхні гідростатичної втулки впливає на характеристики РГСО тим більше, чим менше значення регульованого зазору.

З метою мінімізації впливу перекосу на характеристики опори запропоновано два принципово відмінні способи. Перший – за рахунок раціонального вибору геометричних параметрів опори, а саме відстані між перемичками опори l та розміру ділянки цанги L (рис. 1). Проте, зменшення величини відстані l призведе до зменшення площі опорної поверхні ГСП, що в свою чергу матиме негативний вплив на жорсткість опори.

Іншим рішенням цієї проблеми є застосування нової конструкції РГСО, в якій з метою компенсації перекосу при регулюванні зазору пелюстки цанги виконано рухомими, що мають додатково один ступінь вільності в радіальному напрямку (напрямку регулювання). Запропоновано чотири конструктивні варіанти напрямної рухомих пелюстків цанги (рисунок 6). Кожне конструктивне виконання напрямної цанги вносить в процес регулювання певну похибку, обумовлену допусками на розміри і форму напрямних.

Оскільки похибка регулювання радіального зазору є випадковою величиною і являє собою суму великого числа некорельованих випадкових величин, причому кожна з яких не превалює над іншими, то для оцінки похибки регулювання величини радіального зазору може бути прийнято закон нормального розподілу ймовірностей випадкової величини.



а) *б)* *в)* *г)*

Рис. 6. Конструктивні варіанти напрямної рухомих пелюстків цанги

Загальну похибку регулювання Δ можна уявити у вигляді суми шістьох складових, перші три з яких обумовленні переміщеннями вздовж декартових координат осей в просторі, а останні три – поворотами (перекосами) відносно цих же осей.

$$\Delta = \Delta_X + \Delta_Y + \Delta_Z + \Delta_{\Pi X} + \Delta_{\Pi Y} + \Delta_{\Pi Z}, \qquad (1.3)$$

де $\Delta_X, \Delta_Y, \Delta_Z$ – похибка переміщень вздовж відповідних осей, $\Delta_{\Pi X}, \Delta_{\Pi Y}, \Delta_{\Pi Z}$ – похибка поворотів навколо відповідних осей.

Зробимо припущення, що поле розсіювання випадкової нормальної величини дорівнює нормованому допуску за відповідними напрямками визначення похибок регулювання зазору. Тоді, статистичні характеристики складових загальної похибки Δ (див. формулу 1.3) будуть повністю визначатись математичним сподіванням *m* та дисперсією σ^2 випадкової величини. На основі проведеного розмірного аналізу конструктивних варіантів напрямних визначені статистичні характеристики похибки регулювання радіального зазору в підшипнику (таблиця 1).

Таблиця 1

Результати розмірного розрахунку похибки регулювання зазору

	X		*Y*		*Z*		*ΠX*		*ΠY*		*ΠZ*	
	m	σ^2	*m*	σ^2	*m*	σ^2	*m*	σ^2	*m*	σ^2	*m*	σ^2
а	0,022	0,00005	-	-	-	-	0,33	0,0121	0,0965	0,001	0,029	0,00009
б	0,012	0,00002	0,012	0,00002	-	-	0,047	0,00025	0,115	0,013	0,0145	0,000023
в	0,014	0,000022	0,0205	0,000047	-	-	0,0865	0,0008	0,0675	0,0005	0,017	0,0018
г	0,011	0,000013	-	-	-	-	0,0865	0,0008	0,051	0,0003	0,012	0,000016

Відсутність похибки переміщення вздовж осі *Z* пояснюється тим, що в даному напрямку відбувається регулювання зазору і похибка буде компенсуватись попереднім стисненням пружини при складанні підшипника.

Аналіз похибки регулювання зазору в радіальному напрямку проводився для підшипника в статичному стані. При роботі підшипника пелюстка буде притискатися до конічної втулки гідростатичними силами та осьовою силою, що виникає в різцевому з'єднанні під час регулювання зазору. Зазначені фактори певним чином будуть компенсувати статичні значення похибок. Проте, при роботі конструкції під навантаженням з боку процесу різання виникають коливальні явища, що призводять до порушення попереднього фрикційного контакту спряжених поверхонь і, як наслідок, до виникнення динамічної складової похибки регулювання. Таким чином, попередньо визначені статистичні характеристики статичної похибки можна вважати максимальними значеннями динамічної похибки регулювання зазору.

З метою зменшення похибки регулювання зазору рекомендується здійснити попередній натяг в пружній системі підшипника шляхом підтискання гідростатичної втулки в осьовому напрямку. В результаті порівняння даних розмірних розрахунків встановлено, що варіант виконання напрямної «ластівчин хвіст» має найменшу похибку регулювання зазору, на основі якого розроблено нову конструкцію регульованого гідростатич-

ного підшипника (рис. 7). Конструкція опори з даним типом напрямної складається з цанги 1, рухомих пелюстків 2, в яких виконані робочі кармани, і пружин 3, що призначені для розтискання рухомих елементів при зворотному русі цанги. Додаткове радіальне переміщення пелюстків 2 при їх стисканні відбувається за напрямними типу «ластівчин хвіст». Процес регулювання зазору відбувається наступним чином. При осьовому переміщенні цанги 1 пелюстки 2, рухаючись по внутрішній конічній поверхні втулки (на рисунку не показано), стискаються. Проте, на відміну від конструкції опори без рухомих елементів, за рахунок виконання рухомого з′єднання пелюстків 2 з цангою 1 вони набувають додаткового радіального переміщення без деформації. Таким чином відбувається компенсація похибки регулювання і величина зазору, утвореного поверхнями шпинделя і гідростатичної втулки, буде рівномірною.

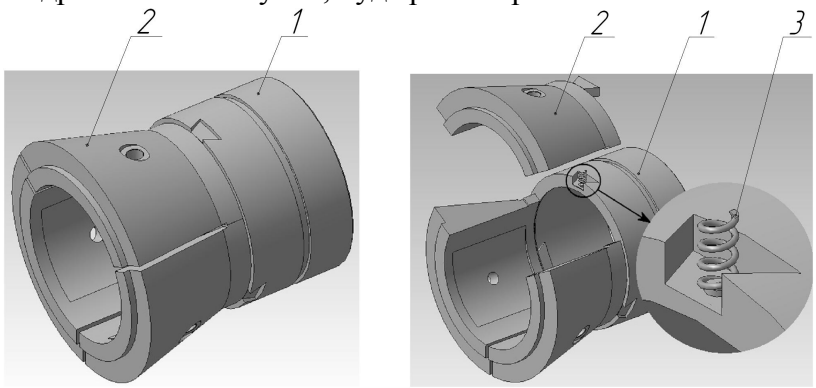


Рис. 7. Регульована гідростатична опора з рухомими пелюстками для компенсації перекосу

Висновки

В результаті досліджень компенсації деформацій згину аксіальних перемичок опори в процесі регулювання діаметрального зазору:

1. розроблено нову конструкцію регульованої гідростатичної опори з рухомими елементами, яка може бути використана для карманних підшипників;

2. встановлено, що найбільш раціональним варіантом напрямних рухомих елементів регульованої гідростатичної опори є «ластівчин хвіст», зображений на рисунку 7, що забезпечує математичне сподівання m = 0,011, дисперсію σ^2 = 0,000013 для напрямку переміщення вздовж осі X.

Список літературних джерел

1. Романтеев А.В. Высокоскоростные гидростатические подшипники с щелевым дросселированием /А.В. Романтеев //Металлорежущие станки и автоматические линии. – 1974. – № 7. – С. 5-9.

2. Пат. 82425 UA, МПК F16C 27/00, F16C 33/04. Спосіб регулювання зазору в гідростатичному підшипнику /Сахно Ю.О., Федориненко Д.Ю., Бойко С.В., Волик В.С.; заявник і патентовласник Чернігівський державний технологічний університет. – № а 2006 07254; заяв. 30.06.2006; опубл. 10.04.2008, Бюл. №7.

3. Зеленский Е.И. Влияние перекоса в гидростатических опорах на нагрузочные характеристики шпиндельных узлов /Е.И. Зеленский, М.А. Шиманович //Гидравлические системы металлорежущих станков. – 1980. – № 5. – С. 124-131.

4. Федориненко Д.Ю. Геометрія радіального зазору в регульованих шпиндельних гідростатичних підшипниках /Д.Ю. Федориненко //Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2009. – № 40. – С. 119-129.

5. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов /Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев – К.: Наукова думка, 1975. – 704 с.

УДК 621.923.42

А.В. Рудик, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ШАРУ, ЩО ЗРІЗАЄТЬСЯ КРОМКОЮ ОРІЄНТОВАНОГО АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Запропонований метод імовірнісного розрахунку товщини шару, що зрізається різальною кромкою орієнтованого абразивного інструменту, який дозволяє визначати її з врахуванням кінематики різання, матеріалу та зернистості інструменту, шорсткості заготовки, зміни стану робочої поверхні в процесі обробки.

Вступ

Товщина зрізів та їх форма визначаються кінематикою процесу, матеріалом абразиву, часом роботи круга після правки. Експериментальним шляхом для широкого діапазону швидкостей різання та різноманітних абразивних матеріалів отримані дані по визначенню її верхнього та нижнього граничних значень. При верхньому значенні товщини шару, що зрізається, відбувається значне зношування круга, а якщо товщина менша від нижнього – відбуваються лише процеси деформації та перемішування металу без зрізання. У ряді наукових праць [1, 2, 3, 4] рівняння по визначенню товщини шару називають основним рівнянням шліфування. Товщина шару, що зрізається різальною кромкою, визначає продуктивність та ефективність обробки деталей шліфуванням, стійкість абразивного інструмента, знос зерен, теплові напруження, глибину рисок та якість обробленої поверхні.

Аналіз досліджень і публікацій

Для основних методів шліфування циліндричних і плоских поверхонь деталей рівняння для визначення товщини шару були отримані рядом авторів [1, 2, 3, 7]. Однак, отримані залежності не враховують: одночасний вплив параметрів робочої поверхні круга, зміну їх та глибини різання по координаті обробки, кривизну поверхонь та відносну кутову орієнтацію інструмента і заготовки, процеси перемішування металу різальними кромками без його зняття тощо.

Разом з тим, досвід провідних світових фірм [5] показує можливість ефективної обробки матеріалів на великих швидкостях різання при значному зменшенні зносу круга. Таким чином, визначення імовірнісної товщини шару, що зрізається, в залежності від умов обробки є актуальною задачею.

Поширено кінематичний та об'ємний підходи до визначення товщини шару, що зрізається:

Філімонов Л.М. у роботі [1] називає рівняння по визначенню товщини шару, що зрізається, основним рівнянням шліфування. Широко приводяться дані по вимірюванню профілю та зміні радіусів заокруглення різальних кромок за час роботи абразивного інструмента.

Одним з найважливіших результатів роботи Корчака [2] є рівняння, що виражає зв'язок продуктивності обробки сталевих виробів з товщиною зрізаного шару.

Останнім часом усе більша кількість наукових праць спрямована на те, щоб встановити ймовірний характер процесу шліфування [3,6].

У роботі Братана С.М. [3] побудована на основі Марківського процесу математична модель для визначення товщини зрізу для умов чистового та тонкого шліфування. Зняття припуску проводиться в умовах комбінації процесів мікро-різання, сколювання, крихкого об’ємного руйнування та ерозійного видалення. Проте, наведені рівняння досить складні та мають велику кількість коефіцієнтів, кінематика різання врахована час-

тково, що обмежує використання даної методики. Не враховані процеси перемішування металу, не визначена кількість кромок, що ковзають без різання, не має посилань на якість правки, умови різання.

Різальну кромку абразивного зерна, розташованого на робочій поверхні круга, прийнято характеризувати рядом параметрів [6, 7, 12]; необхідно вказувати: розташування вершини зерна щодо рівня найбільш виступаючого; радіус її заокруглення ρ; глибину закладення.

Однак, сучасні математичні моделі по визначенню товщини шару, що зрізається, не враховують *одночасний* імовірнісний вплив цих параметрів.

Мета статті

Метою даної роботи є розробка і аналіз імовірнісної математичної моделі для визначення товщини шару, який зрізається різальною кромкою по висоті орієнтованого абразивного круга, з урахуванням режимних параметрів обробки, стану робочої поверхні круга та їх зміною за часом обробки.

Виклад основного матеріалу

У якості вихідних даних необхідно знати кінематику процесу різання і розміри контакту поверхонь абразивного інструмента і заготовки, які обумовлені рішенням їх векторних рівнянь [8,11].

Процес різання кромкою абразивного круга можна представити за допомогою розміченого графу Марківського процесу [3, 7, 9, 10], що здійснюється за безперервним часом (рис. 1), вершини якого відповідають наступним станам:

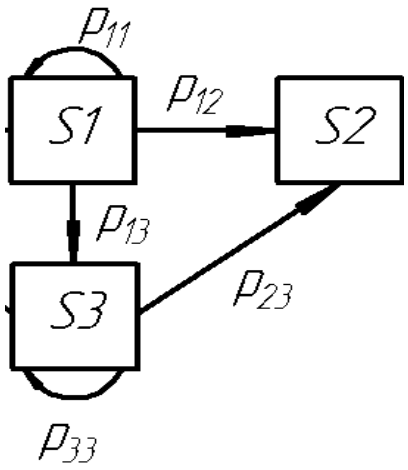


Рис. 1. Граф випадкового Марківського процесу шліфування

S1 – різальна кромка не входила в контакт з металом заготовки;

S2 – відбувається процес різання з утворенням стружки;

S3 – відбувається перемішування металу без його зрізання.

Таким чином, стан *S1* є початковим, а *S2* – кінцевим. Процеси сколювання зерен та їх зношення не враховують через малий вплив на товщину шару, що зрізається.

Для зручності реалізації рішення на ЕОМ здійснюємо перехід від нестаціонарного Марківського процесу з дискретними станами і безперервним часом до Марківського ланцюга, що характеризується дискретним часом, який задають з врахуванням розмірів області контакту.

Стрілки на графі відповідають імовірній зміні станів випадкового процесу за часом. Отже, починається розрахунок з моменту входження кромки до зони контакту з врахуванням висотних розмірів шорсткості деталі [12]. Імовірності знаходження системи «процес різання» у вершинах графу для початкового моменту (для нульового кроку) визначаємо з умови:

$$p(0) = [p_1 \quad p_2 \quad p_3]^T = [1 \quad 0 \quad 0]^T, \tag{1}$$

де $p_1 = 1,\ p_2 = 0,\ p_3 = 0$ – ймовірності знаходження процесу у вершинах графу в початковий момент – контакт кромки з металом не відбувається.

В наступний момент часу, на першому кроці *k=1*, система «процес різання» може

перейти до наступного стану – або кромка не зустріла металу та рухалася вільно (залишився стан *S1*) з ймовірністю $p_{11}(1)$, або починається різання (стан *S2*) з ймовірністю переходу до цього стану $p_{12}(1)$, або відбувається перемішування без зняття металу при наявному контакті та недостатній глибині, що викликана різним висотним положенням кромок на зернах круга (стан *S3*) з ймовірністю $p_{13}(1)$.

У загальному випадку перехід з одного стану системи до іншого на *k*-ому кроці описується ймовірностями її знаходження у вершинах $p(k)$ за допомогою стохастичної матриці, яка для даного графу матиме розмірність 3×3 по кількості вершин. Отже,

$$p(k) = A(k)^T \cdot p(k-1). \tag{2}$$

Матриця перехідних ймовірностей на *k*- кроці визначається як

$$A(k) = \begin{vmatrix} p_{11}(k) & p_{12}(k) & p_{13}(k) \\ p_{21}(k) & p_{22}(k) & p_{23}(k) \\ p_{31}(k) & p_{32}(k) & p_{33}(k) \end{vmatrix}, \tag{3}$$

або з урахуванням схеми побудованого графу (дивись рисунок 1)

$$A(k) = \begin{vmatrix} p_{11}(k) & p_{12}(k) & p_{13}(k) \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & p_{32}(k) & p_{33}(k) \end{vmatrix}, \tag{4}$$

де $p_{21}(k) = 0,\ p_{21}(k) = 1,\ p_{23}(k) = 0,\ p_{31}(k) = 0$.

Визначимо імовірності потоків подій між вершинами графа.

Виходячи з ординарності контакту різальних кромок з металом (по одній), імовірності $p_{11}(k),\ p_{12}(k),\ p_{13}(k),$ можна визначити за законом Пуасона [9], який має вигляд:

$$P(m, a_k) = \frac{{a_k}^m}{m!} \cdot e^{-a_k}, \tag{5}$$

де m – число різальних кромок, що вступило в контакт з металом (число подій);
a_k – параметр закону Пуасона (число подій за час τ_k), тобто середнє число різальних кромок на довжині $v_{кр} \cdot \tau_k$ робочої поверхні круга, який обертається зі швидкістю різання $v_{кр}$.

Параметр a_k знаходять множенням кількості кромок $N(z_k)$ на одиниці довжини робочої поверхні круга, з глибиною меншою z_k, на відрізок з довжиною $v_{кр} \cdot \tau_k$:

$$a_k = N(z_k) \cdot v_{кр} \cdot \tau_k, \tag{6}$$

де z_k – глибина проникнення металу в робочу поверхню круга за відрізок часу τ_k;

$$z_k = \int_0^{\tau_k} V_n d\tau \approx z_{k-1} + V_n \cdot d\tau, \tag{7}$$

де V_n – проекція вектора швидкості $\vec{V}$ відносного руху заготовки в системі координат абразивного інструмента на напрямок нормалі $\vec{n}$ до його поверхні.

Ймовірну кількість кромок $N(z_k)$, що приходяться на одиницю довжини робочої поверхні абразивного (або ельборового) круга на глибині не більшій z_k, можна, наприклад, визначити з виразу [1]:

$$N(z_k) = N_n \cdot \frac{\Gamma(\gamma+\eta)}{\Gamma(\gamma)\cdot\Gamma(\eta)} \cdot \int_0^{z_k / H_n} t^{\gamma-1}(1-t)^{\eta-1} dt, \tag{8}$$

де N_n, H_n – число різальних кромок і повна висота профілю робочої поверхні круга; γ, η – параметри бета-розподілу, визначені для числа різальних кромок,

t – робоча змінна.

1. Визначення імовірності $p_{11}(k)$.

Імовірність $p_{11}(k)$ (жодне зерно не вступило до контакту з металом, $m=0$) за час τ_k, що визначається переходом системи різання на k кроків, визначається з урахуванням виразів (5,6):

$$p_{11}(k) = P(0, a_k) = e^{-N(z_k)\cdot v_{кр}\cdot \tau_k}. \quad (9)$$

2. Визначення імовірності $p_{12}(k)$ та $p_{13}(k)$.

Для визначення імовірності графа $p_{12}(k)$ (зерно ріже) необхідно, щоб зерно вступило в контакт з металом, і, одночасно, виконувались умови, які необхідні для здійснення процесу різання.

За правилом множення ймовірностей

$$p_{13}(k) = P(1, a_k)\cdot p^*(z_k), \quad (10)$$

де $p^*(z_k)$ – імовірність виконання умов, які необхідні для здійснення процесу різання кромкою абразивного круга.

Імовірність контакту різальної кромки з металом заготовки $m=1$ (зустрічається перше зерно) визначається з урахуванням виразів (5-8):

$$P(1, a_k) = N(z_k)\cdot v_{кр}\cdot \tau_k \cdot e^{-N(z_k)\cdot v_{кр}\cdot \tau_k}. \quad (11)$$

Крім того (рис. 1), відомо, що сума ймовірностей як повної групи несумісних подій (або кромка не увійшла до контакту, або ріже чи ковзає по металу) дорівнює одиниці. Тому

$$p_{11}(k) + p_{12}(k) + p_{13}(k) = 1, \quad (12)$$

звідки ймовірність перемішування кромкою метала визначають як

$$p_{12}(k) = 1 - p_{11}(k) - p_{13}(k). \quad (13)$$

Проаналізуємо виконання умов різання та знайдемо $p^*(z_k)$.

В роботі [13] автори Васін С.А., Верещака А.С., Кушнір В.С. стверджують, що різання можливе лише за умов досягнення визначених значень питомого тиску на задніх округлих поверхнях кромок, який наближено дорівнює межі міцності оброблюваного матеріалу.

Відповідно роботі Філімонова Л.М. [1] необхідною умовою початку процесу різання є відношення (z_k/ρ) глибини проникнення металу в робочу поверхню круга z_k до радіуса ρ заокруглення вершини кромки. Для визначення мінімального значення вказаного відношення (z_k/ρ) побудовані експериментальні залежності, які описують його в функції від середнього радіусу заокруглення кромки зерна і швидкості різання. Ці залежності були отримані методом шліфування похилої пластини.

Їх аналіз дозволяє зробити висновок про можливість апроксимації ступеневою функцією (рис. 2 – процес різання можливий лише в області над графіком):

$$z_k / \rho = 45{,}1\cdot \rho^{-0{,}68}\cdot v_{кр}^{-0{,}94}. \quad (14)$$

Звідси можна дістати залежність, яка служитиме нижньою границею при визначенні імовірності різання зерном на глибині z_k :

$$\rho(z_k) = \left[\frac{z_k \cdot v_{кр}^{0{,}94}}{45{,}1}\right]^{3.09}. \quad (15)$$

Для визначення ймовірності відношення (z_k/ρ) як функції випадкових величин – радіусу заокруглення кромки та глибини проникнення металу з врахуванням рівня положення кромок – зручно скласти номограму (рис. 3).

Номограма включає в себе графіки розподілення щільності ймовірностей радіусів

заокруглення різальних кромок робочої поверхні круга у відносних одиницях лінійних розмірів [1] та відповідно масштабну залежність (15) – $\rho(z_k)$, яка визначає початок процесу різання кромкою абразивного інструмента.

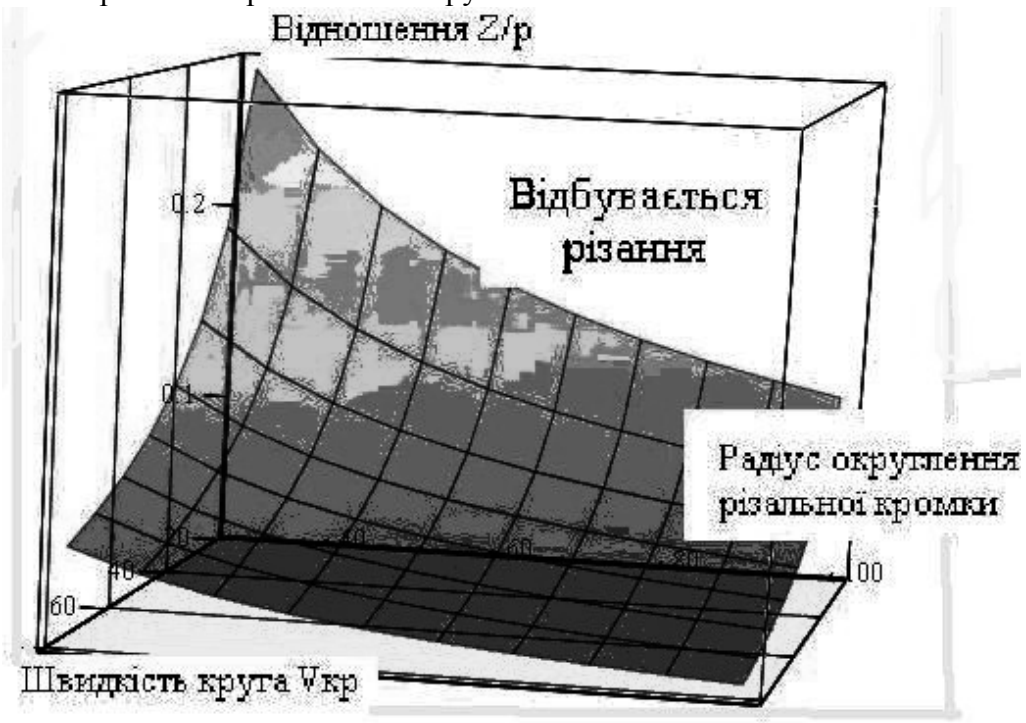


Рис. 2. Апроксимація емпіричних графіків мінімального відношення (z/ρ), яке визначає початок процесу різання

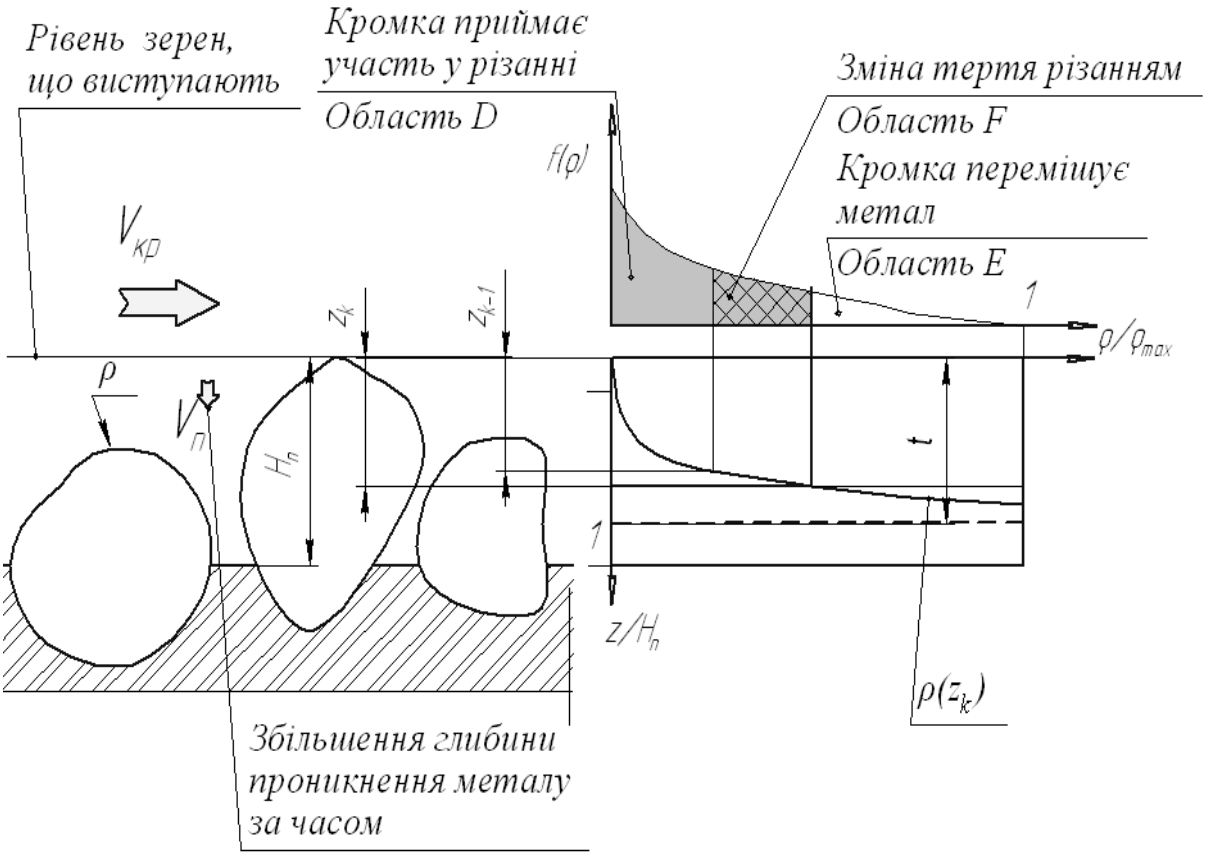


Рис. 3. Схема до визначення ймовірності відношення (z/ ρ)

На центральній частині номограми по глибині z_k проникнення металу в робочу поверхню круга визначають мінімально припустиме значення радіусу заокруглення $\rho(z_k)$, яке відповідає початку процесу різання кромкою абразивного інструмента згідно рівнянню (15). Потім, по графіку щільності розподілу у верхній частині, визначають ймовірність $p^*(z_k)$ інтегруванням щільності розподілу в межах площі D, на рисунку 4 має заливку, від 0 до $\rho(z_к)/\rho_{\max}$. В області E, що розташована зліва від неї, різальна кромка не приймає участь у різанні, а лише ковзає та перемішує метал.

Значення глибини z_k проникнення металу в робочу поверхню круга змінюється за часом (або за кутом повороту деталі) згідно рівняння (7). Помітимо по графіку щільності розподілення радіусів, що навіть при невеликій зміні глибини проникнення металу на початковій ділянці графіку $z(\rho,v)$ частина зерен, що приймають участь у різанні, значно збільшується, особливо на великих швидкостях [1].

Ймовірність різання кромкою металу можна визначити по формулі

$$p^*(z_k) = \int_0^{\rho'(z_k)/\rho_{\max}} f(t)\cdot dt, \tag{16}$$

де
$$\rho'(z_k) = \begin{cases} \left(\dfrac{z\cdot v^{0,94}}{95{,}41}\right)^{1/0{,}12}, & якщо \left(\dfrac{z\cdot v^{0,94}}{95{,}41}\right)^{1/0{,}12} < \rho_{\max}, \\ \rho_{\max} \end{cases} \tag{17}$$

$f(t) = \dfrac{\Gamma(\gamma+\eta)}{\Gamma(\gamma)\cdot\Gamma(\eta)}\cdot t^{\gamma-1}(1-t)^{\eta-1}$ – щільність розподілу радіусів округлення різальних кромок робочої поверхні абразивного круга, t – робоча змінна;

γ,η – параметри бета-розподілу закону щільності радіусів округлення [1];

ρ_{max} – найбільше значення радіусу заокруглення різальної кромки при заданих зернистості та часі роботи.

3 Знаходимо імовірності графу p_{32}, що описує перехід від перемішування металу до різання, та p_{33} продовження процесу перемішування.

Ймовірність графу p_{32} знаходять інтегруванням області F, що на рисунку 3 відмічена штриховкою,

$$p_{32}(z_k) = \int_{\rho'(z_{k-1})/\rho_{\max}}^{\rho'(z_k)/\rho_{\max}} f(t)\cdot dt\,. \tag{18}$$

З умови повної ймовірності несумісних подій знаходимо імовірності графу p_{33}

$$p_{33}(k) = 1 - p_{32}(k)\,. \tag{19}$$

Товщину шару, що зрізається, знаходять за правилом математичного очікування, використовуючи значення глибин проникнення та відповідних ймовірностей.

Таким чином, порядок розрахунку товщини шару наступний.

Задають час τ_k або кут повороту деталі φ_k та визначають збільшення глибини z_k проникнення металу вглиб робочої поверхні круга. Визначають мінімально припустимий радіус кромки, починаючи з якого відбувається різання. Знаходять параметр закону Пуасона та ймовірності на графі процесу шліфування.

Переходять до наступного кроку. Виконують розрахунки поки кут повороту деталі не стане рівним максимальному значенню. Оцінюють товщину зрізаного шару та роблять висновок про ефективність обробки.

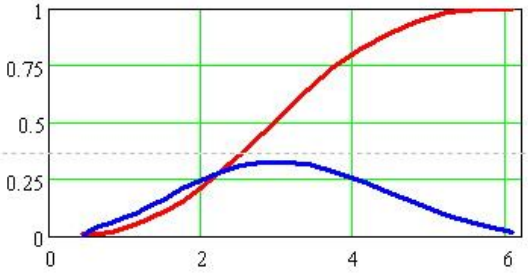
Проведені розрахунки (рисунок 4) показали, що середнє значення товщини стружки при різних режимах поздовжнього шліфування змінюється в невеликих межах та зростає при збільшенні припуску та кругової подачі, тобто при зростанні питомої продук-

тивності, зернистості та зменшенні швидкості різання.

MS =

	0	1	2
0	0.46	0	0
1	0.57	0	0.02
2	0.69	0.01	0.03
3	0.83	0.01	0.05
4	0.98	0.03	0.07
5	1.15	0.04	0.1
6	1.34	0.07	0.13
7	1.55	0.1	0.16
8	1.77	0.15	0.2
9	2	0.2	0.24
10	2.26	0.27	0.27
11	2.53	0.35	0.3
12	2.81	0.44	0.32
13	3.11	0.54	0.32
14	3.43	0.64	0.31
15	3.77	0.74	0.28
16	4.12	0.82	0.24
17	4.49	0.89	0.19
18	4.87	0.94	0.14
19	5.27	0.98	0.08
20	5.69	0.99	0.04
21	6.12	1	0.01

Щільність та функція розподілення товщин стружок



Товщина шару, що зрізається кромкою, мкм $k := 1..K-5$

$$a_z := K_3 \cdot \sum_k \left[\frac{M_{k,0} + M_{k-1,0}}{2} \cdot \left(M_{k,2} - M_{k-1,2} \right) \right]$$

$a_z = 3.024$

Кількість кромок, що приймає участь у різанні металу

$$N := \text{Round}\left(\frac{1000t}{a_z} \cdot K_{3,1} \right) \qquad N = 5$$

Рис. 4. Результати розрахунку товщини шару, що зрізається кромкою абразивного круга 24А40С після правки, графіки щільності та інтегральної функції розподілу

Встановлений закон розподілу товщини зрізу виявився близьким до нормального розподілення через вплив на нього багатьох випадкових величин. Це не суперечить центральній граничній теоремі теорії ймовірностей [9] про композицію законів розподілу.

Можна порівняти найбільшу глибину проникнення матеріалу в робочу поверхню інструмента, зіставляючи результати розрахунків зі спостереженнями Філімонова [1].

Порівняння розрахункової кількості контактів з дослідними даними, наведеними в роботі проф. Корчака [2], представлено в таблиці 1. Розрахунки проводились для наступних умов шліфування: D=350 мм, d=60 мм, v=35м/с, v_o=15 м/хв. Дані розрахунки можуть бути використані при визначенні теплової напруженості процесу шліфування із замкненої системи рівнянь.

Таблиця 1

Порівняння кількості рисок від умов обробки

Зернистість круга	Довжина контакту, мм	Товщина зрізу			Кількість теплових імпульсів	
		Редько	Корчак	Розрахунок	Корчак	Розрахунок
50	1.01	4.45	4.4	4.2	7	7(5)
40		4.22	4.2	4	8	8(5)
50	1.24	6.1	6.0	4.8	10	10(6)
40		5.15	5.2	4.6	11	10(7)
Примітка: представлена загальна кількість зерен та тих, що зрізають припуск (у дужках)						

Висновки

Запропонований метод визначення величини товщини шару, що зрізається кромкою орієнтованого абразивного інструменту, дозволяє знаходити її, враховуючи кінематику різання, матеріал інструменту, шорсткість заготовки, зміну стану робочої поверхні в процесі обробки.

Показано, що коефіцієнт перекриття різальних кромок має невеликі значення

k_α≈0,02÷0,04. Це свідчить про малий відсоток різальних кромок, розташованих у верхньому шарі робочої поверхні, що контактують з металом. Ці дані можна використати при визначенні сил мікро-різання та складових сили різання.

Продуктивність підведення металу до області обробки залежить від глибини та кругової подачі. В той же час, при однаковому значенні питомої продуктивності та одному зі змінних названих технологічних параметрів товщина зрізу є перемінною. Це свідчить про різний силовий вплив на різальні кромки глибини та кругової подачі при поздовжньому шліфуванні. Незначне збільшення значення товщини зрізу спостерігається при значному збільшенні глибини різання та відповідному зменшенні кругової подачі. Кількість контактувань кромок при збільшенні глибини майже пропорційно зростає, що призводить до підвищення теплової напруженості.

Список літературних джерел

1. Филимонов Л.Н. Высокоскоростное шлифование. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. – 248 с., ил.

2. Корчак С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.

3. Братан С.М. Технологічні основи забезпечення якості і підвищення стабільності високопродуктивного чистового та тонкого шліфування Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Одеса, 2005. – 38 с.

4. Кальченко В.І., Рудик А.В., Кальченко В.В. Визначення товщини шару, що зрізається, під час шліфування орієнтованим інструментом //Вісник ЧТІ –1997– № 3 – С. 23-27.

5. Круглое шлифование с ЧПУ /Проспект фирмы «Junker maschinen» на станке «Quickpoint 1001» и «Quickpoint 1002». Erwin Junker. Maschinen fabrik Gmbh, Junkerstraβe 2. Postfach 25. D 7618 Nordrach. Germany, 1991. – 16 с.

6. Грабченко А.И., Доброскок В.Л. Генезис моделирования абразивно-алмазных инструментов //Резание и инструмент в технологических системах, № 63, 2002 – С. 41-61.

7. Кальченко В.В., Рудик А.В. Теоретичні дослідження товщини шару, який зрізається різальною кромкою, при шліфуванні орієнтованим абразивним інструментом //Вісн. Черніг. технол. ун-ту, 2005, № 22. – С. 67-77.

8. Кальченко В.І., Пасов Г.В., Кальченко В.В. Рудик А.В. Профілювання та знос орієнтованого круга при шліфуванні торців деталі, що не обертається //Вісник ЧДТУ – 2000 – № 10 – С. 5-13.

9. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения – М.: Наука, Гл.ред. физ.-мат. лит. – 1988. – 480 с.

10. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения – М.: Наука, Гл.ред. физ.-мат. лит. – 1991. – 384 с.

11. Кальченко В.І., Кальченко В.В., Рудик А.В., Венжега В.І. Повышение производительности шлифования поверхностей со скрещивающимися осями инструментов и деталей //Резание и инструмент в технологических системах: Межд. научн.– техн. сборник. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2006. – Вып. 67. – С. 241-246.

12. Гусев В.В. Математическое моделирование взаимодействия шлифовального круга и материала заготовки при обработке //Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем, № 11, 2001. – С. 68-71.

13. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнір В.С. Резание материалов. Термомеханический поход к системе взаимосвязей при резании: Учеб. для техн. вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2001. – 448 с.: ил.

УДК 631.531.027.3

Л.С. Мамонтова, ст. викладач

Чернігівський державний інститут економіки і управління, м. Чернігів, Україна

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ТА НАПРЯМКУ ТЕЧІЇ ВОДНОГО ПОТОКУ

Досліджено пристрій для визначення швидкості та напрямку течії водного потоку, який дозволяє одержувати значення, що в найбільшій мірі відповідають фізичному змісту вимірюваної величини, та виконує вимірювання в поздовжньому та поперечному напрямках

Постановка проблеми

Великий діапазон швидкостей течії в природних водотоках – від одиниці і менше (у водосховищах) до 8-10 м/с (у гірських річках) – зумовлює необхідність застосування різноманітних приладів і пристроїв вимірювання швидкості, дія яких ґрунтується на різних фізичних принципах. За характером контакту з потоком їх можна поділити на три групи [1]:

1) прилади і пристрої, що відіграють роль мітки течії у вигляді поплавців (поверхневих, глибинних або інтеграторів) або речовини, яка вноситься в потік і фіксується час її перенесення потоком, помилка визначення швидкості становить 10-15 %;

2) прилади, засновані на гідродинамічній взаємодії з потоком – це гідрофлюгери, динамометри, гідрометричні вертлюги;

3) прилади, засновані на використанні фізичних ефектів, які утворює рухома вода, а саме:

- термогідрометри – це прилади, які фіксують ефективність теплообміну між водним потоком і чутливим елементом, що занурюється у воду, помилка становить 1,5%, але використовують термогідрометри головним чином у лабораторних умовах;
- електромагнітні вимірювачі швидкості течії, що дозволяють визначити швидкість за різницею потенціалів, яка виникає при проходженні води через електромагнітний контур. Середня швидкість течії пропорційна різниці потенціалів на кінцях вимірювального контуру, але виникає значна складність в посиленні слабкої напруги між зондами, які закладаються по берегах водойми;
- ультразвукові прилади і пристрої, що реалізують ефект Допплера – ефект відмінності швидкостей розповсюдження ультразвуку у воді за течією і проти неї, при цьому мірою швидкості течії, осередненої вздовж шляху розповсюдження ультразвуку, є різниця часу його проходження від двох випромінювачів-приймачів, встановлених на протилежних берегах [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ультразвукові прилади вимірювання швидкості водного потоку мають переваги над традиційними, бо не потребують громіздкого гідрометричного обладнання і не спричиняють ніякого збурення потоку, частота допплерівського сигналу лінійно залежить від швидкості потоку, швидкості можна вимірювати в будь-якій точці потоку.

В роботах [4, 5, 6] наведені методи застосування ультразвуку для вимірювання швидкості течії потоку рідини в трубопроводах.

Пристрої, описані в роботах [4] і [5], забезпечують виміри тільки по поздовжній осі потоку.

Пристрій, описаний у роботі [6], забезпечує точні виміри в поперечному напрямку відносно осі потоку. В поздовжньому напрямку пропонується вимірювати різницю фаз сигналу та опорної осі, для чого необхідно знати швидкість звуку в конкретному водному середовищі, тобто густину середовища.

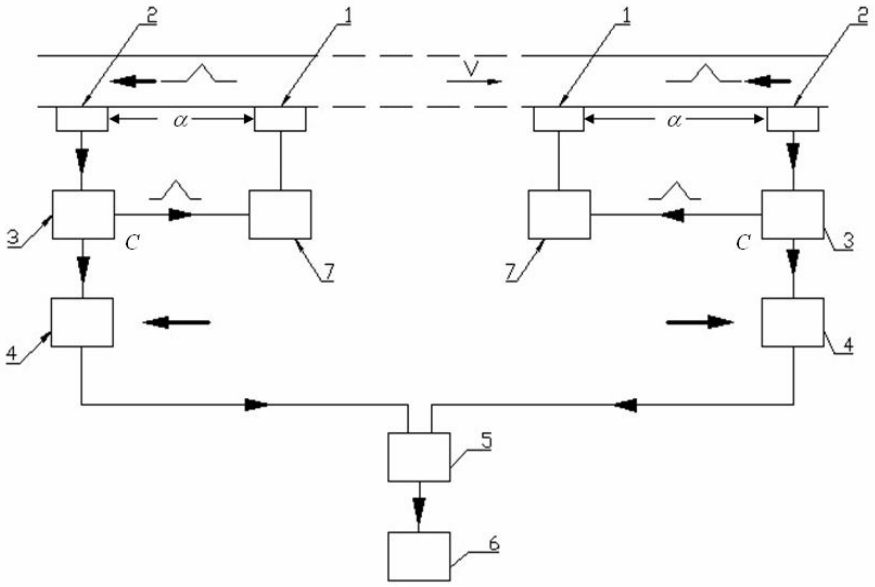
Постановка завдання

З огляду на переваги ультразвукового методу вимірювань та на недоліки існуючих пристроїв, було поставлене завдання розробити новий пристрій, який би забезпечував визначення швидкості водного потоку в поздовжньому та поперечному напрямках. Цей пристрій досліджується у даній статті.

Виклад основного матеріалу дослідження

В роботах [4, 5, 6] надаються схеми вимірювань, а також схема, що реалізує новий метод вимірювання швидкостей та напрямків течії. При цьому дається оцінка властивостям і можливостям наведених схем в аспекті вимірювання швидкостей і напрямків течії.

В роботі [4] описано ультразвуковий пристрій, схематично наведений на рис. 1.



1 – п'єзоелектричні датчики; 2 – п'єзоелектричні приймачі ультразвукових коливань; 3 – підсилювачі; 4 – два однократних спускових пристрої; 5 – інтегруючий пристрій; 6 – потенціометр; 7 – генератори
Рис. 1. Блок-схема пристрою для вимірювання витрат рідини в трубопроводі

На трубопроводі встановлюються чотири п'єзоелементи, два з яких є датчиками 1, а два – приймачами 2 ультразвукових коливань, отриманих з генераторів 7. Датчики і приймачі мають резонансну частоту і працюють парами. Одна пара працює на імпульсах, спрямованих вздовж потоку рідини, друга – проти потоку рідини.

Якщо позначити швидкість розповсюдження звуку в рідині C, а швидкість руху рідини v, відстань між п'єзодатчиком і приймачем α, то час проходження імпульсу вздовж потоку буде:

$$T_1 = \frac{\alpha}{C + v},$$

час проходження імпульсу проти потоку буде:

$$T_2 = \frac{\alpha}{C - v}.$$

Час T_1 і T_2 буде складати декілька сотень мікросекунд, він буде різним при русі імпульсу по напрямку рідини і проти цього напрямку.

Різниця величин $\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T_2}=\frac{C+v}{\alpha}-\frac{C-v}{\alpha}=\frac{2v}{\alpha}$ залежить лише від швидкості руху рідини, тобто від витрати, але не залежить від її фізичних властивостей, тобто від розповсюдження звуку.

Величини $\frac{1}{T_1}$ і $\frac{1}{T_2}$ мають розмірність частоти ($с^{-1}$).

Пристрій працює таким чином.

Імпульс, що посилається, пробігає по рідині, приймається приймачем і підсилюється підсилювачем 3, який дає команду вислати новий імпульс. Кількість імпульсів за секунду і є мірою величин $\frac{1}{T_1}$ і $\frac{1}{T_2}$.

Датчик посилає імпульси не лише крізь рідину, а і крізь тіло труби. Однак звук в металі проходить приблизно в п’ять разів швидше, ніж в рідині. Підсилювач же, підсиливши імпульс, який прийшов по рідині, зачиняється на той час, протягом якого може прийти імпульс по металу. Таким чином, вплив імпульсу по металу виключається.

Підсилені підсилювачем ударні імпульси одночасно з подачею команди на посилання наступного імпульсу збуджують відповідно два однократних спускових пристрої 4 (тригери з одним стійким положенням), на виході яких з’являються імпульси прямокутної форми тривалістю в декілька десятків мікросекунд. Ці імпульси, частота яких точно дорівнює частоті ультразвукових імпульсів в рідині (відповідно $\frac{1}{T_1}$ і $\frac{1}{T_2}$), потрапляють на інтегруючий пристрій 5, вихідна напруга якого є функцією величини $\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T_2}=\frac{2v}{\alpha}$.

Вихідна напруга інтегруючого пристрою подається на автоматичний потенціометр 6, проградуйований безпосередньо в одиницях витрат рідини.

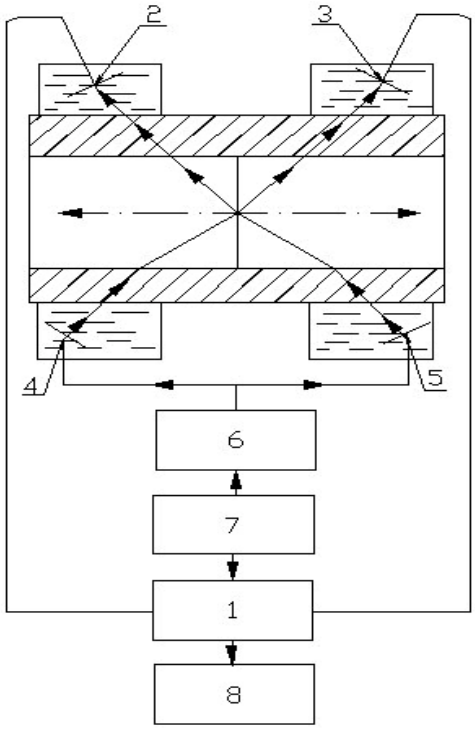
Така схема є основою побудови вимірювача швидкості течії (ВШТ).

Розглянемо спосіб вимірювання швидкості течії рідини з урахуванням зміни її концентрації, описаний в роботі [5].

Спосіб полягає в наступному. На фазовий детектор фазометра 1 подаються сформовані з прийнятих від п’єзоперетворювачів коливань 2 і 3 пакети тривалістю $T_м-\tau-\tau_{зв}$, де $T_м$ – період модуляції генератора керуючих імпульсів; τ – час розповсюдження ультразвуку в рідині, що контролюється; $\tau_{зв}$ – час розповсюдження ультразвуку в звукопроводах датчика. На випромінюючі п’єзоперетворювачі 4 і 5 ультразвукові коливання надходять у вигляді пакетів тривалістю $T_г$ від високочастотного генератора 6. Високочастотний генератор керується прямокутними відеоімпульсами з генератора 7 керуючих імпульсів.

При закінченні випромінювання генератор 7 відчиняє селекторні підсилювачі фазометра відеоімпульсами тривалістю $T_ф$. Через час $\tau+\tau_{зв}$, що дорівнює повному часу розповсюдження ультразвуку в датчику, і через деякий час після відчинення селекторних підсилювачів фазометра на приймальні п’єзоперетворювачі 2 і 3 потрапляють пакети прийнятих ультразвукових коливань. Коливання на перетворювачі 2 і 3 потрапляють із зсувом $\Delta\varphi$ відносно один одного. Тривалість цих пакетів дорівнює постійній тривалості випромінювання $T_г$.

Спосіб вимірювання швидкості течії рідини з урахуванням зміни її концентрації реалізується пристроєм, схема якого наведена на рис. 2.



1 – фазометр; 2, 3 – п'єзоперетворювачі коливань; 4, 5 – п'єзоперетворювачі; 6 – високочастотний генератор; 7 – генератор керуючих імпульсів
Рис. 2. Блок-схема фазових вимірювачів швидкості течії

Селекторні підсилювачі фазометра, які керуються відеоімпульсами з генератора керуючих імпульсів, обрізають по задньому фронту прийняті пакети коливань, формуючи з них більш короткі пакети. Тривалість цих пакетів залежить від часу розповсюдження ультразвуку в контрольованій рідині τ і дорівнює $T_м - \tau - \tau_{зв}$.

Зсув фаз між цими пакетами дорівнює:

$$\Delta\varphi = 4\pi f \frac{v \sin\alpha}{c_1}\tau ,$$

де v – швидкість потоку контрольованої рідини;

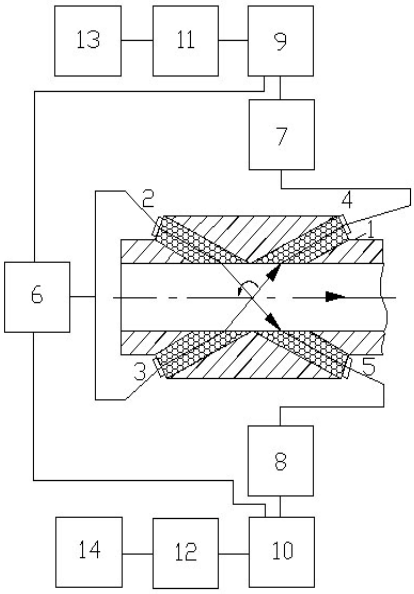
c_1 – швидкість ультразвуку у зовнішньому звукопроводі;

α – кут випромінювання в звукопроводі.

Зсув фаз збільшується зі збільшенням часу розповсюдження ультразвуку в рідині τ, тобто із зменшенням концентрації контрольованого середовища. На змішуючий контур фазометра подаються пакети, тривалість яких збільшується при збільшенні концентрації рідини.

Особливістю методу вимірювання дрібномасштабних пульсацій швидкості потоку у поздовжньому і поперечному перерізі трубопроводу є те, що ультразвукові коливання однакової частоти випромінюють в одному напрямку під одним кутом нахилу до осі трубопроводу. Прийняті акустичні сигнали в кожному приймальному каналі порівнюють з опорними сигналами і по різниці частот визначають величину поперечної пульсації, а по середньоарифметичному значенню – величину поздовжньої пульсації.

Сутність методу вимірювання дрібномасштабних пульсацій швидкості потоку рідини в трубопроводах пояснюється схемою на рис. 3.



1 – трубопровід; 2, 3 – вібратори-випромінювачі; 4, 5 – вібратори-приймачі; 6 – генератор; 7, 8 – підсилювачі; 9, 10 – змішувачі; 11, 12 – фільтри; 13, 14 – реєструючі пристрої
Рис. 3. Блок-схема пристрою для вимірювання дрібномасштабних пульсацій швидкості потоку рідини в трубопроводах

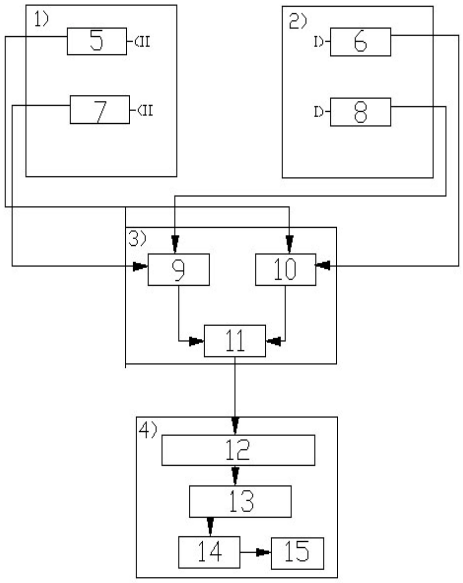
На трубопроводі 1 встановлені два вібратори-випромінювачі 2 і 3 і два вібратори-приймачі 4 і 5. Випромінювачі збуджуються генератором 6, коливання в якому стабілізовані кварцевим резонатором. Сигнали з вібраторів-приймачів підсилюються підсилювачами 7, 8 і подаються на змішувачі 9 і 10, до яких через фільтри 11, 12 нижніх частот підключені реєструючі пристрої 13 і 14. До змішувачів підводяться також коливання від генератора 6. Використання властивостей наведених схем дозволяє створити новий метод визначення швидкості і напрямку течії водного потоку. Пристрій [7], який реалізує даний метод, містить два ультразвукових випромінювачі і два приймачі, розміщені на площині по горизонтальних лініях, які утворюють ромб, витягнутий за напрямком течії, при цьому напрями розповсюдження сигналів протилежні, а відстані між випромінювачами і приймачами – рівні. Випромінювачі і приймачі жорстко встановлені на спільній основі, що кріпиться на штанзі.

Сигнал заданої частоти f_0 випромінюється у двох напрямах ультразвуковими генераторами 5 і 7. Зареєстрований приймачами 6 і 8 сигнал відрізняється від частоти f_0 на величину Δf допплерівського зміщення, зумовленого впливом течії водного потоку. Змішування сигналів з частотою f_0 від випромінювача 5 і спотвореною частотою ($f_0 \pm \Delta f$) від приймача 6 відбувається в суматорі 10. Відповідно сигнали з УЗГ 7 і приймача 8 підсумовуються суматором 9. Спотворені сигнали в бік збільшення або зменшення частоти (в залежності від випромінювання сигналу за або проти течії) надходять в допоміжний суматор 11. Загальний сигнал з суматора 11 надходить в допплерівський частотомір 12, де відбувається виділення частоти Δf, яка пропорційна швидкості течії.

Відфільтрований сигнал підсилюється в підсилювачі проміжної частоти 13, звідки надходить на аналізатор 14, а потім на цифровий пристрій15, відградуйований в одиницях швидкості.

Враховуючи, що запропоноване технічне рішення [7] має своєю метою вирішення задачі вимірів швидкості та напряму течії водного потоку (наприклад, в річці), в таблиці 1 інтерпретуємо схеми пристроїв [4,5,6], виключивши з них конструкцію трубопроводу.

Блок-схема пристрою, який реалізує запропонований спосіб, наведена на рис. 4.

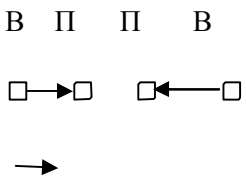
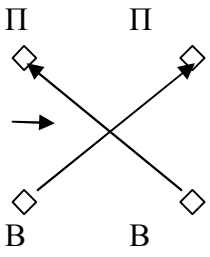
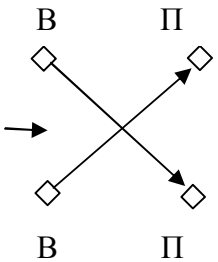
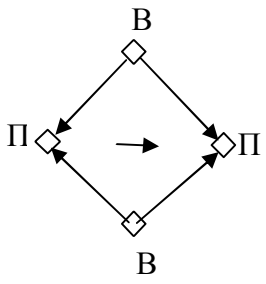


1 – блок випромінювачів; 2 – блок приймачів; 3 – блок суматорів; 4– блок реєстрації; 5, 7 – ультразвукові генератори (УЗГ); 6, 8 – приймальні пристрої ПРУ; 9, 10 – суматори; 11 – допоміжний суматор; 12 – допплерівській частотомір; 13 – підсилювач проміжної частоти; 14 – аналізатор; 15 – цифровий прилад

Рис. 4. Блок схема пристрою для вимірювання швидкості та напряму течії

Таблиця 1

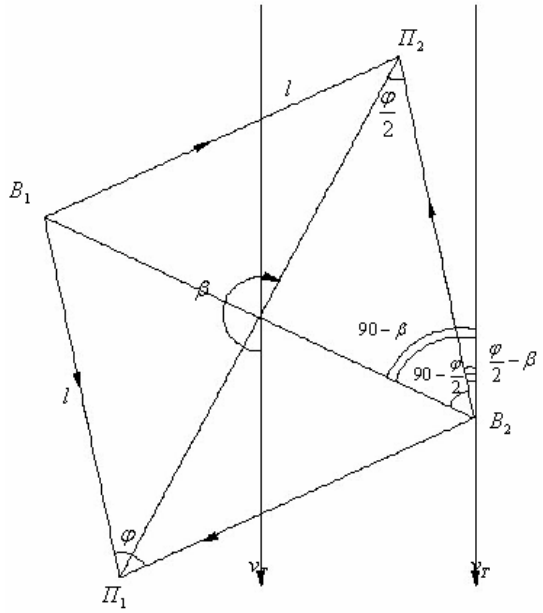
Порівняння пристроїв

Технічне рішення. Параметри	Пристрій [4]	Пристрій [5]	Пристрій [6]	Новий пристрій [7]
1	2	3	4	5
1. Схема В – випромінювач П – приймач → – напрям потоку				
2. Величина, що вимірюється по осі потоку	Подвійна різниця фаз сигналів, що випрмінюються у взаємопротилежних напрямках паралельно осі потоку	Подвійна різниця фаз сигналів, що випрмінюються у взаємопротилежних напрямках під деяким кутом до осі потоку	Одинарна різниця фаз сигналів і опорного напрямку без виключення величини швидкості звуку	Подвійна різниця фаз сигналів, що випромінюються у взаємопротилежних напрямках під деяким кутом до осі потоку

Продовження табл. 1

3. Величина, що вимірюється у поперечному напрямку відносно осі потоку	Нема виміру	Нема виміру	Подвійна різниця фаз сигналів, що випромінюються у взаємопротилежних напрямках під деяким кутом до осі потоку	Подвійна різниця фаз сигналів, що випромінюються у взаємопротилежних напрямках під деяким кутом до осі потоку

На рис. 5 наведена схема розповсюдження ультразвукових імпульсів, яка використовується в запропонованому способі.



B_2, B_1 – випромінювачі; $П_1$, $П_2$ – приймачі; v_T – вектор напряму течії; β – кут між поздовжньою віссю приладу і вектором течії; $\frac{\varphi}{2}$ – гострий кут між поздовжньою віссю приладу і траєкторією акустичного імпульсу; l – відстань між випромінювачем і приймачем; S – модуль вектора імпульсу; $S_{i,j}$ – спотворення різниці відстаней $S_{i,j}$ між випромінювачем B_1 і приймачем $П_1$ під впливом течії

Рис. 5. Схема розповсюдження ультразвукових імпульсів

Очевидно, що різниці ΔS_{ij} (рис. 5) дорівнюватимуть:

$$S_{i,j} = \pm l\cos\left(\frac{\varphi}{2}+\beta\right) \quad \text{або} \quad \Delta S_{1,1} = -l\cos\left(\frac{\varphi}{2}+\beta\right); \quad \Delta S_{1,2} = l\cos\left(\frac{\varphi}{2}-\beta\right);$$

$$\Delta S_{2,1} = -l\cos\left(\frac{\varphi}{2}-\beta\right); \quad \Delta S_{2,2} = l\cos\left(\frac{\varphi}{2}+\beta\right).$$

При одночасному вмиканні випромінювачів B_2 і B_1 на приймачах $П_1$ і $П_2$ одержимо різниці виміряних відстаней (Δ_l):

$$\Delta_l = (\Delta S_{1,1} - \Delta S_{2,1}) = \Delta(\Delta S_{1,2} - \Delta S_{2,2}) = 2l\sin\frac{\varphi}{2}\sin\beta\,.$$

При послідовному вмиканні випромінювачів B_2 і B_1 одержимо на приймачах $П_1$ і $П_2$ суму різниць (Δ_{ll}):

$$\Delta = (\Delta S_{1,1} - \Delta S_{1,2}) = \Delta(\Delta S_{2,1} - \Delta S_{2,2}) = 2l\cos\frac{\varphi}{2}\cos\beta = \Delta_{ll}.$$

Відношення Δ_l до Δ_{ll} буде дорівнювати:

$\frac{\Delta_l}{\Delta_{ll}} = -tg\frac{\varphi}{2}tg\beta$, звідси $tg\beta = -\frac{\Delta_l}{\Delta_{ll}}ctg\frac{\varphi}{2}$.

Таким чином, знявши з приймачів різниці Δ_l і Δ_{ll}, одержимо значення кута β, тобто напрям течії.

Різниці Δ_l і Δ_{ll} дають змогу обчислити значення швидкості течії.

Висновки з даного дослідження

Таким чином, описаний пристрій забезпечує вимірювання подвійної різниці фаз сигналів, що відповідає чистій швидкості водного потоку в поздовжньому та поперечному напрямках і дозволяє одержувати значення, які в найбільшій мірі відповідають фізичному змісту вимірюваної величини. Пристрій не потребує тарировки, тому що не містить в явному вигляді швидкості звуку у воді.

Список літературних джерел

1. Волосецький Б.І. Інженерна геодезія: Навчальний посібник /Волосецький Б.І. – Л.: «Львівська політехніка», 2003. – 142 с.

2. Железняков Г.В. Гидрология и гидрометрия /Железняков Г.В. – М.: «Высшая школа», 1981. – 263 с.

3. Карасев И.Г. Гидрометрия /И.Г. Карасев, А.В. Шумков. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 231 с.

4. А.с.114352 СССР, кл.42е,42о,15. Устройство для измерения расхода жидкости в трубопроводе /Гордон М.М., Шапиро В.В. (СССР). – № 570731; заявл. 25.03.57; опубл. 30.05.58, Бюл. № 6. – 2 с.

5. А.с.178128 СССР, МПК G 01f. Способ автоматической компенсации погрешностей фазовых ультразвуковых расходомеров и устройство для его осуществления /Бражников Н.И., Орлова Н.Ф. (СССР). – № 801343/26-10; заявл. 02.11.62; опубл. 08.01.66, Бюл. № 2. – 2 с.

6. А.с.200920 СССР, МПК G 01р. Способ измерения мелкомасштабных пульсаций скорости потока жидкости в трубопроводе /Колмаков В.А., Лепендин Л.Ф. (СССР). – № 1033811/26-10; заявл. 25.10.65; опубл.15.08.67, Бюл. № 17. – 1 с.

7. Патент на винахід 77288 Україна, МПК (2006) G01p5/00,G01p13/00, G01в7/00. Пристрій для вимірювання швидкості та напряму течії водного потоку /Бурачек В.Г., Мамонтова Л.С., Скітер І.С. – № 20041109032; заявл. 05.11.2004; опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11. – 1 с.

ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ І ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

УДК 621.791.3

Г.П. Болотов, д-р техн. наук
М.Г. Болотов, ассистент

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ПРИ ДИФУЗІЙНОМУ ЗВАРЮВАННІ У ВАКУУМІ

Проведена порівняльна оцінка ефективності різних джерел нагріву, що використовують при дифузійному зварюванні (ДЗ). Визначена енергетична ефективність нагріву тліючим розрядом із порожнистим катодом та встановлено доцільність його використання як джерела енергії при ДЗ.

Вступ

Широкі області застосування дифузійного зварювання (машино- і ракетобудування, транспорт і зв'язок, електроніка й електротехніка, а також інші галузі народного господарства) визначили основні тенденції його подальшого розвитку, пов'язані з розробкою процесів дифузійного зварювання нових керамічних і композиційних матеріалів, жароміцних сплавів, легких і хімічно активних металів і сплавів на їхній основі.

Велика номенклатура виробів, що зварюються, висуває ряд вимог до технології зварювання:

1) збереження у матеріалах, що зварюються, високих експлуатаційних властивостей, які при зварюванні плавленням могли б безповоротно зникнути;

2) забезпечення прецизійності зварного з'єднання;

3) забезпечення якісного з'єднання між матеріалами, різними за складом або природою.

З погляду повноти задоволення згаданих вимог дифузійне зварювання є найбільш універсальним методом.

Необхідність забезпечення рівномірного загального нагріву великогабаритних виробів з розвиненою поверхнею контакту, або місцевого, але рівномірного нагріву по перерізу, нагрівання приконтактних шарів при дифузійному зварюванні обумовило застосування таких джерел енергії як: радіаційний, індукційний, нагрів у полі нормального тліючого розряду, нагрівання струмом, що проходить.

Дані джерела енергії мають різну фізичну природу й, відповідно, характеризуються деякими особливостями, які визначають ефективність їхнього застосування, технологічну гнучкість використання для тих або інших зварювальних операцій.

Для правильного вибору джерела стосовно конкретного виробу варто враховувати, принаймні, три основних фактори:

1) технічну й технологічну можливість застосування джерела;

2) якість і надійність з'єднання;

3) енергетичну й економічну ефективність зварювального процесу.

Нагрів струмом, що проходить, використовується обмежено й, в основному, у спеціалізованих установках в умовах серійного виробництва, оскільки може бути застосований тільки для з'єднання деталей з електропровідних матеріалів, що мають близьку площу поперечного перерізу.

Індукційний нагрів має високу продуктивність і при знижених частотах забезпечує досить рівномірне наскрізне нагрівання металевих заготівель. У той же час, він має ни-

зьку адаптивність до мінливої номенклатури виробів, вимагає ретельного узгодження по електричних параметрах нагрівача (індуктора) і вихідного кола високочастотного генератора. Складність конструкції й експлуатації устаткування, його недостатня надійність і висока вартість привели до того, що на даний час індукційний нагрів при дифузійному зварюванні практично не використовується.

Найціннішою властивістю способу дифузійного з'єднання є можливість його використання для широкого кола матеріалів, виконаних у вигляді різноманітних конструктивних форм. У зв'язку з цим, у наш час у лабораторній і промисловій практиці знайшли застосування універсальні й порівняно прості способи нагріву – радіаційний і в полі тліючого розряду.

Постановка завдання

Метою даної роботи є проведення порівняльної якісної й кількісної оцінки ефективності нагріву радіаційним способом, тліючим розрядом і його різновидом – розрядом із порожнистим катодом.

Методи та результати

Радіаційний нагрів знайшов широке застосування в установках для дифузійного зварювання внаслідок ряду переваг. Дані системи нагріву забезпечують рівномірний нагрів деталей, простоту регулювання температури, можливість одночасного нагріву декількох деталей, що зварюють.

Однак, обмежені можливості регулювання інтенсивності й локальності нагріву, значна інерційність, низький ККД істотно погіршують характеристики радіаційного нагріву при дифузійному зварюванні, а необхідність глибокого вакууму значно ускладнює процес зварювання й підвищує вартість самого устаткування [1].

Істотною перевагою тліючого розряду як джерела поверхневого нагріву є локальність нагріву й можливість зміни в широких межах питомої густини енергії, що вводять у виріб. Нагрівання в тліючому розряді здійснюється у розрідженому газовому середовищі, що виключає необхідність створення глибокого вакууму. Це спрощує конструкцію устаткування й знижує його вартість в 2-3 рази в порівнянні з радіаційним нагрівом.

Дія тліючого розряду може бути використана також для очищення деталей перед їхнім з'єднанням у вакуумі.У тліючому розряді здійснюється прямий нагрів деталей, що зварюють, плазмою розряду, що забезпечує високу енергетичну ефективність і економічність процесу [2]. За основними техніко-економічними показниками тліючий розряд як джерело нагріву при дифузійному зварюванні значно перевищує радіаційний. Якість і надійність зварних з'єднань, одержуваних при нагріванні в плазмі тліючого розряду, також вище, ніж при радіаційному способі. Це пов'язано, насамперед, з тим, що енергетична гнучкість тліючого розряду як джерела нагрівання дозволяє в кожному конкретному випадку обирати оптимальний варіант теплового впливу.

У той же час, і нагрівання тліючим розрядом має технологічні обмеження, пов'язані з необхідністю присутності серед деталей, що з'єднують, і які є катодом розряду, однієї струмопровідної, що звужує номенклатуру виробів, що зварюють.

Тліючий розряд із порожнистим катодом дозволяє здійснювати нагрів як металевих, так і неметалевих виробів. Застосування низького вакууму при нагріванні тліючим розрядом у порожнистому катоді також дозволяє істотно спростити устаткування й значно прискорити процес зварювання.

Таким чином, якісне порівняння джерел нагріву з урахуванням технологічних і техніко-економічних особливостей можна представити у вигляді таблиці.

Таблиця 1

Характеристика джерел енергії

Критерії оцінки	Джерело енергії		
	Радіаційний	Тліючий розряд	Тліючий розряд із порожнистим катодом
Технічна можливість застосування	Метали і неметали	Метали, неметали + метали	Метали і неметали
Робоче середовище	Високий вакуум	Низький вакуум	Низький вакуум
Інерційність джерела нагріву	Висока	Безінерційний	Безінерційний
Адаптивність джерела нагріву до зміни номенклатури виробів (у відносних одиницях)	0,5	1	0,5
Технічна складність і вартість обладнання (у відносних од.)	1	0,3 – 0,5	0,3 – 0,5
Можливість регулювання локальності нагріву	Низька	Висока	Низька

Кількісну оцінку енергетичної ефективності джерел енергії здійснювали за результатами нагрівання до граничної температури сталевого стрижня діаметром 0,008 м, довжиною 0,04 м і масою 0,02 кг. Температуру вимірювали хромель-алюмелевою термопарою.

Критерієм ефективності служили значення питомої потужності й значення питомої енергії, витраченої на нагрівання одиниці площі зразка.

У табл. 2 наведені значення параметрів режиму нагрівання й результати експериментів.

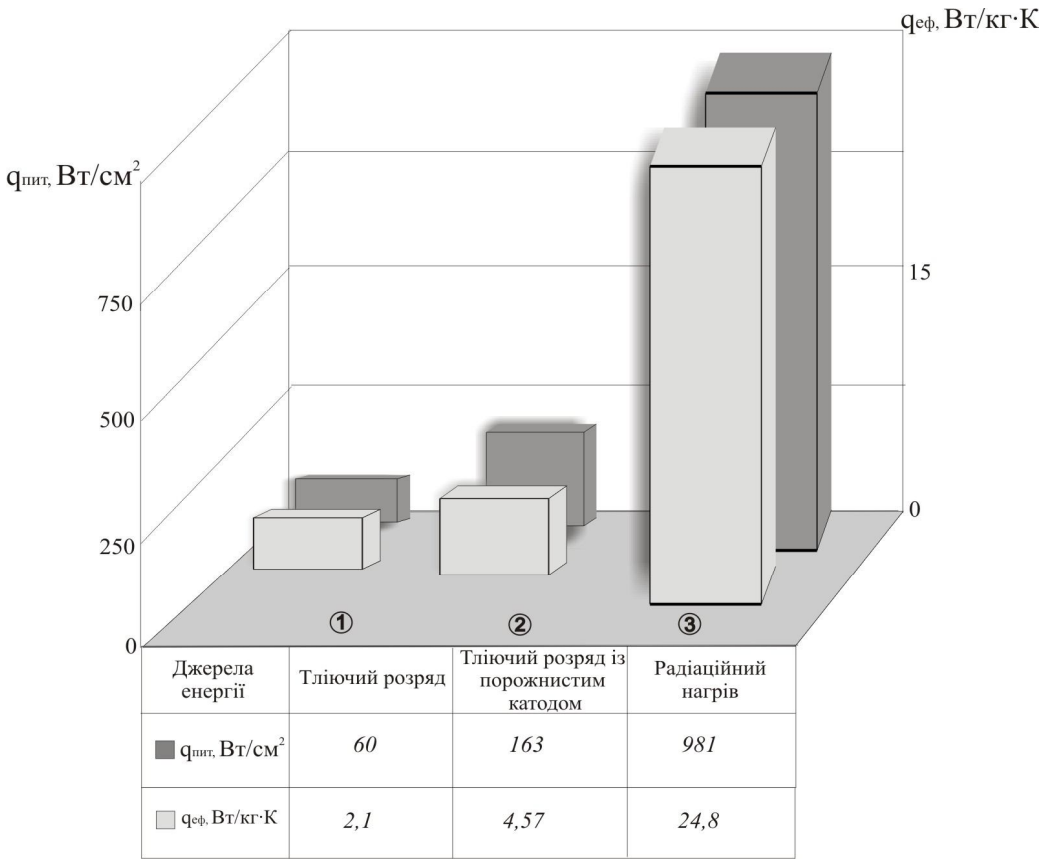
Таблиця 2

Параметри режимів нагріву

Джерело енергії	I, A	U, B	W, Вт	$t_н$, с	T, K
Радіаційний	180	3	540	600	993
Тліючий розряд	0,075	440	33	480	783
Тліючий розряд із порожнистим катодом	0,075	1200	90	360	983

Рис. 1 ілюструє енергетичну ефективність застосування тліючого розряду з порожнистим катодом як джерела зварювального нагріву. Значення питомої потужності й пи-

томе значення енергії, що витрачається на нагрівання деталі тліючим розрядом з порожнистим катодом, істотно нижче, ніж у радіаційного способу.



Джерела енергії	Тліючий розряд	Тліючий розряд із порожнистим катодом	Радіаційний нагрів
$q_{пит}$, Вт/см^2	*60*	*163*	*981*
$q_{еф}$, Вт/кг·К	*2,1*	*4,57*	*24,8*

Рис. 1. Питоме значення потужності джерел енергії $q_{пит}$ і питоме значення енергії, що витрачається на нагрівання й утворення з'єднання $q_{еф}$ при дифузійному зварюванні різними джерелами енергії

Висновки

Результати експериментальних порівнянь ефективності різних джерел енергії для дифузійного зварювання показують, що тліючий розряд з порожнистим катодом займає проміжне місце між радіаційним і нормальним тліючим розрядом, наближаючись за характеристиками до останнього.

Тліючий розряд із порожнистим катодом здатний забезпечувати швидке нагрівання як металевих, так і неметалевих виробів при порівняно невисоких енерговитратах.

Можливість точного регулювання потужності й інтенсивності нагрівання обумовлює можливість і перспективність застосування тліючого розряду із порожнистим катодом як джерела поверхневого нагріву при дифузійному зварюванні.

Список літературних джерел

1. Бачин В.А., Квасницкий В.Ф., Котельников Д.И. и др. Теория, технология и оборудование диффузионной сварки. – М.: Машиностроение, 1991. – 350 с.

2. Котельников Д.И. Сварка давлением в тлеющем разряде. – М.: Металлургия, 1981. – 115 с.

УДК 621.791.03

І.В. Зяхор, канд. техн. наук

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ

ФОРМУВАННЯ З'ЄДНАНЬ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ТЕРТЯМ ЖАРОМІЦНОГО СПЛАВУ ЖС3-ДК ІЗ СТАЛЛЮ 40Х

Досліджено особливості формування структури металу у зоні контакту на різних стадіях процесу зварювання тертям жароміцного нікелевого сплаву ЖС3-ДК з конструкційною сталлю 40Х і визначено умови одержання якісних зварних з'єднань.

Постановка проблеми

Проблема одержання з'єднань жароміцних нікелевих сплавів з конструкційними сталями актуальна для автомобільного й тракторного двигунобудування. Використання зварювання тертям дозволяє виготовляти клапани й ротори турбокомпресорів двигунів біметалічними. Одержання якісних з'єднань жароміцних сплавів з конструкційними сталями пов'язано з рядом труднощів. Відмінність теплофізичних й механічних властивостей жароміцних сплавів і конструкційних сталей при зварюванні тертям призводять до асиметрії температурних полів і неоднакового деформування зразків у зоні контакту. Питання одержання якісних з'єднань жароміцних нікелевих сплавів із сталями залишається актуальним протягом багатьох років. Заходи, спрямовані на підвищення жароміцності нікелевих сплавів, призводять до погіршення їх технологічності й особливо зварюваності. Проблема пов'язана із значним зниженням пластичності ливарних жароміцних сплавів на нікелевій основі внаслідок утворення великого відсотка зміцнюючої γ'-фази й наявності по границях зерен (дендритів) низькотемпературних евтектик і дисперсних виділень карбідів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

При використанні традиційної технології конвенційного зварювання тертям (ЗТ) у стиках з'являються периферійні непровари [1-3]. При КЗТ необхідною умовою одержання з'єднань без таких дефектів є застосування формуючих пристроїв, які встановлюються на зразок з конструкційної сталі; загальний час зварювання повинен становити близько 30 с [1, 3]. Крім того, у зоні з'єднання спостерігається утворення перехідного шару і плівкових включень [3], які знижують показники механічних властивостей стиків. До цього часу не існує єдиної точки зору спеціалістів на природу утворення цих дефектів і шляхів оптимізації технології ЗТ жароміцних нікелевих сплавів із сталлю. Попередніми дослідженнями автора [4-6] встановлені суттєва роль початкових стадій процесу ЗТ на формування структури різнорідних з'єднань та вплив заключної фази процесу (проковки) на одержання якісних зварних з'єднань.

Мета статті

Метою роботи є дослідження формування структури металу у зоні контакту на різних стадіях процесу зварювання тертям жароміцного нікелевого сплаву ЖС3-ДК із конструкційною сталлю 40Х та визначення умов одержання якісних зварних з'єднань стосовно виготовлення валів роторів турбокомпресорів автомобільних двигунів.

Виклад основного матеріалу

Для дослідження поведінки контактуючих поверхневих шарів у зоні з'єднання на різних стадіях процесу ЗТ високолегованого жароміцного нікелевого сплаву ЖС3-ДК (таблиця 1) із сталлю 40Х (діаметр зразків 22, 25 мм) проводили експерименти по зупинці процесу ЗТ на різних його стадіях і досліджували мікроструктуру з'єднань.

Таблиця 1

Хімічний склад матеріалів

Марка сплаву	Вміст елементів, %										
	C	Cr	Ti	Al	Mo	Nb	W	Si	Mn	Fe	Ni
Сплав ЖС3-ДК	<0,1	13,5	2,5	5,0	3,9	1,3	4,5	-	-	0,4	Осн.
Сталь 40Х	0,4	0,9	-	-	-	-	-	0,35	0,65	Осн.	<0,3

Також проводили розрахунки термічних циклів на основі розробленої математичної моделі процесу нагрівання при ЗТ, в основу якої покладені рівняння теплопровідності й характеристики виділення потужності у зоні контакту [7]. При розрахунках термічних циклів тиск на стадії нагрівання змінювався в межах $P_н$=100...400 МПа, колова швидкість становила V= 0,5 м/с.

Відомо, що нагрівання при ЗТ здійснюється теплом, яке генерується за рахунок роботи сил тертя. Інтенсивність тепловиділення визначається потужністю, що витрачається на подолання моменту сил тертя (моменту тертя). Умовний розподіл процесу ЗТ на п'ять стадій в залежності від зміни моменту тертя наведено на рисунку 1, розрахункова залежність температури в зоні контакту – на рисунку 2.

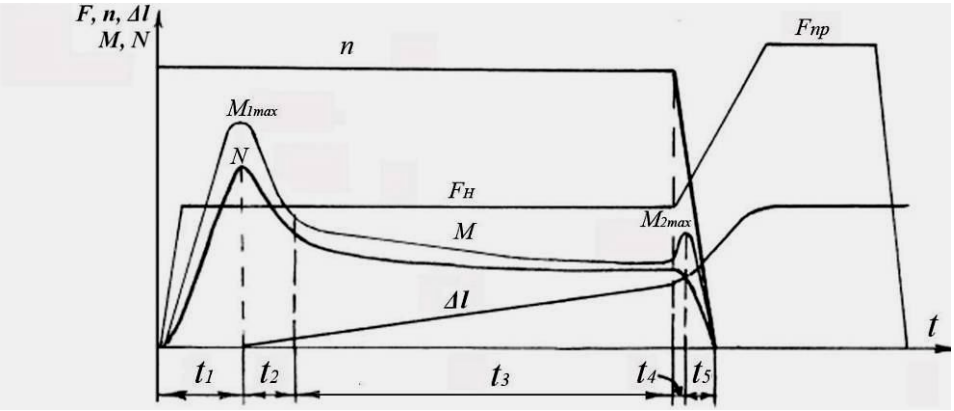


Рис. 1. Типова циклограма конвенційного зварювання тертям: n-частота обертання, Δl-осадка,; $F_н$, $F_{пр}$- тиск при нагріванні та проковці, М-момент тертя, N-потужність тепловиділення

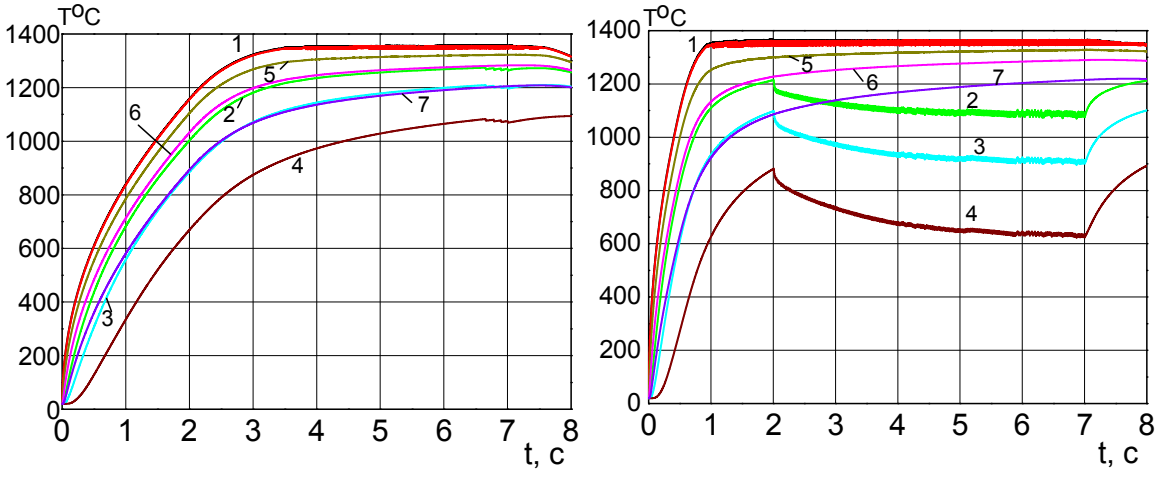


Рис. 2. Залежність температури в зоні контакту при зварюванні тертям нікелевого сплаву (-z) із сталлю 40Х (+z) на відстані від поверхні контакту z, мм z=0 (1), z=0,5 (2), z=1 (3), z=2 (4), z= -0,5 (5), z= -1 (6), z= -2 мм (7), при V=0,5м/с, $P_н$=100МПа (а), $P_н$=200МПа (б)

На першій стадії процесу ЗТ (t_1) момент тертя змінюється від нуля до першого максимуму M_{1max}. Потужність теплового джерела викликає швидке (за 0,5…1,5 с) нагрівання металу у зоні контакту до температури 1100-1200°С. Встановлено, що наприкінці першої стадії зона контактної поверхні, яка нагріта до такої температури, обмежена кільцевою ділянкою r=(0,4–0,7)R, де R – радіус заготовок. На другій стадії (t_2) момент тертя знижується від максимальної величини до деякого сталого значення. Температура продовжує підвищуватися до температури понад 1100°С і зона нагрівання розширюється приблизно до значення r=(0,2–0,8)R. Швидкість нагрівання на початкових стадіях ЗТ досягає 2000°С/с. При цьому осадки (укорочення заготовок) не спостерігається. Таким чином, вже на початкових стадіях процесу ЗТ температура у зоні контакту досягає температури солідус нікелевого сплаву.

Процес ЗТ на 1-й і 2-й стадіях являє собою складний комплекс взаємозалежних явищ. До цих явищ належать інтенсивне локалізоване тепловиділення на поверхнях тертя; безперервне утворення і руйнування металевих зв'язків між цими поверхнями внаслідок триваючого відносного руху; майже миттєве нагрівання об’ємів металу в умовах великого тиску; пластична деформація приповерхневих шарів металу, наклеп і рекристалізація, а також механічне перемішування металу обох деталей.

Для структури з’єднань, одержаних на початкових стадіях ЗТ, характерним є виникнення вихрових утворень з повним або частковим перемішуванням елементів структури у центральній і середній частинах перерізу заготовок (рисунки 3,а-в і 4) та наявність різкої межі між нікелевим сплавом і сталлю у периферійній частині перерізу.

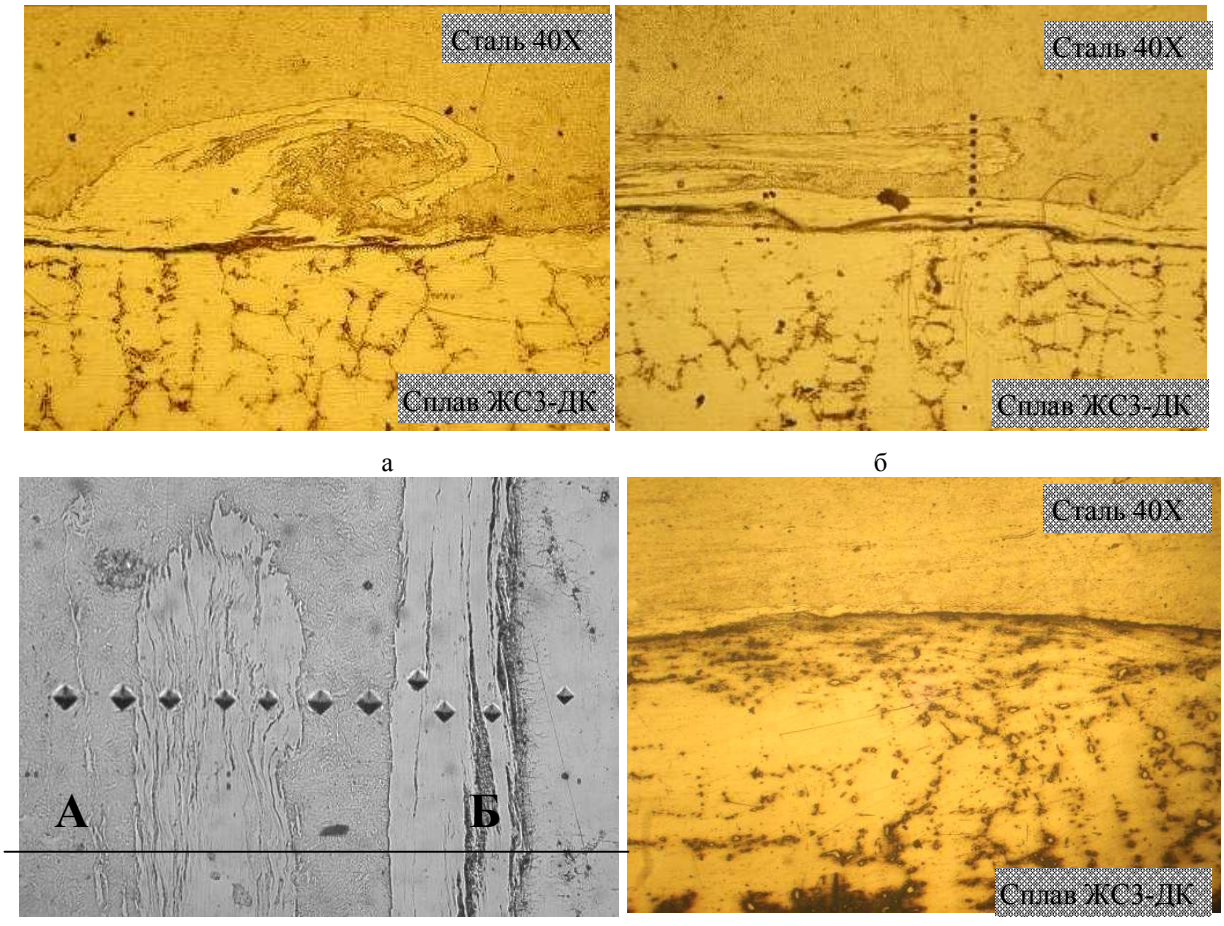
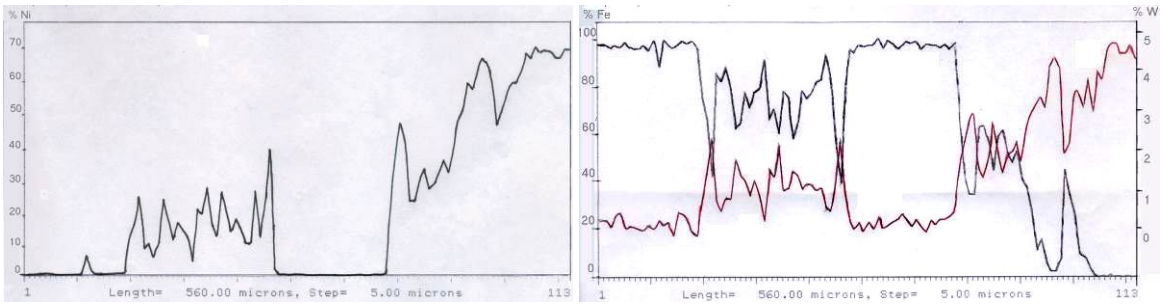


Рис.3. Мікроструктура зони контакту сплаву ЖС3-ДК із сталлю 40Х у центральній (а-в) і периферійній (г) частинах перерізу: ×25(а, б, г) ×160 (в)

П.В. Крагельский [8] розрізняє п'ять видів руйнування фрикційних зв'язків, що виникають при впливі нормальних і тангенціальних сил: можливе зрізання металу, його пластичне відтискування, пружне відтискування, схоплювання поверхневих плівок або ювенільних поверхонь металу, схоплювання поверхонь, яке супроводжується глибинним вириванням. Аналіз даних на рисунку 3 і рисунку 4 дозволяє зробити висновок, що при ЗТ мають місце переважно 2 останніх види руйнування фрикційних зв'язків.



а *б*

Рис.4. Концентрація нікелю (а), заліза і вольфраму (б) у зоні з'єднання уздовж лінії А-Б (див. рис.3, в)

Для периферійних ділянок перерізу заготовок більш характерним є руйнування зв'язків по поверхні тертя (рис. 3, г). У центральній і середній частинах перерізу (на відстані від осі заготовок 0,1…0,7 R) процес ЗТ на перших стадіях супроводжується глибинним вириванням і виникненням вихрових утворень. Процес виривання супроводжується інтенсивними змінами навколишніх шарів матеріалу на значну глибину. Глибина проникнення поверхневих шарів на початкових стадіях процесу ЗТ залежить від встановлених параметрів режиму зварювання. При збільшенні тиску при нагріві у діапазоні $P_н$=100...400 МПа і зменшенні колової швидкості обертання у діапазоні V=2,0…0,5 м/с глибина перемішування поверхневих шарів збільшується в межах від 80 мкм до 1 мм.

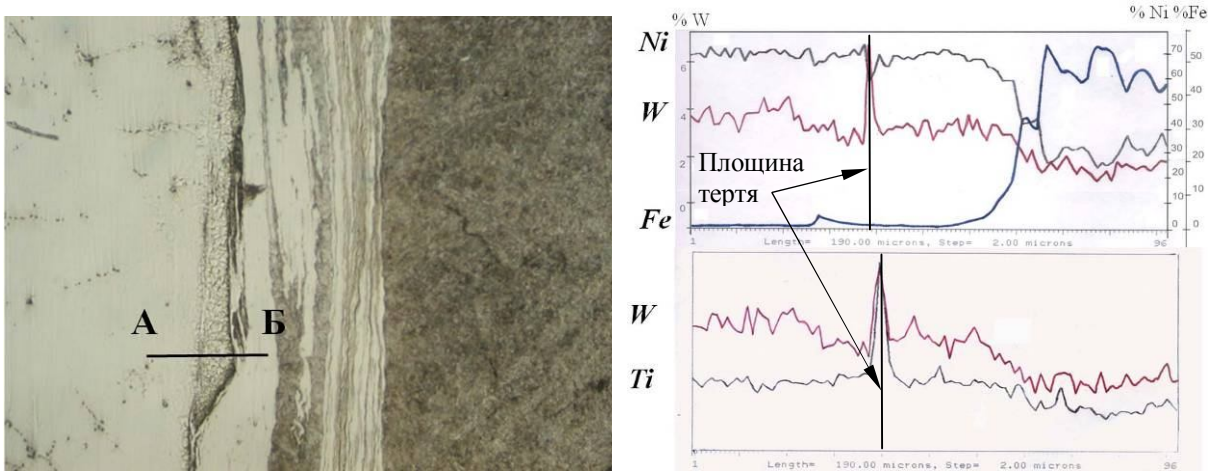
Третя стадія (t_3) характеризується стабілізацією моменту тертя й теплового поля, починається осадка заготовок. Тепло, що генерується на третій стадії, розподіляється на збільшену глибину зони прогріву й частково видаляється з зони контакту з пластифікованим металом у процесі осадки. Швидкість росту температури на цій стадії незначна, а швидкість зближення торців постійна і залежить від тиску нагрівання, частоти обертання й від теплофізичних властивостей жароміцного сплаву.

При аналізі мікроструктури з'єднання (рис. 5), отриманого при зупинці процесу ЗТ на цій стадії, можна зробити висновок, що вихрові утворення під дією тиску поступово трансформуються у прошарок, для якого характерна наявність шарів металу змінного хімічного складу (рис. 5,а). Проміжний прошарок являє собою смуги «сплавів» на основі твердих розчинів, що утворюються в результаті взаємного перемішування у твердому і твердо-рідкому стані, а також дифузії. Склад цих сплавів – 35…60 % Fe, 30…55 % Ni, решта – легуючі елементи – Cr, Al, Ti, W, Mo, Nb.

Характерним для формування зони контакту є виникнення локальних зон у твердо-рідкому стані, які спостерігаються на межі перехідного прошарку з основним металом нікелевого сплаву, тобто у площині тертя. Саме у цій зоні спостерігаються піки концентрації карбідоутворюючих елементів (рис. 5, б). Такі кільцеві ділянки у площині тертя мають підвищений вміст титану, ніобію, вольфраму і за стехіометричним складом відповідають легкоплавким карбідним евтектикам, які існують по границях дендритів основного металу нікелевого сплаву.

Металографічними та мікрорентгеноспектральними дослідженнями встановлено, що внаслідок значно більшої теплопровідності сталі 40Х в порівнянні зі сплавом ЖС3-ДК вже на початкових стадіях процесу ЗТ відбувається зміщення площини тертя у зону те-

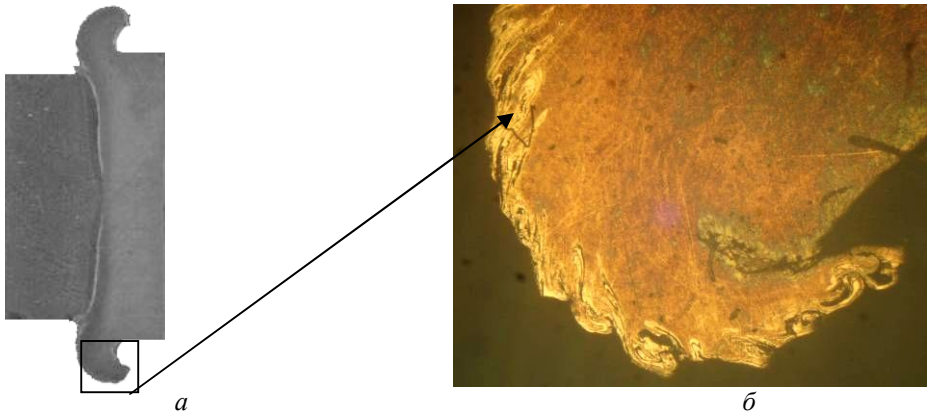
рмічного впливу нікелевого сплаву і формування у зоні з'єднання перехідного прошарку. Процес тертя відбувається між основним металом нікелевого сплаву і перехідним прошарком.



а *б*

Рис. 5. Перехідний прошарок і ділянка, що містить розплав, у сплаві ЖС3-ДК: мікроструктура (а), ×100, зміна концентрації нікелю, заліза, вольфраму, титану уздовж лінії А-Б (б)

У процесі нагрівання і деформації заготовок відбувається перехід металу проміжного прошарку на пластифікований метал, що витісняється за межі перерізу (ґрат на заготовці з конструкційної сталі). Наслідком зміщення поверхні тертя є утворення «наплавленого» шару сплаву ЖС3-ДК на грат сталі 40Х (рис. 6).



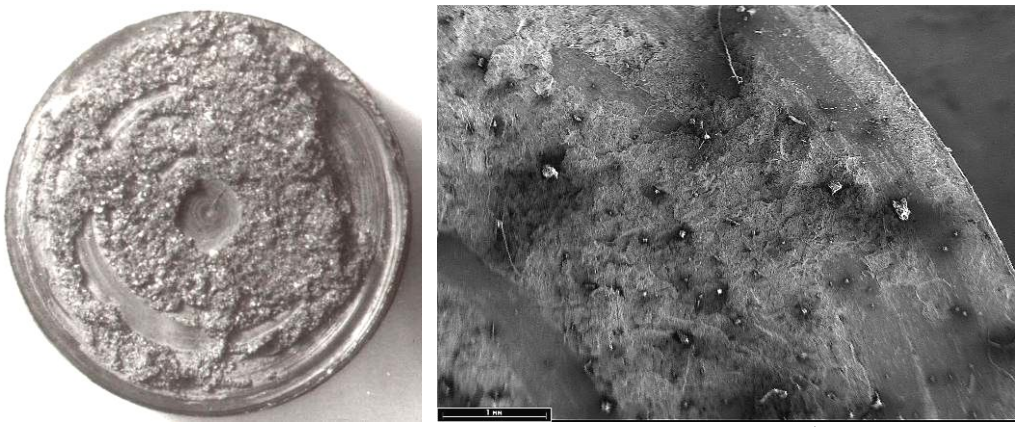
а *б*

Рис. 6. Макрошліф з'єднання (а), "наплавлений" шар на грат сталі 40Х, ×25 (б)

На четвертій і п'ятій стадіях процесу ЗТ відбувається зупинка обертання зразків й прикладається підвищений тиск проковки. Проковка є завершальною технологічною операцією. Пластична деформація під час проковки забезпечує розвиток фізичного контакту по всій площині й видалення із зони контакту перегрітого металу. Особливістю деформаційного циклу конвенційного зварювання тертям є швидке примусове гальмування обертання заготовок з наступним підвищенням тиску. При виконанні проковки після зупинки відносного обертання заготовок не забезпечуються витіснення перехідного прошарку із стику навіть за умови значного збільшення тиску. Забезпечити високу стабільність показників міцності й пластичності зварних з'єднань при такому підході проблематично.

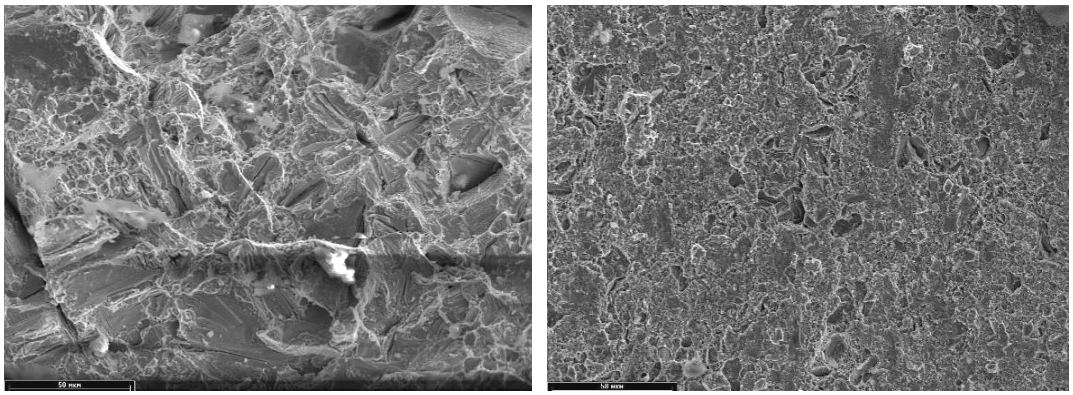
На рисунку 7 представлена поверхня зламу зварного з'єднання, одержаного конвен-

ційним ЗТ після його випробування на розрив. На поверхні зламу з'єднання спостерігаються плівкові включення, які мають вигляд «блискучих кілець». Фазовий склад металу «блискучого кільця» характеризується підвищеним вмістом карбідоутворюючих елементів – титану, ніобію, вольфраму (таблиця 2). Порівняння даних таблиці 2 і даних мікрорентгеноспектрального аналізу на рисунку 4, б дозволяє зробити висновок, що природа «блискучих кілець» пов'язана з утворенням у процесі ЗТ кільцевих ділянок у твердо-рідкому стані, які містять карбідні евтектики. Саме у площині максимальної зсувної деформації (площині тертя), яка зміщується у бік нікелевого сплаву, спостерігається випадіння дисперсних карбідних фаз, які формують ділянки крихкого руйнування (рисунок 8) при механічних випробуваннях з'єднань.



а *б*

Рис.7. Поверхні зламу з'єднань сплаву ЖС3-ДК із сталлю 40Х з боку нікелевого сплаву (а), вигляд поверхні при електронній скануючій мікроскопії, (б) ×20



а *б*

Рис.8. Поверхні зламу з'єднань сплаву ЖС3-ДК із сталлю 40Х з боку сплаву при електронній скануючій мікроскопії: ділянки в'язкого (а) і крихкого (б) зламу, ×500

Таблиця 2

Фазовий склад металу у зламі з'єднання сплаву ЖС3-ДК із сталлю 40Х

Елемент	Вміст елементу, мас %	
	В'язкий злам	«Блискуче кільце»
Ni	59,5	48,79
Cr	8,51	7,44
Al	3,98	3,54
Ti	5,55	13,04

Nb	3,22	5,58
W	18,48	20,51

Тому умовами одержання якісних зварних з'єднань при ЗТ жароміцних сплавів з конструкційною сталлю є запобігання формування розплаву у зоні контакту на стадії нагрівання і забезпечення витіснення перехідного прошарку і кільцевих ділянок у твердо-рідкому стані за межі перерізу заготовок під час проковки. Реалізація вказаних умов визначається можливістю зменшення температури у зоні контакту на стадії нагрівання і винайдення способу інтенсифікації зсувної деформації у зоні контакту на стадії проковки. На основі отриманих результатів були розроблені принципи керування процесом формування з'єднань при зварюванні тертям жароміцних нікелевих сплавів з конструкційною сталлю.

Перше – мінімізація термічного впливу і дозоване введення енергії в стик. Це досягається керуванням основними технологічними параметрами (коловою швидкістю обертання й тиском), при яких досягається мінімальне нагрівання металу у зоні контакту, достатнє для деформації заготовок на задану величину. Друге – циклограма зміни технологічних параметрів повинна забезпечувати інтенсифікацію деформаційного впливу в зоні контакту на заключній стадії процесу зварювання. Це досягається регулюванням динаміки гальмування обертання і прикладенням тиску проковки до повної зупинки обертання.

Розроблено технологію зварювання тертям [9], за допомогою якої одержано якісні з'єднання валів роторів турбокомпресорів із сплаву ЖС3-ДК і сталі 40Х (рисунок 9,а). Оцінка якості з'єднань виконувалась за результатами натурних механічних випробувань на міцність і металографічних досліджень. Зварне з'єднання вважалося якісним, якщо діаметр провару був не менший діаметру заготовок, межа міцності на розрив – не нижче показників нормативних документів на вали роторів турбокомпресорів, і у зварному з'єднанні були відсутні будь-які дефекти, у тому числі плівкові включення.

Встановлено, що показники міцності з'єднань відповідають таким для основного металу сталі 40Х і на 20...25 % перевищують значення нормативних документів. Мікроструктура зони з'єднання (рисунок 9,б) складається з шарів нікелевого сплаву і сталі, що чергуються. Така структура забезпечується при механічному перемішуванні матеріалів при температурі, нижчій температури солідус нікелевого сплаву, і є оптимальною для даного сполучення матеріалів, оскільки в цьому випадку не спостерігається утворення дефектів типу «блискучі кільця».

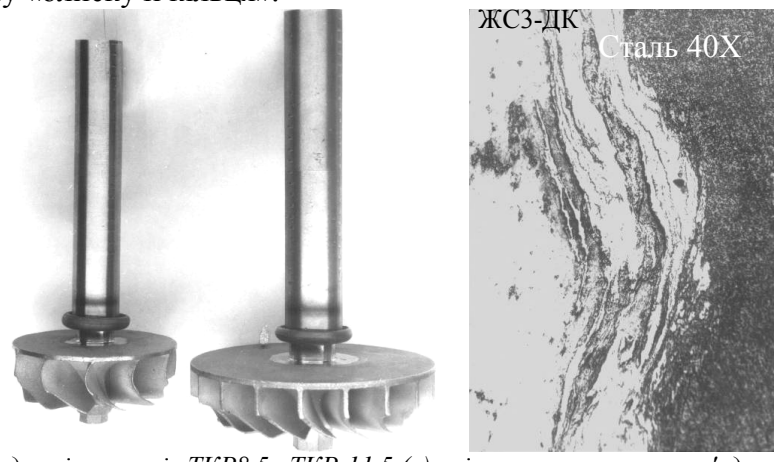


Рис. 9. Загальний вид валів роторів ТКР8,5, ТКР-11,5 (а); мікроструктура зони з'єднання, х100 (б)

Висновки з даного дослідження

1. На початкових стадіях процесу зварювання тертям до початку осадки заготовок температура у зоні контакту досягає температури солідус нікелевого сплаву, процес тертя супроводжується глибинним вириванням і виникненням вихрових утворень матеріалів, що зварюються.

2. Спостерігається зміщення площини тертя в сторону нікелевого сплаву і формування у зоні з'єднання перехідного прошарку, для якого характерна наявність шарів металу змінного хімічного складу. Процес тертя відбувається між основним металом нікелевого сплаву і перехідним прошарком.

3. Формування у зварному з'єднанні плівкових включень, так званих «блискучих кілець», пов'язане з утворенням у процесі ЗТ кільцевих ділянок у твердо-рідкому стані, з підвищеним вмістом карбідних евтектик. Осадження у площині максимальної зсувної деформації (площині тертя) дисперсних карбідних фаз обумовлює формування ділянок крихкого руйнування при механічних випробуваннях зварних з'єднань.

4. Розроблено принципи керування процесом формування з'єднань і технологію зварювання тертям жароміцних нікелевих сплавів з конструкційною сталлю, які забезпечують одержання бездефектних з'єднань за рахунок мінімізації нагріву металу у зоні контакту та інтенсифікації зсувної деформації перехідного прошарку на стадії проковки.

Список літературних джерел

1. Сварка трением. Справочник /В.К. Лебедев, И.А. Черненко, В.И. Вилль и др. – Л.: Машиностроение, 1987. – 236 с.

2. Lebedev V.K., Chernenko I.A. Friction welding. – Sov. Tech. Rev. C. Weld. Surf. 1992, Harwood Academic Publishers, vol. 4. – P. 59-168.

3. Импульсная сварка трением сплава ЖС6-К и стали 40Г /В.П. Воинов, Р.Н. Болдырев, К.И. Мулюков и др. //Сварочное пр-во. – 1976. – № 3. – С. 28-30.

4. Кучук-Яценко С.И., Зяхор И.В. Механизм формирования биметаллических соединений при сварке трением //Автомат. сварка. – 2002. – № 7. – С. 3-11.

5. Кучук-Яценко С.И., Зяхор И.В.. Никольников А.В. Технология и оборудование для сварки трением разнородных металлов и сплавов. //Материалы третьего международного научно-практического семинара «Контактная сварка и другие виды сварки давлением. Технологии и оборудование» 13-15 июня 2006 г., Санкт-Петербург – С. 130-136.

6. Сварка трением жаропрочных никелевых сплавов с конструкционными сталями /Кучук-Яценко С.И., Зяхор И.В. //Междунар. конф. «Современные проблемы сварки и ресурса конструкций», 24-27 нояб. 2003 г., Киев. – К., 2003. – С. 4.

7. Зяхор І.В., Великоіваненко О.А., Розинка Г.Ф., Харченко Г.К., Новомлинець О.О. Вплив параметрів режиму зварювання тертям на формування з'єднань жароміцного сплаву ХН73МБТЮ-ВД. //Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Збірник – Чернігів: ЧДТУ, 2009. – № 37. – С. 131-137.

8. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: «Машиностроение», 1977. – 526 с.

9. Зяхор І.В., Кучук-Яценко С.І., Буріка В.В. Патент № 64789 Україна, 15.03.2004, Бюл. № 3. «Спосіб зварювання тертям».

УДК 621.791/792:669.717

І.О. Дудла, д-р техн. наук
Т.В. Ганєєва, аспірант
О.О. Новомлинець, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ДО ПИТАННЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ АЛЮМІНІЮ І ЙОГО СПЛАВІВ ТА ПРОБЛЕМИ ЇХ ЗВАРЮВАННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Проаналізовано динаміку та структуру світового ринку споживання алюмінію та його сплавів. Приведені способи зварювання, розглянуті основні проблеми, що виникають при зварюванні алюмінію та його сплавів.

Постановка проблеми

Алюміній та його сплави мають важливе значення у сучасній промисловості. Це обумовлено їх високими механічними властивостями (висока питома міцність) та фізичними властивостями (мала щільність, висока теплопровідність). Водночас досить складним питанням є зварювання алюмінію та його сплавів, що також пов'язане з їх властивостями, а саме високою теплопровідністю, теплоємністю та наявністю на поверхні оксидної плівки.

За обсягом випуску та споживання алюміній займає перше місце в світі серед кольорових металів. На теперішній час збільшення його споживання обмежується високою вартістю, що обумовлюється складністю отримання чистого алюмінію електролізом. Алюміній переважно використовується у новітніх галузях (атомній, авіакосмічній, енергетичній та ін.), сприяє підвищенню ефективності традиційних галузей виробництва. Тому рівень використання алюмінію є одним з показників економічного розвитку країни [1].

Основними галузями використання алюмінієвої продукції є транспортне машинобудування, будівництво та пакувальні матеріали, сукупна доля яких у промислово розвинених країнах складає близько 70-80 % загального споживання алюмінію. Дещо менше алюміній використовується для виробництва споживчих товарів довгострокового споживання (3-6 %), в електротехнічній промисловості (4-8 %) та загальному машинобудуванні (6-12 %) [1].

За період з 1994 по 2004 роки споживання алюмінію в світі зросло в 1,5 рази та в 2003 р. досягло 27,44 млн. т [1].

Науково-технічний розвиток стимулює використання алюмінію у різноманітних сферах, що потребує вивчення та вдосконалення способів з'єднання деталей з алюмінію у вироби. Одним з ефективних, надійних та економічних способів є зварювання.

Мета статті

Метою даної роботи є проведення огляду літератури щодо тенденції світового ринку споживання алюмінію та його сплавів та визначення основних проблем зварювання, що гальмують поширення використання алюмінію та його сплавів.

Виклад основного матеріалу

Стану світового ринку алюмінію приділяється велика увага. Останніми роками ситуація на світовому ринку алюмінію розвивалася стабільно і цілком передбачувано. На рисунку 1 наведено темпи росту світового ринку споживання алюмінію за 1996-2004 рр.

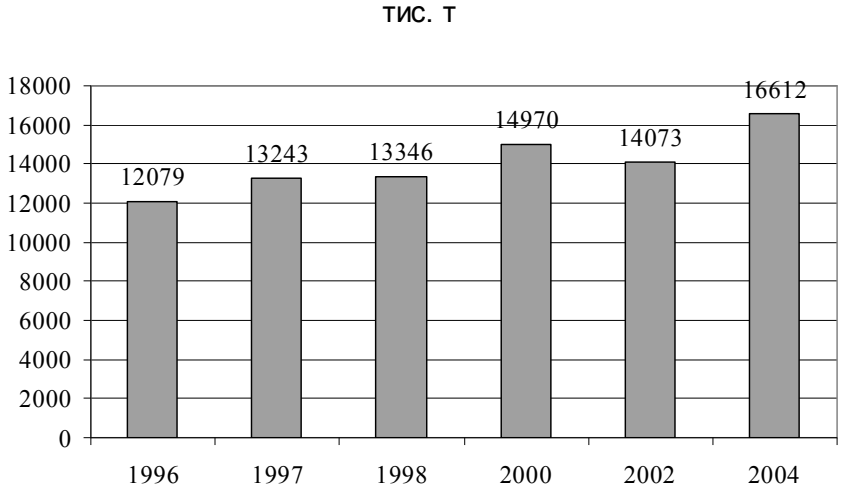


Рис. 1. Споживання алюмінію у світі у 1996 – 2004 рр. [1]

Як видно з представленого рисунку, постійно спостерігається поступова тенденція зростання споживання алюмінію.

В роботах [1] та [4] наведено дані про використання різними країнами алюмінію та його сплавів. На рисунку 2 представлений розподіл використання алюмінію у світі у 2008 році.

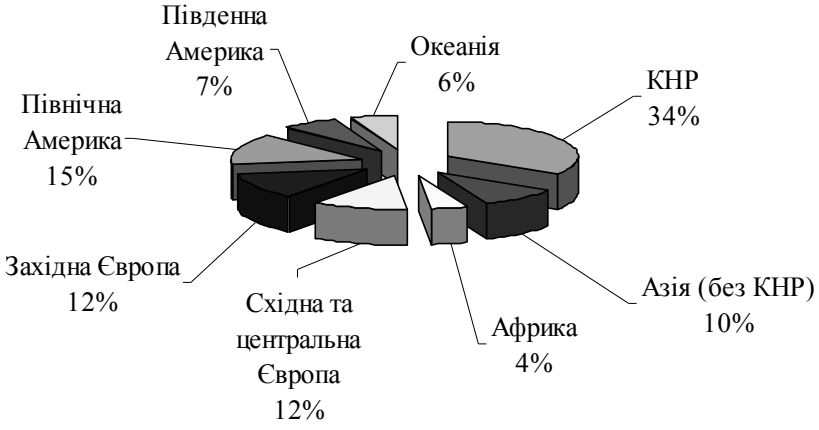


Рис. 2. Використання алюмінію та його сплавів у світі в 2008 році [1]

Стосовно кон'юнктури ринку, у роботі [1] визначається тенденція зростання споживання алюмінію у країнах, що володіють високим економічним потенціалом і розвивають традиційні металомісткі галузі промисловості (КНР, Індія, Республіка Корея).

На думку продуцентів алюмінію, споживання цього металу у світі в найближчому майбутньому повинне вирости не лише в Азії, але і в промислово розвинених країнах Заходу, в першу чергу в США. Науково-технічний прогрес надає все більше можливостей для використання алюмінію в таких раніше нетрадиційних секторах промисловості, як виробництво кузовів автомобілів, нових типів дротів для ліній електропередачі, нових видів упаковки, побутової техніки, будівництво та ін., де раніше застосовувалися інші матеріали, зокрема сталь, у тому числі нержавіюча і інструментальна, дерево, скло, пластмаси [1].

Аналізуючи узагальнений зарубіжний ринок споживання алюмінію, необхідно в першу чергу акцентувати увагу на стійкості його структури і відповідних об'ємів споживання. Зарубіжними експертами прийнято виділяти наступні області споживання алю-

мінію та його сплавів:

- споживчі товари;
- електротехніка;
- машини і устаткування;
- тара і упаковка;
- будівництво;
- транспорт та інші.

На рисунку 3 приведені дані за 2003 рік по структурі споживання алюмінію у провідних споживачів алюмінію в світі за даними World Metal Statistics [2]. Ця структура характерна для економіки розвинених капіталістичних країн, і, зрештою, до подібної структури споживання приходитимуть і економіки країн ринкових реформ, включаючи Україну. Значна частина використання алюмінію у транспортному машинобудуванні пов'язана з використанням його з метою зниження ваги автомобілів, що призводить до економії палива та зниження екологічної шкоди.

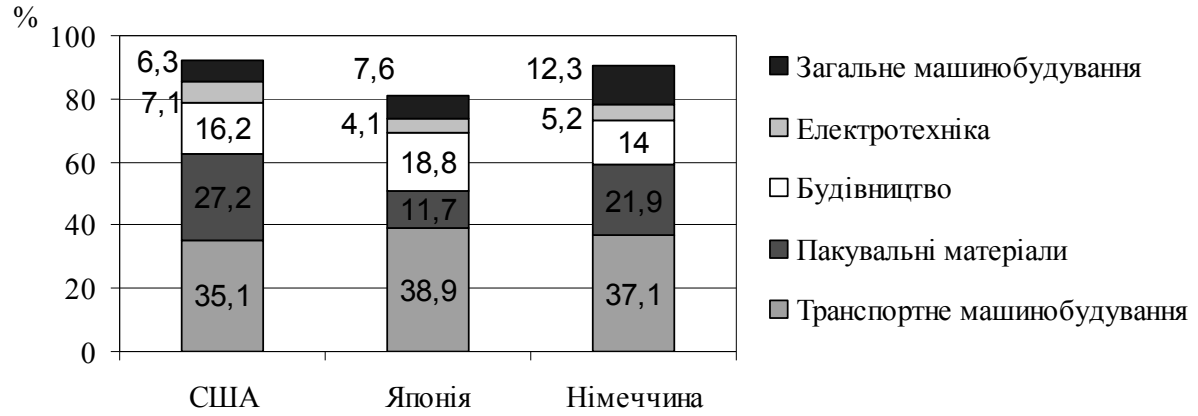


Рис. 3. Структура споживання алюмінію у 2003 році [2]

За даними [1] за останні 20 років суттєво зросла частка використання алюмінію та його сплавів у транспортному машинобудуванні. Крім того, в Японії та Німеччині значно збільшилося його споживання у виробництві тари і упаковки.

Споживання алюмінію відбувається двома основними способами:

- виготовлення виробів на основі алюмінію методами литва, для чого використовуються ливарні алюмінієві сплави;
- виготовлення виробів на основі алюмінію методами прокатування або пресування, для чого використовуються деформовані алюмінієві сплави.

В роботі [2] приведений відсотковий розподіл по галузях споживання ливарних та деформованих алюмінієвих сплавів. Зроблено висновок, що об'єми споживання ливарних та деформованих сплавів майже однакові, але при виготовленні упаковки та споживчих товарів в основному використовуються деформовані алюмінієві сплави.

На рисунку 4 представлена гістограма споживання алюмінію для ливарних сплавів, що деформуються, в Німеччині в 1998 році [2]. Ці дані вибрані як приклад тому, що в Німеччині дуже педантично ведеться статистика споживання алюмінію, а сама структура споживання характерна як для багатьох європейських країн, так і для США та Японії.

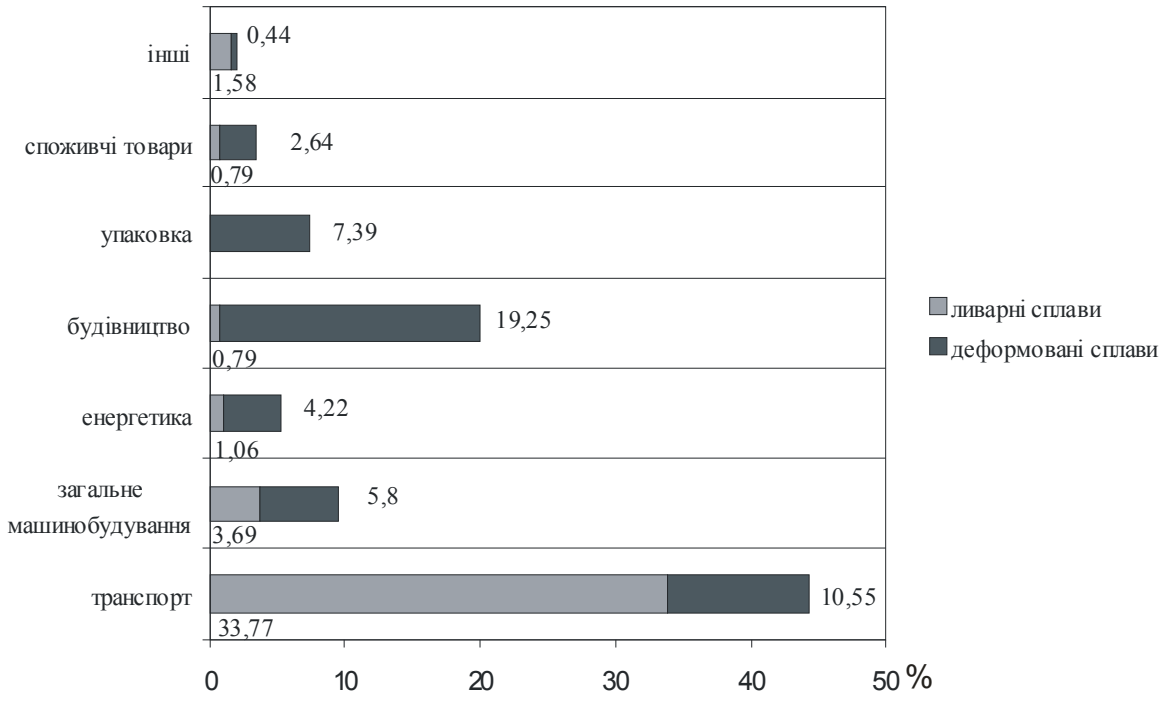


Рис. 4. Використання ливарних та деформованих алюмінієвих сплавів у Німеччині в 1998 році [2]

З представленого рисунку видно, що в основному ливарні сплави споживаються в транспортній галузі (33,8%), в загальному машинобудуванні (3,7%), енергетиці (1%). У будівництві, упаковці, споживчих товарах в основному споживаються сплави, що деформуються.

Із загального об'єму споживання алюмінію в Німеччині в 1998 р. 41,7% використовувалося для виготовлення ливарних сплавів і 58,3% для виготовлення сплавів, що деформувалися [2]. Для виготовлення виробів з деформованих алюмінієвих сплавів застосовують різні способи зварювання, тому є актуальним питання отримання якісних зварних з'єднань.

Способи зварювання алюмінію та його сплавів

Карасевим М.В. у роботі [3] проведена систематизація та узагальнення основних технологічних параметрів зварювання плавленням алюмінію та його сплавів, розглянутий вплив різних видів апаратурного оформлення процесу зварювання на властивості зварних з'єднань. Аргонодугове зварювання неплавким електродом на змінному струмі визнане найбільш поширеним у пострадянських країнах. Зроблено акцент на недостатній оснащеності виробництва прогресивною апаратурою.

Для алюмінію і його сплавів застосовують практично усі промислові способи зварювання плавленням. До них відносяться: ручне дугове зварювання покритими електродами або плавким електродом (оголеним алюмінієвим дротом в середовищі захисних газів), електродугове зварювання оголеним алюмінієвим дротом по шару флюсу, електродугове зварювання покритим електродом, електродугове зварювання вугільним електродом із застосуванням флюсу, газове зварювання (ацетиленокисневе, водневокисневе) із застосуванням флюсу, аргонодугове зварювання неплавким вольфрамовим електродом з подачею присадкового дроту, плазмове зварювання, напівавтоматичне зварювання в захисному газі (імпульсне напівавтоматичне зварювання, традиційне напівавтоматичне зварювання, напівавтоматичне зварювання з керованим масопереносом на інверторному джерелі живлення, напівавтоматичне зварювання на джерелах живлення з комбінованою вольт-амперною характеристикою). Такі види зварювання плав-

ленням, як автоматичне зварювання під шаром флюсу та газове зварювання, знаходять все рідше застосування.

Газове зварювання і дугове зварювання вугільними або графітовими електродами використовують рідко – для малонавантажених виробів з технічного алюмінію і термічно незміцнюваних сплавів невисокої міцності (наприклад, типу АМц). Ручне дугове зварювання алюмінієвих сплавів покритими електродами все більше витісняється зварюванням в середовищі інертних газів.

Аргонодугове зварювання неплавким вольфрамовим електродом з подачею присадкового дроту (TIG) – найбільш поширений спосіб зварювання, що застосовується для виготовлення зварних конструкцій з алюмінієвих сплавів відповідального призначення. Основною перевагою цього способу зварювання є відсутність шлакових включень, можливість роботи на малих струмах дуги (від 5 А), можливість зварювання тонких листів, включаючи фольгу, висока стійкість горіння дуги по всьому діапазону струмів, технологічність процесу [3].

Плазмове зварювання розглядається як подальший розвиток та вдосконалення аргонодугового зварювання вольфрамовим неплавким електродом. При плазмовому зварювання нагрів виконується стиснутою дугою. До переваг плазмового зварювання, крім технологічних, можна віднести відсутність вольфрамових включень в зварному з'єднанні, підвищену швидкість зварювання та мале вкладення тепла і, як наслідок, зниження короблення виробів.

Автоматичне дугове зварювання з використанням флюсів (напіввідкритою і закритою дугою) застосовується для великогабаритних конструкцій, а електрошлакове зварювання – для сплавів великої товщини.

При електронно-променевому зварюванні алюмінію і деяких його сплавів отримують шви, що мають високі механічні властивості [5].

Із способів зварювання в твердому стані використовуються зварювання тиском (холодне або з підігрівом), зварювання тертям, ультразвуком, а також паяння. В останні роки набуло поширення зварювання тертям з перемішуванням алюмінію та його сплавів. Дифузійне зварювання для алюмінію і особливо для його сплавів застосовується в обмежених масштабах, головним чином по причині труднощів у створенні особливо чистих поверхонь деталей, що з'єднуються, вільних від оксидних плівок.

Широко використовується контактне зварювання (точкове, стикове, шовне). Точкове зварювання алюмінію та його сплавів вимагає застосування зварювальних струмів високої щільності. Для запобігання розміцнення алюмінієвих сплавів використовуються жорсткі режими зварювання (короткочасні імпульси струму), а для кращого ущільнення ядра та, відповідно, запобігання утворення пор та тріщин в зварному з'єднанні використовується циклограма змінного зусилля з підвищеним тиском проковування [5].

На сучасному етапі розвитку промисловості все більше використовують нові композиційні матеріали. Однак, під час дії високих температур такі сплави змінюють структуру та втрачають свої властивості. У зв'язку з цим постає питання пошуку нових технологій зварювання алюмінієвих сплавів.

Основні проблеми зварюваності алюмінієвих сплавів

Зварюваність алюмінію та його сплавів визначається теплофізичними характеристиками, взаємодією з газами (особливо з киснем та воднем), схильністю до утворення кристалізаційних тріщин та особливостями литої та відпаленої структури [6].

До основних проблем при зварюванні алюмінію та його сплавів віднесені наступні [8]:

– наявність на поверхні тугоплавкого оксиду Al_2O_3 ($T_{пл}$=2050 ºС), що має більшу щільність (3850 кг/м^3), ніж алюміній (2700 кг/м^3), та перешкоджає сплавленню кромок, що зварюються, й сприяє забрудненню металу шва;

- різке падіння міцності при високих температурах, що призводить до руйнування (провалення) твердого металу частини кромок, що не розплавилися, під дією ваги зварювальної ванни;
- висока рідкотекучість алюмінію, що може призвести до витікання через корінь шва;
- великий коефіцієнт лінійного розширення та низький модуль пружності , що сприяє підвищенню схильності до короблення (рівень зварювальних деформацій у 1,5 – 2 рази вищий, ніж у стальних конструкцій);
- необхідність ретельної підготовки кромок та зварювальних матеріалів (хімічне очищення зварювального дроту, механічне очищення та знежирення кромок);
- підвищена розчинність газів у нагрітому металі та затримка їх в металі, що призводить до інтенсивної пористості і зниження міцності та пластичності металу;
- значна теплопровідність та питома теплоємність алюмінію, що вимагає використання потужних джерел тепла;
- схильність металу шва до утворення тріщин у зв'язку з грубою стовбчастою структурою металу шва та виділенням по межах зерен легкоплавких евтектик, а також розвиток напружень усадки в результаті високого ливарного усадження алюмінію (7 %).

Висновки

Спостерігається постійне зростання темпів споживання алюмінію у світі. При цьому визначено однакове співвідношення у структурі споживання ливарних та деформованих алюмінієвих сплавів.

Встановлено, що близько 40 % споживання алюмінієвих сплавів припадає на транспортне машинобудування, що пов'язане з перспективним використанням алюмінієвих сплавів для виготовлення деталей ходової частини автомобілів, дисків коліс та кузовів.

Визначені основні проблеми, що виникають при зварюванні, та пов'язані з властивостями алюмінію: наявність тугоплавкого оксиду Al_2O_3, великий коефіцієнт температурного розширення, великі теплопровідність та теплоємність і електропровідність, схильність металу шва до утворення тріщин, хімічна активність розплавленого металу.

Список літературних джерел

1. www.metaltorg.ru
2. www.alcorus.ru
3. www.ets-engineering.ru
4. Anders Norlin. A century of aluminium – a product of the future //A welding review published by Esab. Focus Aluminium, 2000. – № 2. – С. 31-33.
5. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов. – К.: Наукова думка, 1981. – 510 с.
6. Лашко Н.Ф., Лашко-Авакян С.В. Свариваемые легкие сплавы. – Л.: Судпромгиз, 1960. – 440 с.
7. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. – М.: Машиностроение, 1977. – 368 с.
8. www.russvarka.ru

УДК 621.311

Р.О. Буйний, канд. техн. наук
Б.О. Марич, інженер

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СТРУМІВ В ЕКРАНАХ ОДНОФАЗНИХ КАБЕЛІВ З ІЗОЛЯЦІЄЮ ІЗ ЗШИТОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ

Якісний аналіз існуючих методик розрахунку струмів у екранах однофазних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену дозволив запропонувати нову методику, що дає меншу похибку.

Вступ

В даний час, зростання електричних навантажень у великих містах України призводить до необхідності збільшення пропускної спроможності існуючих електричних мереж. Здійснити це можна за рахунок переходу на вищий клас напруги живлення електричних мереж, що викликає необхідність спорудження нових повітряних ліній, або ж за рахунок спорудження кабельних ліній електропередачі з використанням сучасних кабелів великого перерізу з ізоляцією із зшитого поліетилену. Такі кабелі, як правило, виготовляються одножильними і мають ряд переваг:

- підвищена пропускна спроможність, яка обумовлена більш високою допустимою температурою в робочому режимі;
- висока термічна стійкість при протіканні струмів короткого замикання;
- менша вага і зовнішній діаметр, що полегшує прокладку кабелів (особливо на складних ділянках кабельних трас);
- менший допустимий радіус вигину кабелів і великі будівельні довжини.

Екрани кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену виконані з міді і згідно [1] – повинні бути заземлені. Їх заземлення більш, ніж в одній точці, веде до появи у екранах в нормальному і аварійних режимах роботи, значних струмів, порівняних із струмом у жилі кабелю. Це призводить до зменшення пропускної здатності кабелю. Для вибору заходів по зменшенню струмів в екранах кабелів необхідно мати чіткий математичний апарат для розрахунку струмів в екранах.

Методи та результати

Спрощений розріз одножильного кабелю з ізоляцією із зшитого поліетилену зображений на рисунку 1.

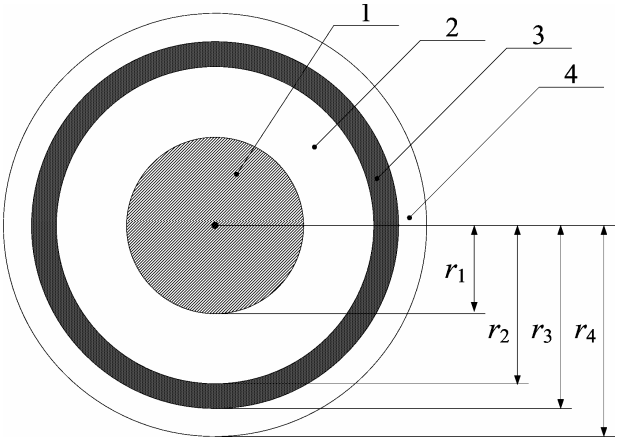


Рис. 1. Спрощена конструкція одножильного кабелю 6-330 кВ: 1 – струмопровідна жила; 2 – внутрішня ізоляція; 3 – екран; 4 – зовнішня ізоляція

На даний час не існує єдиної загальноприйнятої методики розрахунку струмів в екранах таких кабелів. З існуючих методик можна виділити наступні [2, 3].

Методика [2] використовує емпіричні і точні формули, що містять ряд істотних помилок в частині розрахунку власних і взаємних індуктивностей жил і екранів трифазної групи кабелів. Методика [3] має емпіричний характер, що призводить до істотних похибок в розрахунках, і складна для сприйняття. Це підтверджується відмінністю на 30-60 % розрахункових величин струмів в екранах від величин, отриманих дослідним шляхом. Тому виникає необхідність в розробці методики, яка забезпечувала б інженерну точність розрахунків струмів в екранах.

Розглянемо нормальний режим роботи трифазної групи кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену при заземленні екранів на початку і в кінці ділянки лінії електропередачі (ЛЕП) (рисунок 2). У нормальному режимі роботи струм, який протікає в лінії, повертатиметься назад в джерело двома шляхами:

– по землі – струм $I_З$;
– по екрану – струм I_E.

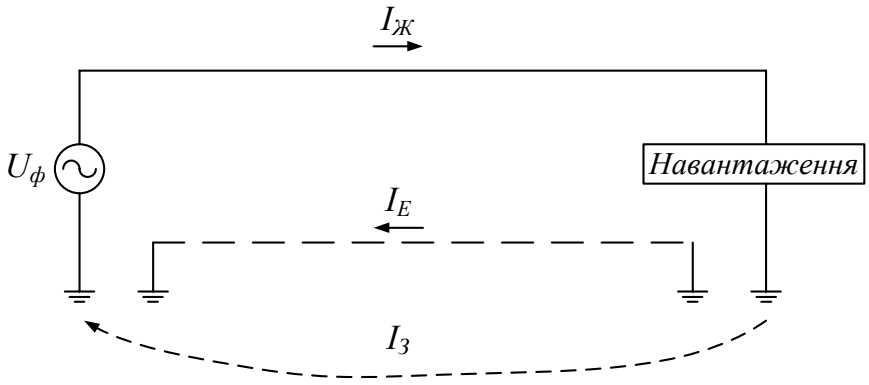


Рис. 2. Розподіл струмів в одному з кабелів трифазної групи

Оскільки екран виготовлений з міді, він має на порядок менший опір, ніж опір заземлення. Тому струмом, що протікає по землі, можна знехтувати. Схема заміщення однієї фази ділянки ЛЕП, що описує роботу трифазної кабельної групи, зображена на рисунку 3.

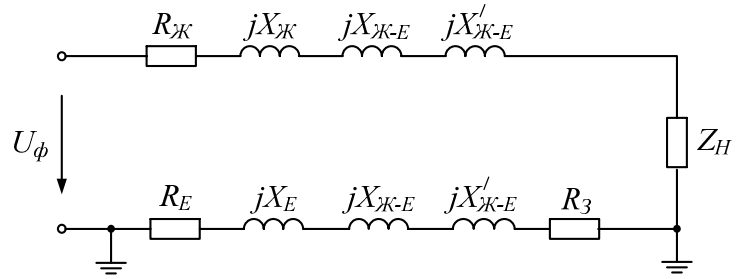


Рис. 3. Схема заміщення фази ділянки кабельної ЛЕП

У нормальному усталеному режимі струм жили $I_Ж$ створює падіння напруги:

– на власних активному $R_Ж$ та індуктивному $jX_Ж$ опорах жили;
– на взаємному опорі «екран-жила» кабелю – $X_{Ж-E}$ і опорах, що наводяться на даній жилі сусідніми кабелями, – $X'_{Ж-E}$.

Одночасно, струм екрану I_E створює падіння напруги:

– на активному опорі землі $R_З$;
– на власних активному R_E і індуктивному jX_E опорах екрану кабелю;
– на взаємному опорі «жила-екран» кабелю – $X_{Ж-E}$ і опорах, що наводяться на даному екрані сусідніми кабелями, – $X'_{Ж-E}$.

Погонні активні опори жил і екранів необхідно розраховувати за формулою:

$$R_0 = \frac{\rho}{S}, \qquad (1)$$

де ρ – питомий опір матеріалу жили (екрану) кабелю, Ом·мм^2/м; S – переріз жили (екрану) кабелю, м^2.

Погонний активний опір землі розраховується за формулою:

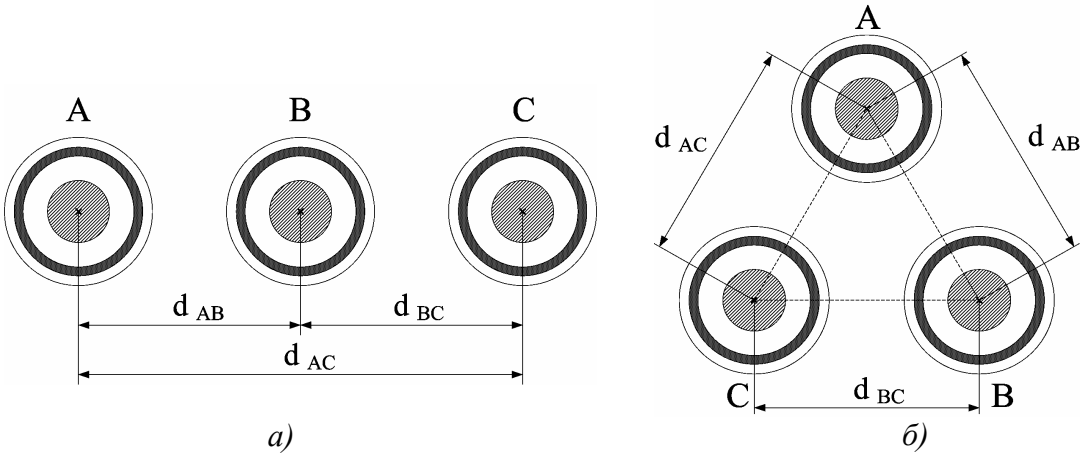
$$R_З = \frac{\pi}{4} \cdot \mu_0 \cdot f, \qquad (2)$$

де μ_0 – абсолютна магнітна проникність вакууму, Гн/м;

f – частота мережі живлення, Гц.

Під час розрахунку погонних реактивних опорів необхідно враховувати геометричне розташування фаз кабельної групи. Найбільшого поширення набули два способи прокладки кабелів: у ряд (рисунок 4, а) і у вершинах рівнобічного трикутника (рисунок 4, б).

Розрахунок власної індуктивності (коефіцієнта самоіндукції) жили (екрану) виконується згідно [4], розглядаючи два кабелі трифазної групи як зворотні до третього, у момент часу, коли струми другої і третьої фаз дорівнюють половині струму в першій.



а) у ряд («flat-formation»);
б) у вершинах рівнобічного трикутника («trefoil-formation»)
Рис. 4. Розташування фаз кабелів

Коефіцієнт самоіндукції жили кабелю L_{CP} для розташування фаз «trefoil-formation» визначається за формулою:

$$L_{CP} = \frac{1}{10} \cdot (4{,}6 \cdot lg\frac{d}{r} + 0{,}5), \qquad (3)$$

де d – відстань між осями струмопровідних жил, м;

r – радіус жили (екрану), м.

Для розташування фаз «flat-formation» погонний коефіцієнт самоіндукції середньої жили (екрану) розраховується за формулою (3), а для розташування «trefoil-formation» – за наступною формулою:

$$L_{KP} = \frac{1}{10} \cdot (4{,}6 \cdot lg\frac{d}{r} + 1{,}19). \qquad (4)$$

Погонний коефіцієнт взаємоіндукції між жилою і екраном $M_{ЖЕ}$ одного і того ж кабелю розраховується за формулою [5]:

$$M_{ЖЕ} = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot ln \frac{r_2}{r_1}, \quad (5)$$

де r_1 – радіус жили екрану, мм;

r_2 – внутрішній радіус екрану, мм.

Погонний коефіцієнт взаємоіндукції між жилою (екраном) і екраном (жилою) сусіднього кабелю розраховується за формулою:

$$M_K = \frac{1}{10} \cdot (4{,}6 \cdot lg \frac{2 \cdot L}{d} - 2), \quad (6)$$

де L – довжина заземленого з двох сторін екрану кабельної ЛЕП, м.

Для спрощення розрахунків струмів в екранах кабелів вводиться поняття середньогеометричної відстані:

$$s = \sqrt[3]{d_{AB} \cdot d_{BC} \cdot d_{AC}}. \quad (7)$$

Для розташування «flat-formation» вона складає $s \approx 1{,}26 \cdot d_{AB}$, а для «trefoil-formation» $s = d_{AB} = d_{BC} = d_{AC}$.

В цьому випадку у вищенаведені формули замість d необхідно підставляти s.

Розрахунок струмів в екранах кабелів трифазних кабельних груп при заземленні ділянки з обох кінців виконується, використовуючи відомі методи розрахунку лінійних електричних кіл [6].

Для схеми заміщення (рисунок 3) система рівнянь, складена згідно закону Ома для ділянки кола, матиме вигляд:

$$\left.\begin{aligned}
\Delta U_{ЖА} &= I_{ЖА} \cdot Z_Ж + I_{ЕА} \cdot Z_{ЖЕ} + (I_{ЖВ} + I_{ЕВ}) \cdot Z_K + (I_{ЖС} + I_{ЕС}) \cdot Z_K;\\
\Delta U_{ЖВ} &= I_{ЖВ} \cdot Z_Ж + I_{ЕВ} \cdot Z_{ЖЕ} + (I_{ЖА} + I_{ЕА}) \cdot Z_K + (I_{ЖС} + I_{ЕС}) \cdot Z_K;\\
\Delta U_{ЖС} &= I_{ЖС} \cdot Z_Ж + I_{ЕС} \cdot Z_{ЖЕ} + (I_{ЖВ} + I_{ЕВ}) \cdot Z_K + (I_{ЖА} + I_{ЕА}) \cdot Z_K;\\
\Delta U_{ЕА} &= I_{ЕА} \cdot Z_E + I_{ЖА} \cdot Z_{ЖЕ} + (I_{ЖВ} + I_{ЕВ}) \cdot Z_K + (I_{ЖС} + I_{ЕС}) \cdot Z_K;\\
\Delta U_{ЕВ} &= I_{ЕВ} \cdot Z_E + I_{ЖВ} \cdot Z_{ЖЕ} + (I_{ЖВ} + I_{ЕВ}) \cdot Z_K + (I_{ЖС} + I_{ЕС}) \cdot Z_K;\\
\Delta U_{ЕС} &= I_{ЕС} \cdot Z_E + I_{ЖС} \cdot Z_{ЖЕ} + (I_{ЖВ} + I_{ЕВ}) \cdot Z_K + (I_{ЖС} + I_{ЕС}) \cdot Z_K,
\end{aligned}\right\} \quad (8)$$

де $\Delta U_{ЖА}$, $\Delta U_{ЖВ}$, $\Delta U_{ЖС}$ – фазні падіння напруги, В;

$I_{ЖА}$, $I_{ЖВ}$, $I_{ЖС}$ – фазні струми, А;

$\Delta U_{ЕА}, \Delta U_{ЕВ}$, $\Delta U_{ЕС}$ – падіння напруги на екранах кабелів трифазної кабельної групи, В;

$I_{ЕА}$, $I_{ЕВ}$, $I_{ЕС}$ – струми в екранах кабелів трифазної кабельної групи, А;

$Z_Ж$, Z_E – повні опори жили та екрану кабелю, Ом;

$Z_{ЖЕ}$, Z_K – взаємні опори між жилою і екраном одного і того ж кабелю, і між жилою одного і екранами сусідніх кабелів, Ом.

Екрани кабелів трифазної кабельної групи заземлені з обох боків, тому: $\Delta U_{ЕА} = 0$, $\Delta U_{ЕВ} = 0$, $\Delta U_{ЕС} = 0$.

З урахуванням цього, розв'язком системи рівнянь (8) буде:

$$\left.\begin{aligned}
I_{ЕА} &= -\frac{Z_{ЖЕ} - Z_K}{Z_E - Z_K} \cdot I_{ЖА};\\
I_{ЕВ} &= -\frac{Z_{ЖЕ} - Z_K}{Z_E - Z_K} \cdot I_{ЖВ};\\
I_{ЕС} &= -\frac{Z_{ЖЕ} - Z_K}{Z_E - Z_K} \cdot I_{ЖС}.
\end{aligned}\right\} \quad (9)$$

Адекватність запропонованої методики підтверджується розбіжністю результатів, отриманих розрахунковим шляхом, з дослідними даними не більше 10%.

Висновки

Запропонована методика розрахунку струмів в екранах кабелів трифазних кабельних груп в нормальному режимі має меншу похибку в порівнянні з раніше відомими. Це дозволяє її застосовувати при оцінці ефективності різних способів зниження струмів в екранах кабелів (заземлення екранів по кінцях кабелю при великих протяжностях із застосуванням їх транспозиції; розземлення екранів із застосуванням нелінійних обмежувачів перенапруги тощо).

Список літературних джерел

1. Правила устройства электроустановок /Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.

2. Дмитриев М.В. Заземление экранов однофазных силовых кабелей 6-500 кВ. – СПб.: Завод энергозащитных устройств, 2008. – 54 с.

3. IEC 60287 – Electric cables. Calculation of the current rating.

4. Хрущов В.М. Электрические линии и сети. Линии электропередачи. – М.-Л.: Главная редакция энергетической литературы, 1935. – 308 с.

5. Говорков В.А. Электрические и магнитные поля. – М.: Энергия, 1968. – 488 с.

6. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. – М.: Госэнергоиздат, 1959. – 268 с.

УДК 620.9:65.012
Л.А. Варинская, канд. техн. наук

Запорожский национальный технический университет, м.Запоріжжя, Україна

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ВЕТРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Рассматриваются физические особенности использования энергии ветра для производства электроэнергии, а также конструкции специального оборудования, применяемого в ветроэнергетике. Указываются сравнительные стоимостные данные генерации в условиях электростанций разного типа и приводятся перспективы развития ветроэнергетики в Украине и Запорожском регионе. По данным опыта эксплуатации ветроэлектростанций в условиях зарубежных стран выполняется анализ недостатков ветроэнергетики и путей возможного их устранения.

Постановка проблемы

В Отраслевой программе энергоэффективности и энергосбережения на период до 2017 [1] года, составленной Министерством промышленности Украины, отмечено, что «останнім часом економіка України зіткнулася з проявами гострої енергетичної кризи. Причинами цього є …залежність від зовнішніх чинників, насамперед, практично монопольного надходження традиційних енергоносіїв з Росії, зростання цін на світовому ринку, обмеженість природних енергетичних ресурсів у земних надрах (за розрахунками експертів їх вистачить: нафти на 43 роки; газу на 56 років; урану на 30 років; вугілля на 170 років)… З огляду на вище означене, одним із стратегічних шляхів розв`язання проблемних питань у енергозабезпеченні України може стати використання нетрадиційних відновлюваних джерел». Поэтому целью данной статьи является анализ публикаций по проблемам ветроэнергетики, а также других информационных сообщений для оценки целесообразности применения данного способа генерации в условиях Украины.

Генеральный секретарь Глобального совета по ветроэнергетике (GWEC) Стив Сойер отметил: «Продолжающийся быстрый рост ветроэнергетики, несмотря на финансовый кризис и экономический спад, наблюдаемый в мире, является доказательством привлекательности, характерной для этой технологии. Она выражается в чистоте, надежности и быстроте ввода». Мировой ветроэнергетический рынок в 2009 году вырос на 31 %, добавив 37,5 ГВт новых мощностей. Суммарная установленная мощность ветроэнергетики мира достигла 157,9 ГВт. Установленная мощность ветроэнергетики Евросоюза в настоящее время достигла 74,767 МВт (64,719 МВт на конец 2008 года), что соответствует годовой выработке в 163 млрд. кВт•ч электроэнергии или 4,8 % электропотребления в ЕС. В число стран-лидеров Европы по новым установленным ветроэнергетическим мощностям за 2009 год вошли: Испания (24 % – 2459 МВт), Германия (19 % – 1917 МВт), Италия (11 % – 1114 МВт), Франция (11 % – 1088 МВт) и Великобритания (10 % – 1077 МВт), при этом европейским лидером в этом вопросе пока остается Германия [2].

В свою очередь, для привлечения инвесторов и оказания им государственной поддержки законодательными органами Украины были приняты следующие документы [3]: постановление НКРЭ от 15.01.2009 № 25 «*О внесении изменений в некоторые законы Украины относительно «зеленого» тарифа»* и Указ Президента *«О мерах по обеспечению деятельности Национальной комиссии по вопросам регулирования электроэнергетики Украины».* В соответствии с ними был установлен специальный коэффициент «зеленого» тарифа для электроэнергии, выработанной с использованием разных альтернативных источников, на который умножается обычный тариф для потребителей второго класса напряжения на январь 2009 года. В частности, для ветроэнергетики этот

коэффициент имеет три значения в зависимости от мощности источника энергии: 1,2 – до 600 кВт; 1,4 – от 600 кВт до 2000 кВт и 2,1 – свыше 2000 кВт. С 20 января 2009 года «зеленый» тариф на закупку электроэнергии из альтернативных источников на 2009 год утвержден на уровне 66,24 копейки за 1 кВт·ч (без НДС). Закон, помимо прочего, указывает, что участникам энергорынка запрещено отказывать производителям электроэнергии из альтернативных источников энергии в доступе к сетям.

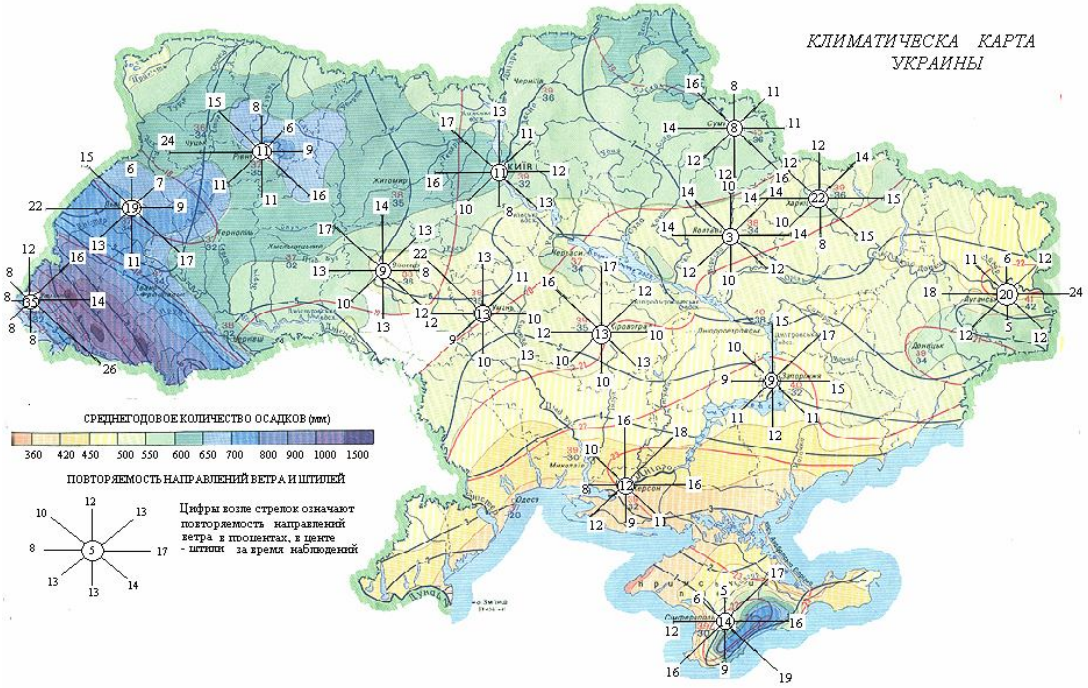


Рис. 1. Климатическая карта Украины

Над территорией Украины действию ветра почти нет препятствий, кроме района Карпат и Крымских гор. По климатической карте (рис. 1) возможно даже отметить определенную закономерность в *использовании ветра.* В январе, например, максимум времени использования энергии ветра наблюдается в приморской зоне, в южной степи и в Донбассе, где продолжительность работы ветрогенератора может предположительно достигать 24 дня, т.е. почти 600 ч в месяц. Эти районы, а также горные районы Карпат и Крыма характеризуются более высокими средними скоростями ветра по сравнению с другими районами Украины. Наименьшая эффективность использования ветровой энергии приходится на среднее течение Днепра и северо-западную часть Украины. Однако, на сегодняшний день по уровню освоения энергии ветра Украина находится на 21 месте в Европе (имеется семь промышленных ВЭС общей мощностью 89 МВт), а обследованный потенциал страны позволяет эффективно эксплуатировать ВЭС суммарной мощностью 16000 МВт. Эксперты утверждают, что это обеспечит ежегодную выработку 41,7 млрд. кВтч электроэнергии с одновременной экономией порядка 18 млрд. куб. м природного газа.

В Запорожском регионе потенциал использования энергии ветра настолько значительный, что, по мнению специалистов, позволит эксплуатировать 2077 двухмегаваттных ветрогенераторов. В распоряжении областной администрации имеется перспективный план сооружения к 2030 году воздушных электростанций (ВЭС) суммарной мощностью 3200 МВт. С учетом уже имеющейся в распоряжении электрической мощности (Запорожской атомной станции – 6000 МВт, Днепровской ГЭС – 1538,2 МВт и Запорожской ТЭС – 3600 МВт) – суммарная электроэнергетическая мощность запорожского края в будущем может составить величину, превышающую пятую часть оте-

чественной генерации. По сообщениям печати [4] ветер Молочного лимана Запорожской области уже через два года послужит украинской электроэнергетике. Французские специалисты намерены построить там 180 экологически чистых ветряных электростанций. Общая стоимость этого проекта – около семи миллиардов гривен. «Мы невероятно заинтересованы в развитии нашего проекта и ветроэнергетики в Запорожской области. Природные условия Молочного лимана идеально подходят для размещения большого количества ветряных электростанций. Мы надеемся, что наш проект станет толчком к развитию ветроэнергетики как в области, так и во всей Украине – ведь до 25 % потребностей страны в электричестве можно покрыть за счёт ветра», – рассказала сотрудница французской энергетической компании Ирэн Петерсон.

Однако, наряду с названными позитивными аспектами ветроэнергетика характеризуется некоторыми специфическими особенностями, которые определяются физической природой ветра и связаны с процессом непосредственной выработки электрической энергии с его помощью.

Основной материал статьи

Поскольку движущая сила ветра относится к маломощным *источникам энергии,* то по сравнению с потоком воды поток воздуха того же сечения и той же скорости имеет почти в 800 раз меньшую *энергию*. Кроме этого, величина *ветровой энергии* очень непостоянна даже на протяжении суток, не говоря уже о продолжительных промежутках времени. В течение же малых промежутков времени ветер дует порывами, которые следуют один за другим через несколько десятков секунд. Указанные особенности уменьшают *энергетическую эффективность ветра* при его практическом использовании, что определило необходимость в разработке особой конструкции приемников ветровой энергии, которая гарантировала бы им достаточную прочность и была бы проста в эксплуатации. Созданные с учетом приведенных факторов ветрогенераторы для разного типа потребителей предназначены, главным образом, преобразовывать кинетическую энергию воздушного потока, т.е. энергию ветра, в энергию электрическую, рассчитывать которую, в свою очередь, возможно, исходя из следующей зависимости [5]:

$$\mathrm{W} = P \times T = 0,5 \times rho \times S \times Cp \times V^3 \times Ng \times Nb \times T$$

где P – мощность, Вт; rho – плотность воздуха (примерно 1,225 кг/куб.м); S – площадь метания ротора; V – скорость ветра, м/с; Cp – аэродинамический коэффициент (теоретически 0,5); Ng – КПД генератора; Nb – КПД редуктора (если есть), T – время работы ветрогенератора, часы.

Значение электрической мощности конкретного ветрогенератора, в соответствии с приведенной формулой, пропорциональна кубу скорости ветра. Следовательно, мощность вертогенератора при слабом ветре очень мала, но с усилением ветра наблюдается ее резкое нарастание. Поэтому любая энергетическая система, использующая ветрогенератор в качестве источника электрической энергии, должна иметь стабилизирующее звено. В малых автономных системах роль такого звена обычно выполняет аккумуляторная батарея. Если мощность ветрогенератора больше мощности нагрузки, батарея заряжается. Если мощность нагрузки больше – батарея разряжается. Из этого следует важная особенность ветрогенератора как источника электрической мощности: если большинство источников других типов выбираются по пиковой нагрузке, ветрогенераторы следует выбирать, исходя из величины потребления электроэнергии за определенный промежуток времени. Мощность же пиковой нагрузки определит только мощность преобразователя.

Кроме средней скорости ветра, существуют более подробные вводные данные для оценки ветровых ресурсов, называемые параметрами Вейбулла, которые используются в практике проектирования ветропарков мощностью в десятки МВт. Однако, для проектов малой энергетики тратиться на такие исследования не целесообразно, т.к. по величине средней скорости ветра в месте установки ветрогенератора возможно укрупненно рассчитать ожидаемую выработку электрической энергии, а также определить характер нагрузки системы, для питания которой маломощные ветрогенераторы наиболее эффективны.

По мнению специалистов, применение маломощных ветрогенераторов выгодно в условиях, когда пиковая нагрузка электрической системы в несколько раз превышает нагрузку среднюю. Проиллюстрируем этот вывод на следующем примере [6]. На берегу моря, где средняя скорость ветра приближается к 6 м/с, построен домик, куда приезжает семья из трех человек на отдых. Электрооборудование включается только в выходные дни. За сутки среднее потребление достигает 15 кВтч (при этом пиковая нагрузка – до 3 кВт) и, следовательно, в месяц потребление энергии составит 120 кВтч (за четыре недели в субботу и в воскресенье). Покрыть такую потребность в электрической энергии при указанной скорости ветра поможет небольшой 700-Втный ветрогенератор. Однако, для аккумулирования энергии в течение пяти нежилых дней потребуется батарея большой емкости, и инвертор (который преобразовывает постоянное напряжение батареи в стандартное переменное) мощностью 3 кВт, чтобы обеспечить пиковые нагрузки.

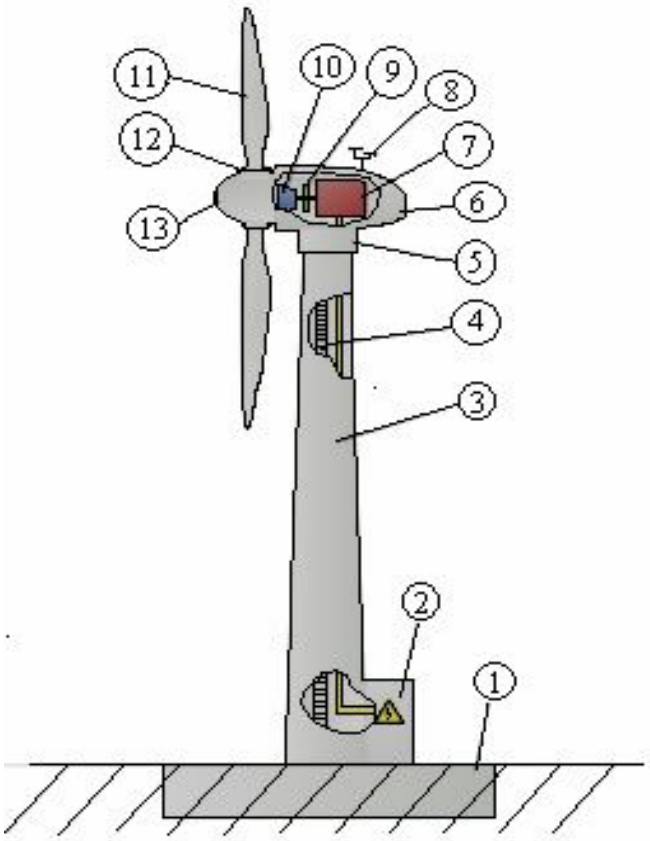
Второй пример. Имеется телекоммуникационный объект в местности со средней скоростью ветра 5 м/с, который постоянно потребляет в среднем 2 кВт электроэнергии, при этом пиковая нагрузка не превышает 3 кВт (аналогично ситуации первого примера). В данном случае величина потребления объекта в месяц равна1440 кВтч (2 кВт умножаем на количество часов в месяце 720). Чтобы при такой скорости ветра обеспечить выработку 1440 кВтч, нужен ветрогенератор мощностью 10 кВт, но работать он будет через аналогичный инвертор мощностью 3 кВт.

Третий пример применения ветрогенератора в быту для семьи, проживающей в городской квартире со средней электрической нагрузкой – 0,5 кВт (360 кВтч в месяц по счетчику). Пиковая нагрузка – 5 кВт, когда включена электроплита, стиральная машина, микроволновая печь и другие, менее мощные приборы. 5-кВтный ветрогенератор может обеспечить эти нужды при небольшой средней скорости ветра. При равномерной нагрузке электрической системы (например, затраты на отопление), когда круглосуточно работает только один отопительный прибор мощностью 1 кВт, потребуется в месяц 720 кВтч, которые ветрогенератор мощностью 5 кВт может обеспечить только в местности с хорошими ветровыми ресурсами (например, на берегу моря, в степи и т.д.).

Поскольку энергия, вырабатываемая ветрогенератом, кроме скорости ветра в значительной степени зависит от площади, заметаемой лопастями генератора, то крупные ветрогенераторы, например, с турбиной мощностью 3 МВт (марка V90) производства датской фирмы Vestas, имеют общую высоту 115 метров, при высоте башни 70 метров и диаметре лопастей 90 метров. Самые крупногабаритные в мире ветрогенераторы выпускает германская компания REpower (REpower Systems(нем.)). Диаметр ротора этой турбины 126 метров. Мощность таких установок доходит до 5 МВт, вес гондолы − 200 тонн, высота башни – 120 м (схема рис. 2).

Наиболее перспективными местами для производства энергии из ветра считаются прибрежные зоны. В море, на расстоянии 10-12 км от берега (а иногда и дальше) строятся офшорные фермы. Башни ветрогенераторов устанавливают на фундаменты из свай, забитых на глубину до 30 метров. Могут использоваться и другие типы подводных фундаментов, а также плавающие основания.

Несмотря на всю свою кажущуюся «бесплатность», энергия ветра – пока не самое доступное удовольствие. Современным ветряным электростанциям трудно соперничать с такими традиционными источниками тепла и электричества, как атомные или газовые электростанции. В самом лучшем случае стоимость ветряной установки из расчёта на один мегаватт электрической мощности может быть почти в полтора раза дороже постройки газовой установки такой же мощности (данные табл. 1, 2).



1 – фундамент
2 – силовой шкаф, включающий силовые контакторы и цепи управления
3 – башня
4 – лестница
5 – поворотный механизм
6 – гондола
7 – электрический генератор
8 – система слежения за направлением и скоростью ветра (анемометр)
9 – тормозная система
10 – трансмиссия
11 – лопасти
12 – система изменения угла атаки лопасти
13 – колпак ротора
Система пожаротушения. Телекоммуникационная система
для передачи данных о работе ветрогенератора. Система молниезащиты.

Рис. 2. Общий вид крупного ветрогенератора, установленного на фундаменте [7]

Таблица 1

Технико-экономические показатели создания электрических станций разного типа [8]

Показатель	Комбинированная (газ +твер. топливо) станция	Прибрежная ветровая станция	Оффшорная ветровая станция
Суммарно допустимая мощность станции (МВт)	786 – на одну установку	24 (12 по 2 МВт)	94 (26 по 3,6 МВт)
Чистая мощность для выработки (МВт)	-	21	84
Коэффициент испол. мощности	-	35	35
Экономически оправданная продолжительность использования (годы)	25	20	20
Продолжительность строительства (годы)	2	2	2
Общая эффективность, %	58	Не/опр	Не/опр
Удельные капиталовложения (£/кВт)	300	740 (в перспективе - 630)	920 (в перспективе-780)
Ежегодные удельные эксплуатационные затраты (£/кВт)	25	24	57

Таблица 2

Структура стоимости генерации 1 кВт часа в условиях электрических станций разного типа (пенс/кВтч); в числителе указано текущее значение затрат, в знаменателе – перспективное [8]

Направление затрат	Комбинированная (газ +твер. топливо) станция	Прибрежная ветровая станция	Оффшорная ветровая станция
Капитальные затраты	0,36/0,36	2,78/2,36	3,44/2,92
Топливо	1,53/1,47	0,00/0,00	0,00/0,00
Эмиссия углерода	0,37/0,35	0,00/0,00	0,00/0,00
Эксплуатация и обслуживание	0,14/0,14	0,49/0,42	1,70/1,45
Накладные расходы	0,18/0,18	0,41/0,41	0,38/0,38
Резерв генерации	0,00/0,00	1,67/1,58	1,67/1,58
Итог	2,57/2,50	5,35/4,78	7,19/6,34

Один из наиболее весомых доводов в пользу массового внедрения промышленных ВЭС сводится к их экологическим преимуществам. Но опыт стран, длительно эксплуатирующих ВЭС, свидетельствует о наличии некоторых существенных недостатков ветрогенерации. Так, металлические конструкции ВЭС, особенно вращающиеся лопасти, могут вызывать помехи в приеме теле- и радиосигналов, и чем крупнее ветроустановка, тем помехи сильнее. Весьма неутешительные результаты сообщают британские медики относительно состояния здоровья людей, живущих недалеко от ветротурбин: жители этих мест часто страдают головными болями, депрессиями и бессонницей.

На территории Украины размещение промышленных ветроэлектростанций планируется в зонах, считающихся эталонами степных ландшафтов и биоценозов. Помимо нескольких видов краснокнижных растений и животных, здесь размещены гнездовья и

проходят маршруты постоянной миграции перелетных птиц, а также располагается курортная зона с десятками санаториев, пансионатов, баз отдыха, детских оздоровительных учреждений.

Следует подчеркнуть, что строительство новых мощностей генерации в Украине само по себе не решает проблему энергоснабжения. Так, в стране имеется 22,7 тыс. км магистральных электрических сетей, по которым электроэнергия доходит к потребителю, но их состояние из года в год ухудшается, поскольку свыше трети воздушных линий электропередач напряжением 220-330 кВ эксплуатируется более 40 лет, а 63 % нуждаются в реконструкции. Кроме этого, около 80 % основного оборудования трансформаторных электроподстанций выработало расчетный технический ресурс, поэтому потери электроэнергии в сетях, например, по данным на 2005 год по Украине, составили 25,035 млрд. кВтч или 14,7 % от общего объема поступлений электроэнергии в сеть.

Потенциальные инвесторы строительства ВЭС, вероятнее всего, не планируют вкладывать деньги в развитие и реконструкцию электросетей, поскольку такие комплексные проекты могут оказаться нерентабельными. Для Великобритании, например, возведение в прибрежных зонах ветряных электростанций резко увеличило расходы на ветроэнергетику за счет строительства дополнительных линий электропередач.

Также негативным моментом для Украины от строительства дополнительных мощностей ВЭС при одновременном сокращении электропотребления за счет спада промышленного производства может явиться возможная дестабилизация единой энергосистемы страны, которая приведет к остановке предприятий традиционной генерации. Тогда резонно возникает вопрос, а стоит ли тратить миллиарды гривен на ввод новых мощностей, которые затем необходимо будет останавливать? Не лучше ли модернизировать предприятия базовой генерации (например, ТЭС) за счет установки фильтров или реконструировать электрические сети?

Конечно, в отличие от урана, мазута или газа ветер не имеет цены, но характеризуется другими специфическими недостатками, как то: рассеянность в пространстве и непредсказуемость по направлению, поэтому без детального изучения потоков, без оптимизации размещения ветропарков их строительство преждевременно. Но даже при качественно выполненном проекте, он все равно не устранит проблему, связанную с избытком энергии в ветреную погоду и ее дефицитом при безветрии. Следовательно, без помощи резервных мощностей традиционной генерации (ГЭС, ГАЭС, ТЭС) эксплуатация ВЭС не обойдется, а это приведет к необходимости дополнительных затрат.

Одним из путей устранения недостатков ветрогенерации и более эффективного получения электроэнергии, по мнению специалистов, является целесообразное комбинирование в одной системе ветрогенератора и солнечных батарей. Подобные гибридные системы обеспечивают более высокую производительность выработки электроэнергии и обладают более стабильными параметрами в отличие от систем, генерирующих электроэнергию от одного альтернативного источника. Популярными в наше время являются ветросолнечные гибридные системы, состоящие из *ветрогенератора* и *фотоэлектрических модулей*.

Для наглядного представления механизма преобразования энергии ветра и солнца в электроэнергию на рис. 3 [9] приведена схема ветросолнечной системы (ВСЭС), установленной в 2005 году на о. Тендровская коса для энергообеспечения маяка и бытовых потребителей.

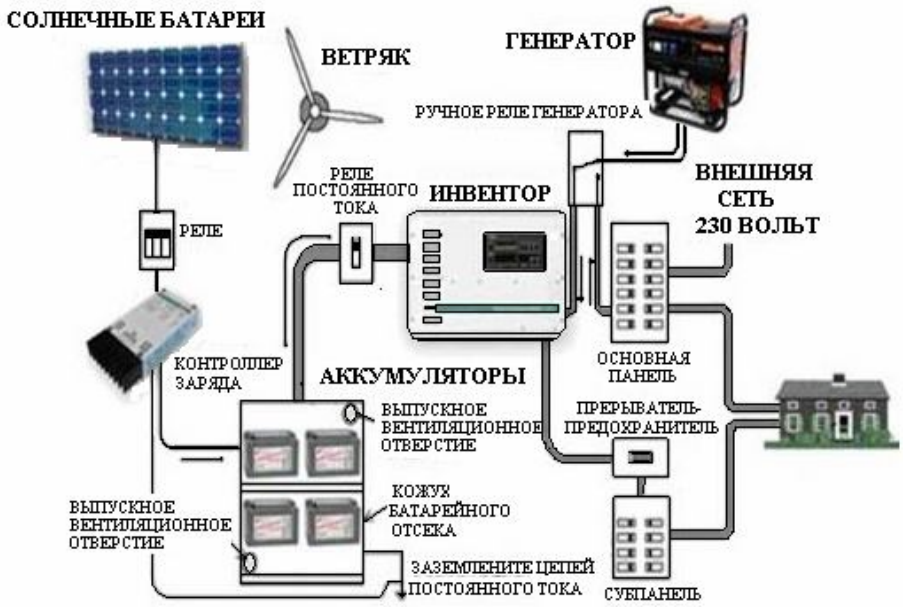


Рис.3. Схема ветросолнечной электрической системы (ВСЭС)

Ветросолнечная система предназначена для зарядки аккумуляторных батарей на Тендровском маяке, питания ламп маяка и бытовых потребителей электроэнергией стандартных параметров за счет превращения кинетической энергии ветра и энергии солнечного излучения в электрический вид энергии. Работает ВСЭС следующим образом: при наличии достаточной скорости ветра (свыше 2,5 м/с) и/или достаточной интенсивности солнечного излучения ВЭУ и ФЭБ генерирует электроэнергию напряжением 110 В постоянного тока. Эта энергия поступает на входы соответствующих контроллеров заряда АБ. В контроллерах она преобразуется в токи в соответствии с зарядными вольтамперными характеристиками АБ. Происходит заряд АБ. Энергия с АБ поступает на нагрузки маяка (-110В) и на входы трех инверторов, где превращается в напряжение стандартных параметров (~220В, 50 Гц) для питания бытовых нагрузок маяка.

В состав оборудования, установленного на Тендровском маяке, входит:

- ветроэлектрическая установка ВЭУ-075 (ВЭУ) - 3 шт.
- фотоэлектрические батареи ISOFOTON (ФЭБ) - 9 шт.
- контроллер заряда на 5 входов (один резервный) - 1 шт.
- инвертор - 3 шт.
- аккумуляторные батареи 6 ст-200 (АБ) - 18 шт.
- устройства коммутации, кабеля, наконечники и т.д.

Номинальная мощность установленного оборудования – 4,5 кВт.

Выводы

1. В соответствии с концепцией энергетической политики Украины на период до 2020 года одним из стратегических путей энергообеспечения страны может стать использование нетрадиционных источников энергии и, в частности, ветроэнергетики.

2. Темпы прироста ветроэнергетических мощностей в мире свидетельствуют, что данная технология пользуется популярностью. Так, мировой ветроэнергетический рынок в 2009 году вырос на 31%, добавив 37,5 ГВт новых мощностей. Главное преимущество ветроэнергетики заключается в чистоте, надежности и быстроте ввода мощностей.

3. Украина и, в частности, Запорожский регион, располагает достаточным «ветровым» потенциалом для строительства воздушных электрических станций.

4. Главная особенность ветрогенерирующей технологии определяется физической природой ветра как альтернативного источника энергии: непостоянством его величины и малой мощностью.

5. Выбор маломощного ветрогенератора осуществляется не по пиковой нагрузке системы, а по величине предполагаемого энергопотребления, при этом наиболее целесообразно использовать маломощные ветрогенераторы в быту, когда пиковая нагрузка системы в несколько раз превышает среднюю электрическую нагрузку.

6. Стоимость ветряной установки из расчёта на один мегаватт электрической мощности может быть почти в полтора раза дороже постройки газовой установки такой же мощности.

7. Опыт стран, длительно эксплуатирующих крупные ветрогенераторы (или целые станции), свидетельствует, что в местах установки ветрогенераторов возникали проблемы радио- и телекоммукационного, медицинского и природного характера, что существенно снижает привлекательность ветроэнергетики.

8. Для Украины в условиях снижения промышленного производства и значительной изношенности магистральных сетей и подстанций ввод в эксплуатацию дополнительных электрических мощностей в виде ВЭС не является целесообразным и сопряжено с целым рядом негативных моментов: возможной дестабилизацией единой энергосистемы страны, что может привести к вынужденной остановке предприятий электрогенерации.

Одним из путей устранения недостатков ветрогенерации может явиться целесообразное комбинирование в одной системе нескольких альтернативных источников разного типа, например, ветрогенератора и фотоэлектрических модулей.

Список литературных источников

1. Саприкин В. «О концепции государственной энергетической политики Украины на период до 2020 года» //Жур. «Зеркало недели» № 8, 2001: http://www.zn.ua/2000/2200

2. Рынок альтернативной энергетики. //РосБизнесКонсалтинг (РБК), 02.12.2008 – 156 с.

3. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу. http://viter.com.ua/zakon-ukrainy-pro-zeleniy-tarif-147.htm, от 08.04.2009

4. Франция приструнила украинский ветер. http://www.altenergo.info. от 02.04.2010.

5. Выбор ветрогенератора. http://viter.com.ua/vybor-vetrogeneratora-209.htm, от 01.05.2009.

6. Энергия ветра и солнца в Украине: практический пример. http://viter.com.ua/energiya-vetra-i-solnca-v-ukraine-prakticheskij-primer-190.htm, от 24.04.2009

7. Строение промышленного ветрогенератора. http://viter.com.ua/stroenie-promyshlennogo-vetrogeneratora-180.htm, от 18.04.2009

8. Стоимость генерации. Отчет Королевской Инженерной Академии Великобритании. http://www.country guardian.net/generation_costs_report2.pdf

9. Использование ветрогенераторов на Украине. http://viter.com.ua/ispolzovanie-vetrogeneratorov-v-ukraine-95.htm, от 28.03.2009

УДК 621.311

А.І. Замулко, канд. техн. наук
Ю.В. Солоха

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Я.В. Бовкун

Український науково-дослідний, проектно-вишукувальний та конструкторсько-технологічний інститут «Укрсільенергопроект», м. Київ, Україна

ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ УКРАЇНИ

Обґрунтовано необхідність розробки схем перспективного розвитку електричних мереж електропередавальних організацій як основи для формування інвестиційних програм та забезпечення надійного електропостачання споживачів України.

Постановка проблеми

В умовах фізичної та моральної зношеності електричних мереж України, зміни структури електроспоживання та прогнозованого поступового зростання обсягів споживання електричної енергії усіма групами споживачів виникають питання відновлення електричних мереж електропередавальних організацій, підвищення ефективності їх функціонування та забезпечення можливості поетапного перспективного розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Загальна оцінка технічного стану об’єктів електричних мереж електропередавальних організацій була представлена у Програмі розвитку [1], в якій, зокрема, зосереджується увага на проблемах старіння основних фондів і зниженні надійності електропостачання споживачів. Водночас у Програмі передбачено перелік робіт по відтворенню основних фондів електричних мереж електропередавальних організацій. При цьому не всі постачальники мають конкретні схеми перспективного розвитку, які були б основою для обґрунтування доцільності нового будівництва, реконструкції та технічного переоснащення об’єктів електричних мереж.

Процес планування розвитку мереж детально розглядається у Кодексі магістральних електричних мереж України, активна розробка якого ведеться починаючи з 2009 року. Для розподільчих електричних мереж це питання все ще залишається відкритим. Крім того, основним джерелом забезпечення розвитку електричних мереж електропередавальних організацій є інвестиційні програми, які щороку складаються постачальниками відповідно до постанови Національної комісії регулювання електроенергетики України [2]. Оскільки капіталовкладення, передбачені інвестиційною програмою на розвиток розподільчих електричних мереж включаються до структури тарифів на електричну енергію, їх обсяги обмежені. При цьому, економічні стимули для здійснення довгострокових капіталовкладень за рахунок інших джерел інвестування у розвиток розподільчих електричних мереж недостатні. Тож на практиці часто модернізація та розвиток розподільчих електричних мереж зводиться до «латання дірок» - усунення вже наявних пошкоджень та недоліків.

Ефективність функціонування розподільчих електричних мереж є основним параметром, за яким визначається ефективність діяльності самих електропередавальних організацій – ліцензіатів з постачання електричної енергії. Про недоліки у роботі ліцензіатів щодо забезпечення належної експлуатації та розвитку розподільчих електричних мереж свідчать високий рівень втрат електроенергії на її транспортування, значна кількість

технологічних порушень та недовідпуску електричної енергії, невиконання затверджених інвестиційних програм.

За даними річного звіту НКРЕ [3] величина загальних технологічних витрат електроенергії по електропередавальним організаціям України склала 17,8 млрд. кВт·год. або 11,24 % від обсягу електроенергії, що надійшла в мережу. При цьому, значення технологічних витрат електроенергії на її передачу електричними мережами нормуються по кожній електропередавальній організації відповідно до діючого нормативного документу ГНД 34.09.104-2003 [4]. Та, незважаючи на дещо завищений рівень встановленого нормативу [5], по ряду електропередавальних організацій фактичне значення технологічних витрат перевищує нормативне (рис. 1).

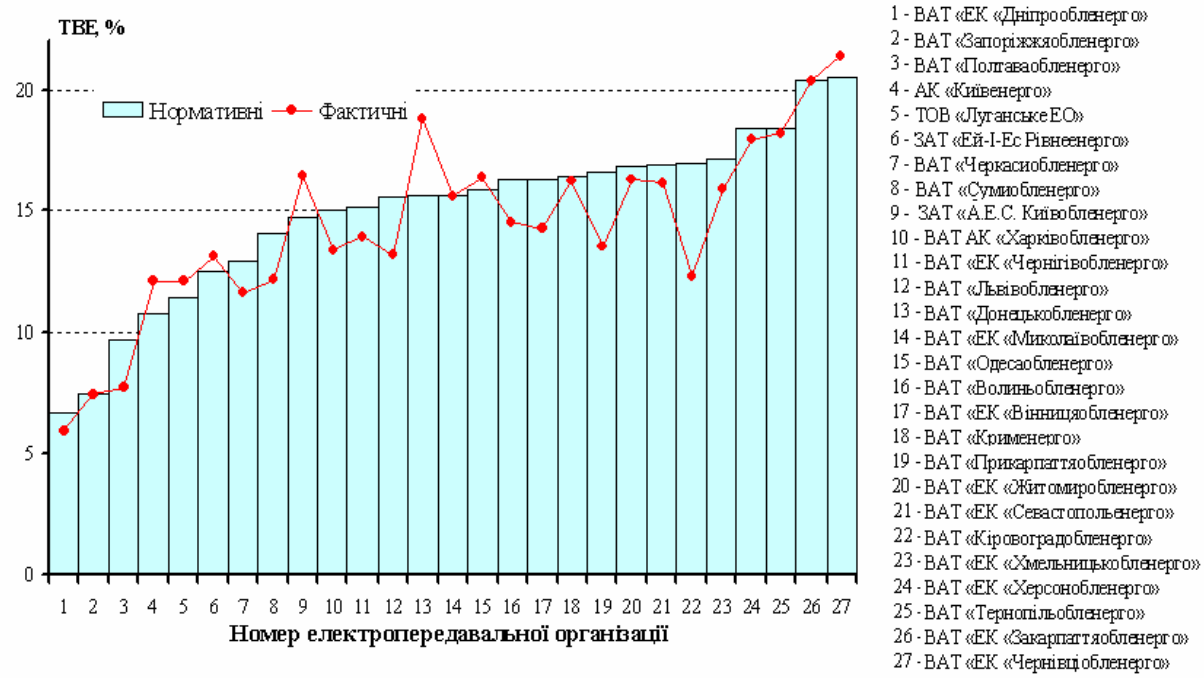


Рис. 1. Нормативні та фактичні втрати електроенергії по енергопостачальним компаніям України

Щодо оцінки надійності електропостачання, то в розподільчих електричних мережах електропередавальних організацій України у 2009 році сталося близько 165 тис. технологічних порушень. Кількість недовідпущеної споживачам електричної енергії склала 49 млн. кВт·год. [6]. Найбільша кількість технологічних порушень та недовідпуску електроенергії у 2009 році сталася в електричних мережах ВАТ «Донецькобленерго» (19,4 тис. порушень, 6,5 млн. кВт·год. недовідпуску) та ЗАТ «А.Е.С. Київобленерго» (14,5 тис. порушень та 14,5 млн. кВт·год. недовідпуску). У порівнянні з 2008 роком кількість технологічних порушень по електропередавальним організаціям України збільшилась на 30 %, недовідпуск електричної енергії зріс на 24 %.

Стосовно виконання інвестиційних програм, то за результатами діяльності електропередавальних організацій у 2009 році, цей показник склав 87,3 %, а саме, при плані 2,4 млрд. грн., освоєно суму 2,1 млрд. грн. [6].

Постановка завдання

Метою даної роботи є напрацювання пропозицій щодо планування розвитку розподільних електричних мереж для забезпечення надійного електропостачання споживачів електричної енергії та підвищення ефективності функціонування електропередавальних організацій України.

Виклад основного матеріалу дослідження

Першочерговим завданням для забезпечення підвищення ефективності функціонування розподільчих електричних мереж є виділення низки основних причин зростання втрат електроенергії на її транспортування та визначення переліку можливих заходів щодо їх зниження (рис. 2). Слід зазначити, що ефективна реалізація цих заходів можлива лише за комплексного підходу.

Рис. 2. Аналіз причин зростання втрат електроенергії та можливостей щодо їх зниження

Усі ці питання (рис. 2) необхідно враховувати при плануванні перспективного розвитку електричних мереж. При цьому одним з важливих питань є забезпечення нормативного рівня надійності електропостачання, яке часто веде за собою значне здороження запроектованої схеми. Водночас, необхідно змусити постачальників виконувати правило безумовного пріоритету надійності електропостачання над короткостроковими комерційними цілями [7]. Тому процес планування перспективного розвитку розподільчих електричних мереж потребує державного регулювання, як мінімум на рівні Міністерства палива та енергетики України та НКРЕ, а реалізація цього комплексного підходу може бути передбачена Схемами перспективного розвитку розподільчих електричних мереж. Нажаль, на сьогоднішній день процес планування знаходиться повністю в межах компетенції електропередавальних організацій, а в умовах розгортання приватизаційних процесів в галузі це може призвести до подальшого загострення ситуації з розвитком електричних мереж. Крім того, залишається недостатньо врегульованим питання нормативно-правового та нормативного-технічного супроводження формування Схем перспективного розвитку.

Необхідно зауважити, що Схеми перспективного розвитку розподільчих електричних мереж розробляються на період 5 років, у них обґрунтовуються та визначаються:

- ✓ перспективні електричні навантаження та коефіцієнти зростання цих навантажень;

- ✓ технічні рішення щодо підвищення пропускної здатності електричних мереж;
- ✓ принципи, технічні та схемні рішення підвищення керованості, надійності функціонування, ефективності та безпечної експлуатації розподільних електричних мереж;
- ✓ технічні параметри об'єктів електромереж, що передбачені у планах нового будівництва, розширення, реконструкції та технічного переоснащення, в тому числі розташування нових ліній електропередач та підстанцій;
- ✓ послідовність та черговість нового будівництва та реконструкції;
- ✓ доцільність переведення діючих електричних мереж на більш високий клас напруги, тощо.

Протягом останніх років УНДПВКТІ «Укрсільенергопроект» було розроблено ряд схем перспективного розвитку розподільчих електричних мереж електропередавальних організацій. Для прикладу можна розглянути схему розбудови електричних мереж міста Чернігова (рис. 3), виконану на замовлення ВАТ «ЕК «Чернігівобленерго».

Основні принципи планування розвитку розподільчих електричних мереж, які покладено в основу виконання цієї роботи, наступні:

- забезпечення надійного та економічного функціонування електричних мереж шляхом раціонального поєднання нових елементів з діючими при перспективному рівні електричних навантажень;
- передбачення можливості забезпечення електроенергією усіх споживачів території, що розглядається, не залежно від їхньої відомчої належності і форми власності;
- гнучкість схеми електричної мережі з збереженням намічених тенденцій її розвитку при незначних відхиленнях від прогнозованих рівнів навантаження.

При формуванні Схеми перспективного розвитку враховувалися значний розвиток житлового будівництва та інфраструктури міста привів до зростання навантаження в центральній частині міста, де застарілі електричні мережі 10 кВ були не в змозі забезпечити електропередачу. Завантаження трансформаторів підстанції 35/10 кВ «Ялівщина», що розташована в центрі міста і експлуатується з 1963 року, в зимові максимуми досягало 90 %. Крім того, передбачалося збільшення навантаження центральної частини міста на прогнозний період в 1,5 рази. На рис. 3 позначено території міста, що підлягають розбудові.

Розглядалося два варіанти покриття зростаючих навантажень:

1. Будівництво живлячих та розподільних мереж 10 кВ від існуючих підстанцій з вищою напругою 110 кВ;

2. Підведення електричної енергії на ступенях вищої напруги до центрів навантаження з найменшою кількістю ступенів проміжної трансформації – будівництво підстанцій 35/0,4 кВ.

Обидва шляхи в умовах існуючої забудови центру міста здійснювати досить складно. Але застосування системи підведення високої напруги дає можливість підвищити надійність електропостачання та скоротити втрати електроенергії в мережі. За результатами техніко-економічних розрахунків було обрано другий варіант.

Поруч з енергоємними споживачами намічалося будівництво чотирьох розподільчих пунктів, розрахованих на приєднання в середньому п'яти двотрансформаторних підстанцій 35/0,4 кВ. Живлення розподільчих пунктів організовували кабельними лініями безпосередньо від центрів живлення. Для реалізації намічених заходів необхідно виконати реконструкцію підстанції 110/10 кВ «Придеснянська», а саме будівництво крила 35 кВ, і реконструкцію підстанцій 35 кВ «Ялівщина» та «Центральна» в частині розширення ввідно-розподільчого пристрою 35 кВ.

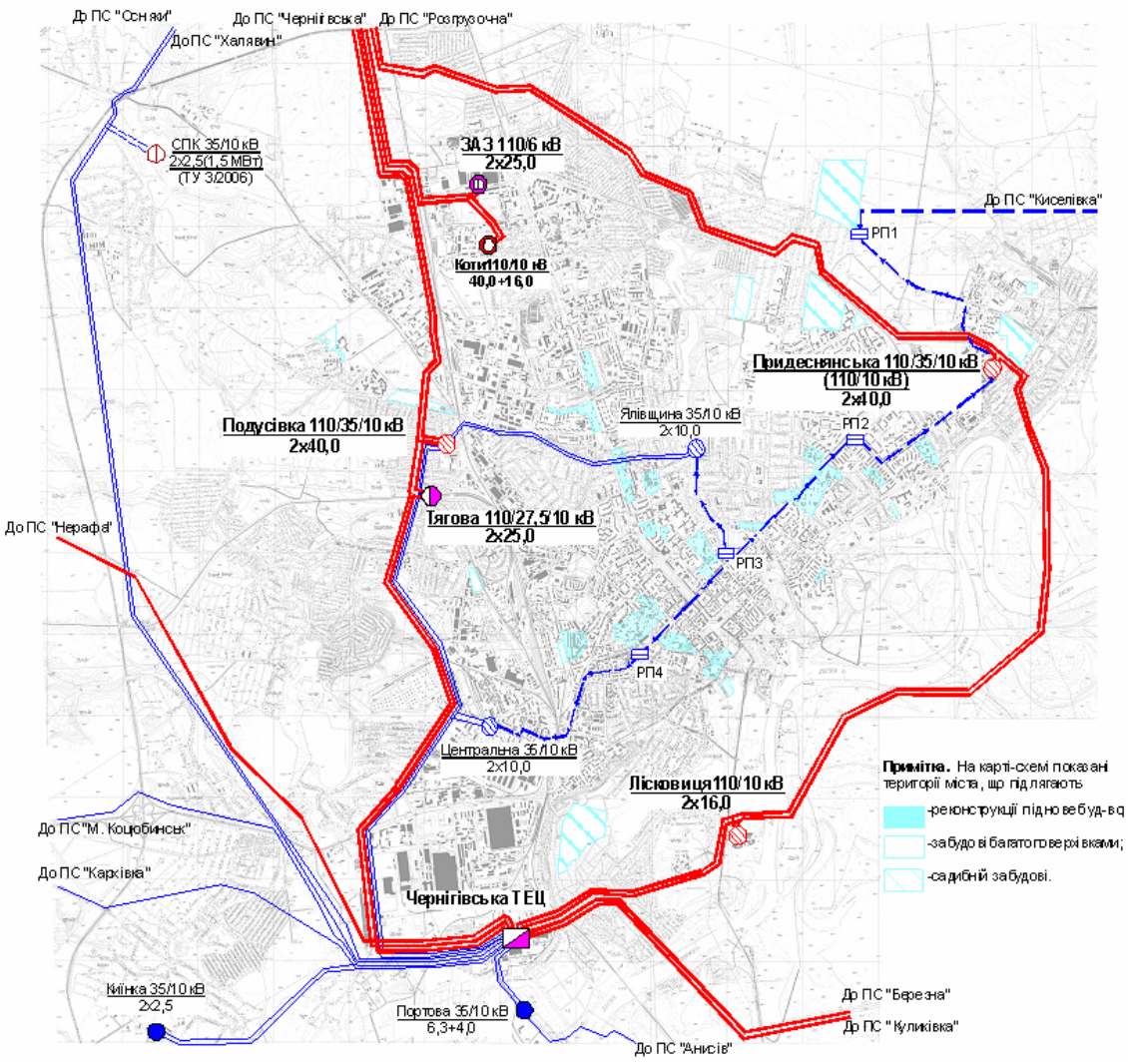


Рис.3. Карта-схема розбудови електричних мереж м. Чернігова

У схемі перспективного розвитку визначається принципова позиція щодо електропостачання центральної частини міста. На сьогоднішній день уже розроблено конкретний проект і ведеться будівництво першої черги.

Практика розробки схем перспективного розвитку розподільних електричних мереж дає можливість сформулювати низку заходів, направлених на вдосконалення схем електричної мережі та поліпшення технічного стану її елементів для підвищення надійності та економічності електропостачання споживачів, а саме:

- заміна трансформаторів підстанцій на більш потужні зі зниженими втратами;
- установка других трансформаторів на однотрансформаторних підстанціях з відповідною зміною, при необхідності, схеми підстанції;
- розвиток розподільчих пристроїв діючих підстанцій для додаткових приєднань, в тому числі з переходом на нову схему електричних з'єднань;
- заміна обладнання підстанцій новим, що відповідає сучасному технічному рівню, встановлення апаратів з підвищеною комутаційною здатністю та обмеження рівнів струмів короткого замикання;
- встановлення на підстанціях регулюючих пристроїв та джерел реактивної потужності для підвищення пропускної здатності мережі та зниження рівня втрат електроенергії;

- автоматизація та телемеханізація підстанцій, заміна або установка нових пристроїв релейного захисту та протиаварійної автоматики, диспетчерського та технологічного управління;
- підвищення пропускної здатності ділянок мережі, а саме заміна проводів на нові більшого перерізу, підвіска другого кола на існуючих опорах повітряної лінії;
- в умовах забудови трас повітряних ліній заміна повітряних ліній на кабельні, а також демонтаж зношених повітряних ліній, що втратили своє значення внаслідок появи нових шунтуючих зв'язків;
- кільцювання мережі всіх класів напруги для забезпечення споживачів двостороннім живленням;
- заміна дефектних проводів та опор повітряних ліній.

Висновки з даного дослідження

1. Аналіз сучасного стану розподільчих електричних мереж України підтверджує актуальність проблеми оновлення електричних мереж електропередавальних організацій та підвищення ефективності їх функціонування.
2. Для забезпечення надійності електропостачання споживачів з дотриманням нормативних показників якості електричної енергії, а також для підвищення ефективності функціонування електричних мереж електропередавальним організаціям необхідно розробляти Схеми перспективного розвитку, в яких буде сплановано інвестиції у розвиток електричних мереж та виконано оцінку ефективності їх впровадження.
3. За результатами проведеної роботи можуть бути сформовані уніфіковані вимоги до схем електричних мереж, які можуть бути використані електропередавальними організаціями для планування розвитку та модернізації розподільчих електричних мереж.

Список літературних джерел

1. Програма розвитку електричних мереж напругою 35-110(150) кВ та визначення обсягів реконструкції електричних мереж напругою 0,4-10 кВ на 2007-2011 роки, затверджена розпорядженням КМУ від 11.09.07 № 727-р.
2. Постанова НКРЕ Про затвердження Порядку подання, розгляду, схвалення та виконання інвестиційних програм ліцензіатів з передачі електричної енергії місцевими (локальними) електромережами та з постачання електричної енергії за регульованим тарифом і внесення змін до Процедури встановлення або перегляду тарифів для ліцензіатів з передачі електричної енергії місцевими (локальними) електромережами та з постачання електроенергії за регульованим тарифом від 26.07.07 № 1052.
3. Звіт про діяльність НКРЕ України у 2008 році, затверджений постановою НКРЕ від 26.03.2009 №346.
4. ГНД 34. 09.104-2003 Методика складання структури балансу електроенергії в електричних мережах 0,38-154 кВ, аналізу його складових і нормування технологічних витрат електроенергії, затверджена наказом №757 Мінпаливенерго України від 17.12.03.
5. Дерзкий В.Г., Мозенков О.В. Анализ эффективности функционирования оптового рынка электроэнергии //Энергетика и электрификация. – 2008. - № 5. – С. 7-13.
6. Матеріали колегії Мінпаливенерго України 26.02.2010.
7. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е. Эффективная энергокомпания. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2002. – 544 с.

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.7; 004.056/057

Є.В. Риндич, аспірант

В.В. Казимир, д-р техн. наук

Інститут проблем математичних машин та систем, м. Київ, Україна

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ЗАХИЩЕНОГО ГОЛОСОВОГО КОНФЕРЕНЦ ЗВ'ЯЗКУ НА БАЗІ ПРОТОКОЛУ IP

Досліджено архітектури систем захищеного голосового конференц зв'язку на базі протоколу IP. Визначена загальна архітектура та схема взаємодії її складових. З використанням апарату розширених мереж Петрі(Е-мереж) розроблена імітаційна модель серверу та клієнта системи захищеного голосового конференц зв'язку на базі протоколу IP.

Вступ

IP-телефонія є одним з пріоритетних напрямків розвитку телефонного зв'язку. З кожним роком кількість абонентів, які використовують IP-телефонію (VoIP – Voice Internet Protocol) для проведення голосових переговорів, збільшується. Це пов'язано, насамперед, з меншою вартістю передачі даних за допомогою мережі Інтернет. Вже не тільки окремі користувачі, але й цілі підприємства намагаються використовувати Інтернет як основний засіб міжміського зв'язку. Оскільки комерційна інформація зазвичай є конфіденційною, питання безпеки такого зв'язку стає все більш актуальним.

Людством накопичено достатньо великий досвід в напрямку забезпечення таємності телефонних переговорів. Але IP-телефонія має ряд значних відмінностей від телефонної мережі загального користування, які роблять її особливо вразливою до зовнішнього втручання і створюють труднощі в застосуванні існуючих підходів до захисту голосової інформації в мережі Інтернет.

На відміну від класичної телефонії, де використовується комутація каналів, IP-телефонія базується на мережних протоколах з комутацією пакетів [1]. В процесі передачі даних по IP-мережі вони проходять через певну кількість недостатньо захищених серверів, до того ж з'єднаних між собою незахищеними каналами. Одночасно IP-телефонія певним чином відрізняється і від звичайної передачі даних IP-мережами. Це пов'язано з необхідністю виконання аналого-цифрових перетворень даних в реальному часі [2, 3]. Зважаючи на необхідність дотримання вимог щодо якості зв'язку, такі перетворення, включаючи стискання, шифрування і таке інше, повинні відбуватися за мінімально короткий час. Від того, наскільки існуючі системи відповідають всім цим вимогам, залежать, значною мірою, перспективи подальшого розвитку IP-телефонії.

Дослідження систем IP-телефонії (рівня захисту інформації в існуючих системах IP-телефонії, аналіз структури протоколів передачі даних, аналіз використання нових засобів кодування мовних сигналів, нових методів та алгоритмів криптографічних перетворень) можливе лише при попередньому математичному моделюванні. Для систем реального часу, до яких відносяться системи IP-телефонії, використовують імітаційне моделювання, оскільки побудувати адекватну аналітичну модель не є можливим[4]. При імітаційному моделюванні створюється модель, яка описує поведінку складної системи протягом тривалого періоду часу. На даному етапі розвитку IP-телефонії не існує імітаційних моделей для систем конференц зв'язку.

Метою статті є створення імітаційної моделі захищеної системи голосового конференц зв'язку на базі протоколу IP. При імітаційному моделюванні модель простіша та доступніша для дослідження, ніж складна система, що дозволяє спростити її вивчення.

Аналіз предметної області

Для реалізації методу імітаційного моделювання необхідною передумовою є аналіз предметної області. При розробці моделі, для більш детального уточнення, можуть застосовуватись можливості різноманітних систем, дія яких направлена на автоматизацію етапів аналізу й проектування програмного забезпечення. Для візуального відображення поводження системи зазвичай використовують діаграми роботи цієї системи. Серед прийнятих діаграм найбільш уживаною та важливою діаграмою є діаграма класів. Вона є центральною ланкою методології об'єктно-орієнтованого аналізу й проектування. Діаграма класу надає інформацію щодо класів та їх відносин, тим самим представляючи логічний аспект проекту. На стадії аналізу діаграми класів використовуються для того, щоб виділити загальні ролі та обов'язки об'єктів (сутностей), що забезпечують необхідне поводження системи. На стадії проектування – щоб передати структуру класів, що формують архітектуру системи. Кожний клас повинен мати ім'я, яке повинне бути унікальним для цього проекту. Діаграма класів визначає типи об'єктів системи й різних статистичних зв'язків, які існують між ними. На діаграмах класів також зображуються атрибути класів, операції та обмеження, які накладаються на зв'язок між об'єктами[5].

Спираючись на основні вимоги до діаграми класів, робота сервісу IP-телефонії складається з основних дійових елементів сервісу та визначення їх ролі й обов'язків. Діаграма класів сервісу IP-телефонії наведена на рис. 1. Головним компонентом є сервер, він має стандартний набір атрибутів, таких, як ім'я та IP адреса, набір операторів, які вказують на стани серверу. До складу серверу входять два допоміжні класи, вони визначають роботу компоненти адміністратор та модератор. Модераторів на даному сервері може бути декілька, вони виконують локальні функції по контролю та зміні ролей користувачів і мають повноваження лише в рамках певної конференції. Натомість адміністратор має повний обсяг прав по керуванню сервером. Він може призначати та змінювати модераторів та користувачів.

Слід зазначити, що користувачі мають два стани. Перший стан – це стан слухача, в якому користувач може лише слухати певні конференції і не може приймати у них участь, другий стан – стан повноправного учасника конференції. В стані повноправного учасника користувач може не тільки отримувати інформацію, а й передавати її. Стани користувачів змінюються лише модератором конференції або адміністратором.

Обов'язковою умовою даного сервісу є те, що всі клієнти повинні мати доступ до всесвітньої мережі Internet або іншої IP мережі, в рамках якої створюється та функціонує система IP-телефонії, та використовувати набір програмного забезпечення, яке підтримує необхідні функції.

Не менш важливою діаграмою при аналізі предметної області є діаграма станів. Діаграма стану (Statechart) є засобом опису поводження систем, вона визначає всі відомі стани, у яких може перебувати об'єкт, а також процес зміни стану об'єкта в результаті впливу деяких подій. У мові UML під станом розуміється абстрактний метаклас, який використовується для моделювання окремої ситуації, протягом якої виконуються деякі умови. Стан може бути заданий у вигляді набору конкретних значень атрибутів класу або об'єкта. Зміна окремих значень атрибутів буде відображати зміну стану класу або об'єкта, що моделюється.

Діаграма станів для IP-телефонії(рис. 2) описує стани, які створюються у випадку користування сервісом IP телефонії.

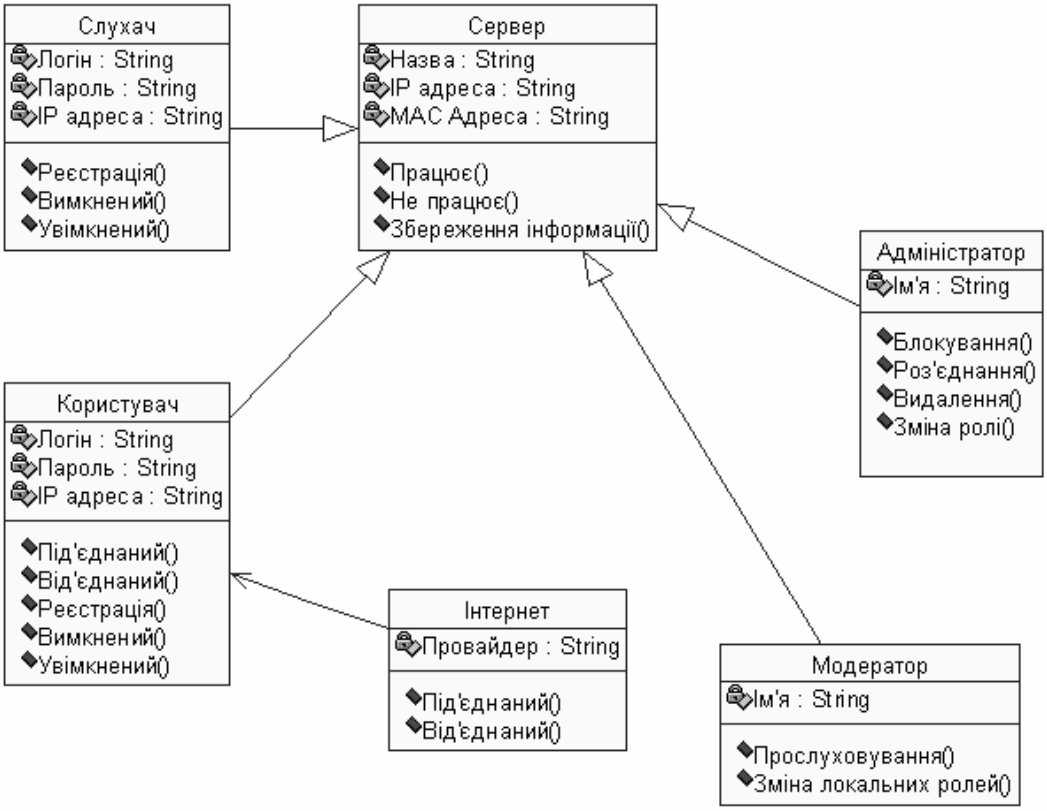


Рис.1. Діаграма класів сервісу IP-телефонії

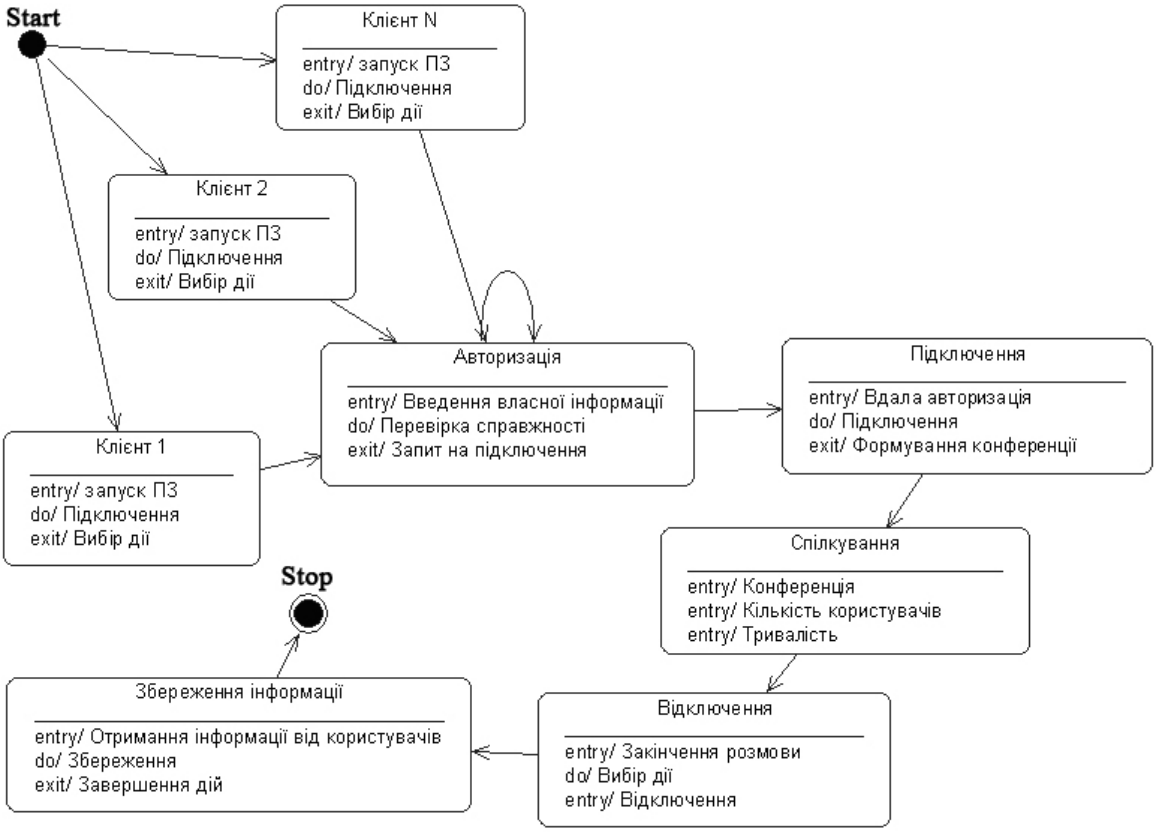


Рис. 2. Діаграма станів

У діаграмі існує два спеціальні стани: початковий (Start) – запуск програмного забезпечення(ПЗ), і кінцевий (Stop) – від'єднання від сервера. Діаграма має нециклічний характер. Це пояснюється тим, що особливою умовою використання сервісу IP-телефонії є підключення до серверу, який забезпечує дану послугу. Проміжок часу між підключенням та відключенням і є одним циклом. З діаграми станів видно, що на етапі авторизації спостерігається циклічність, вона вступає в дію, коли порушені умови авторизації або виникли певні помилки. Доступ до серверу IP телефонії не може бути здійснений без проходження процедури авторизації.

По закінченні етапів автентифікації клієнт безпосередньо отримує повний доступ до свого власного облікового запису в системі. Вся інформація щодо участі клієнтів в конференціях знаходиться в базі даних сервера. Після закінчення розмови клієнт відключається від сервера, в цей час на сервері зберігається інформація про клієнта та видаляється зі списку активних користувачів його логін.

Побудовані діаграми(рис. 1 та рис. 2) покликані уточнити інформацію щодо роботи сервісу IP–телефонії. При розробці імітаційної моделі враховуватись особливості наведених діаграм.

Архітектура захищеної системи конференц зв'язку на базі протоколу IP

Для створення конференц зв'язку на базі протоколу IP можна використовувати «клієнт-серверну» архітектуру або архітектуру «кожний з кожним». При створенні конференц зв'язку найбільш важливими є необхідність проведення мікшування голосових потоків отриманих від декількох клієнтів, та інформація про кількість інформаційних потоків, які створюються між клієнтами та передаються мережею. Залежність кількості інформаційних потоків для архітектури «клієнт- сервер» виражена формулою (1), а залежність для архітектури «кожний з кожним» – формулою (2), де n – це кількість абонентів в конференції.

$$k = 2 * n, \tag{1}$$

$$k = 2 * n * (n-1), \tag{2}$$

Відповідно на рис. 3 наведено графіки залежності кількості інформаційних потоків від кількості абонентів в конференції згідно наведених формул.

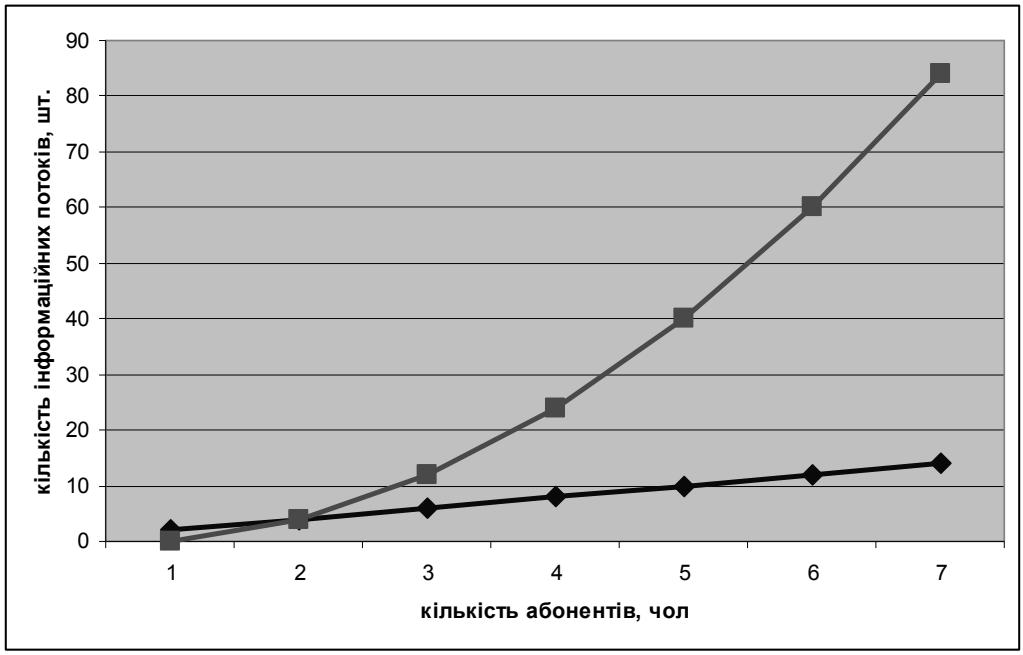


Рис.3 Залежності кількості інформаційних потоків від кількості клієнтів: 1 – для архітектури «кожний з кожним»; 2 – для архітектури «клієн-сервер»

Існуючі протоколи IP-телефонії хоча і підтримують створення конференцій, але вони розраховані на передачу голосових даних між двома абонентами. Прикладом такого протоколу є протокол SIP(Session Initiation Protocol), архітектура мережі якого наведена на рис. 4.

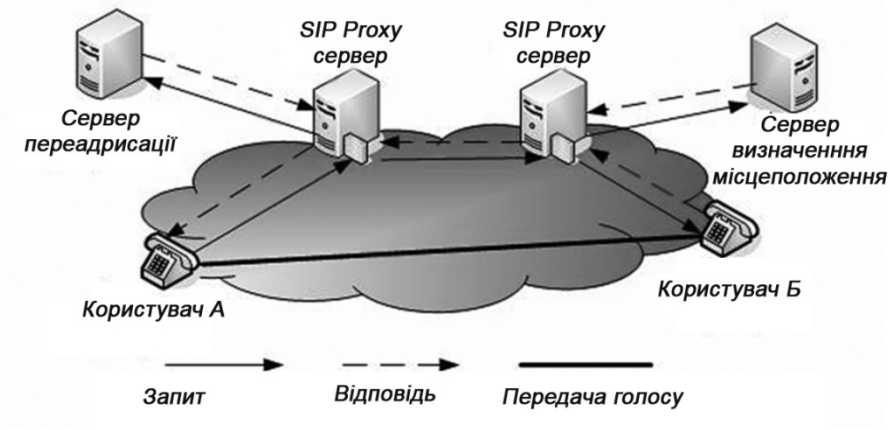


Рис.4. Архітектура мережі IP-телефонії на базі протоколу SIP

Як видно з наведеного рисунку, після створення та встановлення з'єднання між двома абонентами створюються потоки передачі голосових даних, як для архітектури «кожний з кожним».

Створення великої кількості потоків в архітектурі «кожний з кожним» вимагає використання для кожного потоку власного ключа. Таким чином, клієнтське програмне забезпечення має:

1. створювати стільки ж потоків шифрування, скільки абонентів приймає участь у конференції;
2. зберігати кількість таблиць з секретними ключами рівну кількості відомих абонентів;
3. при додаванні нового абонента до системи необхідно створити та передати таблиці ключів кожному абоненту системи.

Тому для створення систем конференц зв'язку доцільніше використовувати «клієнт-серверну» архітектуру, приклад якої наведено на рис. 5. Автентифікація користувачів та пристроїв зв'язку, захист інформації, мікшування голосових потоків в наведеній архітектурі проводиться сервером.

Схема взаємодії

Весь цикл обробки голосового сигналу можна поділити на дві фази, перша – це обробка у клієнта, друга – обробка на сервері. Схема компонентів клієнта представлена на рис. 6.

Принцип роботи даного блоку полягає в обробці сигналів на боці клієнта. Користувач виконує набір периферійного обладнання (мікрофон та динаміки) та блок обробки сигналу. Взаємодія клієнтів відбувається через мережу, локальну чи глобальну. Блок обробки сигналу має набір стандартних перетворень, принцип роботи яких полягає у формуванні сигналу необхідного вигляду. До них належить АЦП (анлогово-цифрове перетворення) та ЦАП (цифро-аналогове перетворення), блоки голосових кодеків, ком поненти безпеки, шифруючі алгоритми, елементи прийняття та відправки пакетів даних. Для забезпечення чистоти звуку в схемі використовується ехо-загороджувач. Метою його роботи є фільтрація вхідного і вихідного сигналу від власного ехо.

Рис.5. Архітектура захищеної системи конференц звязку

Рис.6 Схема компонентів клієнтської частини

В разі використання шлюзу для з'єднання з мережею в загальну схему обробки сигналу можуть вмикатись Детектор багаточастотних сигналів та Детектор DTMF[1]. Перший, відповідно, використовується для виявлення та визначення сигналів внутрішньосмугової багаточастотної телефонної сигналізації. Другий відповідає за тональний набір.

Після того, як оброблений сигнал надсилається на сервер, обробкою пакетів даних займаються вже компоненти серверного обладнання. Схема компонентів серверної частини наведена на рисунку 7.

Рис.7. Схема компонентів серверної частини

Обробка пакетів на сервері здійснюється у зворотному порядку. Пакети даних, що надійшли, поступають до буферу, який працює за принципом черги. Необхідним кроком обробки пакетів даних є їх розкодування. Оскільки кожен клієнт кодує свою інформацію власним ключем, сервер повинен зберігати їх всі і застосовувати для зворотного процесу. Відповідний ключ для розкодування передається на компонент, який буде кодувати оброблений пакет даних. Загальний буфер-мікшер виконує роботу по формуванню потоку голосових повідомлень, весь цикл його роботи полягає у збиранні всіх необхідних пакетів даних та їх об'єднання. На виході компонента отримуємо потоковий сигнал від декількох абонентів одразу, в одному каналі. Створений потік кодується та надсилається рівномірними пакетами до буферу. Пріоритетність надається відповідно до плину часу. Оброблені пакети даних надсилаються до кінцевих користувачів за принципом доступу до мережі.

Імітаційна модель на базі Е–мережі

Наведена схема взаємодії та архітектура захищеної системи конференц зв'язку є концептуальною моделлю на базі якої будується математична модель з використанням апарату Е-мереж. Даний вид мереж Петрі використовується для більш детальної формалізації моделі. В Е-мережах використовується більш розгорнута кількість переходів та можливість задати часові затримки на переходах , це дає змогу описати модель більш широко. Загалом в Е-мережах використовуються наступні види переходів: T, F, J, X, Y, A, D.

Оскільки в системах конференц зв'язку використовується архітектура «клієнт-сервер», то загальна модель складається з двох більш простих моделей: моделі клієнта та моделі сервера. На рис. 8 наведена мережева схема клієнта.

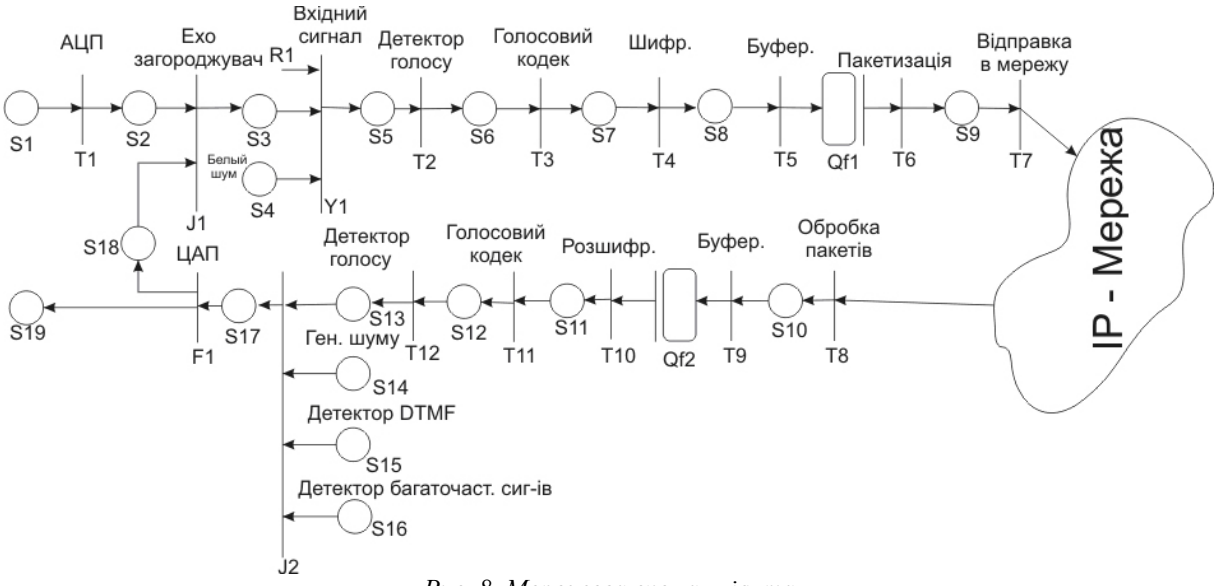


Рис. 8. Мережева схема клієнта

В схемі використані звичайні Т-переходи(переважна більшість), принцип роботи яких полягає у перенесенні їх вхідної позиції маркеру до вихідної, відповідно до встановленого алгоритму. Використання переходів обумовлено створюваними часовими затримками при виконанні тієї чи іншої дії. Перехід Y1, присвоєний операції відстежування вхідного сигналу, характеризується змінною роботою. При наявності мовного сигналу від S3 перехід спрацьовує звичайним чином. В разі відсутності маркеру у даній вхідній позиції, що свідчить про мовчання клієнта, перехід спрацьовує по дузі S4 -> S5. Дана дія свідчить про спрацьовування генератора білого шуму.

У схемі також використовуються буфери, які діють за принципом черги, що представляють собою звичайні контейнери певної ємності.

Перехід J2 є об'єднуючим, його робота полягає у перенесенні маркерів із всіх вхідних позицій у вихідну.

На рис. 9 наведено мережеву схему сервера.

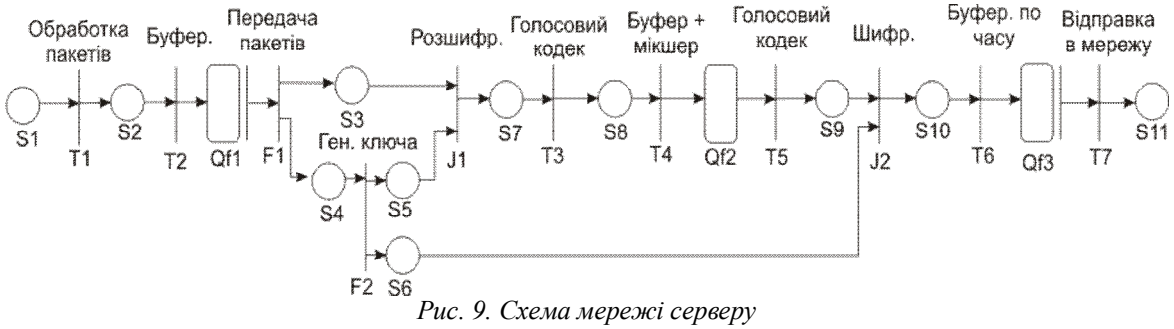


Рис. 9. Схема мережі серверу

Як видно з рисунку, модель сервера є лінійною. Розгалуження яке виникає на переході F1, створене для того, щоб змоделювати паралельне використання ключа та передачі даних. В наведеній схемі також використовується декілька буферів, які є звичайними чергами пакетів.

Висновки

Розглянувши особливості побудови захищених систем конференц зв'язку на базі протоколу IP, була створена імітаційна модель. В процесі розробки використовувався відомий апарат розширених мереж Петрі – Е-мережі. Модель розроблена для «клієнт-серверної» архітектури, тому складається з двох більш простих моделей: моделі сервера та моделі клієнта. Призначення моделі – вивчення роботи захищеної системи голосового конференц зв'язку та відповідність програмного забезпечення відповідним нормам та стандартам якості обслуговування QoS (Quality of Service) при зміні алгоритмів та методів кодування голосу, криптографічних перетворень, або при зміні в роботі інших елементів архітектури системи.

Завдяки використанню апарату Е-мереж в повній мірі реалізовані саморегулюючі режими роботи моделі, тим самим забезпечуючи функції контролю та верифікації.[6]

Подальше вдосконалення моделі можливе в бік уточнення елементів системи, але це, в свою чергу, робить модель більш вузько спеціалізованою та унеможливлює її застосування для аналізу та вивчення широкого загалу систем захищеного голосового конференц зв'язку.

Список літературних джерел

1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение, 2-е изд. [Пер. с англ.] /Бернард Скляр – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

2. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP – телефония. – М.: Радио и связь, 2001 – 336 с.

3. Оптимизационная задача выбора речевого и канального кодирования. Бабкин В.В., Ланнэ А.А., Шаптала В.С. //Труды 7-ой международной конференции и выставки ЦОС и ее применения DSPA. – 2005. – С. 28-32.

4. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978 – 399 с.

5. Ю. Колесов, Ю. Сениченков Моделирование систем. Динамические и гибридные системы – М.: БХВ-Петербург, 2006. – 224 с.

6. Quelle J., Sifakis J. Specification and verification of concorrend system in CESAR. – Lecture Notes in Computer Sciense, 1982. – 132 p.

УДК 621.9
В.А. Бичко, канд. фіз.-мат. наук
А.І. Цулун, студент

Чернігівський державний технологічний університет, м.Чернігів, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ТРИВИМІРНОГО СКАНУВАННЯ ПОВЕРХНІ ФІЗИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Реалізована можливість отримання комп'ютерної моделі поверхні фізичних об'єктів шляхом безконтактного сканування із застосуванням тріангулярного методу представлення даних. Аналізуються особливості застосування безконтактного методу сканування з використанням рухомого скануючого модуля.

Вступ

Останнім часом у зв'язку зі швидкими темпами економічного розвитку з'являються вимоги скоротити тривалість виробничого циклу від ідеї розробника до реалізації у вигляді готового виробу. В зв'язку з цим особливу актуальність набуває така технологія, як швидке прототипування, яка призначена для швидкого створення дослідних зразків або працюючої моделі системи. При цьому технологія швидкого прототипування припускає наявність тривимірної комп'ютерної моделі прототипу.

У зв‘язку з цим спостерігається стрімкий розвиток засобів віртуального представлення фізичних об'єктів [1, 2, 3]. Проте, якість методів отримання апріорної інформації про фізичні об'єкти, а так само їх доступність не задовольняють споживацький попит в даній області.

Як видно з рис. 1, існують наступні методи отримання тривимірних моделей об'єктів:

традиційний інженерний метод – шляхом 3D-моделювання;

метод реверс-інженерингу *(reverse engineering)* — спосіб отримання тривимірних даних в компьютеризованій формі з фізичних об‘єктів.

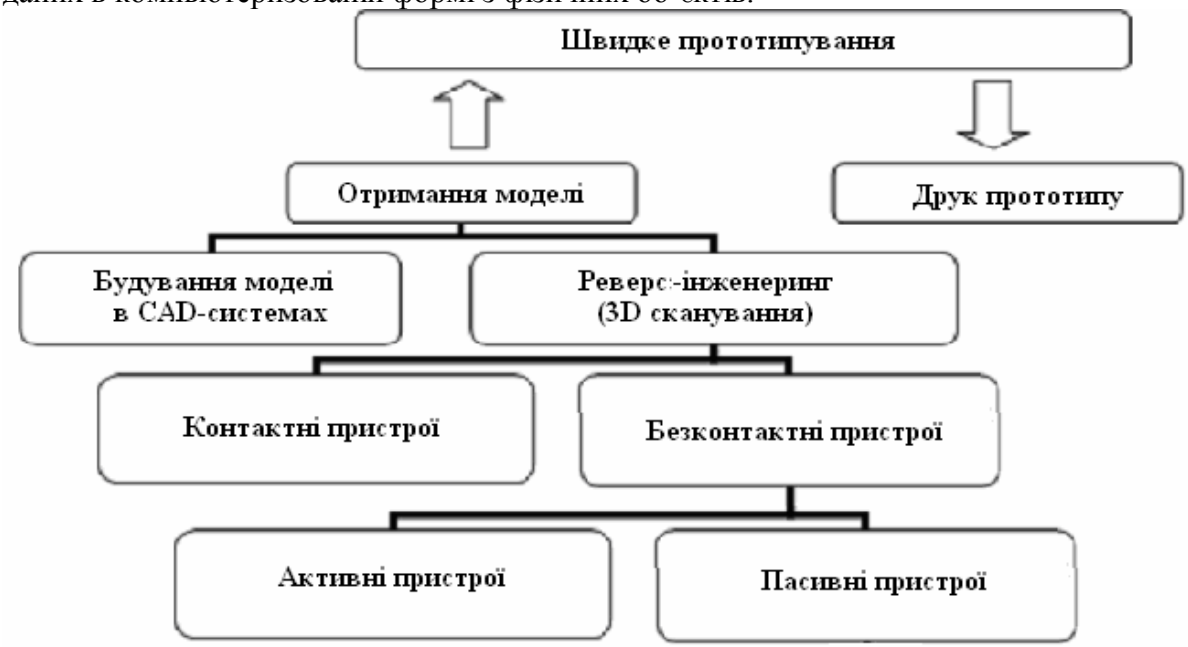


Рис. 1. Функціональна схема та засоби технології швидкого прототипування

Як метод реверс-інженерингу для створення тривимірної моделі використовується 3D сканування.

Традиційним методом 3D сканування є використання промислового спеціалізован-

ного 3D сканера — пристрою, що аналізує поверхню фізичного об'єкта і на основі одержаних даних створює його комп‘ютерну 3D модель.

За способом сканування 3D сканери поділяються на контактні та безконтактні. Безконтактні сканери, в свою чергу, можна розділити на активні та пасивні пристрої.

Активні сканери випромінюють на об'єкт направлені хвилі (найчастіше світловий промінь лазера) і фіксують його віддзеркалення для аналізу.

Пасивні сканери аналізують звичайне світло, відбите від об‘єкта.

До пасивних сканерів також можна віднести спеціальне програмне забезпечення, яке дозволяє створювати тривимірну модель на основі звичайної фотографії.

Стосовно засобу переміщення скануючого модуля (СМ), пристрої можуть мати стаціонарний СМ, а також СМ з ручним та з автоматичним переміщенням.

Переваги спеціалізованих 3D сканерів полягають у швидкості і точності сканування. Основний недолік – висока вартість та вузьке коло вирішуваних задач. Як критерій ефективності приладу можна оцінити співвідношення кількості вирішуваних задач до його вартості. Для більшості промислових спеціалізованих 3D сканерів, що існують на цей час [4], можна стверджувати про їх низьку ефективність у визначених термінах. Отже існує проблема підвищення ефективності, яку можна розв’язувати за рахунок розширення кола вирішуваних задач та зниження вартості приладу.

Окрім застосування спеціалізованих 3D сканерів, існують нетрадиційні методи сканування з застосуванням обладнання широкого вжитку, можливості яких тепер широко вивчаються [5, 6].

Крім того, існує великий попит на спеціалізоване обладнання для вирішення задач, подібних до [7, 8] і пов‘язаних з необхідністю отримання комп‘ютерної тривимірної моделі тіла людини.

Спираючись на вищесказане, була отримана наступна задача: розробити діючу модель системи, здатної сканувати замкнену поверхню фізичного об‘єкта безконтактним методом з використанням рухомої платформи з механічним приводом. Як засіб отримання первинних даних в системі необхідно застосувати стандартне обладнання широкого вжитку (цифрову відеокамеру).

Методика отримання тривимірної моделі

Базовий принцип безконтактного сканування з використанням лазерного променя полягає у наступному.

Для побудови віртуальної моделі фізичного об'єкта потрібно одержати структурований масив тривимірних координат точок його поверхні. Визначити координати x і y, що лежать в площині, перпендикулярній головній оптичній осі цифрової камери, не складно. Тому головна задача сканування зводиться до вимірювання третьої координати z, що відповідає відстані від камери до об‘єкта.

Схема вимірювання координати z представлена на рис. 2.

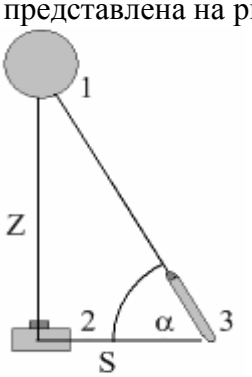


Рис. 2. Метод отримання Z-координати: 1 – об'єкт, що сканується; 2 – цифрова камера; 3 – лазерний генератор лінії

Лазерний промінь в певних точках освітлює фізичний об'єкт. На об'єкт направлена цифрова камера, що фіксує відбиток променя від об‘єкта. Залежно від відстані до поверхні об'єкту, тобто глибини об'єкту, відбиток променя з'являється в різних місцях поля зору камери. Взаєморозташування лазера, об'єкта і камери утворює прямокутний трикутник. Довжина однієї сторони трикутника (відстань від камери до лазера) відома. Також задається певний напрямок освітлення лазерного променя. Тому можна обчислити відстань від цифрової камери до поверхні, тобто z-координату за формулою:

$$Z = S \cdot tg\alpha \qquad (1)$$

Спираючись на вищесказане, в цій роботі була застосована наступна концепція. Об'єкт освітлює світлова лінія, яка утворюється лазерним променем. Її відбиток фіксується цифровою камерою, а з одержаного набору таких відбитих ліній генерується 3D модель, що зберігається потім у вигляді типізованого файлу даних.

Під час сканування використовувалася установка, схема якої представлена на рис. 3.

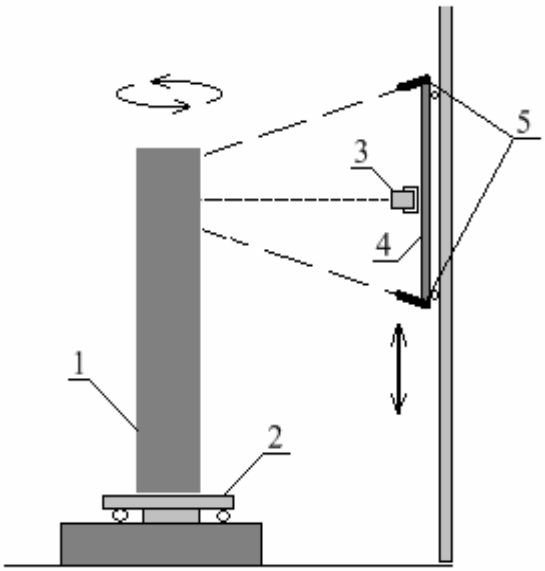


Рис. 3. Схема установки: 1 – об'єкт, для сканування; 2 – платформа, що обертається; 3 – цифрова камера; 4 – рухома платформа скануючого модуля; 5 – лазерні генератори лінії

При скануванні цифрова камера і лазерний генератор лінії закріплювалися під фіксованим кутом між собою на рухомій платформі. Об'єкт поміщався на платформу, що обертається.

Первинні дані про сканування містилися у вигляді avi-файлу, сформованого цифровою камерою. За допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення отриманий файл розділяється на набір кадрів, які містять проекції 3D профілів фізичного об‘єкта. Програмними засобами здійснюється фільтрація первинних даних, розпізнавання проєкцій профілів та їх перетворення до відповідного вигляду. З перетворених даних формується структурований масив 3D-координат, відповідних поверхні об'єкта. На кінцевому етапі окремі ділянки отриманої поверхні об‘єднуються в єдину модель.

Розроблена система сканування дозволяє зберігати кінцеву модель в оригінальному форматі, а також у форматі STL, що широко використовується як CAD-системами, так і периферійними пристроями.

Одержана в результаті сканування модель представлена на рис. 4.

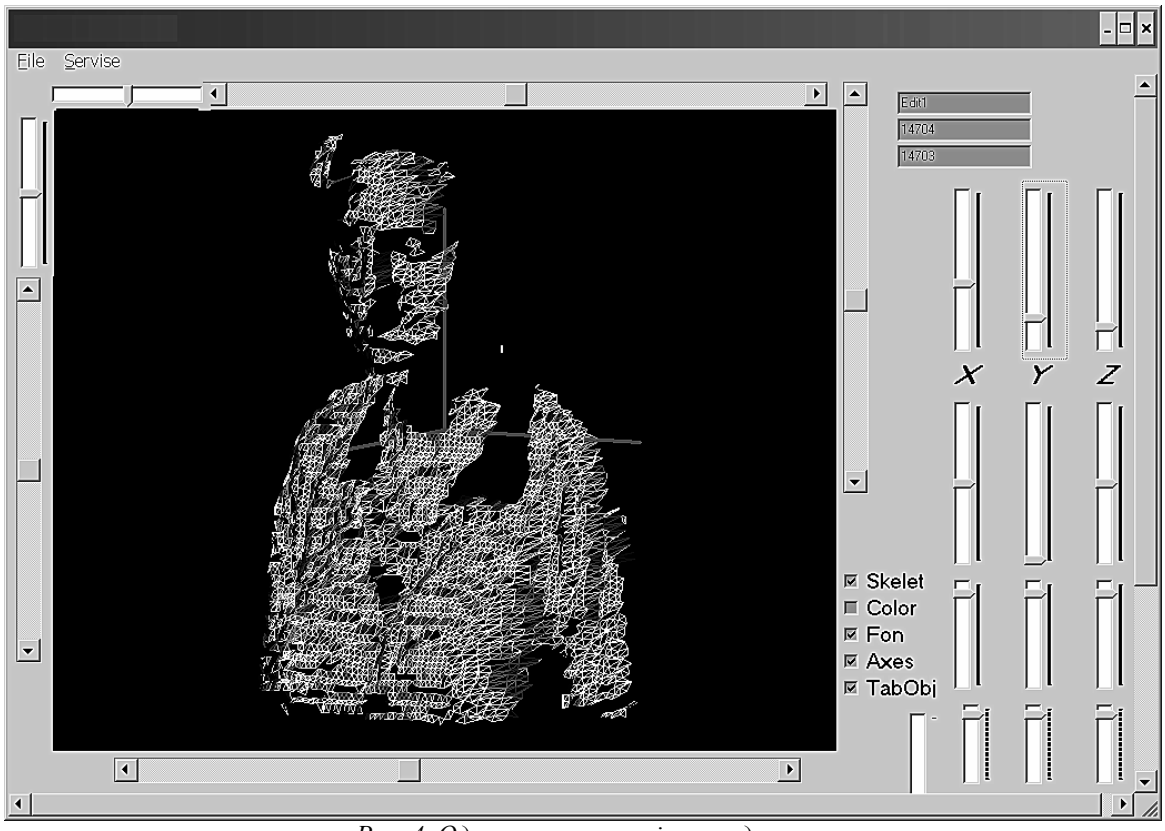


Рис. 4. Одержана тривимірна модель

Результати і обговорення

В ході роботи на власноруч створеній установці були одержані дані про поверхні сканованих об'єктів. Проведено порівняльний аналіз застосованого тут методу з іншими концепціями. А саме, при порівнянні з методом, запропонованим авторами [9], було з‘ясоване наступне.

На рис. 5 представлена схема сканування з нерухомим СМ, пропонована авторами [9] (а) і схема сканування з рухомою камерою, яка була використана в даній роботі (б).

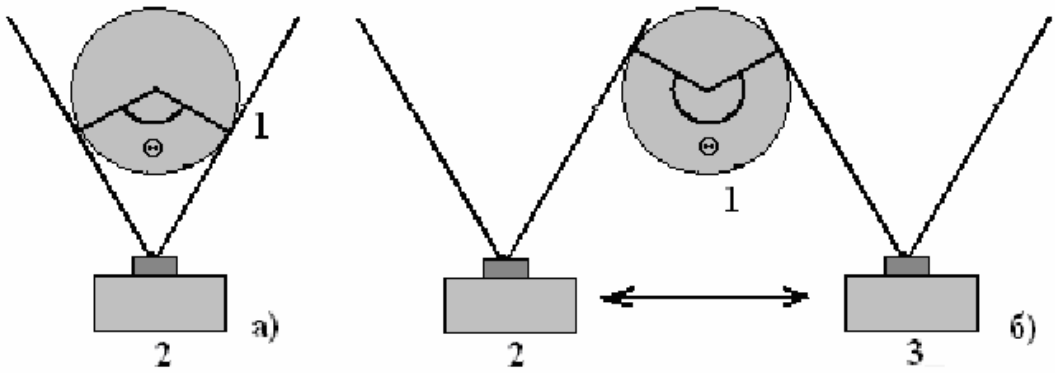


Рис. 5. Схеми сканування: 1 – об‘єкт для сканування; 2,3 – положення скануючого модуля; а) з використанням нерухомого СМ, пропонована авторами [9]; б) з використанням рухомого СМ, використана в даній роботі.

Як видно з рис. 5, рівномірне паралельне переміщення камери під час сканування з одного боку робить можливим збільшення тілесного кута поверхні θ, відповідного ділянкам, доступним для сканування. З іншого боку, саме рівномірне паралельне переміщення завдяки нескладному математичному опису дає можливість легко визначати положення камери у будь-який момент часу, що враховується при побудові сітки поверх-

ні об'єкту.

В ході обробки даних сканування експериментальним шляхом було з'ясовано ряд особливостей застосування пропонованого методу сканування.

Під час тестування установки була проаналізована можливість одержувати масиви тривимірних координат замкнених поверхонь у двох режимах сканування (рис. 6). Між окремими проходами СМ об'єкт повертався на 180^o або на 120^o.

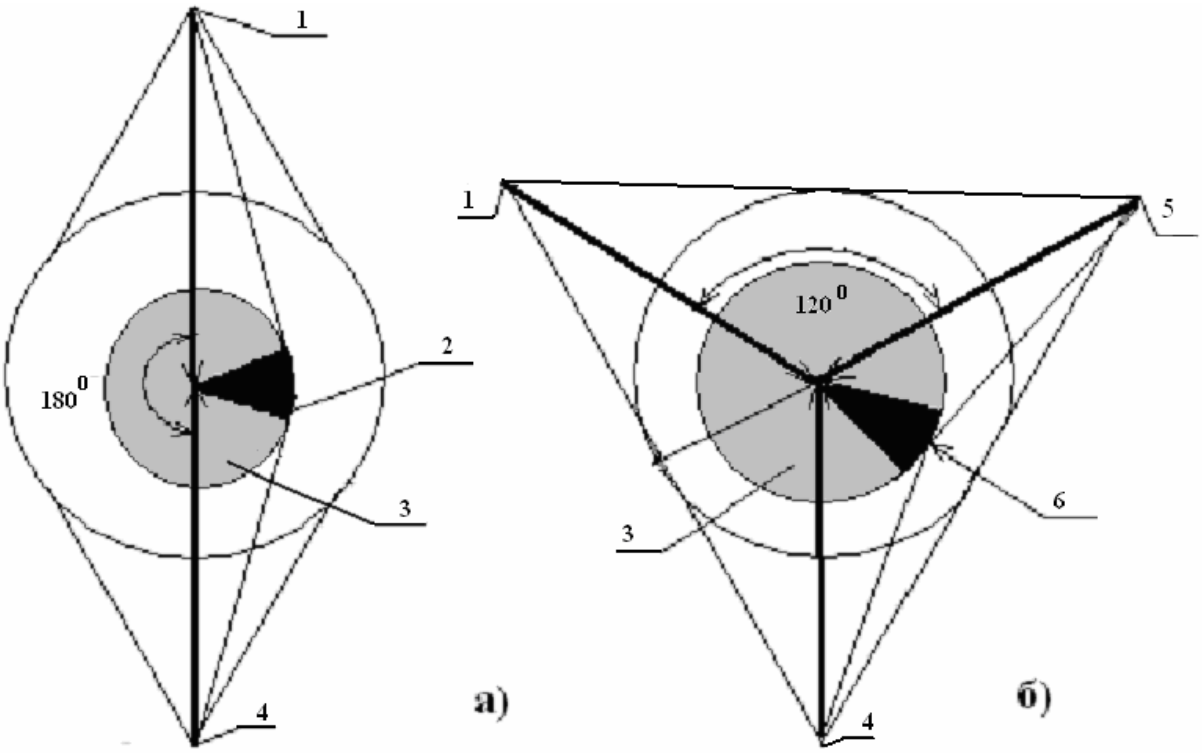


Рис. 6. Двух- і трьохпозиційна зйомка. 1,4,5 – положення СМ; 2 – нескановані ділянки поверхні; 3 – сканований об'єкт; 6 – ділянки накладення поверхонь. Варіанти сканування: а) сканування з кутом повороту об'єкта 180^o в два проходи; б) сканування з кутом повороту об'єкту 120^o в три проходи

Для першого режиму характерна порівняно висока швидкість самого процесу сканування, обробки даних і простота процесу склеювання масивів даних завдяки відсутності ділянок поверхонь, що накладаються. Проте, істотним недоліком при цьому є відсутність даних про скановану поверхню в нескановних зонах (рис. 6а). Площу таких зон у моделі можна скоротити, використовуючи інтерполяцію даних, або застосовуючи режим сканування з кутом повороту об‘єкта 120^0 (рис. 6б.)

При такому режимі камера із стандартним кутом розгортки об'єктиву в 60^0 дозволяє перекрити «мертві» зони у вертикальних місцях «зшивання» поверхонь. Проте, під час «зшивання» даних різних проходів необхідно усувати ділянки, що накладаються, але ця проблема цілком вирішувана.

Крім того, наявність «мертвих» зон обумовлена наявністю ділянок, майже паралельних до напряму променя генератора ліній, які потрапляють у поле зору камери. Скоротити площу таких ділянок можна, зменшуючи кут між променем освітлення поверхні і головною оптичною віссю камери. Проте, таке зменшення збільшує похибку вимірювання глибини поверхні.

Мінімізувати кількість таких ділянок, окрім використання інтерполяції, можна, застосовуючи додатковий генератор лінії, якщо розташувати його симетрично до того, що вже є, відносно головної оптичної осі об'єктиву камери (рис. 7).

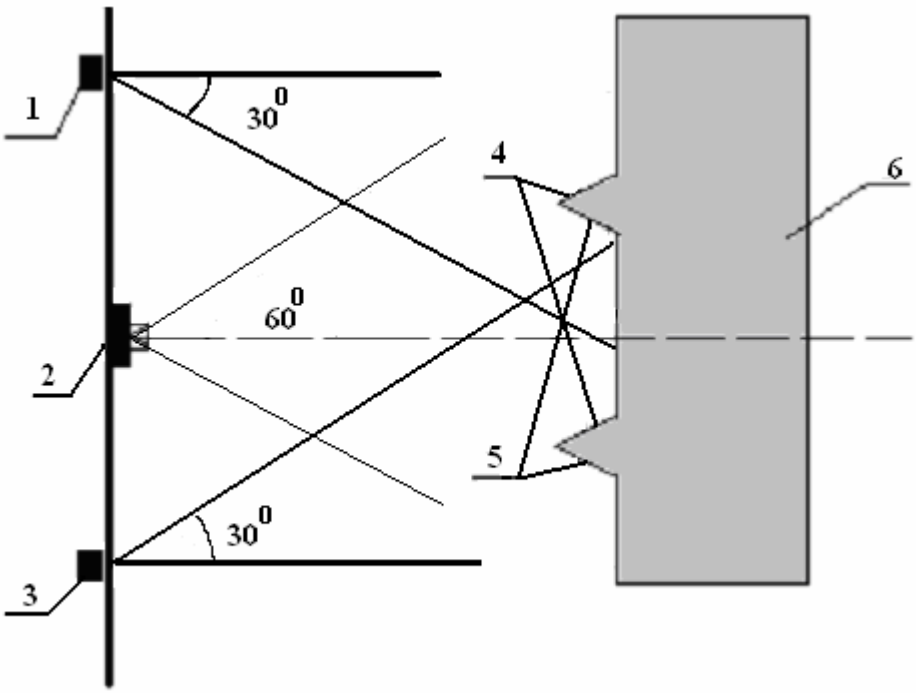


Рис. 7. Схема взаєморозташування камери і лазерних генераторів ліній. 1, 3 – генератори світлових ліній; 2 - камера; 4, 5 – ділянки, не освітлені генераторами ліній 3 і 1 відповідно; 6 – сканований об'єкт

Проте, застосовуючи додатковий промінь, слід розв'язати проблему ідентифікації даних освітлення на зображенні від різних джерел. Цю проблему можна вирішити, якщо застосувати лазерні промені з різними довжинами хвиль (наприклад, з довжинами хвиль 630 нм і 532 нм). Ще один спосіб дозволяє обійтися одним генератором ліній в два проходи по поверхні. При цьому слід змінити положення генератора на симетричне.

Однак навіть застосування двопроменевого освітлення та автоматичного рухомого СМ (з простою геометрією руху) не завжди дає задовільний результат при скануванні складної поверхні. В таких випадках слід або застосовувати складну геометрію руху автоматизованого СМ з можливістю динамічного програмування його руху, або застосовувати прилади з ручним СМ, які здатні отримати якісну модель поверхні за рахунок їх оптимального розташування при скануванні. Однак застосування ручних СМ можливе при синхронній фіксації положення та орієнтації СМ у просторі разом з растром сканованої поверхні.

На наш погляд є досить перспективною ідея синхронізації потока даних просторового розташування СМ методом їх збереження на сканованому растрі.

Висновки

При дослідженні описаного вище методу сканування були знайдені наступні позитивні сторони:

- порівняно широкий спектр категорій об'єктів, які можна сканувати;
- високий ступінь автоматизації процесу сканування;
- простота обробки одержаних даних;
- низька вартість як самої установки, так і її обслуговування.

До недоліків можна віднести наявність нескановых ділянок поверхні.

Автори бачать два шляхи вирішення даної проблеми. Перший шлях полягає у використанні складніших методів переміщення СМ із застосуванням динамічних засобів програмування руху. Другий – розробити ручний СМ з засобами фіксації просторових

параметрів в растрі сканованого зображення.

Список літературних джерел

1. Reznicek J. and Pavelka K., 2009 New low-cost 3D scanning techniques for cultural heritage Documentation 22nd CIPA Symposium Kyoto Japan Traditional measurement and representation methods. patial B5, 2008.
2. Richard Szeliski Recovering Geometric and Photometric Models from Multiple Images *1996 Workshop on3D Scanning: From Physical Objects to Computer Models* BJW.
3. Qingguang Li et al real-time 3D scanning system for pavement distortion inspection 2009 *Meas. Sci. Technol. 21 015702 (8pp) doi: 10.1088/0957-0233/21/1/015702* IOP electronic jornal.
4. http://www.laserdesign.com/products.
5. KANAMARU TOSHIFUMI, YAMADA KUNIO, ICHIKAWA TADASHI, NAEMURA TAKESHI, AIZAWA KIYOHARU, SAITO TAKAHIRO; Arrangement of 3D Scanner and Camera for 3D Image Representation in Multimedia Ambiance Communication; 1999 *Technical Report (Institute of Electronics, Information and Communication Engineers) // VOL.99;NO.180(IE99 25-37);PAGE.35-42*, IEIC .
6. Karel Pavelka, Tom Dolansk., 2003 USING OF NON-EXPENSIVE 3D SCANNING INSTRUMENTS FOR CULTURAL HERITAGE DOCUMENTATION *NEW PERSPECTIVES TO SAVE CULTURAL HERITAGE CIPA XIXth International Symposium, Antalya, Turkey* PAPERS ACCEPTED ON THE BASIS OF PEER REVIEWED FULL MANUSCRIPTS .
7. Brian D. Angle and Steven Paquette1999 3D Digitizing for Human Engineering and Apparel Design: Perspectives from the U.S. Army *Workshop on 3D Scanning: From Physical Objects to Computer Models* BJW.
8. H. Mara, M. Kampel Automated Extraction of Profiles from 3D-Models of Archaeological Fragments *CIPA 2003 XIXth International Symposium, Antalya, Turkey* PAPERS ACCEPTED ON THE BASIS OF PEER REVIEWED FULL MANUSCRIPTS
9. http://www.david-laserscanner.com/.

УДК - 004.414.2

С.С. Стасюк, асистент
С.В. Свирепов, студент магістратури

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

КРОСПЛАТФОРМЕНА ЗАХИЩЕНА РОЗШИРЮВАНА СИСТЕМА ВІДДАЛЕНОГО АДМІНІСТРУВАННЯ КОМП'ЮТЕРІВ

Проведено аналіз проблем віддаленого адміністрування комп'ютерів. Спроектована архітектура системи. Створена працездатна система, за допомогою якої можна здійснювати віддалене адміністрування комп'ютерів.

Вступ

В даний час все більше виникає потреба у впровадженні систем віддаленого адміністрування. Це обумовлено, в першу чергу, наявністю комп'ютерних мереж, що вимагають постійного оперативного адміністрування та моніторингу. Існує певне коло задач, коли необхідно точно спостерігати всі зміни екрану комп'ютера. До таких задач можна віднести системи віддаленого доступу до робочого столу комп'ютера.

Аналіз проблеми віддаленого адміністрування

Програми віддаленого керування добре відомі будь-якому системному адміністратору та працівнику служби технічної підтримки, оскільки в повсякденній діяльності вони постійно стикаються з завданням адміністрування серверів, налаштуванням робочих станцій користувачів. Найпоширенішою утилітою віддаленого керування робочим столом є Remote Desktop Connection, що входить в комплект операційної системи Windows. У першу чергу це пояснюється тим, що вона входить до складу операційної системи, і окремо її купувати не потрібно. Що стосується функціональних можливостей даної утиліти, то їх, як правило, на практиці буває недостатньо [1]. Саме з цієї причини створюються спеціалізовані пакети програмного забезпечення сторонніх розробників. Якщо проводити класифікацію систем віддаленого адміністрування, то умовно їх можна розділити на два типи: утиліти, що надають доступ до робочого столу комп'ютера, і утиліти, що надають доступ до командного рядка комп'ютера. Перший тип утиліт забезпечує користувачам можливість роботи з віддаленим комп'ютером так само, як і з локальним. Утиліти другого типу призначені для автоматизації процесу встановлення програмного забезпечення, створення запуску програм за розкладом [2].

Всі програми віддаленого управління функціонують за принципом «клієнт-сервер», тобто мається на увазі наявність серверної і клієнтської частин програми, які встановлюються на керованому комп'ютері та на комп'ютері, з якого буде здійснюватися управління [3]. Для отримання контролю над віддаленим комп'ютером необхідно, щоб на ньому був запущений відповідний модуль програми (серверна частина). Деякі утиліти віддаленого управління дозволяють віддалено встановлювати серверну частину (за наявності відповідних адміністративних прав) через спеціально встановлену серверну службу, причому іноді ця процедура є абсолютно прозорою для локального користувача комп'ютера (як правило, у цьому випадку серверна частина встановлюється у вигляді служби на віддаленому комп'ютері). Але деякі утиліти вимагають «ручного» встановлення серверної частини програми [4].

Основними труднощами подібних систем є поєднання таких параметрів, як кросплатформеність і функціональність.

Основні функції роботи системи

Об'єктом розробки є система віддаленого управління комп'ютерами з сервером на операційній системі Windows і кросплатформеною клієнтською частиною. Метою роз-

робки є створення системи, що значно спрощує контроль діяльності користувача, а також надає можливість усунення проблем, перебуваючи на великій відстані від налаштованого комп'ютера. Проектована система архітектури «клієнт-сервер» передбачає наявність комплексу системних утиліт, пов'язаних з допомогою керуючого інтерфейсу. Віддалене управління робочим столом буде здійснюватися в двох режимах: режимі перегляду і режимі управління. У режимі перегляду користувачі не бачать факту спостереження внаслідок відсутності перехоплення управління. У режимі керування користувач бачить управління комп'ютером з мережі, проте паралельно може управляти своїм комп'ютером.

Перелічимо основні функції проектованої системи:

- переглянути список запущених процесів у форматі «назва – pid – кількість потоків – пріоритет», з можливістю зміни пріоритету первинного потоку процесу, видалення процесу з оперативної пам'яті, а також завантаження нового процесу;
- перегляд списку потоків, які належать обраному процесу у форматі «tid – пріоритет», з можливістю видалення потоку з оперативної пам'яті, зміну пріоритету, призупинення і відновлення потоку;
- керування живленням (виключення / перезавантаження);
- зміна параметрів екрану (роздільна здатність, частота зміни кадрів, глибина кольору);
- управління оболонкою Explorer та панеллю задач;
- перегляд робочого столу віддаленого комп'ютера;
- перехоплення управління мишки і клавіатури віддаленого комп'ютера;
- можливість відстежування клавіатурних і віконних подій;
- відправлення повідомлень користувачеві;
- перегляд списку встановленого обладнання в системі на віддаленому комп'ютері та можливість керування пристроями системи (включення / вимикання / видалення);
- перегляд списку служб операційної системи з можливістю запуску / зупинки / завершення обраних служб.

Робота даної серверної системи можлива в операційних системах Windows NT/2000/XP на комп'ютерах, сумісних з IBM PC, з наступними характеристиками: CPU Pentium III (або краще), RAM 64 Mb, і мінімум 5 мб на жорсткому диску для встановлення, мережевий адаптер стандарту 100Base -TX (або краще). Клієнтська частина є кросплатформеною, і може бути запущена на будь-якій архітектурі з java-машиною.

Архітектура системи, що розробляється

Перш за все, для реалізації поставленого завдання, а саме для створення кроссплатформенної захищеної розширюваної системи віддаленого адміністрування комп’ютерів необхідно розробити архітектуру відповідної системи.

Програмне забезпечення повинно включати в себе системне програмне забезпечення (ПЗ), прикладне ПЗ та систему віддаленого управління, яка розроблялась.

Прикладне ПЗ необхідно для розробки програмного комплексу, який і буде представляти собою систему віддаленого управління.

Розробку системи віддаленого керування можна розбити на кілька підзадач, кожну з яких можна вирішувати окремо:

- розробка базових функцій обміну інформацією;
- розробка призначеного для користувача інтерфейсу;
- розробка дзеркального драйвера;
- зв'язування розроблених компонентів системи в єдине ціле.

Розробка базових функцій обміну інформацією є першим етапом реалізації системи і включає в себе розробку класів і методів протоколу, на основі якого буде працювати система, а також внесення змін у відкритий протокол RFB, необхідний для передачі зо-

бражень.

Для написання драйвера необхідний пакет Windows DDK (Driver Development Kit). Створення драйвера можливо і без використання DDK, однак DDK містить засоби, що спрощують розробку драйвера (наприклад, готові приклади та шаблони коду), що забезпечують сумісність драйвера з операційною системою (символічні визначення констант, визначення інтерфейсних функцій ОС. Як будь-який відео драйвер, дзеркальний драйвер складається з двох частин – Mirror miniport відео драйвер і Mirror драйвер дисплея. Miniport відео драйвер є специфічною програмою для кожного відеоадаптера, тобто пишеться під конкретне устаткування. Він працює в нульовому кільці захисту ядра ОС Windows. Для обміну даними з відеоадаптером miniport драйвер використовує спеціальний Video port драйвер. Video port драйвер є незалежним від устаткування і постачається разом з операційною системою. Miniport драйвер для зв'язку з устаткуванням і операційною системою може викликати тільки функції Video port драйвера VideoPortXxx.

Одним з важливих етапів розробки програмного продукту є процес створення призначеного для користувача інтерфейсу. Інтерфейс програми, перш за все, визначає мову користувача і мову повідомлення комп'ютера, який організовує з ним діалог.

Інтерфейс повинен мати такі можливості:

- маніпулювати різноманітними формами діалогу і змінювати їх у процесі роботи за вибором користувача;
- передавати дані до системи різноманітними засобами;
- отримувати дані від різних пристроїв системи в різних формах;
- гнучко підтримувати запити.

На рисунку 1 показана узагальнена архітектура програмного забезпечення системи.

На архітектурі системи представлений комп'ютер адміністратора і комп'ютер користувача. Системне програмне забезпечення комп'ютера користувача включає в себе дзеркальний драйвер, що виконується в режимі ядра, і призначена для користувача серверна служба, що включає основний функціонал системи, що дозволяє взаємодіяти через Інтернет з віддаленим комп'ютером за допомогою простої програми, встановленої на іншому комп'ютері. Зовсім не обов'язково, щоб ці комп'ютери були однієї марки та за однаковими операційними системами. Клієнтська частина являє собою java-додаток, що використовує технологію VNC, і є кроссплатформенною.

VNC має свій власний протокол передачі даних (RFB-protocol), загальний для всіх таких систем. Протокол може бути розширений, наприклад, додаванням до нього нових алгоритмів стиснення зображення або алгоритмів шифрування, а також додаванням нових функціональних можливостей передачі даних.

Сервер, встановлений на віддаленому комп'ютері, бере знімок екрану, стискає зображення і передає його клієнту через комп'ютерну мережу. Клієнт розпаковує отримані дані і відновлює зображення у себе на екрані. У зворотну сторону передається потік керування (клавіатура, миша).

Найважливішою характеристикою VNC-системи є її продуктивність – частота оновлення екрану клієнта. Якщо при зміні зображення на екрані сервера картинка на екрані клієнта змінюється через якийсь помітний час, то будемо говорити, що продуктивність низька.

Вимоги до системи

До VNC-подібних систем висуваються дуже жорсткі вимоги:

- низький мережевий трафік;

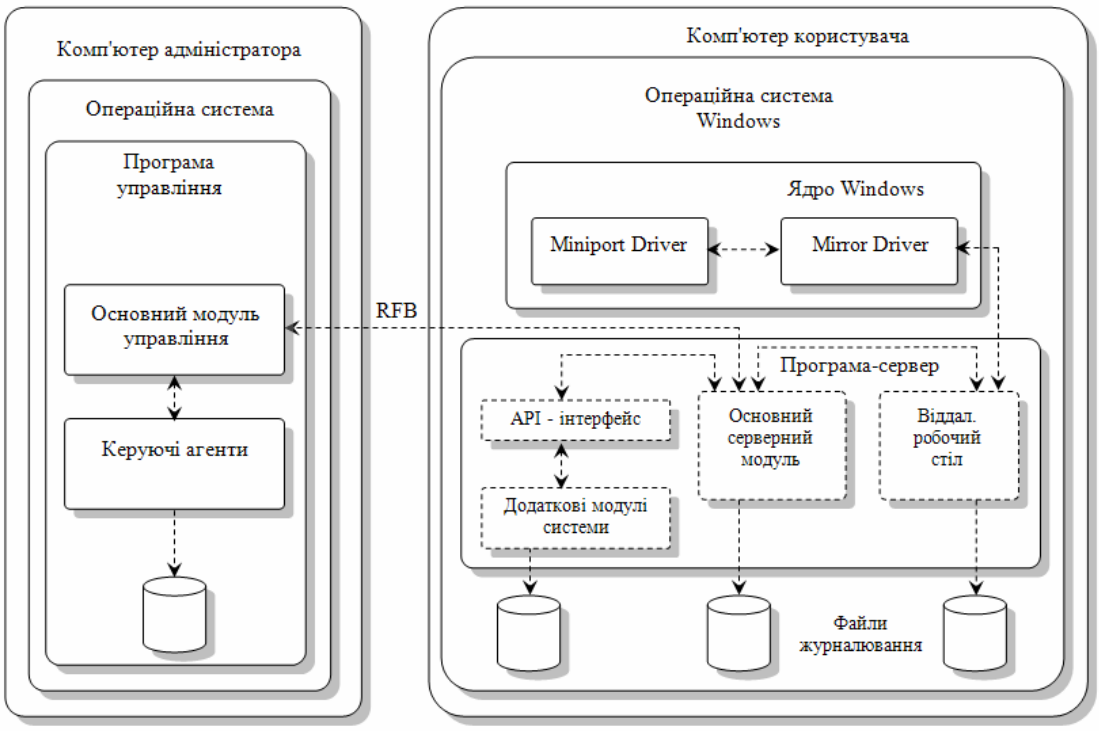


Рис. 1. Архітектура системи, що розробляється

- невелике завантаження обох комп'ютерів;
- висока продуктивність.

Специфіка ОС Windows така, що задовольнити всім переліченим вимогам при розробці VNC дуже складно. Всі відомі авторам VNC-подібні системи для Windows ґрунтуються або на перехопленні повідомлень і використанні таймерів, або на використанні спеціальних відео драйверів. У першому випадку, після перехоплення повідомлення, сканується область екрану, яка зайнята вікном-адресатом. У другому випадку – перехоплюються всі графічні операції виводу.

Переваги першого методу такі. Програма працює в режимі користувача. При заміні обладнання працездатність програми не порушиться, тому що використовуються виключно функції Win32API. Недоліками є низька продуктивність і високе завантаження системи. При цьому робиться мовчазне припущення, що у вікні відбуваються значущі для користувача оновлення тільки при отриманні будь-якого повідомлення, а всі інші оновлення відслідковуються тільки по таймеру. За цим методом працюють Real VNC, Tight VNC, Ultra VNC.

Другий метод вимагає створення драйвера, що працює в режимі ядра. Але при цьому забезпечується висока продуктивність з невеликим завантаженням системи. Робиться припущення, що жодна програма не може малювати на екрані в обхід відео драйверів. Цей метод використовує Ultra VNC при наявності власного драйвера і система Radmin (яка не є VNC-системою).

Розширення протоколу RFB

RFB («remote framebuffer») є протоколом для віддаленого доступу до графічного інтерфейсу, призначеного для користувача, тому що він працює на рівні кадрового буфера графічних підсистем, включаючи X11, Windows і Macintosh. RFB є протоколом, що використовується в технології VNC.

Віддалене місце, де знаходиться користувач (тобто дисплей і клавіатура) називається клієнтом RFB або оглядачем. Кінцева точка, яка записує зміни у кадровий буфер, нази-

ається RFB сервер.

Насправді RFB протокол є протоколом тонкого клієнта. Основним завданням розробки даного протоколу є мала вимогливість до RFB клієнта. Таким чином, клієнти можуть працювати на широкому спектрі апаратного забезпечення.

Протокол також позбавляє клієнта необхідності підтримання певного статусу. Якщо клієнт відключається від заданого сервера, а потім підключається знову, статус клієнта на сервері не змінюється. Крім того, різні RFB клієнти можуть підключатися до одного й того ж сервера. На новій кінцевій точці користувач побачить точно таку ж картинку, як і на оригінальній кінцевій точці. По суті, інтерфейс для користувача стає повністю мобільним. Там, де відповідне підключення до мережі відсутнє, користувач може отримати доступ до його персональних програм, і стан цих програм буде збережено в проміжку між доступом до них з різних віддалених точок. Це дає користувачеві однаковий підхід до обчислювальної інфраструктури.

В основі роботи RFB протоколу лежить простий графічний принцип: «покласти прямокутник пікселів на задану *x*, *y* позицію». Разом, з цим застосування різних кодувань піксельних даних дає більшу гнучкість в налаштуванні параметрів, таких як пропускна здатність мережі, швидкість передачі клієнтського рисунку і швидкість роботи сервера.

Послідовність таких прямокутників здійснює оновлення кадрового буфера. Оновлення являє собою перехід з одного стану кадрового буфера в інший, схожий на відео потік. Прямокутники, як правило, під час оновлення не перетинаються, однак це не обов'язково.

Протокол має адаптивні якості. Тобто, оновлення передаються тільки від сервера до клієнта у відповідь на прямий запит від клієнта. Чим повільніше клієнт і мережа, тим менше оновлень буде потрібно. З типовими програмами зміни в тій же області буфера кадру, як правило, відбуваються незабаром один за одним. З повільним клієнтом або мережею перехідними станами кадрового буфера можна знехтувати, в результаті чого менше навантаження на мережу, і менше прорисовок на боці клієнта.

Існує безліч шляхів розширення даного протоколу:

- нові методи кодування. Нові методи кодування можуть бути легко включені до протоколу, зберігаючи сумісність з існуючими клієнтами та серверами;
- псевдо кодування. На додаток до існуючих систем кодування, клієнт може запитати «псевдо кодування», щоб заявити на сервері, що він підтримує певні розширення протоколу. Сервер, який не підтримує розширення, просто проігнорує псевдо кодування. Слід зауважити, що клієнт за замовчуванням вважає сервер нездатним підтримувати розширення до тих пір, поки не отримає певне підтвердження про підтримку розширення протоколу;
- нові типи безпеки. Додавання нового типу безпеки надає максимальну гнучкість у модифікації поведінки протоколу без шкоди сумісності з існуючими клієнтами та серверами. Клієнт і сервер, які домовляються у використанні нового типу безпеки.

Ні за яких обставин не потрібно використовувати різні версії протоколу. Версії протоколу визначаються творцями протоколу RFB, а також RealVNC Ltd. Якщо використовувати інший номер версії протоколу, то він не буде VNC-сумісним. Щоб переконатися в сумісності протоколу RFB, потрібно зв'язатися з RealVNC Ltd для перевірки несуперечності обраних типів кодування, а також нових типів безпеки.

Багатоагентність системи

Багатоагентна система – це система, утворена декількома взаємодіючими інтелектуальними агентами. Багатоагентна система може бути використана для вирішення таких проблем, які складно або неможливо вирішити за допомогою одного агента або монолітної системи. У задачі віддаленого адміністрування багатоагентна система відіграє ва-

жливу роль у зменшенні рутинної роботи адміністратора, такої як оновлення списку ресурсів у реальному часі, блокування комп'ютера по таймеру або по іншій зовнішній події.

У багатоагентній системі агенти мають кілька наступних важливих характеристик:

- автономність: агенти, хоча б частково, незалежні;
- обмеженість представлення: у жодного з агентів немає уявлення про всю систему, або система занадто складна, щоб знання про неї мало практичне застосування для агента;
- децентралізація: немає агентів, які керують всією системою.

На рисунку 2 представлена багатоагентна система.

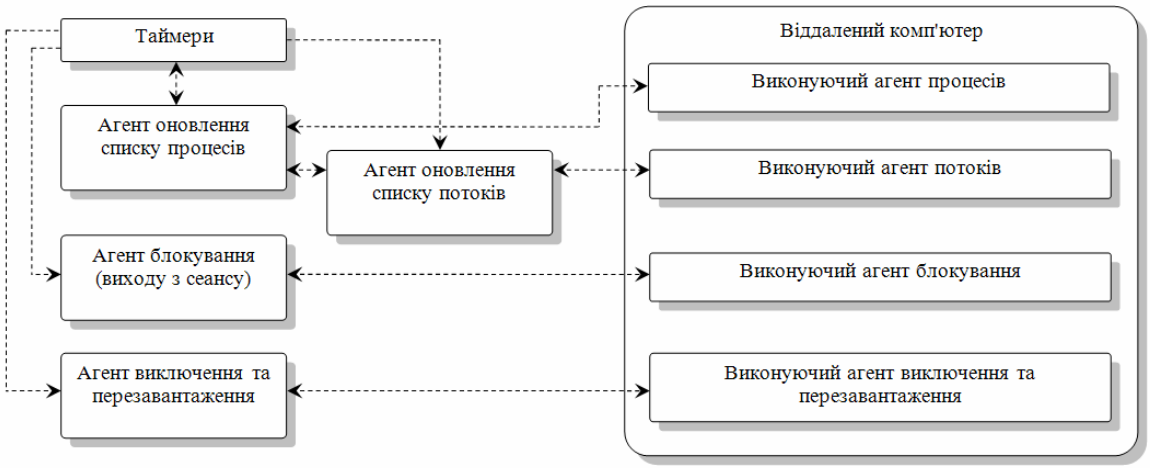


Рис. 2. Багатоагентність системи

Висновки

Запропонована система значно спрощує віддалену роботу по контролю за діяльністю користувача, а також можливому вирішенню проблем, знаходячись на великій відстані від керованого комп'ютера. Система являє собою мультиагентну модель, в якій кожний агент працює автономно та виконує задані функції.

Система дає можливість слідкувати за користувачами, включаючи перегляд стану системи у вигляді розширеного списку процесів та потоків з можливістю зміни їх параметрів, переглядати інформацію про те, що користувач робив, які клавіші натискав і які вікна відкривав. Також система дозволяє здійснювати віддалене налаштування системи за допомогою графічного інтерфейсу.

У ході розробки була створена працездатна система, складовими частинами якої є: дзеркальний драйвер, програма-сервер, програма-клієнт.

Список літературних джерел

1. Программы удаленного управления сетью [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://www.compress.ru/article.aspx?id=17370&iid=805 ;

2. Методы и задачи удаленного управления компьютерами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://admtech.mrsu.ru/intro_1.html ;

3. Удаленное управление сетями [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://www.itc.ua/node/22851 ;

4. Вильямс А. «Системное программирование в Windows 2000 для профессионалов» – 1-е изд., – СПб; Питер; М.: 2000. – 624 с.; ил.

УДК 528
В.Г. Бурачек, д-р техн. наук

Інститут землевпорядкування та інформаційних технологій при НАУ, м. Київ, Україна
В.І. Зацерковний, канд. техн. наук,
В.Ю. Беленок, аспірант

Чернігівський державний інститут економіки і управління, м. Чернігів, Україна

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

Подано опис розробленого авторами способу та пристрою геодезичної прив'язки аерокосмічних знімків. Запропонований спосіб та пристрій дозволяють суттєво підвищити точність дешифрування та прив'язки аерокосмічних знімків за рахунок використання субпіксельної технології з отриманням точності, необхідної для створення великомасштабних топографічних карт.

Постановка проблеми

Науково-технічні досягнення останніх років у справі створення і розвитку космічних систем, технологій обробки, збереження, інтерпретації і використання отримуваних даних сприяли розширенню кола задач, вирішуваних за допомогою дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Матеріали космічної зйомки після відповідної обробки знаходять широке застосування в самих різноманітних областях людської діяльності: дослідженні природних ресурсів, моніторингу стихійних лих і оцінці їх наслідків, вивченні антропогенного впливу на навколишнє середовище, будівельних і проектно-дослідних роботах, міському і земельному кадастрі, плануванні і управлінні розвитком територій, містобудуванні, геології і освоєнні надр, промисловості, сільському і лісному господарствах, туризму, військовій розвідці тощо.

Розвиток орбітальної техніки дозволяє створювати нові картографічні геоінформаційні системи, автоматизовані комплекси управління природокористуванням і моніторингу екологічним станом як для окремих регіонів, так і для планети в цілому.

При дистанційному зніманні отримують інформацію в аналоговому (у вигляді аерота космічних знімків) або цифровому вигляді. Аерокосмічний знімок – це, перед усім, інформаційна модель об'єкта дослідження або явища. Аналогові і цифрові аерокосмічні знімки мають десятки різновидів, несуть різноманітну інформацію про географічні об'єкти і явища, про їх взаємозв'язки, просторовий розподіл, стан та зміну у часі тощо.

Ефективність використання аерокосмічних знімків для вирішення наукових і практичних задач знаходиться в прямій залежності від їх якості (розрізненості та точності дешифрування).

Оскільки в загальній системі отримання якісної інформації по матеріалах ДЗЗ належить процесам прив'язки космічних знімків і оцінці характеристик якості вихідних матеріалів і похідної продукції, то актуальною задачею є розробка пристроїв прив'язки та підвищення точності дешифрування.

В процесі обробки аерокосмічних знімків виконуються їх прив'язка та дешифрування. Під прив'язкою (підготовкою) аерокосмічних знімків розуміють комплекс робіт, який складається з розпізнавання на місцевості контурних точок та визначення їх геодезичних координат, а під дешифруванням – вивчення аерокосмічних знімків з метою розпізнання зображених на них об'єктів та визначення їх кількісних та якісних характеристик.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останнє десятиліття характеризується суттєвим збільшенням публікацій і досліджень, спрямованих на визначення тих чи інших характеристик аерокосмічних знімків і

їх придатності для вирішення різноманітних науково-практичних завдань, зумовлене тим, що продукція аерокосмічних зйомок стає все більш доступною споживачеві просторової інформації і це, як наслідок, викликає постійне зростання заінтересованості до неї як з боку звичайних користувачів, так і науковців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що коло науково-практичних задач, вирішуваних за допомогою даних дистанційного зондування, неупинно зростає і потребує підвищення точності дешифрування аерокосмічних матеріалів, покращення їх розрізненості [1, 2, 3].

Згідно роботи [4], розрізненість 61 см на піксель, яку зараз отримують із космічних знімків від супутника Quick Bird, ще не є граничною точністю прив'язки знімка та його дешифрування. Ця гранична точність може бути суттєво збільшена при використанні субпіксельної технології. Зокрема, програмний продукт Subpixel Analist фірми Erdas (зараз Leica) дозволяє достовірно розпізнавати інформацію до 0,2 пікселя, а з використанням дешифрування за непрямими ознаками – і ще вище.

Щодо використання аерофотоматеріалів, згідно роботи [4], для великомасштабних знімань, наприклад, для 1:2000, на фотоматеріалах з розрізненістю 15 ліній на міліметр при масштабі фотографування 1:4000, при найретельнішому скануванні можна отримати розрізненість вихідної продукції 27 см/піксель. Але на цю величину впливає ще велика кількість зовнішніх факторів, тому реально вона є значно меншою.

Постановка завдання

З огляду на все зростаючий попит на аерокосмічні знімки, переваги і недоліки існуючих методів і технологій їх обробки, авторами було поставлено завдання розробки нового способу та пристрою геодезичної прив'язки аерокосмічних знімків, заснованого на субпіксельній технології, що дозволяє отримати суттєве підвищення точності дешифрування та прив'язки аерокосмічних знімків на рівні, який є необхідним для створення великомасштабних топографічних карт.

Виклад основного матеріалу дослідження

Запропонований спосіб геодезичної прив'язки аерокосмічних знімків, що ґрунтується на дешифруванні зображень, отриманих за допомогою цифрових оптико-електронних приладів, на базі субпіксельної технології, є перспективним. Характерною особливістю пропонованого способу є те, що в ньому здійснюється оптико-електронна цифрова зйомка поверхні об'єкта з багатосекторними опорними геодезичними знаками. Після виконання зйомки для кожного зображення знаку обирають дві пари діаметрально протилежних секторних фігур, медіани яких утворюють найменші кути відхилення з лініями стовпців і рядків мішені матричного фотоприймача, та обчислюють координати центрів зображень опорних знаків на мішені матричного фотоприймача як середні значення координат центрів медіан вибраних пар секторних фігур по лініях стовпців та рядків.

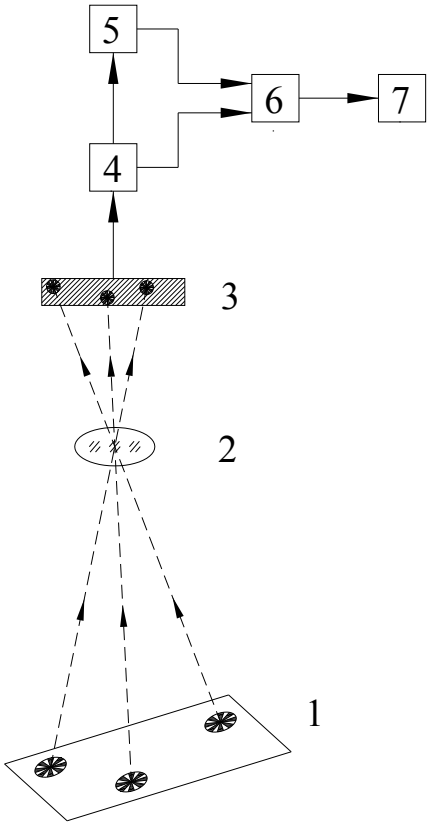
Для реалізації цього способу авторами був розроблений пристрій, блок-схема якого зображена на рис. 1.

Геодезичний знак (рис. 2) складається з певної кількості контрастних секторних фігур, утворених лініями діаметрів та розташованих по колу (при цьому темні та світлі фігури чергуються).

Для виконання прив'язки аерокосмічних знімків деяка кількість геодезичних знаків розміщується на місцевості на горизонтальній площині (рис. 1, поз. 1), наприклад, на даху будинку.

Розмір знака повинен бути таким, щоб задовольняв вимогам точності виконуваних робіт. При цьому, чим більший діаметр геодезичного знаку та менше кут між лініями діаметрів, тим вище роздільна здатність (розрізненість).

Блоки 2-7 (на рис. 1) розташовуються на борту літального апарату, з якого виконується зйомка.



1 – геодезичні знаки на горизонтальній площині; 2 – об'єктив цифрової камери; 3 – матричний фотоприймач; 4 – блок формування; 5 – блок пам'яті; 6 – блок обробки інформації; 7 – блок запису та зберігання інформації
Рис. 1. Пристрій геодезичної прив'язки аерокосмічних знімків

При зніманні цифровою камерою (рис. 1, поз. 2) геодезичних знаків (рис. 1, поз. 1) в площині зображень камери на мішені фотоприймача (рис. 1, поз. 3) отримують спроектоване зображення гострокутних секторних фігур.

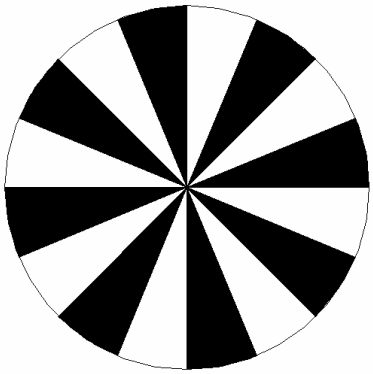


Рис. 2. Геодезичний знак: коло, поділене на гострокутні сектори з чергуванням темних та світлих фігур

Будемо розглядати такий варіант чутливості матриці, при якому піксель ініціює електричний сигнал у разі засвічування не менше, ніж половини його площі.

В такому випадку піксель вважатимемо засвіченим (розглядаючи темну фігуру на світлому фоні). По аналогії з теорією інформації для бінарної системи, при кодуванні пікселів будемо вважати, що засвічений піксель має код 1, незасвічений – 0.

Позначимо: $A(X_A;Y_A)$ – центр знаку (вершина секторної фігури); h – висота фігури; b – основа (базис) фігури; $(X_A+h;Y_A-0,5b)$ – координати точки лівого кінця базису; $(X_A+h;Y_A+0,5b)$ – координати точки правого кінця базису. Лінія, що поєднує точку $A(X_A;Y_A)$ з точкою $(X_A+h;Y_A-0,5b)$, є переднім фронтом (ПФ) фігури і з точкою $(X_A+h;Y_A+0,5b)$ – заднім фронтом (ЗФ). Лінія фронту – це контрастна лінія переходу від темної фігури до світлої та навпаки (тобто це є радіус зображення геодезичного знаку). При цьому, якщо рухатися зліва направо вздовж осі рядків у випадку визначення координати Y (або у випадку руху зверху вниз вздовж осі стовпців при визначенні координати X), то перша лінія секторної радіальної фігури по напрямку руху – це лінія переднього фронту, друга лінія – лінія заднього фронту фігури.

Рахування пікселів на мішені матричного фотоприймача виконується зліва направо по осі Y ($i=\overline{1;n}$) та зверху вниз по осі X ($j=\overline{1;m}$).

На рис. 1 пунктирними лініями зі стрілками показано оптичні промені, що йдуть від об'єкту зйомки (багатосекторних геодезичних знаків) через об'єктив цифрової камери 2 на матричний фотоприймач 3. Дані вимірювань – номера засвічених пікселів по рядках (стовпцях) матриці перед лінією переднього і за лінією заднього фронту (над лінією переднього і під лінією заднього фронту для визначення координати X_A) зображень вибраних пар діаметрально протилежних секторних фігур – потрапляють у блок формування 4. У блоці 4 виконується формування звітів по рядках та стовпцях.

Зображення геодезичного знаку з багатосекторними гострокутними фігурами розміщується на мішені матричного фотоприймача в момент фотографування цифровою камерою випадковим чином, а тому кути, які утворюються медіанами секторних фігур та лініями рядків та стовпців пікселів, є теж довільними та рівноймовірними.

Пара діаметрально протилежних секторних фігур приведена на рис. 3.

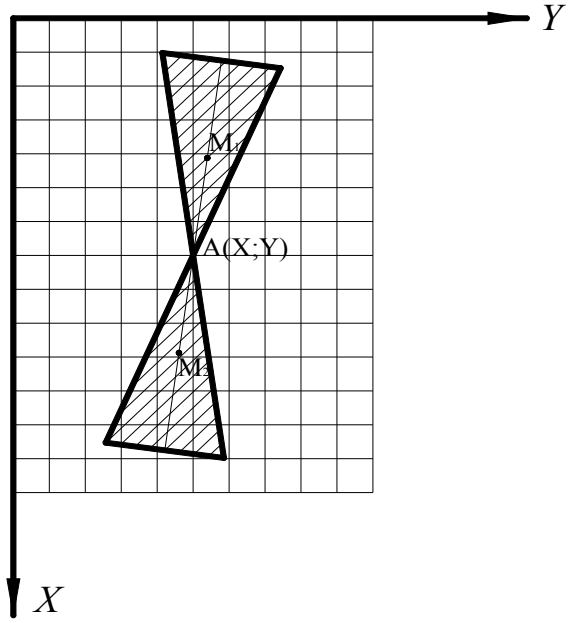


Рис. 3. Пара діаметрально протилежних секторних фігур:
M_1 і M_2 – центри медіан, A(X; Y) – вершина фігури (центр знаку)

Якщо зображення геодезичного знаку розташувалось на мішені матричного фотоприймача у момент фотографування таким чином, що лінія медіани деякої пари діаметрально протилежних секторних фігур паралельна (перпендикулярна) лінії стовпців (рядків) матриці, то значення координат вершин для кожної фігури з цієї пари діаметраль-

но протилежних секторних фігур буде однаковим і визначить однозначно координати центру зображення геодезичного знаку. Якщо ж такі пари фігур будуть відсутні, то для того, щоб отримати максимальну точність дешифрування аерокосмічних знімків, обирають дві пари діаметрально протилежних секторних фігур, медіани яких утворюють найменші кути відхилення з лініями стовпців і рядків мішені матричного фотоприймача.

Для визначення положення центру зображення геодезичного знаку по осі рядків Y, розглядають пару діаметрально протилежних секторних фігур з найменшим кутом між медіанами цих фігур та лінією стовпців мішені матриці (мінімальність кутового відхилення визначають візуально). Відстань по осі рядків між центрами медіан для фігур такої пари (точки M_1 та M_2 на рис. 3) є мінімальною серед усіх пар, при цьому самі центри медіан є симетричними відносно лінії стовпців матриці (тобто містять похибки однакові за величиною та протилежні за знаком), а тому відхилення координати вершини фігури по осі рядків (тобто відхилення координати по осі рядків центрів медіан M_1 та M_2), визначених з такої пари фігур, від істинного значення є теж мінімальним.

В цьому випадку координати в пікселях по осі рядків Y центрів медіан вибраних пар секторних фігур обчислюються за формулою:

$$A_Y = \frac{1}{N_p} \sum_{t_n}^{t_K} \left(a_{iП} - a_{iЗ} - 1 \right), \tag{1}$$

де $a_{iП}$ – номер засвіченого пікселя в рядку перед лінією переднього фронту фігури;

$a_{iЗ}$ – номер засвіченого пікселя в рядку за лінією заднього фронту фігури;

N_p – кількість робочих рядків пікселів (по яким проводиться підсумовування);

$t_П$ – номер початкового рядка відліку пікселів;

t_K – номер кінцевого рядка відліку пікселів.

Далі остаточно визначають координату по осі рядків центру зображення геодезичного знаку як середнє значення обчислених координат для кожної радіальної фігури з обраної пари діаметрально протилежних секторних фігур.

Для визначення положення центру зображення геодезичного знаку по осі стовпців X розглядають пару діаметрально протилежних секторних фігур з найменшим кутом між медіанами цих фігур та лінією рядків мішені матриці. Відстань по осі стовпців між центрами медіан такої пари фігур є мінімальною серед усіх пар. Координати в пікселях по осі стовпців X центрів медіан діаметрально протилежних секторних фігур визначають за формулою:

$$A_X = \frac{1}{N_{ст}} \sum_{s_n}^{s_K} \left(a_{jП} + a_{jЗ} - 1 \right), \tag{2}$$

де $a_{jП}$ – номер засвіченого пікселя в стовпці над лінією переднього фронту фігури;

$a_{jЗ}$ – номер засвіченого пікселя в стовпці під лінією заднього фронту фігури;

$N_{ст}$ – кількість робочих стовпців пікселів (по яким проводиться підсумовування);

$s_П$ – номер початкового стовпця відліку пікселів;

s_K – номер кінцевого стовпця відліку пікселів.

Далі остаточно визначають координату по осі стовпців центру зображення геодезичного знаку як середнє значення обчислених координат для кожної радіальної фігури з обраної пари діаметрально протилежних секторних фігур.

Якщо пару діаметрально протилежних радіальних фігур з найменшими кутами між медіанами та лініями рядків або стовпців матриці візуально однозначно визначити не вдається, то в такому випадку проводять обчислення для різних пар фігур. Після чого вибирають пару діаметрально протилежних фігур з найменшими розходженнями по

тих координатах центрів медіан, що визначаються, звідки далі обчислюють середнє значення, отримуючи координати центру зображення геодезичного знаку по осі рядків або стовпців.

Отриманий результат із блоку 4 (рис. 1) передають в блок обробки інформації 6. Одночасно із блоку 4 в блок 5 передають дані: код візирної цілі, відносне положення ліній переднього і заднього фронтів зображення візирної цілі. По цим даним блок пам'яті 5 видає в блок 6 характеристики візирної цілі (координати геодезичного знаку). У блоці 6 виконується додавання відліків по передньому і задньому фронтах зображення секторних фігур і знаходження середнього по кожному рядку та стовпцю. Після цього виконується додавання середніх відліків по рядках і стовпцях та розподіл отриманої суми на кількість рядків та стовпців, по яких були отримані відліки ліній переднього і заднього фронтів зображення секторних фігур. При цьому обчислюють координати центрів медіан по осі рядків та осі стовпців для двох вибраних пар діаметрально протилежних секторних фігури за формулами (1) і (2) відповідно, а потім остаточно визначають координати центрів кожного з зображень геодезичних знаків як середні значення обчислених координат центрів медіан вибраних пар діаметрально протилежних секторних фігур.

У роботі [3] доведено, що, використовуючи V-подібну фігуру, можна одержати високу чутливість матриці: не гірше $\pm 0{,}05p$, де p – лінійний розмір пікселя.

Розглянемо конкретний приклад визначення координати вершини секторної фігури (темна фігура на світлому фоні), обмежуючись визначенням ординати. Зазначимо, що точність визначення координати буде тим вища, чим меншим буде тангенс половини центрального кута (відношення півбази до висоти знака). На рис. 4 наведено фрагмент фото приймальної матриці цифрової знімальної камери, на якій зображена секторна фігура (фрагмент геодезичного знаку) зі значеннями $b = 8p$, $h = 14p$, лінії ПФ і ЗФ якої є симетричними відносно вертикальної осі.

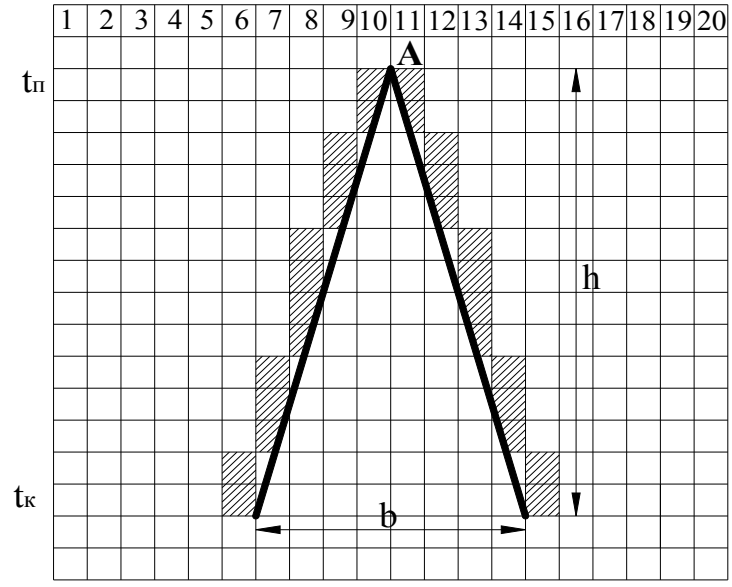


Рис. 4. Визначення ординати вершини секторної фігури: заштриховано засвічені пікселі перед лінією ПФ і за лінією ЗФ (сигнал від цих пікселів та від пікселів, розміщених поза межами цієї фігури, буде 1, від інших пікселів – 0), у першому рядку для зручності рахування пронумеровано стовпці пікселів, $t_п$ – номер початкового рядка відліку пікселів, $t_к$ – номер кінцевого рядка відліку пікселів

Номера пікселів, що зображені на рис. 4, представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Визначення ординати вершини секторної фігури

$a_{iП}$	Номер пікселя	$a_{iП}$	Номер пікселя	$a_{iЗ}$	Номер пікселя	$a_{iЗ}$	Номер пікселя
$a_{1П}$	10	$a_{8П}$	8	$a_{1З}$	11	$a_{8З}$	13
$a_{2П}$	10	$a_{9П}$	8	$a_{2З}$	11	$a_{9З}$	13
$a_{3П}$	9	$a_{10П}$	7	$a_{3З}$	12	$a_{10З}$	14
$a_{4П}$	9	$a_{11П}$	7	$a_{4З}$	12	$a_{11З}$	14
$a_{5П}$	9	$a_{12П}$	7	$a_{5З}$	12	$a_{12З}$	14
$a_{6П}$	8	$a_{13П}$	6	$a_{6З}$	13	$a_{13З}$	15
$a_{7П}$	8	$a_{14П}$	6	$a_{7З}$	13	$a_{14З}$	15

Пікселі для ЛФ та ЗФ мають блоки кодів, які є симетричні й однакові за розміром. Отже, за формулою (1): $A_Y = \frac{280p}{28} = 10p$. Як видно з рис. 4, отримане значення A_Y співпадає з дійсним.

Розглянемо визначення ординати центру багатосекторного геодезичного знаку при зміщенні центру відносно осі X на $0{,}25p$ та повороті відносно цієї ж осі на деякий кут, використовуючи пару діаметрально протилежних секторних фігур (рис. 5).

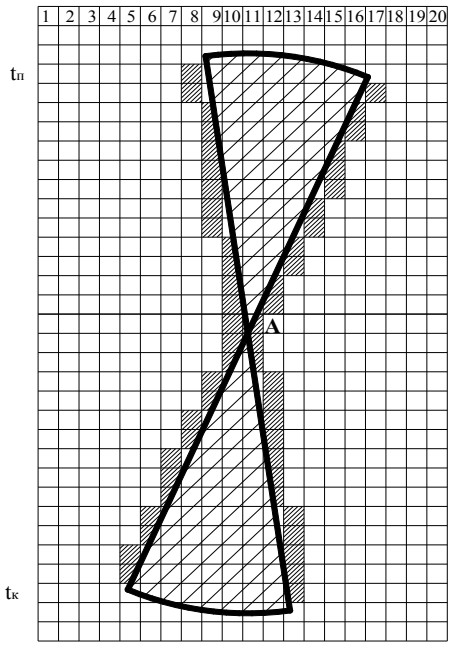


Рис 5. Визначення ординати центру геодезичного знаку при повороті на деякий кут і зміщенні на $0{,}25p$: $t_п$ – номер початкового рядка відліку пікселів, $t_к$ – номер кінцевого рядка відліку пікселів

На рис. 5 заштриховано засвічені пікселі перед лінією ПФ і за лінією ЗФ, у першому рядку для зручності рахування пронумеровано стовпці пікселів. Номера пікселів для рис. 5 наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Визначення ординати центру геодезичного знаку (при повороті на деякий кут і зміщенні на $0,25p$)

$a_{iП}$	Номер пікселя	$a_{iП}$	Номер пікселя	$a_{iЗ}$	Номер пікселя	$a_{iЗ}$	Номер пікселя
$a_{1П}$	8	$a_{15П}$	10	a_{23}	17	a_{163}	11
$a_{2П}$	8	$a_{16П}$	10	a_{33}	16	a_{173}	12
$a_{3П}$	9	$a_{17П}$	9	a_{43}	16	a_{183}	12
$a_{4П}$	9	$a_{18П}$	9	a_{53}	15	a_{193}	12
$a_{5П}$	9	$a_{19П}$	8	a_{63}	15	a_{203}	12
$a_{6П}$	9	$a_{20П}$	8	a_{73}	15	a_{213}	12
$a_{7П}$	9	$a_{21П}$	7	a_{83}	14	a_{223}	12
$a_{8П}$	9	$a_{22П}$	7	a_{93}	14	a_{233}	12
$a_{9П}$	9	$a_{23П}$	7	a_{103}	13	a_{243}	13
$a_{10П}$	10	$a_{24П}$	6	a_{113}	13	a_{253}	13
$a_{11П}$	10	$a_{25П}$	6	a_{123}	12	a_{263}	13
$a_{12П}$	10	$a_{26П}$	5	a_{133}	12	a_{273}	13
$a_{13П}$	10	$a_{27П}$	5	a_{143}	11	a_{283}	13
$a_{14П}$	10			a_{153}	11		

За формулою (1): $A_Y = \frac{553p}{2 \cdot 27} \approx 10,24p$. Очевидно, що істинне значення: $A_Y = 10,25p$. Отже отримане значення A_Y відрізняється від істинного на $0,01p$, що є дуже високим результатом.

Таким чином, при зміщенні центру знаку відносно вертикальної осі розрізу пікселів матимемо взаємне зміщення блоків кодів ліній ПФ та ЗФ. При дослідженні впливу нахилу зображення секторної фігури відносно осі координат фотоприймальної матриці матиме місце асиметрія, величина якої залежить від кута нахилу, та взаємне зміщення блоків кодів, які при цьому будуть мати різний розмір (але однаковий для ліній ПФ-ЗФ двох пар діаметрально протилежних секторних фігур).

Точність прив'язки та дешифрування можна значно збільшити, якщо кодування здійснювати не в бінарній системі, а використовуючи градацію кольору, поділяючи піксель за рівнями засвічування (теоретично використовуючи $2^{24} \approx 16$ млн. кольорів).

Висновки

Описаний спосіб та пристрій геодезичної прив'язки аерокосмічних знімків дозволяє підвищити точність дешифрування та прив'язки до рівня, необхідного для створення великомасштабних топографічних карт, які, в свою чергу, є джерелом інформації для ГІС, різноманітних кадастрів, проведення моніторингу, виконання інженерних робіт тощо.

Підвищення точності дешифрування та прив'язки знімків здійснюється за рахунок використання субпіксельної технології для отримання точності, необхідної для створення великомасштабних топографічних карт.

В основі розробленого способу дешифрування і прив'язки аерокосмічних знімків лежить технологія використання V-подібних фігур, яка також може бути застосована при дешифруванні лінійних об'єктів для визначення їх геометричних розмірів, для підвищення точності візування зоровою трубою геодезичних приладів, при визначенні промірної вертикалі з судна тощо.

Список літературних джерел

1. Дорожинський О.Л. Фотограмметрія: Підручник /О.Л. Дорожинський, Р. Тукай. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. – 332 с.

2. Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования. Второе издание /У.Г. Рис; [пер. с англ. М.Б. Кауфмана, А.А. Кузьмичевой]. – Москва: Техносфера, 2006. – 336 с.

3. Лабутина Л.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: Учеб. пособие для студентов вузов /И.А. Лабутина – М.: Аспект Пресс, 2004. – 184 с.

4. О точности привязки и дешифрирования космических снимков высокого разрешения /Н.В. Базарнова, Т.А. Куценко, С.А. Лелюх, В.В. Чернов //Запорожье: ГИС центр «Градостроитель», 2004. – С. 37-48.

5. Патент на корисну модель № 34681 Україна, МПК (2006) G01C11/00. Пристрій визначення положення промірної вертикалі з судна /Бурачек В.Г., Мамонтова Л.С., Нисторяк І.О. – № u200711390; заявл. 15.10.2007; опубл. 26.08.2008, Бюл. № 16.

УДК 528.94

С.В. Кривоберець, аспірант
Ю.С. Сімакін, викладач

Чернігівський державний інститут економіки і управління, м. Чернігів, Україна

МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ БАГАТОКОРИСТУВАЦЬКОЇ ОБРОБКИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ РЕГІОНУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОПОРТАЛІВ

Розглянуто підходи використання геоінформаційних технологій для створення розподіленої бази даних ГІС природно-заповідного фонду Чернігівської області.

Постановка проблеми

Інформаційні ресурси є одними з найважливіших ресурсів держави, без використання якого в принципі неможливо ефективно здійснювати функції управління. Впровадження інформаційних технологій відображає ускладнюючу структуру економіки, розширювані міжнародні зв'язки і кооперацію по вирішенню цілого ряду політичних, соціально-економічних, оборонних, екологічних та багатьох інших важливих державних задач.

Широке застосування інформаційних технологій в органах державної влади протягом останніх десятиліть у нас у країні й за кордоном призвело до нагромадження колосальних за обсягом масивів просторових і атрибутивних даних, організованих у вигляді баз даних. У них міститься величезна кількість цінної інформації, зібраної в різних масштабах, форматах і проекціях, а самі бази даних спроектовані з використанням різних схем і програмних технологій.

В силу того, що бази просторових даних територіально рознесені, різнорідні по своїй структурі й форматам, збереження даних у більшості випадків не пов’язані одна з одною каналами інформаційного обміну, недоступні широкому колу користувачів із числа органів державної влади і господарюючим суб'єктам регіонального й муніципального рівня, пошук необхідної інформації та її наступне опрацювання представляються досить трудомістким процесом, успішне завершення якого не гарантоване для кожного окремо взятого випадку.

Для забезпечення ефективного управління життєдіяльністю й економікою регіону необхідна наявність повної, достовірної й узгодженої просторової інформації, яка характеризує географічно розподілені об'єкти усіх сфер діяльності. Тому розробка механізмів взаємодії між урядом, органами державної влади і господарюючими суб’єктами (організаціями) регіону на основі геоінформаційних технологій, що дозволяють організувати, узгодити та автоматизувати процес отримання й обробки просторової інформації, вирішувати функціональні завдання (геоінформаційне моделювання техногенних і природних процесів, що впливають на діяльність підприємств і органів державної влади регіону, і прогнозування їхнього подальшого розвитку; зонування території; відстеження динаміки розвитку надзвичайних ситуацій, тощо), а також представляти результати обробки просторової інформації в картографічному вигляді особам, що приймають рішення, набула особливої актуальності. Основною проблемою під час розробки таких інформаційних систем є проблема створення методів і програмних засобів підтримки в актуальному стані розподілених баз даних через істотну територіальну розподіленість джерел інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Міжнародний досвід свідчить, що інтеграція розрізнених просторових даних на державному рівні в єдину інфраструктуру просторових даних за допомогою геоінформа-

ційних технологій дозволяє здійснити кардинальний прорив у своєчасному забезпеченні органів влади, наукових досліджень, потреб промисловості й населення достовірними й несуперечливими просторовими даними про свою територію.

Україна також приступила до створення інфраструктури просторових даних (ІПД) на основі геоінформаційних технологій, яка покликана об'єднати й забезпечити колективний доступ до просторових даних, реалізований через мережу геопорталів на трьох рівнях: державному, територіальному (рівень суб'єктів держави) і муніципальному. Природним чином з цього випливає актуальність створення ІПД у регіоні (наприклад, такому як Чернігівська область), тому що більша частина інформації, необхідна для управління окремими об'єктами, підприємствами, містами, районами і всім регіоном, характеризує географічно розподілені об'єкти, а існуючі на сьогоднішній день в організаціях і на підприємствах автоматизовані системи не забезпечують рішення всього кола виробничих завдань фахівців і оперують надлишковими даними.

Питанням використання просторової інформації підприємствами й органами державної влади присвячений ряд робіт вітчизняних і закордонних авторів, зокрема, роботи Р.Н. Бахтизіна, О.В. Бакланова, Ш. Джонса, О.В. Кошкарьова, Я. Массера, Х. Муракамі, Д. О'нілла, Д. Пітерса, Р. Томлінсона, М.П. Бутко та ін., однак у них завданням організації багатоканальної обробки просторової інформації, що зберігається розподілено, приділялося недостатньо уваги.

У зв'язку з цим завдання розробки методів і алгоритмів організації багатоканальної обробки регіональної просторової інформації, що зберігається розподілено, на основі технології геопорталів є актуальним як у теоретичному, так і в практичному плані.

Постановка завдання

Метою роботи є розробка методів і алгоритмів організації багатоканальної обробки просторової інформації, що зберігається розподілено і яка використовується в процесі управління підприємствами й органами державної влади, для створення геопорталу регіону.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні завдання

1. Розробити метод формування структури бази загальних просторових даних (у процесі її створення й наступної актуалізації при зміні кількості або складу джерел інформації) у складі геопорталу регіону.

2. Розробити метод семантичного аналізу просторової інформації при її перенесенні в базу загальних просторових даних регіонального геопорталу, заснований на формалізації й використанні знань про структурні особливості просторових даних.

3. Розробити інформаційну модель для забезпечення можливості спільного подання й використання просторової інформації, що зберігається розподілено, про об'єкти й територію регіону (на прикладі Чернігівської області).

4. Розробити алгоритми та програмне забезпечення, що реалізують методи організації багатоканальної обробки просторової інформації, що зберігається розподілено, у вигляді регіонального геопорталу.

У роботі використовувалися методи системного аналізу складних систем, структурного аналізу й проектування (SADT), геоінформаційного моделювання, математична теорія множин, теорія реляційних баз даних, теорія штучного інтелекту, принципи об’єктно-орієнтованого програмування.

Наукова новизна роботи втримується в наступних результатах

1. Метод формування структури бази загальних просторових даних в процесі її створення й актуалізації при зміні складу або числа джерел інформації, ґрунтується на формальному аналізі структур баз спеціалізованих просторових даних, які входять до складу інфраструктури просторових даних, який дозволяє виявити загальну для декількох баз даних просторову інформацію й організувати багатоканальний доступ до просторо-

вих даних, що зберігаються розподілено.

2. Метод семантичного аналізу просторової інформації з баз спеціалізованих просторових даних, заснований на формалізації й використанні знань експертів про структурні особливості просторових даних, у вигляді продукційних правил, який дозволяє організувати процес інтелектуального вибору просторової інформації при її переносі в базу загальних просторових даних.

3. Інформаційна модель для спільного опису атрибутивних і просторових даних, що використовуються органами державної влади та підприємствами, яка забезпечує можливість спільного подання й використання просторової інформації, що зберігається розподілено про об'єкти й територію регіону (на прикладі Чернігівської області) [1].

Виклад основного матеріалу дослідження

Розроблений метод семантичного аналізу просторової інформації з баз спеціалізованих просторових даних, заснований на формалізації й використанні знань експертів про структурні особливості просторових даних, у вигляді продукційних правил, який дозволяє організувати процес інтелектуального вибору просторової інформації при її переносі в базу загальних просторових даних.

Розроблена інформаційна модель для спільного опису атрибутивних і просторових даних, що забезпечує можливість спільного подання й використання просторової інформації, що зберігається розподілено про об'єкти й територію регіону (на прикладі Чернігівської області).

Розроблені алгоритми та програмне забезпечення для організації розподіленого зберігання й багатоканальної обробки просторової інформації у вигляді регіонального геопорталу. Підприємства та органи державної влади регіону використовують у своїй діяльності великий об'єм просторової інформації про територію, процеси і явища різної природи, що відбуваються на цій території. Аналіз просторових даних, а також вивчення й аналіз закордонного досвіду їхнього використання показав, що вони можуть бути умовно розділені на три складові: дані дистанційного зондування землі, базові просторові дані, спеціалізовані просторові дані.

Просторові дані використовуються для інформаційного забезпечення діяльності підприємств і органів державної влади промислового регіону, тому для підвищення ефективності розв’язання різного роду задач потрібне своєчасне забезпечення всіх відповідальних осіб достовірною й повною просторовою інформацією. Аналіз відомих методів і способів забезпечення просторовою інформацією показав, що для своєчасного забезпечення достовірною й несуперечливою просторовою інформацією необхідна інтеграція розрізненої просторової інформації в ІПД регіону за допомогою геоінформаційних технологій (рис. 1).

Аналіз методів автоматизованої обробки просторової інформації в регіоні свідчить про необхідність розробки геопорталу, який би забезпечував багатоканальну обробку й розподілене зберігання просторової інформації, що входить до складу ІПД регіону.

Таким чином, необхідно розробити методи, алгоритми й програмне забезпечення, реалізоване у вигляді геопорталу, яке б дозволяло організувати багатоканальну обробку просторової інформації, що зберігається розподілено, яка входить до складу інфраструктури просторових даних регіону.

Підприємствам і державним органами регіону для здійснення своєї діяльності необхідна просторова інформація, яка описує одну й ту ж територію та інфраструктуру регіону – базові просторові дані (БПД), які можуть бути виділені в базу загальних просторових даних, а також просторова інформація, що описує об'єкти, пов'язані з діяльністю одного конкретного підприємства – спеціалізовані просторові дані (СПД). Тому для ефективного використання й отримання просторової інформації доцільно створити інфраструктуру просторових даних, у якій сукупність усіх видів просторової інформації

утворює розподілену базу просторових даних (РБПД), яка забезпечує багатоканальну обробку регіональної просторово-розподіленої інформації.

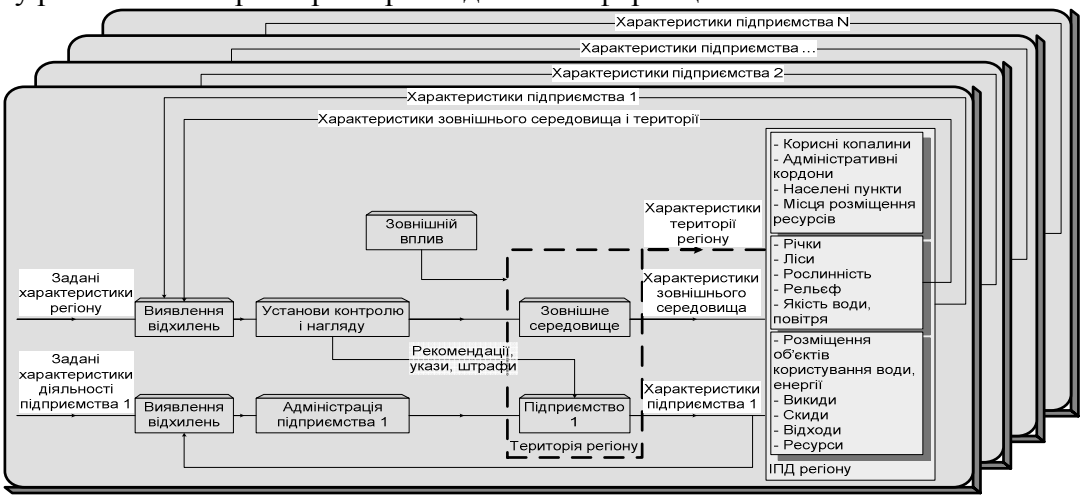


Рис. 1. Схема використання просторової інформації підприємствами і органами державної влади регіону

Для формування структури РБПД у відповідності з прийнятою технологією проектування інформаційних систем необхідно провести аналіз вимог до просторової інформації усіх учасників ІПД, виявити, яка інформація цікавить, і перенести її в базу БПД, при цьому провівши перетворення в базах СПД з метою збереження повноти й несуперечності.

Для формалізованого опису усіх частин просторової інформації регіону і зв'язків між ними уведемо позначення: базу даних конкретного *i*-го джерела ПД, що входить в ІПД, позначимо через $БД_i$, де $i = \overline{1,n}$, n – число $БД_i$, що входять до складу ІПД регіону, а всю сукупність $БД_i$ позначимо як *РБД*, тоді:

$$РБД = \bigcup_{\overline{i=1,n}} БД_i = БПД \bigcup СПД_1 \bigcup СПД_2 ... \bigcup СПД_n = БПД \bigcup_{\overline{i=1,n}} СПД_i \qquad (1)$$

$БД_i$ кожного підприємства розробляється на основі відповідної моделі даних, яку позначимо як $МД_i$, тоді:

$$МД_i = \{R_1 ... R_{k_i}, S_1 ... S_{m_i}, C_1 ... C_{t_i}\}, \qquad (2)$$

де – кількість відношень R_{k_i} в моделі даних *i*-ої $БД_i$, m – кількість шарів S_{m_i} в моделі даних *i*-ої $БД_i$, t_i – кількість зв'язків C_{t_i} між відношеннями і шарами *i*-ої $БД_i$ [4].

Представимо модель даних *i*-ї $БД_i$ як сукупність двох частин, що описують атрибутивну – $МД_i^A$ і просторову – $МД_i^S$ інформацію:

$$МД_i = МД_i^A \bigcup МД_i^S, \ i = \overline{1,n} \qquad (3)$$

В кожній *i*-й $МД_i^S$ виділимо дві частини: $МД_i^{1S}$ – частина $МД_i^S$, що описує інформацію, яка входить до складу БД БПД, $МД_i^{2S}$ – що описує інформацію, яка входить до складу БД СПД. Тоді:

$$МД_i^S = МД_i^{1S} \bigcup МД_i^{2S}, \ i = \overline{1,n} \qquad (4)$$

Множина номерів різних шарів з $МД_i^S$ позначимо:

$$M_i^S = \{1,2,3,...m_i\}, \qquad (5)$$

тоді в M_i^S можна виділити дві частини:

$$M_i^S = \{M_i^{'S}, M_i^{"S}\}, \tag{6}$$

де M_i^{1S} – кількість шарів з $МД_i^S$ таке, що

$$МД_i^{1S} = \{S_i^j\}, \ j \in M_i^{'S}, \ S_i^j \in МД_0 \tag{7}$$

Тоді частина моделі даних, яка описує просторову інформацію з БД БПД – $МД_0^S$, можна представити у вигляді сукупності шарів, що входять хоча б в дві з M_i^{1S},

$$МД_0^S = \bigcup_{\substack{i=\overline{1,n} \\ j=\overline{1,m_i^{'}}}} S_i^j; \ S_{i_1}^{j_1} = S_{i_2}^{j_2}, \tag{8}$$

де $i_1 \neq i_2, \ j_1 \in M_{i_1}^{'S}, \ j_2 \in M_{i_2}^{'S}, \ j_1 \neq j_2$.

По аналогії з $МД_i^S$ в кожній *i*-й $МД_i^A$ можна провести перетворення, аналогічні (5)-(8). Тоді, враховуючи, що *i*-а $БД_i$ розробляється на основі відповідної моделі, можна записати, що база даних *БПД* (яку позначимо $БД_0$) на увесь регіон є сукупністю $БД_i^{1A}$ і $БД_i^{1S}$:

$$БД_0 = (\bigcup_{i=\overline{1,n}} БД_i^{1A}) \bigcup (\bigcup_{i=\overline{1,n}} БД_i^{1S}) = \bigcup_{i=\overline{1,n}} БД_i^1) \tag{9}$$

Таким чином, отримаємо:

$$РБД = БД_0 \bigcup ((\bigcup_{i=\overline{1,n}} БД_i^{1A}) \bigcup (\bigcup_{i=\overline{1,n}} БД_i^{1S})) = БПД \bigcup (\bigcup_{i=\overline{1,n}} БД_i^2) = БПД \bigcup_{i=\overline{1,n}} СПД_i, \tag{10}$$

що відповідає (1).

Побудова несуперечливої $МД_0$, що описує усю сукупність БПД, дозволить створити базу просторових даних, яка задовольняє вимогам усіх учасників ІПД регіону.

Для забезпечення користувачів ІПД інформацією, перетвореною в процесі формування РБПД, необхідно встановити відповідність між місцем зберігання ПД в БД до перетворень і фактичним місцем зберігання ІПД в БД БПД. Для цього необхідно побудувати набір відображень

$$F_i : МД_i^1 \to МД_0, \tag{11}$$

де $i = \overline{1,n}$, таких що:

$$F_i = \{f_{i1}, f_{i2}, ..., f_{im_i^{'}}\}. \tag{12}$$

В свою чергу, $f_{ij} = k$ для $S_i^j = S_0^k$, $j = \overline{1,m_i^{'}}$, $i = \overline{1,n}$ дозволяє встановлювати відповідність між шарами і відношеннями в $БД_0$ з відповідними шарами і відношеннями в $БД_i$.

Тоді множину відображень $БД_0$ можна записати у вигляді матриці:

$$F_0 = \begin{Vmatrix} F_1 \\ ... \\ F_n \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} f_{11} & ... & f_{1m_1^{'}} \\ ... & ... & ... \\ f_{n1} & ... & f_{nm_n^{'}} \end{Vmatrix} = \|f_{ij}\|, \ \overline{i=1,n}, \ \overline{j=1,m_i^{'}}, \tag{13}$$

де $\overline{i=1,n}$, n – кількість $БД_i$, $\overline{j=1,m_i^{'}}$, $m_i^{'}$ – кількість шарів і відношень, що складають $БД_i$, які можна віднести до $БД_0$.

Кожний раз при зміні кількості або складу джерел просторової інформації в ІПД необхідно заново проводити порівняльний аналіз структури існуючої БД БПД і структур БД підприємств, що входять в ІПД. Додавання нової БД змінить на одиницю *n* – кількість $БД_i$, що входять до складу ІПД регіону, тобто можна позначити нове джерело просторової інформації через $БД_{n+1}$. По аналогії з (4) - (8) можна зробити відповідні перетворення просторової частини інформації, що зберігається в $БД_{n+1}$, але оскільки в ІПД

регіону поряд з БД БПД входять БД СПД підприємств, в яких може знаходитися просторова інформація, така ж як і в $БД_{n+1}$, але відсутня в $БД_0$, представимо $M^{"S}_{n+1}$ з (6) як сукупність двох частин:

$$M^{"S}_{n+1} = \{M^{""S}_{n+1}, M^{""S}_{n+1}\}, \quad (14)$$

де $M^{""S}_{n+1}$ – кількість відношень з $БД^{2S}_{n+1}$ таке, що

$$МД^{'2S}_{n+1} = \{S^{j}_{n+1}\},\ S^{j_{n+1}}_{n+1} = S^{j_2}_{i_2},\ j_{n+1} \in M^{""S}_{n+1},\ j_2 \in M^{""S}_{i_2} \quad (15)$$

Така модель даних БД БПД в ІПД з кількістю джерел інформації n+1 позначимо як $МД^{'}_0$, яку представимо у вигляді сукупності шарів, що входили в $БД_0$, а також шарів, що входять як в $БД^{2S}_{n+1}$, так і хоча б в одну з $БД^{2S}_i$:

$$МД^{'}_0 = МД_0 \bigcup (\bigcup_{i=\overline{1,n+1}} S^{j}_i). \quad (16)$$

Здійснивши відповідні перетворення по аналогії з (5)-(8) і (13)-(15) для атрибутивної частини інформації, що зберігається в $БД_{n+1}$, і враховуючи (9), отримаємо:

$$БД^{'}_0 = БД_0 \bigcup БД^{2S'}_{n+1} \bigcup БД^{'2F}_{n+1} \bigcup ((\bigcup_{i=\overline{1,n}} БД^{'2A}_i) \bigcup_{i=\overline{1,n}} БД^{'2S}_i)). \quad (17)$$

В зв'язку з тим, що в базі даних БПД змінився склад просторової інформації, необхідно побудувати $f_{n+1,j}$, і повинні оновитись відображення $f_{i,j}$, для яких $j \in M^{""S}_n$, для усіх $i = \overline{1,n}$.

Вибір інформації в процесі формування бази загальних просторових даних може бути заснований на використанні знань про структурні особливості ПД, винесених в окрему категорію і поміщених в базу знань (рис. 2). Для цього пропонується скористатися моделлю представлення знань, що ґрунтується на продукційних правилах, які складаються з умовної частини (антецедента) і висновку (консеквента) [3].

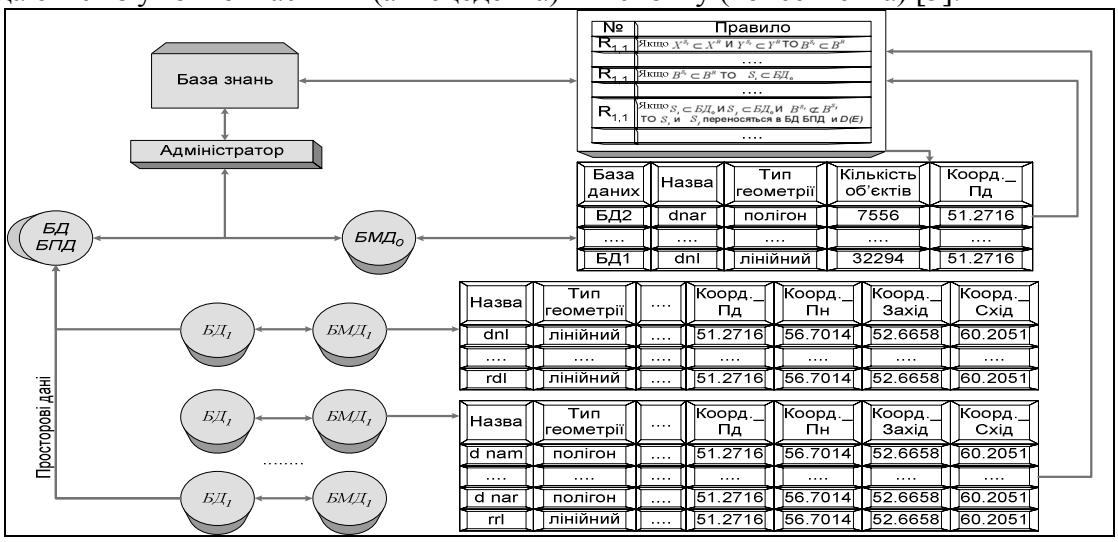


Рис. 2. Схема використання бази знань для формування бази загальних просторових даних

Фрагмент розробленої бази знань, що містить найбільш важливі знання про структурні особливості просторових даних у вигляді продукційних правил, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Фрагмент правил баз знань

№	**Правила встановлення приналежності регіону**
$R_{1,1}$	Якщо $X^{S_i^j} \subset X^R$ і $Y^{S_i^j} \subset Y^R$, то $B^{S_i^j} \subset B^R$
$R_{1,2}$	Якщо $X^{S_i^j} \cap X^R$ і $Y^{S_i^j} \cap Y^R$, то $B^{S_i^j} \cap B^R$
…	
№	**Правила формування БД БПД**
$R_{2,1}$	Якщо $B^{S_i^j} \subset B^R$ то $S_i^j \subset БД_0$
$R_{2,2}$	Якщо $B^{S_i^j} \cap B^R$ то $S_i^j \subset БД_0$ і D(E)
…	
№	**Правила вибору просторових даних**
$R_{3,1}$	Якщо $S_{i_1}^{j_1} \subset БД_0$ і $S_{i_2}^{j_2} \subset БД_0$ і $B^{S_i} \neq B^{S_j}$, то $S_{i_1}^{j_1}$, $S_{i_2}^{j_2}$ переносяться в БД БПД і D(E)
…	

Враховуючи спосіб побудови бази даних БПД, що описується співвідношеннями (2)-(10), можна стверджувати, що будь-яка інформація, що зберігалась раніше в одній з $БД_i^1$, буде зберігатися в базі даних БПД. Однак в задачах використання просторової інформації підприємствами регіону і органами державної влади найчастіше більш важливою вимогою, ніж економія пам'яті комп'ютера, є оперативність одержання даних, тому можуть бути запропоновані варіанти організації зберігання просторової інформації в багатоканальній розподіленій базі просторових даних, що враховують різні критерії [5].

Запропоновані в даній главі методи і варіанти зберігання просторової інформації дозволяють формувати структуру бази загальних просторових даних (в процесі її створення і наступної актуалізації при зміні кількості або складу джерел інформації), аналізувати просторову інформацію при переносі в базу загальних просторових даних і організовувати її зберігання в РБПД.

Укрупнена функціональна схема інформаційної моделі представлена на рис. 3.

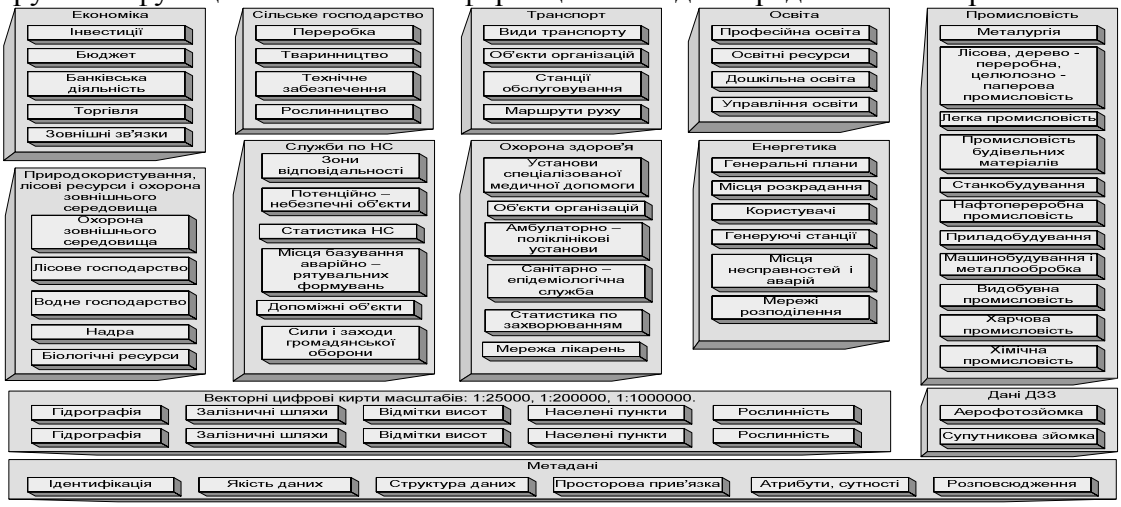


Рис. 3. Укрупнена структура інформаційної моделі просторових даних регіону

Для забезпечення уведення і використання загальних і спеціалізованих просторових даних розроблені алгоритми формування і актуалізації (рис. 4) розподіленої бази просторових даних регіону, алгоритм семантичного аналізу просторової інформації, а також

алгоритм обробки просторової інформації з розподіленої бази просторових даних [2].

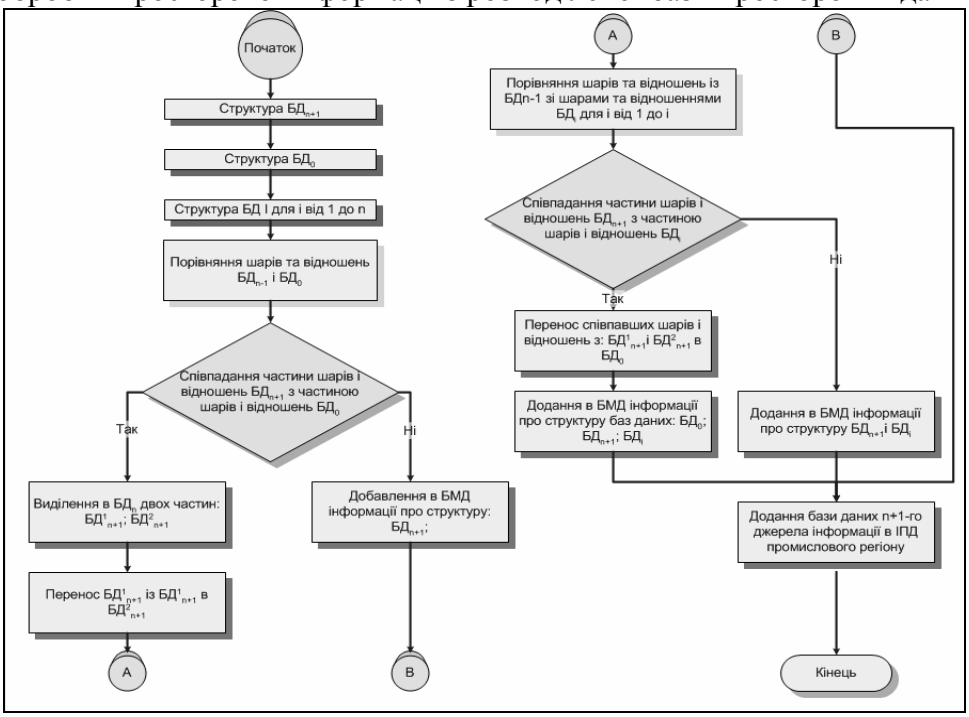


Рис. 4. Блок-схема узагальненого алгоритму підтримки в актуальному стані розподіленої бази просторових даних

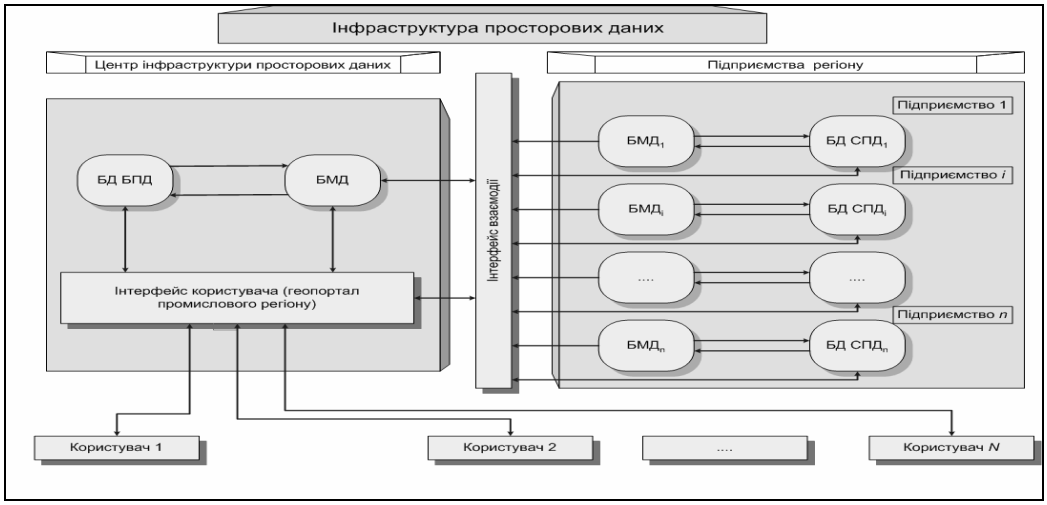


Рис. 5. Структура ІПД регіону

Розроблена інформаційна модель атрибутивних і просторових даних регіону і алгоритми формування бази загальних просторових даних є основою для розробки програмного забезпечення регіонального геопорталу для багатоканальної обробки просторової інформації, що зберігається розподілено.

Геопортал є засобом доступу до просторової інформації з ІПД, структура якого представлена на рис. 5, і дозволяє організувати розподілене зберігання та багатоканальну обробку просторової інформації, необхідної для діяльності підприємств і органів державної влади промислового регіону. Організація і забезпечення використання просторової інформації з розподілених джерел обумовлюється сервіс-орієнтованою архітектурою розробленого геопорталу [2].

На підставі опитувань експертів підприємств і органів державної влади регіону, що

використовують просторову інформацію в своїй діяльності, визначені основні етапи процесу одержання просторових даних і часові витрати на кожний етап для мінімального об'єму робіт [1]. Для оцінки ефективності застосування геопорталу були побудовані часові діаграми (графіки Ганта), які показують час, витрачуваний фахівцем підприємства на основні етапи процесу одержання просторових даних до і після впровадження геопорталу (рис. 6).

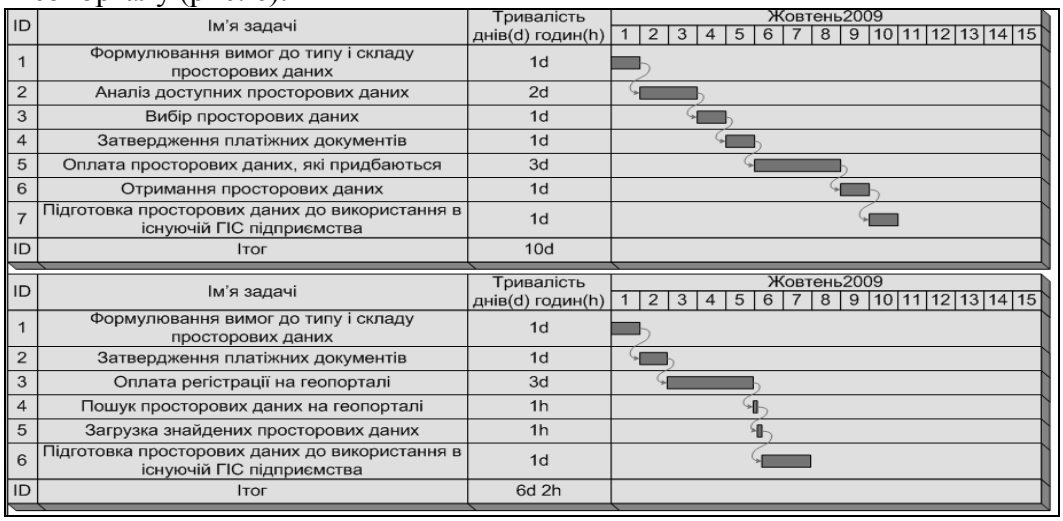


Рис. 6. Часові діаграми (графіки Ганта)

Аналіз графіків Ганта засвідчив, що скорочення часових витрат при одержанні просторових даних з ІПД із застосуванням розробленого програмного забезпечення становить в середньому 60 %.

Висновки з даного дослідження

Виконане дослідження, а також запропоновані методи роботи з просторовими базами даних є важливою складовою на кроці до зведення даних певних предметних областей, їх консолідації, обробки та аналізу.

Список літературних джерел

1. Фуфаев Э.В. Базы данных /Э.В. Фуфаев, Д.Э. Фуфаев. – Москва: Академия, –2007. – 320 с.

2. Роб П., Системы баз данных: проектирование, реализация и управление [5-е изд., перераб. и доп.] /П. Роб, К. Коронел. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 1040 с.

3. Плоткин Б.И. Универсальная алгебра, алгебраическая логика и базы данных /Б.И. Плоткин. – М.: Наука, 1991. – 449 с.

4. Швецов В.И. Базы данных. Учебное пособие /В.И. Швецов, А.Н. Визгунов, И.Б. Мееров. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2004. – 217 с.

5. Марков А.С. Базы данных. Введение в теорию и методологию: Учебник /А.С. Марков, К.Ю. Лисовский – М.: Финансы и статистика, 2006. – 512 с.

УДК 004.94

П.Г. Бивойно, канд.техн.наук,
О.В. Лукін, ст. викладач,
В.М. Навозенко, студент магістратури

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

СИСТЕМА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Розглянуто методи і проблеми моделювання складних динамічних систем. Запропонована модульна архітектура системи імітаційного моделювання складних динамічних об'єктів. Описані основні принципи роботи системи.

Вступ

Управління в сучасному світі стає все більш важкою справою, оскільки організаційна структура суспільства постійно ускладнюється. Ця складність пояснюється характером взаємин між різними елементами організацій та фізичними системами, з якими вони взаємодіють. Зміна однієї з характеристик системи може легко привести до змін або створити потребу в змінах в інших частинах системи. У зв'язку з цим одним з найбільш важливих і корисних знарядь аналізу складних процесів і систем стало комп'ютерне моделювання. Комп'ютерне моделювання є одним з ефективних методів вивчення складних систем. Комп'ютерні моделі простіше і зручніше досліджувати в силу їх можливості проводити обчислювальні експерименти в тих випадках, коли реальні експерименти ускладнені через фінансові чи фізичні перешкоди або можуть дати непередбачуваний результат.

Під динамічною системою розуміють будь-який об'єкт або процес, для якого однозначно визначено поняття стану як сукупності деяких величин в даний момент часу та задано закон, який описує зміну (еволюцію) початкового стану з часом. Цей закон дозволяє по початковому стану прогнозувати майбутній стан динамічної системи.

Динамічні системи можна класифікувати в залежності від виду оператора відображення і структури фазового простору. Якщо оператор передбачає виключно лінійні перетворення початкового стану, то він називається лінійним. Якщо оператор нелінійний, то і відповідна динамічна система називається нелінійною. Розрізняють безперервні та дискретні оператори і, відповідно, системи з безперервним та дискретним часом.

В даний час комп'ютерна промисловість пропонує сучасному інженерові цілий ряд різноманітних засобів моделювання, що дозволяють не лише моделювати складні динамічні системи, а й проводити з ними експерименти. Існує величезна кількість пакетів візуального моделювання. У них користувачеві надається можливість описувати систему переважно у візуальній формі, наприклад, графічно представляючи як структуру системи, так і її поведінку (наприклад, за допомогою карти станів). Такий підхід дозволяє користувачеві не піклуватися про реальну програмну реалізацію моделі, що значно спрощує процес моделювання. Результати експерименту в пакетах візуального моделювання надаються в більш наочній для людини формі: у вигляді графіків, гістограм, схем, із застосуванням анімації і т.д. В тій чи іншій мірі підтримується також технологія об'єктно-орієнтованого моделювання, що дозволяє повторно використовувати екземпляри моделей з можливістю внесення в них тих чи інших коректив. Пакети візуального моделювання можна розділити на три основні групи:

1. пакети, що використовують мову блокового моделювання;
2. пакети, що використовують мову фізичного моделювання;
3. пакети, орієнтовані на використання схеми гібридного автомата.

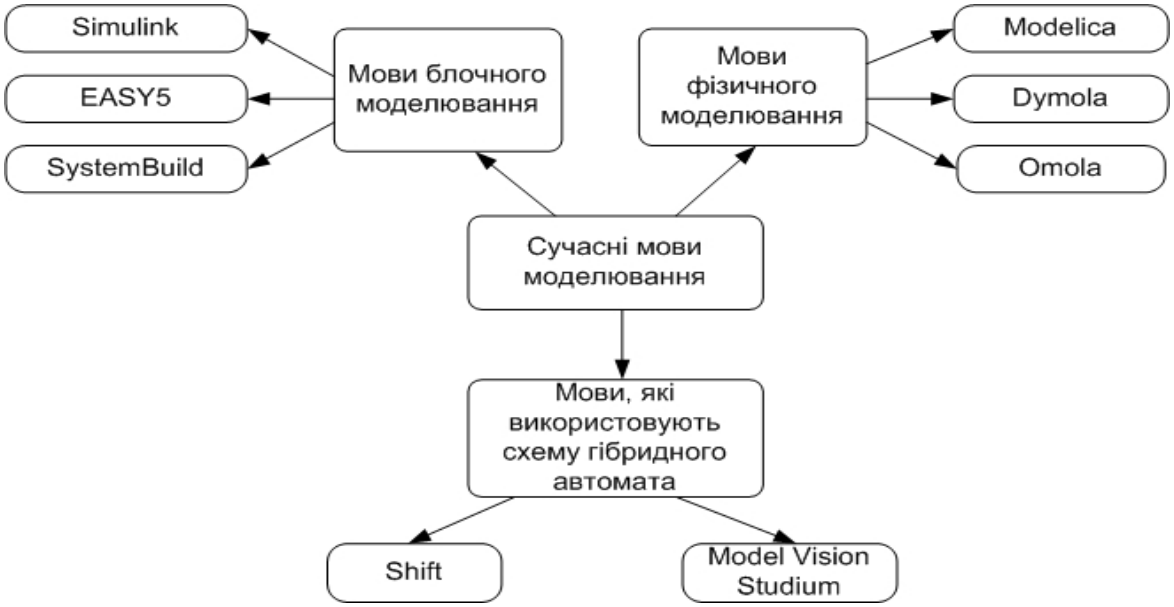


Рис. 1. Групи пакетів моделювання динамічних систем

Одними з основних проблем моделювання складних динамічних об'єктів є: складність побудови та управління динамічними системами, стійкість та ковзання моделі, забезпечення точності та достовірності отриманих результатів.

Аналогове моделювання як метод дослідження динамічних систем

На сучасному етапі розвитку обчислювальної техніки цінність аналогових пристроїв в інженерних і наукових дослідженнях визначається в першу чергу тим, що вони найкращим чином віддзеркалюють зв'язок між фізичною суттю і математичним описом процесу при його вивченні. Аналогові пристрої служать моделлю.

Під час аналогового моделювання динамічна характеристика відтворюється на екрані осцилографа. Модельована система розбивається на частини, для яких відомі точні рішення або експериментальні характеристики, і з'єднання цих частин в моделі дає нові шукані залежності. Модель коректується і аналізується по частинах за допомогою постановки додаткових експериментів в приватних системах, які можна аналізувати окремо. При цьому вдається переконатися в правильності постановки задачі, компенсувати похибки елементів моделі. Для отримання достовірних результатів необхідно пов'язувати моделювання з фізичним змістом завдання, щоб дослідник був переконаний у правильності отриманих результатів або одержав докази неправильної постановки завдання, і де знаходиться помилка. Моделювання перетворює технічну процедуру в рішення диференціальних рівнянь. Моделювання на аналогових обчислювальних машинах спирається на вироблені практикою роботи прийоми і схеми, які збираються дослідником, щоб найкращим чином представити в моделі специфічні елементи модельованих систем, організувати їх взаємодію.

Приклад моделювання динамічної системи.

Динамічна система описується диференціальним рівнянням:

$$A\frac{d^3x}{dt^3}+B\frac{d^2x}{dt^2}+C\frac{dx}{dt}+Dx=F(t) \qquad (1)$$

Для рішення цього рівняння за допомогою моделювання на аналоговій машині необхідно зробити деякі перестановки:

$$\frac{d^3x}{dt^3} = \frac{1}{A}\left(-B\frac{d^2x}{dt^2} - C\frac{dx}{dt} - Dx + F(t)\right) \quad (2)$$

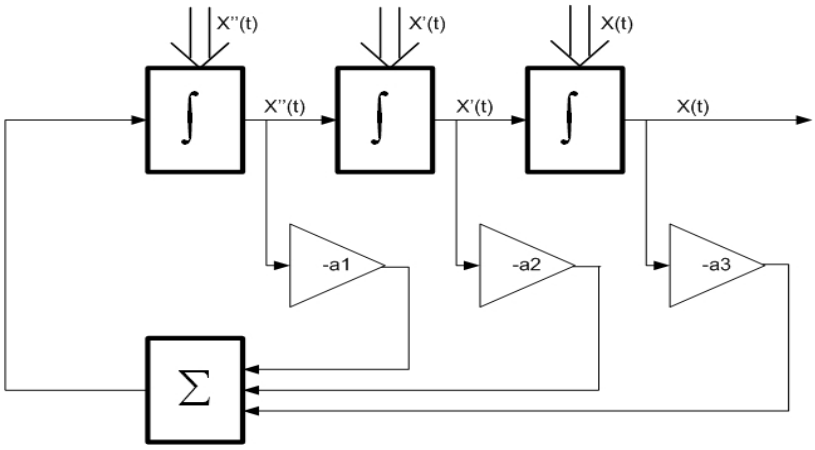


Рис. 2. Приклад рішення диференціальних рівнянь за допомогою аналогової машини

Проблеми сучасних систем моделювання полягають в методах підходу до моделювання змішаних дискретних та безперервних нелінійних систем, що мають в своєму складі різноманітні елементи реальних несталих систем. Особливо актуальним є достовірне моделювання систем, що включають несталі елементи або елементи з біфуркаційною або дисипативною поведінкою. Для таких систем принципово неможливо використання традиційних методів чисельного інтегрування диференційних рівнянь в силу того, що такі методи агностичні відносно стріли часу і, внаслідок цього, розходяться. Як показано в працях нобелівського лауреата І.Р.Прігожина[1], для таких систем потрібно чітко дотримуватись послідовності взаємодії елементів системи в порядку розгортання подій від причини до наслідку, оскільки оператори, що виражають системну функцію елемента, в переважній більшості некомутативні і порядок їх обчислення важливий. Саме тому за основний принцип побудови системи моделювання взято принцип моделювання на аналогових обчислювальних машинах, де зв'язки між елементами системи чітко структуровані і порядок застосування операторів системних функцій елементів чітко визначений. Задача полягає в максимальному наближенні процесу моделювання на комп'ютері до процесу моделювання на аналоговій обчислювальній машині.

Принцип роботи системи моделювання

Система моделювання складних динамічних систем повинна забезпечити засоби, які дозволять спростити процес створення та управління компонентами і моделями складних динамічних систем за рахунок використання базових компонентів і можливості розширення новими компонентами і моделями.

Система дозволяє будувати складні ієрархічні схеми, в яких компонент схеми може бути також схемою. Компонент або схема можуть бути імпортовані з інших джерел і використовуватись користувачем для побудови більш складних схем або компонент. Головною функцією компонента або схеми є функція tick(), що реалізує оператор (в розширеному трактуванні оператора в алгебрах Лі [2, 3]) системної функції елемента і обраховує вектор вихідних параметрів по вектору вхідних параметрів та вектору стану елемента. Під час виконання цієї функції відбувається обчислювання значень, а також, якщо компонент складний(складається з декількох елементів), відбувається послідовне обчислювання значень всіх компонент.

Для схеми надзвичайно важливий порядок обчислення системних функцій елементів схеми, оскільки система моделювання повинна чітко виконувати принцип причинності і дотримуватись лінії розвитку часу в одному напрямку. В простому лінійному випадку з'єднання елементів в схему і порядок обчислення функцій tick() очевидний, але у випадку зі зворотними зв'язками задача нетривіальна. Оскільки схема представляє собою орієнтований граф, тобто список з'єднань вхід-вихід, необхідно перетворити його на дерево з чітким порядком обходу від кореня до листків. За псевдо-корінь дерева приймаються з'єднання наявних в схемі генераторів незалежних змінних (сигналів) та список входів самої схеми. Після такого об'єднання проводиться «зважування» графу за алгоритмом Дейкстри і провисання вузлів графа, тобто елементів схеми, до певного рівня визначає порядок обчислення системних функцій елементів. При цьому граф перетворюється на дерево, а дерево – на список з певним порядком обрахунку. Очевидно, що порядок в списку буде неоднозначним, оскільки обхід зліва на право буде давати один порядок, а справа наліво – інший. Проте, оскільки неможливо однозначно перетворити дерево на список, то і неможливо сказати, який порядок буде істинним. Елементи, що опинились на одному рівні, можуть бути обчислені в довільному порядку, окрім випадків заборонених вхідних векторів, таких, як, наприклад, вектор (1,1) для RS-тригерів. В такому випадку треба або вводити рандомізацію, або змиритись з детермінованим рішенням, що залежить від порядку обчислення. Ця проблема є відображенням неповноти формальної логіки згідно зі знаменитою теоремою Гьоделя про неповноту.

Для моделювання безперервних динамічних систем у моделі необхідно використовувати модуль інтегратора. На якість моделювання таких систем суттєво впливає метод інтегрування диференціальних рівнянь, що використовується у модулі інтегратора. Відомий метод Рунге-Кутта у багатьох випадках дає прийнятні результати, але для деяких специфічних задач дослідники вимушені використовувати специфічні, проблемно-орієнтовані методи, щоб уникнути «роз бігання» моделі, наприклад, у випадку моделювання несталих систем з близькими резонансами. Тому бажано, щоб система моделювання надавала дослідникові можливість використовувати свої методи інтегрування.

Опис запропонованої системи

Архітектура системи моделювання складних динамічних систем, що пропонується, представлена на рисунку 3. Система складається з модулів, які взаємодіючи між собою, забезпечують виконання необхідних функцій проведення експериментів з моделями.

Нижче наведено перелік основних модулів системи:

1. модуль керування компонентами і схемами. Надає графічний інтерфейс користувача для побудови, редагування, видалення, управління, завантаження моделей та опису зв'язків між компонентами;
2. модуль безпеки. Надає можливість цифрового підпису моделей і компонент, а також побудови ланцюжка сертифікатів;
3. модуль перевірки валідності моделей. Надає можливість перевірки правильності побудови схеми моделі, з'єднання компонент;
4. модуль запуску моделей. Надає можливості запуску та управління роботою моделі, а також виведення результатів роботи моделі на екран користувача;
5. модуль побудови результатів. Містить бібліотеки побудови графіків та діаграм і виконує надання результатів виконання моделі в зручній для користувача формі;
6. модуль збереження схем і компонентів. Надає можливість зберігати побудовані моделі і компоненти в репозиторії, з наступним їх використанням;
7. модуль вилучення метаданих компонент схем і моделей. Надає можливість імпортування моделей систем і компонент в систему;

8. модуль графічного редактора. Надає можливість графічного створення, редагування, управління компонентами і схемами моделі.

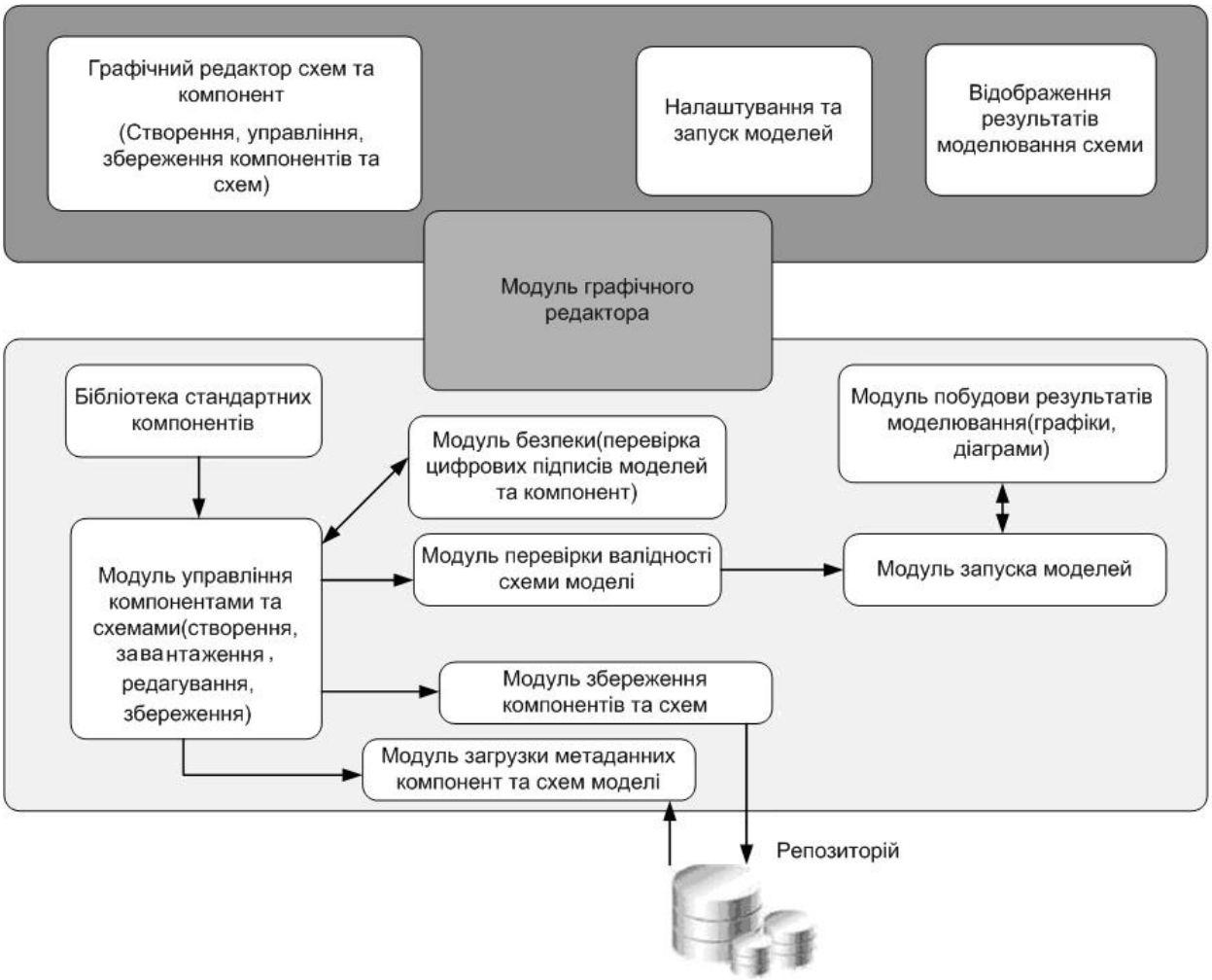


Рис. 3. Архітектура системи моделювання складних динамічних об'єктів

Для реалізації візуальної частини була обрана платформа NetBeans, оскільки вона надає інструментальні засоби для створення додаткових модулів.

Сама система представлена у вигляді модуля для платформи NetBeans.

Методи та результати

Використовуючи візуальний редактор створеної системи можна на основі простих елементів побудувати більш складні конструкції, наприклад, із звичайних логічних елементів можна побудувати тригер. На рисунку 4 зображено схему моделювання RS-тригера, а на рисунку 5 результати моделювання цієї схеми. Побудований і перевірений елемент можна зберегти у репозиторії.

Використовуючи попередньо створені конструкції можна будувати складні схеми. На рисунку 6 наведено приклад моделі гібридної динамічної системи, яка складається з генератора, двох D-тригерів, суматора, інтегратора та регістратора. На рисунку 7 представлені результати моделювання цієї системи. У даному випадку для інтегрування використовувався метод Рунге-Кутта, але дослідник може з бібліотеки методів вибрати інший, або створити свій.

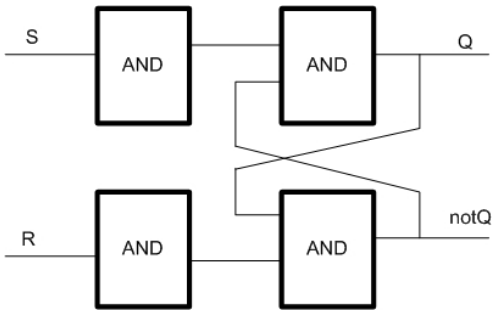


Рис. 4. Схема моделі RS-тригера

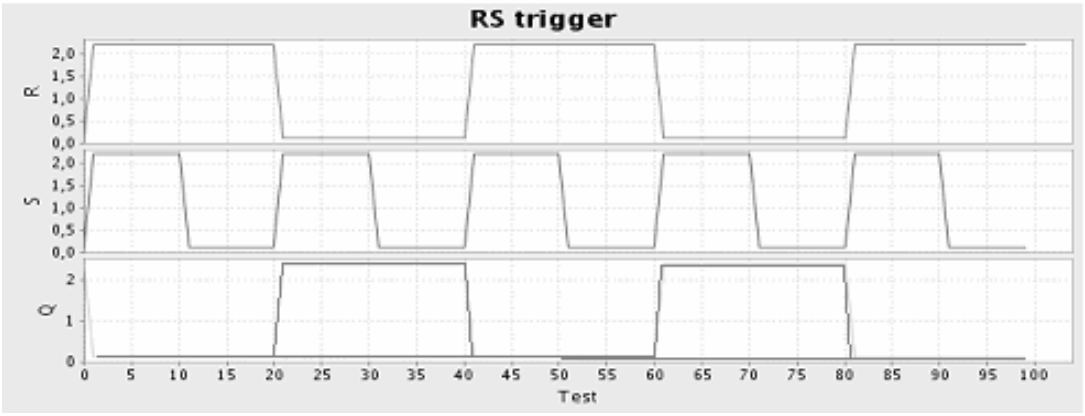


Рис.5 Результати моделювання RS-тригера

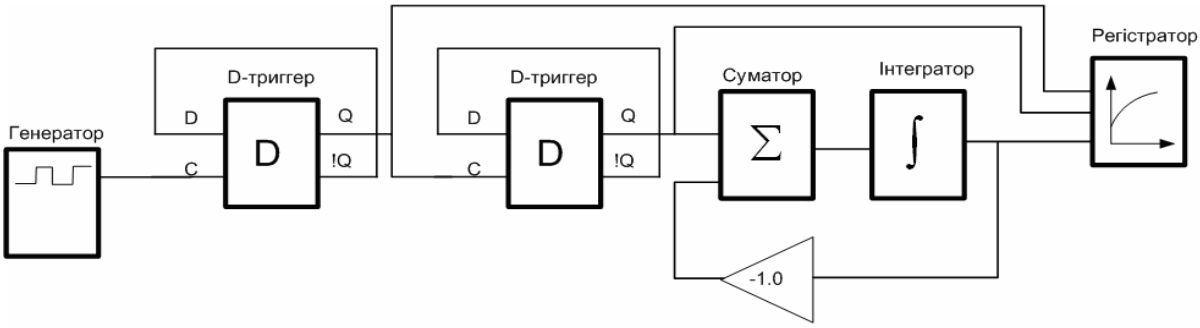


Рис. 6. Схема гібридної динамічної системи

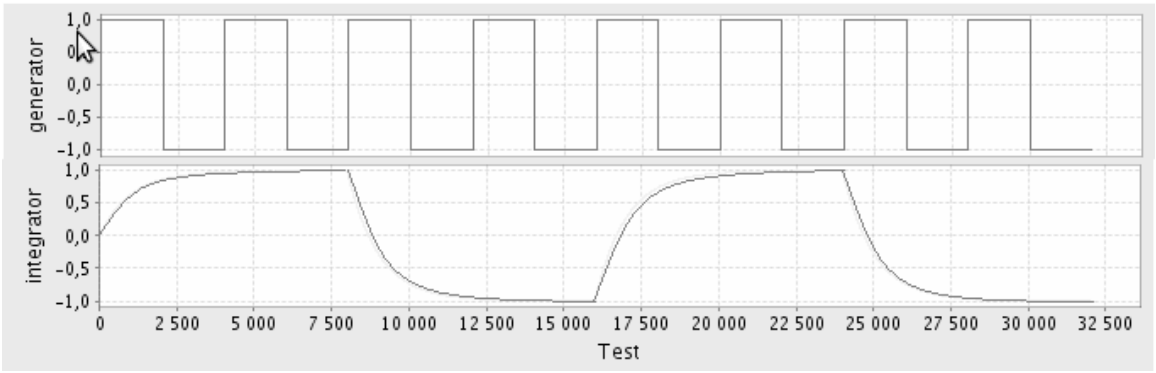


Рис. 7. Результати моделювання гібридної динамічної системи

Висновки

Представлена система моделювання складних динамічних систем. Система використовується для множинного проведення експериментів з можливістю управління процесом моделювання.

Система дозволяє будувати складні ієрархічні схеми, в яких компонент схеми може бути також схемою. Компонент або схема можуть бути імпортовані з інших джерел і використовуватись користувачем для побудови більш складних схем або компонент. Компоненти і схеми містять електронні підписи авторів та тих, хто перевіряв моделі, що надає змогу використовувати перевірені достовірні рішення.

Використання розробленої системи дозволить:

- представлення програмного інтерфейсу створення та додавання компонентів та схем моделей;
- спрощення представлення складних динамічних об'єктів за рахунок візуального представлення диференціальних рівнянь моделі системи за допомогою інтеграторів та ліній затримки;
- використання великого набору мов програмування для опису компонентів моделі;
- цифровий підпис моделі та компонент, що дозволяє довіряти моделі та результатам її роботи;
- створення репозиторія компонент та схем.

Потрібно сказати, що наведені тут приклади лише ілюструють прості моделі для пояснення принципів роботи системи. Проте, розробка системи знаходиться на етапі, що дозволяє обчислювати моделі будь-якої складності, але перевірка та верифікація результатів моделювання потребує подальших досліджень. Слід також відзначити, що джерельний код системи доступний публічно на сайті відкритих проектів кафедри ІКС ЧДТУ під ліцензією GPL v.2., і може бути вільно використаний та модифікованій всіма зацікавленими дослідниками.

Список літературних джерел

1. Пригожин И. Конец определенности. Время, хаос и новые законы природы /И. Пригожин. – Ижевск: «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. – 208 с.

2. Пригожин И. Порядок хаоса. Новый диалог человека с природой /И. Пригожин, И. Стенгерс. – Москва: Прогресс, 1986. – 432 с.

3. Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа /А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 572 с.

4. Буч Гради. Объектно-ориентированный анализ и проектирование /Гради Буч. – Rational Санта-Клара, 2002. – 400 с.

5. Тетельбаум И.М. 400 схем для АВМ /И.М. Тетельбаум, Ю.Р. Шнейдер. – М: Энергия, 1978. – 248 с.

6. Netbeans Visual API http://netbeans.org

7. Бондаренко М.Ф. Комп'ютерна дискретна математика /М.Ф. Бондаренко, Н.В. Білоус, А.Г. Руткас. – Харків: «Компанія СМІТ», 2004. – 480 с.

УДК 004.3’12

М.А. Ігнатенков, студент магістратури
В.В. Торгонський, ст. викладач

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ АЛГОРИТМІВ СИГНАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НА ПЛІС

Досліджено особливості оцінки ефективності реалізації алгоритмів сигнальної обробки на ПЛІС. Запропонований критерій оцінки ефективності ППЧОС на базі ПЛІС.

Вступ

Однією з підсистем, що визначають найважливіші характеристики радіолокаційних станцій (РЛС), є підсистема просторово-часової обробки сигналів (ППЧОС). Існують три основних варіанти технічної реалізації ППЧОС:

на базі ASIC – Application-Specific Integrated Circuit, спеціалізована для вирішення конкретної задачі інтегральна схема;

на базі DSP – Digital Signal Processor, процесор цифрової обробки сигналів;

на базі FPGA – Field-Programmable Gate Array, програмована логічна інтегральна схема (ПЛІС).

Реалізація алгоритмів на спеціалізованих інтегральних схемах типу ASIC являє собою найбільш високоефективне рішення, але вимагає великих витрат на розробку кристала і має дуже вузьку спеціалізацію.

Універсальні процесори обробки сигналів, у свою чергу, все більше відходять на другий план через недостатню обчислювальну потужність під час реалізації алгоритмів і, як наслідок, не задоволення зростаючих потреб замовників [1].

Усе частіше для обробки сигналів застосовуються ПЛІС. Зростаючі можливості ПЛІС дозволяють все більше розширювати область їхнього використання. Але, розмаїтість і насиченість ринку ПЛІС, що швидко збільшується, загострює для системотехніків необхідність глибокого знання особливостей і порівняльних характеристик існуючих мікросхем. Докладний опис складної програмованої мікросхеми у фірмових довідниках може займати десятки або навіть сотні сторінок, і його вивчення вимагає чималого часу.

Незважаючи на принципову простоту структури використовуваних алгоритмів, оптимальний розрахунок параметрів апаратного забезпечення залежить від мети розробки і являє собою складну і суперечливу задачу раціонального вибору критерію синтезу з наступною оптимізацією.

Характеристика методів вирішення задач оптимізації

Характеристика методів вирішення задач оптимізації дана в [2]. При вирішенні конкретної задачі оптимізації рекомендується вибрати математичний метод, що приводив би до кінцевих результатів з найменшими витратами на обчислення або ж давав можливість одержати найбільший обсяг інформації про шукане рішення. Вибір того або іншого методу в значній мірі визначається постановкою задачі оптимізації. Як правило, не рекомендують який-небудь один метод, який можна використовувати для рішення усіх без винятку задач, що виникають на практиці. Одні методи в цьому відношенні є більш загальними, інші – більш конкретними. Цілу групу методів на визначених етапах рішення оптимальної задачі рекомендують застосовувати в сполученні з іншими методами. Переважаючим при виборі методу оптимізації, найбільш придатного для вирі-

шення відповідної задачі, визнано шлях дослідження можливостей і досвіду застосування різних методів оптимізації. При тому метод вибирається проектувальником ППЧОС, виходячи з власного досвіду застосування різних рішень. Таким чином, найбільш прийнятним для проектувальника є представлення йому методу оцінки ефективності розроблюваної системи з можливістю визначення передбачуваного впливу параметрів проектованої системи і коректування вагомості кожного з них при виборі рішення.

Особливості використання систолічних обчислювачів у задачах ПЧОС

У перелік прикладних задач обробки сигналів, що допускають систолічну реалізацію, входить і задача просторово-часової обробки сигналу [3].

Функціональна схема типової адаптивної системи формування діаграми спрямованості променя показана на рисунку 1.

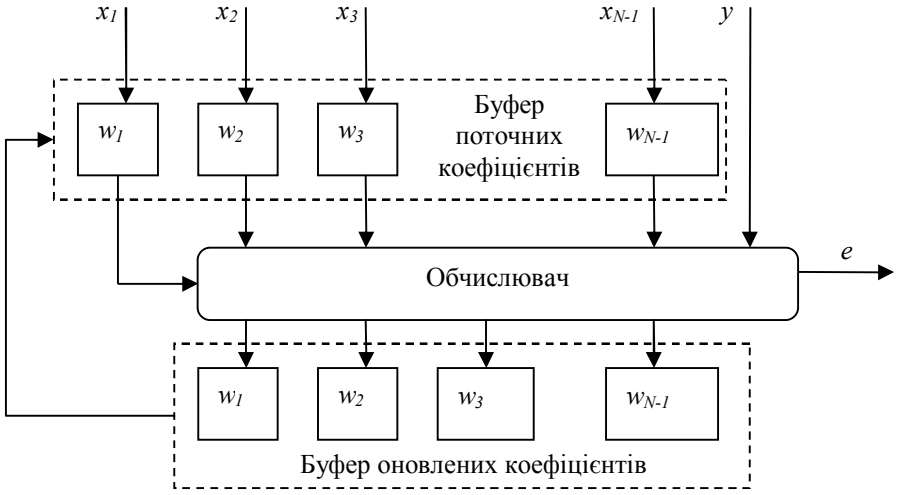


Рис. 1. Функціональна схема адаптивної антенної решітки: w_1 .. w_{N-1} – вагові коефіцієнти

Значення помилки на виході у момент часу *t* має вигляд:

$$e(t) = x(t)w + y(t), \quad (1)$$

де вектор-рядок *x(t)* представляє огинаючу сигналів, отриманих з *N*-1 датчиків у момент *t*, а *y(t)* – сигнал, знятий з *N*-го фіксованого елемента. Вектор *w* представляє значення вагових коефіцієнтів фільтра.

У [4] показано, що для вирішення задач множення матриць, векторів (як окремий випадок матриць), цифрової фільтрації і, як наслідок, задач ПЧОС зручно застосовувати систолічні обчислювальні системи.

Систолічна система складається з деякої множини зв'язаних один з одним осередків, кожний з яких виконує деяку просту операцію. Оскільки під час проектування і реалізації прості регулярні структури зв'язку і керування мають істотні переваги перед складними структурами, клітинки в систолічній системі, як правило, об'єднані у вигляді систолічної матриці або систолічного дерева.

Інформація в систолічній системі передається між клітинками в конвеєрному режимі, а зв'язок із зовнішнім середовищем здійснюється тільки через «граничні клітинки». Наприклад, у систолічній матриці тільки клітинки, розташовані на її межі, можуть мати порти введення-виводу.

Основний принцип систолічної архітектури і систолічної матриці показаний на рисунку 2.

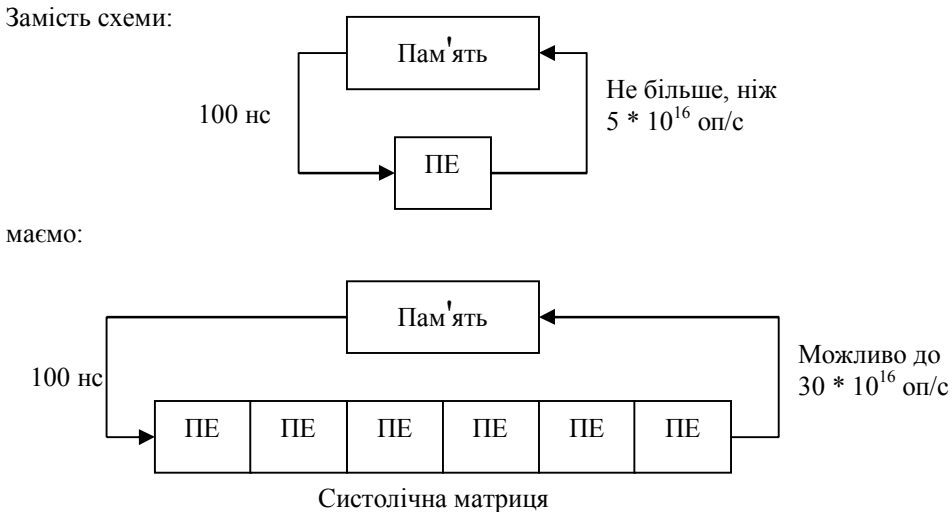


Рис. 2. Основний принцип систолічної системи: ПЕ – процесорний елемент

При заміні стандартного процесорного елемента (ПЕ) матрицею простих спеціалізованих процесорних елементів обчислювальна продуктивність може бути збільшена без збільшення пропускної здатності пам'яті. Функція пам'яті на рисунку 2 аналогічна серцю: вона «проштовхує» дані через матрицю клітинок. Суть цього підходу полягає в тому, що один раз взяті з пам'яті дані можуть бути ефективно використані в кожній з клітинок в процесі передачі їх від клітинки до клітинки уздовж матриці. Така організація можлива для широкого спектра задач, що відносяться до класу обмежених по введенню-виводу, де численні операції виконуються над кожним елементом даних тим самим повторюваним способом.

Але як було сказано вище, розширення номенклатури ПЛІС, представленої на ринку надвеликих ІС, ускладнює підбір оптимізованої елементної бази для реалізації блоків просторово-часової обробки сигналів. Отже, потрібен метод попередньої оцінки якості обробки сигналу й ефективності застосування тієї або іншої елементної бази.

Оцінка ефективності процесора ППЧОС

У загальному випадку критерій ефективності представляється [3] у вигляді співвідношення параметрів, що впливають на характеристики проектованої системи. Якість обробки сигналу визначається кількома параметрами [6].

У запропонованому підході до оцінки якості обробки сигналу комплекс параметрів і вагомість того або іншого параметра визначається проектувальником. При цьому він повинен керуватись основними аспектами якості [5]:

- закладені характеристики;
- відповідність вимогам;
- надійність, довговічність.

Проектувальник також встановлює передбачуваний позитивний або негативний вплив параметра на кінцеву якість обробки сигналу з наступним розрахунком кінцевого значення критерію для кожного набору параметрів. У результаті порівняння отриманих значень критеріїв здійснюється остаточний вибір апаратного забезпечення проектованої системи.

У роботі одним з варіантів реалізації викладеного підходу може бути запропонований вибір чотирьох параметрів, що визначають основні технічні характеристики ППЧОС як обчислювального пристрою – тактової частоти, розрядності операційних вузлів, його енергоспоживання і вимог алгоритму обробки сигналу. Параметр, що ви-

значає вимоги алгоритму, введений як абстрактне поняття і буде детально розглянутий у наступному розділі.

Тактову частоту і розрядність операційних вузлів пропонується прийняти як позитивний вплив, а енергоспоживання пристрою і вимоги алгоритму, необхідні для реалізації обраного алгоритму обробки сигналів – як витрати. Кожному з критеріїв ставиться у відповідність деякий коефіцієнт вагомості, встановлюваний проектувальником.

У цьому випадку кінцевий критерій ефективності визначається так:

$$C = \frac{A * w1 + B * w2}{D * w3 + E * w4}, \tag{2}$$

де A – частота, B – розрядність, D – особливості і вимоги алгоритму, E – енергоспоживання, *w1, w2, w3, w4* – коефіцієнти вагомості відповідних параметрів.

Докладніше розглянувши параметри, що фігурують у (2), можна відзначити, що динамічний діапазон значень різних параметрів сильно розрізняється. Для того, щоб коефіцієнти вагомості відчутно впливали на роль того або іншого параметра у визначенні коефіцієнта ефективності, параметри необхідно привести до розмірностей однакового порядку. У зв'язку з цим доцільно ввести корегувальні коефіцієнти. Тоді (2) прийме вигляд:

$$C = \frac{A * w1 * k1 + B * w2 * k2}{D * w3 * k3 + E * w4 * k4} \tag{3}$$

Коригувальні коефіцієнти *k1,...,k4*, введені в (3), виконують функцію балансира для різнорідних параметрів, що мають розходження в кілька порядків. Таким чином, знижується вплив різниці значень параметрів на результуючий коефіцієнт.

Особливості алгоритмічного забезпечення ППЧОС

Особливості алгоритму вимагають окремого розгляду, тому що кожен алгоритм вимагає різну кількість простих математичних операцій і має різні обчислювальні особливості як, наприклад, робота з матрицями або врахування необхідних похибок обчислень. Критерій оцінки ефективності реалізації сигнальної обробки повинен враховувати не тільки апаратні особливості проектованої системи, але й особливості і вимоги алгоритму обробки сигналів, що буде реалізований.

Вимоги алгоритму звичайно містять у собі прості математичні операції додавання і множення. До цих вимог можна також додати і операції роботи з пам'яттю, операції буферизації та інші операції введення-виводу. Рекомендується враховувати ці параметри кількістю необхідних математичних операцій і часу, необхідного на їх виконання [7]. Також важливо враховувати особливості структури ПЛІС, такі як час затримки передачі даних між логічними блоками ПЛІС. Параметр D з (3) визначається, як різниця між вимогами алгоритму і можливостями ПЛІС:

$$D_{ND} = (t_{ND_MUL} + t_{ND_ADD} + t_{ND_BUF}) * N_{ND}, \tag{4}$$

$$D_{AV} = ((t_{MUL} + t_{ADD} + t_{BUF}) * N_{AV} + t_C) * M, \tag{5}$$

де $N_{ND(Needed)}$ – загальна кількість математичних операцій, виконувана алгоритмом, $N_{AV(Available)}$ – загальна кількість обчислювальних елементів, доступних на ПЛІС, t_{ND_MUL},

t_{ND_ADD}, t_{ND_BUF} – час, необхідний для виконання математичних операцій алгоритму, t_{MUL}, t_{ADD}, t_{BUF} – час виконання відповідних математичних операцій блоками ПЛІС, $t_{C(Cells)}$ – час передачі даних від блоку до блоку всередині ПЛІС у ході обчислень, M – кількість блоків на ПЛІС.

Виходячи з вищесказаного, можна записати параметр D з (3) так:

$$D = D_{AV} - D_{ND}, \tag{6}$$

Крім того, обчислювальні задачі розділяють [3] на два класи:

- обчислювально-обмежені задачі;
- задачі, обмежені по введенню-виводу.

Якщо повне число обчислювальних операцій більше повного числа елементів, призначених для введення і виводу, то задачі відносяться до класу обчислювально-обмежених; у противному випадку вони є обмеженими по введенню-виводу.

Задачу первинної обробки сигналів, розглянуту в статті і наступній кваліфікаційній магістерській роботі, можна віднести до класу задач, обмежених по введенню-виводу. Тоді, для врахування безперервної роботи з матрицями як властивості алгоритму можна врахувати відношення портів введення-виводу на розглянутому апаратному забезпеченні до необхідної кількості портів введення-виводу. Таким чином, крім розглянутих у (4, 5) особливостей, у (6) варто враховувати ще і вищевказане співвідношення. Тоді обчислення значення параметра D прийме такий вигляд:

$$D = (D_{AV} - D_{ND}) + \left| N_{IO_ND} - N_{IO_AV} \right|, \tag{7}$$

де N_{IO_ND} – необхідна кількість портів введення-виводу, N_{IO_AV} – кількість портів введення-виводу на розглянутому апаратному забезпеченні.

Для вибору найбільш оптимального рішення треба, щоб кількість портів введення-виводу на розглянутій ПЛІС була максимально наближена до необхідної їхньої кількості. Тому навіть переважаюча кількість портів введення-виводу на пристрої в порівнянні з необхідною кількістю, негативно впливає на проектовану систему, а тому таке рішення менше придатне для реалізації обраного алгоритму.

З огляду на усі вищенаведені особливості алгоритмічного й апаратного забезпечення критерій (3) має вигляд:

$$C = \frac{A * w1 * k1 + B * w2 * k2}{((D_{AV} - D_{ND}) + \left| N_{IO_ND} - N_{IO_AV} \right|) * w3 * k3 + E * w4 * k4}, \tag{8}$$

де D_{ND}, D_{AV} визначаються в (4) і (5) відповідно.

Висновки

Проведено аналіз обчислювальних особливостей алгоритмічного забезпечення підсистеми ПЧОС і параметрів ПЛІС, що впливають на ефективність практичної реалізації підсистеми.

Ґрунтуючись на отриманих знаннях, запропонований критерій оцінки ефективності ППЧОС на базі ПЛІС з урахуванням як апаратних особливостей ПЛІС, так і особливостей алгоритмічного забезпечення. Такий метод оцінки дозволяє підвищити ефективність процесу проектування й оптимізації ППЧОС для РЛС.

Список літературних джерел

1. LatticeECP/EC FPGAs: A Systolic Array Processor for Software Defined Radio //www.latticesemi.com
2. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. – Изд. 2-е. – М., «Химия», 1975. – С. 29-31.
3. VLSI and Modern Signal Processing. S.Y. Kung, H.J. Whitehouse, T. Kailath editors. – PRENTICE-HALL, INC., Englewood Cliffs, New Jersey 07632. – P. 36-37.
4. Кун С. Матричные процессоры на СБИС: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991.– 672 с.
5. ДСТУ ISO 9000-2001. Системи управління якістю. Основні положення та словник – К., Держстандарт України, 2001. – С. 6.
6. How to perform meaningful benchmarks on FPGAs from different vendors, Seyi Verma //www.pldesign-line.com
7. Внуков А.А. Курс лекций «Проектирование алгоритмического и программного обеспечения» – МГТУ, М., 2008. – С. 15.

УДК 621.395.44
О.В. Лукін, ст. викладач
А.А. Попело, студент магістратури

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

СИСТЕМА МАРШРУТИЗАЦІЇ ВИСОКОЯКІСНИХ ЗВУКОВИХ ПОТОКІВ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Розглядаються сучасні системи аудіотрансляції, виявлені їх основні переваги та недоліки. Запропоновано створення нової системи, яка базується на використанні технології Livewire. Важливою особливістю системи, що розробляється, є цілковита відкритість її апаратного та програмного забезпечення. Наведена структура пристрою маршрутизації потоків з аудіо даними, описано основні складові елементи апаратної та програмної частини пристрою.

Вступ

Системи аудіотрансляції, які використовуються на радіостанціях і студіях звукозапису, все більше переходять на використання цифрових мереж для передачі сигналу. Такі системи є інтерактивними, робота всіх вузлів і обробка даних відбувається в режимі реального часу, – це вимагає високої швидкості роботи апаратури. Самі ж студії можуть бути територіально розміщені на різних кінцях земної кулі. Так, наприклад, студії радіо «Radio Liberty/Free Europe» знаходяться в Європі, Азії, Америці.

Сучасні системи, які займаються вирішенням завдання виробництва високоякісного аудіо, мають низку істотних недоліків. Однією з проблем є складність масштабування – розширення системи супроводжується суттєвим збільшенням її вартості, ускладненням інфраструктури, і, відповідно, зменшенням надійності. Ціна кінцевих студій, зумовлена великою вартістю апаратного забезпечення, утримання та обслуговування, є досить високою. Крім того, більшість систем, що використовуються на даний момент, не мають цифрових сервісів, що призводить до ускладнення їх моніторингу, діагностики, управління та ускладненої інтеграції з іншими системами і технологіями.

Тому, виходячи з недоліків існуючих систем, становить інтерес розробка спеціалізованого програмно-апаратного комплексу, що виконує функції маршрутизації каналів передачі високоякісних звукових даних в цифровій мережі. Вирішення проблеми масштабування пропонується за рахунок використання звичайних локальних мереж, здатних до значного розширення. Логічне підключення функціональних елементів відбувається за допомогою маршрутизації, а не комутації, що дозволить створювати рішення з більш простою інфраструктурою. Для інтеграції з іншими системами, пропонується використовувати додаткове комутаційне обладнання, здатне перетворювати аудіо дані з одного формату в інший.

Однією з цілей роботи є розробка відкритих стандартів протоколів та платформ для систем високоякісної аудіотрансляції. Вільна публікація розробок дозволить компаніям використовувати ці напрацювання і допомогти встановленню єдиного стандарту побудови подібних систем, збільшить швидкість і якість розробки нових компонентів, спростить об'єднання компонентів, що використовують розроблені стандарти, в єдину систему.

Аналіз існуючих систем високоякісної аудіотрансляції

Компанією Peak Audio була розроблена технологія під назвою CobraNet[1]. CobraNet дозволяє передавати цифровий аудіосигнал високої якості, використовуючи стандартне апаратне забезпечення для Ethernet. Цифровий сигнал може розподілятися між 64 каналами протоколу Fast Ethernet 100Base-TX/FX, використовуючи кабель CAT5 або оптичне волокно.

Мережа CobraNet забезпечує передачу цифрового сигналу, не погіршуючи його якості. Аналоговий сигнал, який передається по мережі CobraNet, завжди конвертується в цифровий сигнал з частотою дискретизації 48 КГц або 96 КГц і розрядністю 16, 20 або 24 біт.

CobraNet працює тільки на канальному рівні, тому відсутня можливість маршрутизації пакетів за допомогою стандартних мережних маршрутизоторів, відповідно – CobraNet не може використовуватися в Internet.

Дані в CobraNet об'єднуються в канали та шари. Один пристрій може обробляти до 4 шарів аудіоданих в обох напрямках. Кожний шар може містити до 8 каналів, загалом – до 64 каналів. Інтерфейси CobraNet можуть приймати та відправляти декілька шарів одночасно.

Існують два основні типи шарів:

— Multicast – дозволяє транслювати потік з одного пристрою CobraNet всім іншими пристроям в мережі за допомогою multicast адресації Ethernet. Кожен пристрій CobraNet індивідуально визначає, чи потрібно обробляти отриманий потік, значно зменшує ефективність використання мережі.

— Unicast – трансляція потоку з одного пристрою CobraNet до будь-якого іншого пристрою в мережі. Також дозволяє отримувати дані декільком пристроям або шляхом передачі декількох копій аудіо-даних, або за допомогою багатоадресної адресації Ethernet. Значно вища ефективність використання мережі.

Буферизація звукових даних у пакети Ethernet зазвичай має затримку в 256 звукових семплів (або 5,33 мс). Додаткові затримки вносяться шляхом аналого-цифрового та цифро-аналогового перетворення (зазвичай 10-50 семплів). Затримки можна скоротити, якщо з високою швидкістю відправляти пакети меншого розміру. У більшості випадків програміст може вибрати максимальну затримку для кожного конкретного пристрою CobraNet (5,33, 2,67 чи 1,33 мс). Однак зменшення затримки збільшує навантаження на процесор та накладає додаткові вимоги до швидкодії мережі.

На рисунку 1 зображена загальна структура мережного пакету з аудіоданими в системі, яка використовує технологію CobraNet.

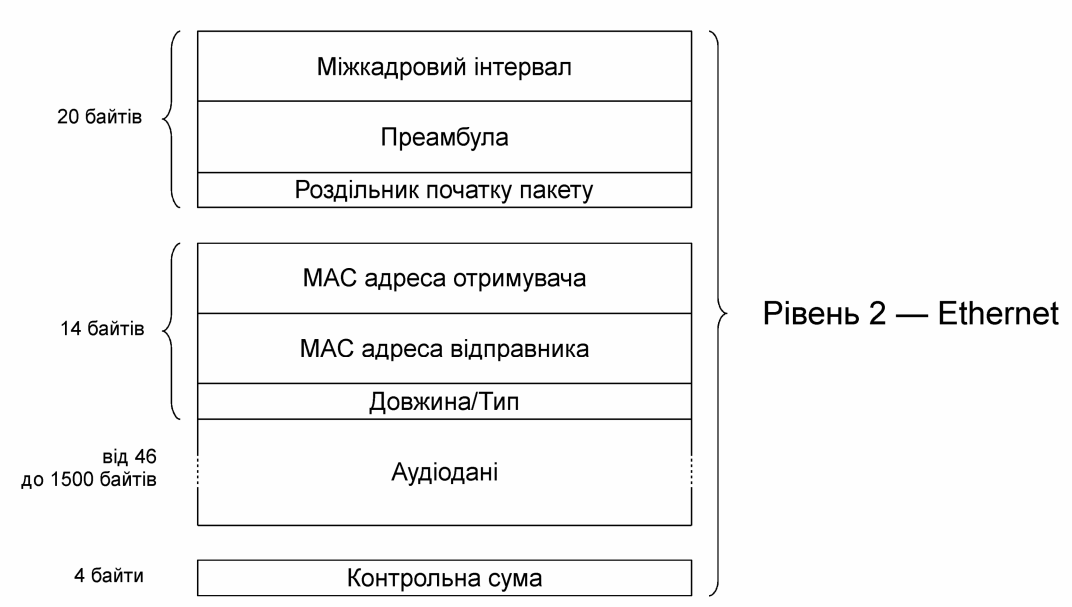


Рис. 1. Структура пакету з аудіоданими в CobraNet

Перевагою технології CobraNet є мінімальний розмір службових заголовків в пакетах з аудіоданими, що дозволяє ефективно використовувати мережу. Але внаслідок работи тільки на рівні протоколу Ethernet, відсутня можливість маршрутизації пакетів стандартними мережними пристроями та можливість ефективно транслювати аудіосигнал в системах з великою кількістю елементів, а також існує обмеження максимальної кількості каналів на один лінк. Тому можна зробити висновок, що CobraNet є чудовим варіантом для трансляції звуку в режимі точка-точка, але не найкращим варіантом для систем з великою кількістю пристроїв.

Компанією Axia Audio, яка спеціалізується на створенні студійного обладнання, було розроблено інший протокол під назвою Livewire [2]. Він дозволяє передавати в реальному часі аудіосигнали, пов'язані з ними дані і сигнали управління пристроями через мережу Ethernet. Одночасно ця ж мережа може служити для передачі будь-якої іншої інформації.

Livewire використовує IP стандарт для передачі аудіоданих, який називається RTP/IP. Це стандартний спосіб для передачі аудіо та відео через Інтернет, такий, як TCP/IP для передачі даних. Частота дискретизації звуку – 48 або 96 КГц, кожен звуковий потік кодується за допомогою 24-бітного формату PCM без стиснення. Всі потоки використовують IPv4 multicast[3] для організації групової адресації в мережі.

В Livewire існують три типи звукових потоків:

— Live Stereo Audio – використовується для моніторингу звуку в режимі реального часу. Кожний пакет такого потоку містить 12 семплів (250 мікросекунд аудіо), що дозволяє отримати дуже низькі затримки (біля 2 мс). Але при цьому ефективність використання мережі є не високою (біля 47 %) за рахунок великої кількості пакетів малого розміру;
— Standard Stereo Audio – використовується у випадках, коли вимоги до максимальної затримки є не такими великими. Кожний пакет містить 240 семплів (5 мс аудіо). Середня затримка – біля 100 мс. Ефективність використання мережі значно вища (біля 95 %) за рахунок використання Ethernet пакетів максимально можливої довжини;
— Surround Audio – дозволяє транслювати 8-канальні аудіо потоки. Кожний пакет містить 60 семплів (1.25 мс аудіо). Середня затримка – біля 100 мс. Висока ефективність використання мережі (біля 95 %).

На рисунку 2 зображена загальна структура мережного пакету з аудіоданими в системі, яка використовує протокол Livewire.

Перевагами Livewire є можливість маршрутизації аудіопотоків звичайними маршрутизаторами та підтримка IPv4 multicast, що дозволяє транслювати аудіопотоки винятково до пристроїв-одержувачів, при цьому негативно не впливаючи на решту пристроїв і завантаження каналів мережі, а також можливість використовувати одну мережу одночасно для аудіотрансляції та передачі будь-яких інших даних.

Недоліком Livewire є значний розмір службових заголовків в пакетах з аудіоданими, що негативно впливає на ефективність використання мережі у випадку високих вимог до мінімальної затримки аудіосигналу.

У порівнянні з CobraNet технологія Livewire має переваги. Хоча розмір службових заголовків в пакетах Livewire є в 4 рази більшим, за рахунок роботи на рівні протоколу IP та підтримки IPv4 multicast, пакети в Livewire можуть маршрутизуватися за допомогою звичайних маршрутизаторів та передаватися по мережі виключно до пристроїв, які приймають дані, не завантажуючи при цьому решту мережі. Тому було прийнято рішення використовувати технологію Livewire у якості основи в системі, що розробляється.

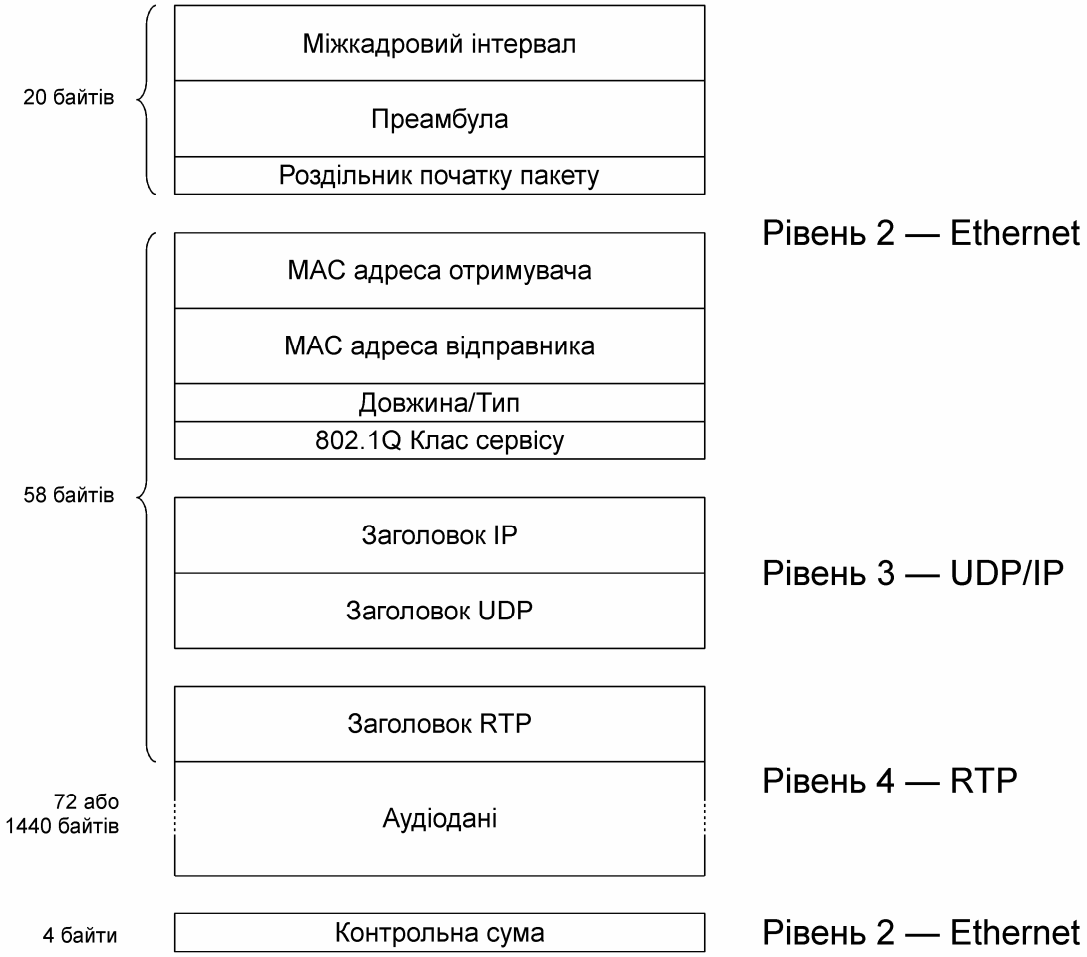


Рис. 2. Структура пакету з аудіоданими в Livewire

У таблиці 1 наведені основні характеристики обох протоколів.

Таблиця 1

Порівняння основних характеристик протоколів CobraNet та Livewire

Характеристика	CobraNet	Livewire
Якість звуку	до 96КГц/24біт	до 96КГц/24біт
Підтримка маршрутизації пакетів	ні	так
Підтримка multicast	на рівні Ethernet	на рівні IPv4
Підтримка логічних входів/виходів	ні	так
Кількість каналів на лінк (макс.)	64	обмежується максимальною швидкодією пристрою
Максимальна затримка (аналоговий вхід — аналоговий вихід)	5.33мс +час на кодування/ декодування звуку	2.75мс
Розмір службових заголовків у пакеті з аудіоданими	14 байтів	58 байтів
Можливість використовувати мережу для передачі інших даних	ні	так

Технічна реалізація системи

Система маршрутизації високоякісних звукових потоків складається з апаратного забезпечення, що забезпечує створення, трансляцію та відтворення звукових даних, і спеціалізованого пристрою, що керує маршрутизацією каналів усередині системи.

Одним із завдань роботи є розробка прототипу пристрою маршрутизації високоякісних звукових потоків реального часу. Цей пристрій керує потоками аудіоданих в мережі, визначаючи маршрути та перенаправляючи потоки від одних пристроїв до інших, в режимі реального часу. Пристрій складається з апаратної та програмної частини.

На рисунку 3 зображена структура апаратної частини пристрою маршрутизації звукових потоків. Центральним елементом пристрою є спеціалізована система на кристалі (СнК), реалізована усередині ПЛІС. СнК містить у собі апаратний процесор мережних пакетів, який виконує апаратну обробку пакетів зі звуком, центральний процесор, контролер звукового вводу-виводу, контролер пам'яті, контролери Ethernet MAC та арбітр шини. Інші елементи, такі як ОЗУ, ПЗУ, приймач Ethernet і RS232, аудіокодеки і елементи управління та індикації підключені безпосередньо до ПЛІС.

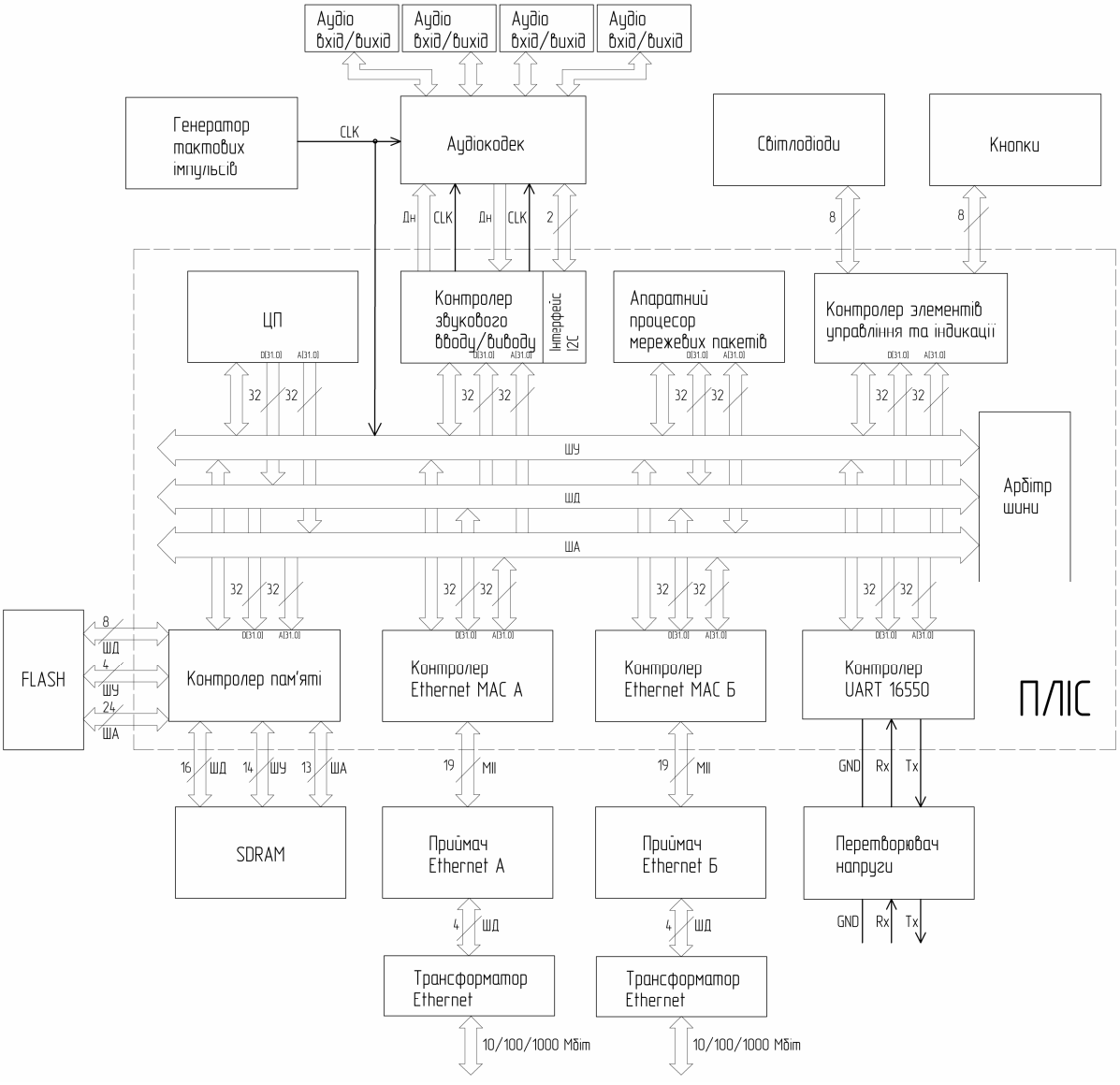


Рис. 3. Структура пристрою маршрутизації високоякісних звукових потоків реального часу

Основні вимоги, які висуваються до СнК:

— наявність прямого доступу до пам'яті з боку периферійних пристроїв (режим ПДП, необхідний для швидкісного запису та читання даних з ОЗП модулями, які займаються прийомом, обробкою та передачею пакетів, що містять аудіодані);
— максимально проста і ефективна системна шина.

Ці дві вимоги є дуже важливими для майбутнього пристрою, тому що вони визначають його швидкодію.

Серед сучасних software-процесорів, які можуть бути використані у пристрої, варто розглянути MicroBlaze, LEON 2 та OpenRISC 1200. Всі три процесори є 32-розрядними RISC-процесорами. У LEON 2 і OpenRISC 1200 є 5-ступінчасті конвеєри, в MicroBlaze може використовуватися 3-х або 5-ступінчастий конвеєр.

LEON 2 та OpenRISC 1200 доступні безкоштовно за ліцензією LGPL, а MicroBlaze доступний на платній основі від компанії Xilinx і призначений для використання тільки усередині ПЛІС, що випускаються цією компанією. У регістрових файлах LEON2 присутні тіньові регістри, що підвищують швидкодію, у решти процесорів їх немає і загальна кількість регістрів менше.

У всіх трьох процесорів доступна кеш-пам'ять, побудована за Гарвардською архітектурою, можливі розміри кеша у процесорів приблизно однакові. LEON2 відрізняється підтримкою 2-х або 4-канального асоціативного кеша, крім кеша з прямим відображенням. MicroBlaze може кешувати тільки ділянки пам'яті з суміжними адресами, у той час як OpenRISC та LEON 2 можуть кешувати дані, розташовані в будь-яких адресах пам'яті.

MicroBlaze з самого початку оптимізовано тільки для ПЛІС від Xilinx і використання цього процесора дає змогу ефективно використовувати ресурси мікросхеми для підвищення швидкодії і займання мінімального об'єму кристала.

MicroBlaze доступний тільки на комерційній основі, і якщо надалі з'явиться необхідність виготовлення спеціалізованої замовної мікросхеми з його використанням, доведеться витратити великі кошти на придбання ліцензії. Сильною стороною OpenRISC 1200 є використання системної шини Wishbone. Це досить проста і в той же час потужна системна шина з підтримкою різних режимів роботи. LEON2 використовує набагато більш ускладнену шину AMBA і при цьому за основними параметрами дуже близький до OpenRISC 1200.

З огляду на переваги OpenRISC 1200 у порівнянні з LEON2 та неможливість використання MicroBlaze через його закритість, було прийнято рішення використовувати у пристрої маршрутизації процесор OpenRISC 1200.

Однією з проблем, які виникають в процесі розробки пристрою, є відсутність закінчених відкритих реалізацій контролера пам'яті DDR2 для системної шини Wishbone. Тому додатково необхідно реалізувати такий контролер. Для цього використовуються напрацювання спільноти OpenCores[4] в цій галузі, зокрема, контролер Versatile Memory Controller. Пропрієтарні реалізації використовувати не можна, тому що це спричинить проблеми у вигляді додаткових витрат на придбання ліцензії та неможливість опублікування у відкритому доступі цієї частини пристрою.

Програмна частина пристрою включає в себе: підсистему управління периферією – модуль, який відповідає за роботу периферійних пристроїв, модуль реалізації TCP/IP стека (пристрій має тільки контролер рівня Ethernet, необхідно реалізувати TCP/IP стек для роботи в мережі), підсистему мережного конфігурування – сервіс, за допомогою якого можна налаштувати роботу пристрою, підсистему роботи з керуючим LWCP протоколом і систему оновлення ПЗ – модуль, який дозволяє віддалено оновлювати ПЗ в пристрої та ядро, яке є елементом, що пов'язує між собою всі модулі.

З огляду на велике коло завдань, які повинна виконувати програмна частина системи, і необхідність організації ефективної роботи всіх її модулів, необхідно використовувати вбудовану операційну систему в якості основи. В пристрої використовується ОС Linux. Ця ОС вже портована для процесора OpenRISC 1200 і підтримується спільнотою OpenCores.

В Linux доступна готова реалізація стеку протоколів TCP/IP, а також велика кількість допоміжних утиліт і готових програм, які можна використовувати у пристрої. Недоліком даної системи є велике, порівняно з іншими, завантаження процесора для виконання системних завдань.

Серед інших варіантів розглядалася розробка без використання вбудованої ОС, а також ОС Micrium uC/OS-II і FreeRTOS, однак без використання ОС розробка багаторазово ускладнюється, uC/OS-II не підходить, тому що є пропрієтарною, а FreeRTOS в порівнянні з Linux має значно менше можливостей.

Висновки

У сучасних системах високоякісної аудіотрансляції існують проблеми ефективної взаємодії компонентів і масштабування. Система, що розробляється, покликана допомогти встановленню єдиного стандарту високоякісної аудіотрансляції, а також підготувати базу відкритого апаратного та програмного забезпечення для створення пристроїв з використанням цього стандарту, що дозволить збільшити швидкість і якість розробки нових компонентів та спростить об'єднання компонентів, що використовують цей стандарт, в єдину систему. Можливість використання устаткування для побудови звичайних локальних мереж при побудові системи дозволить заощадити і дасть можливість легкого масштабування.

На сайті кафедри ІКС Чернігівського державного технологічного університету створено проект [5], де зберігаються всі останні напрацювання і актуальна документація по системі, що розробляється.

Список літературних джерел

1. Сайт технології CobraNet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.cobranet.info/.
2. Технологія Livewire на сайті компанії Axia Audio [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.axiaaudio.com/livewire/.
3. Beau Williamson. Developing IP Multicast Networks. – «Cisco Press», 1999. – 592с.
4. Сайт спільноти OpenCores [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.opencores.org/.
5. Сайт проекту «OpenRISC XSoC» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pm.stu.cn.ua/projects/show/xsoc.

УДК 621.396

А.Ю. Сорокін, асистент

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ОПТИМАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ РОЗШИРЕННЯ СПЕКТРА РАДІОСИГНАЛУ НА ОСНОВІ ШВИДКИХ СТРИБКІВ ЧАСТОТИ З БЕЗПЕРЕРВНОЮ ФАЗОЮ

Об'єктом дослідження є системи зв'язку, що забезпечують високу перешкодозахищеність радіообміну на основі застосування сигналів з розширеним спектром. Предметом дослідження є визначення оптимального способу і параметрів формування радіосигналу.

Постановка проблеми

Вимога досягнення енергетичної та структурної скритності радіообміну, стійкості до перешкод, високої енергетичної ефективності систем передачі даних мобільних об'єктів викликає протиріччя відносно способу і параметрів формування радіосигналу[1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Енергетичну й структурну скритність радіообміну забезпечує радіосигнал з великою базою, з великим числом можливих станів за рахунок динамічної зміни фазової структури сигналу, мінімальною тривалістю безперервного випромінювання без зміни параметрів. Максимальна величина реальної бази досягається при прямокутному й рівномірному амплітудному спектрі, тому що, якщо перешкода підбудовується під спектр сигналу, то нерівномірність спектра приводить до зниження виграшу обробки сигналу з великою базою [1]. Постійна обвідна радіосигналу знижує вплив нелінійності підсилювача потужності передавача, працюючого в режимі з відсіченням, що необхідно для підвищення його енергетичного коефіцієнта корисної дії. При цифровому формуванні радіосигналу компактність спектра дозволяє знизити частоту дискретизації без накладення образів спектра дискретного сигналу, що знижує енергоспоживання, тепловиділення, масогабаритні показники [1, 2, 3, 4].

Передача даних за допомогою бінарної фазової маніпуляції забезпечує максимальну завадостійкість до адитивних теплових шумів і мінімальну спектральну щільність потужності. Недоліком розширення спектра за допомогою фазової маніпуляції є повільно спадаючий амплітудний спектр і порушення сталості обвідної при проходженні частотно-селективних ланцюгів тракту, що призводить до амплітудно-фазової конверсії при проходженні сигналу через нелінійні ланцюги [5]. Поліпшенню компактності спектра радіосигналу на основі фазової модуляції присвячений ряд робіт [6, 7, 8, 9], але в них не враховується необхідність підвищення прямокутності спектра, збереження реальної бази радіосигналу й сталості обвідної.

Розширення спектра стрибками частоти забезпечує сталість обвідної, але має тривалість елемента розширення спектра значно більше тривалості елемента розширення спектра фазоманіпульованного сигналу з рівною базою. Розширення спектра за допомогою лінійної частотної модуляції забезпечує сталість обвідної, прямокутність спектра, задовільну функцію невизначеності, але має низьку структурну скритність [1, 2].

Мета статті

Як випливає з попередньо проведеного аналізу, оцінки радіосигналу по декількох критеріях суперечливі, тому завданням формування сигналу з необхідними властивостями є сполучення позитивних ознак і компенсація негативних ознак фазової модуляції, дискретно-частотної модуляції, лінійної частотної модуляції.

Критерієм ефективності методу модуляції є збереження сталості обвідної, прямокутність спектра, рівномірність спектра в основній смузі, мінімальність часу безперервного випромінювання без зміни параметрів, мінімальність втрат реальної бази радіосигналу.

Виклад основного матеріалу

Спектральні і кореляційні властивості сигналу з великою базою, мінімальна тривалість безперервного випромінювання визначаються методом розширення спектру. З метою мінімізації часу безперервного випромінювання доцільно використовувати для розширення спектру частотну маніпуляцію з безперервною фазою і малим числом позицій по частоті [4]. Перевагами розширення спектра за допомогою частотних стрибків з безперервною фазою є постійна обвідна, стійкість до нелінійних спотворень, прямокутність і компактність амплітудного спектра.

Отже, сигнал, що задовольняє вказаним вище критеріям, можна реалізувати, використовуючи для передачі даних енергоефективну бінарну фазову модуляцію, а для розширення спектра – спектрально-ефективну дискретно-частотну модуляцію з безперервною фазою і малою кількістю позицій по частоті. У системах зв'язку з використанням сигналів з великою базою це не приведе до істотного ускладнення приймача, оскільки символ приймається в цілому. Для частотної маніпуляції з малим числом позицій по частоті загальна ширина побічних пелюсток від одного частотного каналу велика і доцільне зниження рівня побічних пелюсток спектра шляхом згладжування фазової траєкторії.

Властивості радіосигналу зі стрибками частоти і безперервною фазою визначаються структурою і законом заповнення частотно-часової матриці, способом формування фазової траєкторії, виглядом і тривалістю згладжуючої функції, індексом модуляції. Структура і закон заповнення частотно-часової матриці обгрунтовані в [4] і вказані вище.

Відомі декілька способів синтезу радіосигналів з безперервною фазою, наприклад, за допомогою частотного модулятора на основі фазового акумулятора, квадратурного представлення модулятора, представлення Лаурента у формі суперпозиції зсунених по фазі імпульсів з амплітудною модуляцією [8]. Способи відрізняються складністю аналітичного дослідження модульованих сигналів та синтезу оптимальних приймачів. При чисельних розрахунках властивостей сигналів і реалізації формувача на основі розподіленої логіки програмованих логічних інтегральних схем найменш ресурсоємним є частотний модулятор на фазовому акумуляторі.

Синтез радіосигналу за допомогою частотного модулятора на основі фазового акумулятора описується виразом наступного вигляду

$$s(kT_{sampl}) = A_0 \cos\left(\omega_0 kT_{sampl} - 2\pi m \sum_{k=1}^{QN} \left(\sum_{n=1}^{QL} a_{k-QL+n} g_n \right) T_{sampl} \right),$$

де k, n – номери відліків функцій;

ω_0 – частота-носій;

a – відліки елементів псевдовипадкової послідовності розширення спектра;

g – відліки нормованої дискретної вагової функції;

m – індекс частотної модуляції;

L – довжина вагової функції відносно тривалості елементу розширення спектра;

Q – кількість відліків на один елемент розширення спектра;

N – кількість елементів розширення спектра;

T_{sampl} – період дискретизації.

Використання максимально локалізованої функції по тривалості і частоті як елемента розширення спектру при формуванні радіосигналу з розширеним спектром дозволяє створити компромісний сигнал з погляду ширини спектру і тривалості основного піку кореляційної функції сигналу. Мінімальне значення добутку ефективних значень три-

валості і ширини спектру має сигнал у вигляді функції Гауса. Фільтр із ваговою функцією Гауса має мінімально можливу групову затримку і не має перерегулювання в перехідній функції [10].

Імпульсна характеристика фільтру Гауса має наступний вигляд:

$$h(t) = \frac{1}{\sigma T\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2 T^2}}, \qquad \sigma = \frac{\sqrt{\ln(2)}}{2\pi BT}, \qquad |t| \le \infty,$$

де B – частота зрізу фільтру по рівню мінус 3 дБ;

T – тривалість елементу розширення спектра.

Для практичної реалізації вагова функція усікається по рівню мінус 60 дБ, при цьому тривалість імпульсної характеристики фільтру Гауса можна визначити як $T_h \approx 1/BT$, потім нормується для дискретного часу

$$g_n = h(nT_{sampl}) \Big/ \sum_{n=1}^{QL} h(nT_{sampl}),$$

де $h(nT_{sampl})$ – значення імпульсної характеристики в дискретні моменти часу;

L – довжина вагової функції відносно тривалості елементу розширення спектра;

Q – кількість відліків на один елемент розширення спектра.

Для попередньої оцінки впливу індексу модуляції, вагової функції і її тривалості на спектральні і кореляційні властивості радіосигналу, без урахування впливу структури засобів формування і ефектів квантування, необхідна побудова на основі імітаційного моделювання ряду залежностей, таких як:

– оцінка прямокутності спектра радіосигналу як відношення величини ширини спектра по рівню мінус 30 дБ до величини ширини спектра по рівню мінус 3 дБ;

– оцінка нерівномірності спектра в основній смузі по піковому і середньому відхиленню;

– оцінка відносного коефіцієнта стиснення радіосигналу.

У обчисленні величини бази є невизначеність, один і той же сигнал, що має повільно спадаючий спектр може характеризуватися різною величиною бази [1, 2]. Відносний коефіцієнт стиснення за часом значно краще характеризує реальну базу сигналу. Відносний коефіцієнт стиснення визначався як відношення тривалості кореляційного піку радіосигналу і модулюючої псевдовипадкової послідовності на рівні 0,5 від його максимуму, нормоване до смуги частот радіосигналу.

Оцінка якості сформованого радіосигналу з розширеним спектром визначена функціоналом наступного вигляду

$$K = \frac{C_{вн}}{П \cdot H_n \cdot H_{ср}},$$

де $П$ – оцінка прямокутності спектра;

H_n – оцінка нерівномірності спектра в основній смузі по піковому відхиленню;

$H_{ср}$ – оцінка нерівномірності спектра в основній смузі по середньому відхиленню;

$C_{вн}$ – оцінка відносного коефіцієнта стиснення за часом.

Максимум функціонала відповідає найкращому поєднанню прямокутності спектру, рівномірності спектру в основній смузі і мінімальним втратам реальної бази.

Проведені чисельні розрахунки в широкому діапазоні зміни параметрів модуляції і згладжування з рядом вагових функцій: прямокутною, Хеммінга, Блекмана, Натолла, Гауса, плосковершинною. Аналіз результатів чисельних розрахунків показав, що найбільш широкі зони оптимального сполучення тривалості вагової функції і індексу модуляції – у вагової функції Гауса. Поліпшення одних властивостей сигналу супрово-

джується погіршенням інших. Прямокутність і компактність амплітудного спектра сигналу зростає із збільшенням індексу модуляції, але при індексі більше 0,9 відбувається концентрація щільності потужності спектру на частотах, визначуваних величиною девіації, що призводить до значної нерівномірності в основній смузі спектру. При більшому згладжуванні концентрація спектру відбувається при більшому індексі модуляції. Область практично доцільних індексів модуляції лежить в межах від 0,5 до 0,95. Область практично доцільної тривалості вагової функції – від 1 до 4 елементів розширення спектру, оскільки великі значення значно знижують коефіцієнт стиснення радіосигналу з великою базою.

З аналізу графіків амплітудного спектру виходить, що для двочастотної модуляції розширення спектру при оптимальних параметрах характерна наявність значного рівня першої побічної пелюстки спектра. Для трьохчастотної модуляції розширення спектру при оптимальних параметрах характерна компактність спектра. Подальше підвищення числа позицій по частоті не призводить до значного підвищення прямокутності спектра, але значно зростає час безперервного випромінювання і зменшується число можливих станів радіосигналу [4]. Отже, трьохчастотна модуляція розширення спектру найбільш доцільна.

Ізолінії на графіку (рис. 1) відображають оцінку якості сигналу відповідно до заданого функціонала для радіосигналів з трьохчастотною модуляцією розширення спектра із згладжуючою ваговою функцією Гауса, при зміні інтервалу згладжування T_h від 1 до 4 елементів розширення спектру та індексу модуляції m від 0,5 до 0,95.

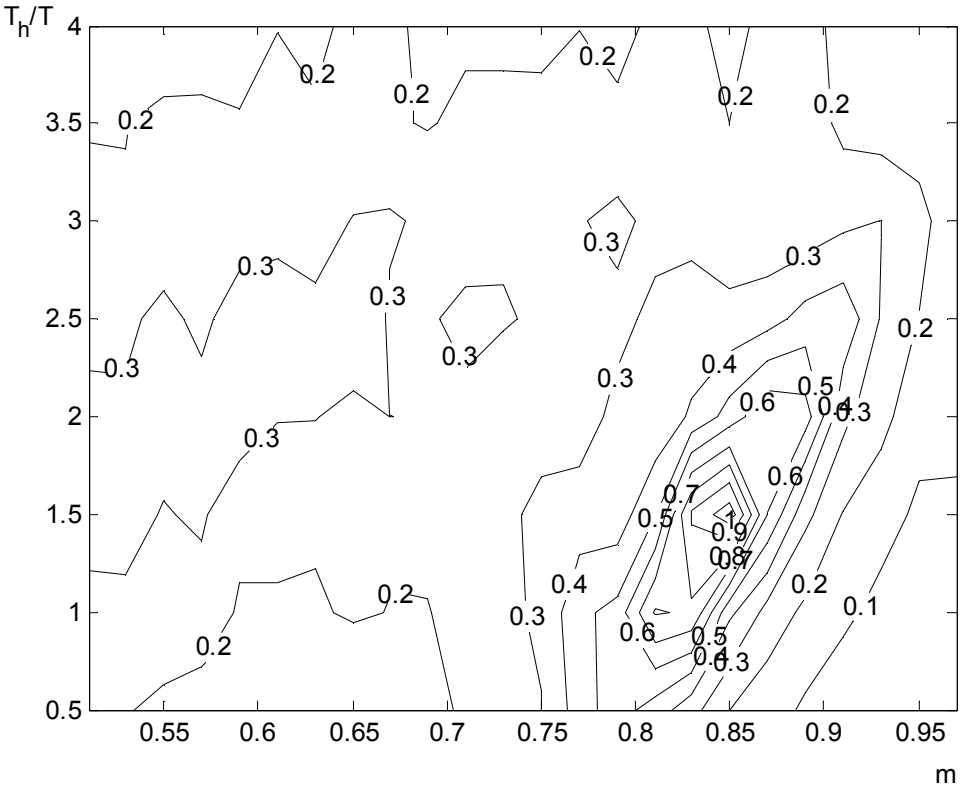


Рис. 1. Оцінка якості сформованого радіосигналу

З аналізу результатів оцінювального чисельного моделювання виходить, що зона оптимальних параметрів для радіосигналів із трипозиційною частотною модуляцією розширення спектра і згладжуючою ваговою функцією Гауса лежить в області індексу модуляції, рівного 0,85, та інтервалу згладжування, рівного 1,5 елемента розширення спектра, що відповідає відносній смузі фільтра Гауса BT близько 0.7. При цьому:

– коефіцієнт прямокутності по рівнях мінус 30 Б і мінус 3 дБ складає біля 1,7;

– досягається максимум відносного коефіцієнта стиснення, рівного біля 0,8;

– відносний рівень максимальної побічної пелюстки кореляційної функції лежить в області мінімальних значень;

– щільність ймовірності амплітуд побічних пелюсток кореляційної функції зміщена в область малих значень.

При зміні бази радіосигналу величина оптимального індексу модуляції, що забезпечує мінімум рівня максимальних побічних пелюсток кореляційної функції, найбільш несприятливих з погляду порогового виявлення, не змінюється.

Висновки з даного дослідження

Застосування для передачі даних енергоефективної бінарної фазової модуляції, а для розширення спектра спектрально-ефективної дискретно-частотної модуляції з безперервною фазою і малою кількістю позицій по частоті, дозволяє виключити протиріччя при досягненні високої перешкодостійкості, рівномірності і компактності спектра, мінімальності часу випромінювання без зміни параметрів сигналу, постійності обвідної.

Для розширення спектру оптимальним є використання трипозиційної частотної модуляції з безперервною фазою і попередньою фільтрацією Гауса. Зона оптимальних параметрів для радіосигналів з трьохчастотною модуляцією розширення спектра і згладжуючою ваговою функцією Гауса лежить в області індексу модуляції, рівного 0,85, та інтервалу згладжування, рівного 1,5 елемента розширення спектра, що відповідає відносній смузі фільтру Гауса BT близько 0,7.

З аналізу результатів оцінювального чисельного моделювання виходить, що при оптимальних параметрах сигнал задовольняє заданим вимогам. Функціональні залежності характеристик радіосигналу в області оптимальних значень параметрів модуляції мають гладку форму, що знижує вимоги до точності при практичній реалізації засобів формування.

Список літературних джерел

1. Варакин Л.Е. Системы связи с ШПС. – М.: Радио и связь, 1985. –384 с.
2. Тузов Г.И. Статистическая теория приема сложных сигналов. – М.: Сов. радио, 1977. – 400 с.
3. Don Torrieri. Principles of spread-spectrum communication systems. Springer Science, 2005. – 444 p.
4. Семенко А.И., Сорокин А.Ю. Формирование радиосигналов с низкой вероятностью обнаружения. //Наукові записки УНДІЗ. –2009. – № 4(12). – С. 47-51.
5. Рожков В.М., Сапрыкин А.В. Искажения спектра фазоманипулированных колебаний в нелинейных резонансных усилителях //Радиотехника. – 2005. – № 10. – С. 42-46.
6. McDowell A.T., Lehnert J.S., Jeong Y.K. Dual-phase continuous phase modulation for spread-spectrum multiple-access communication. – IEEE transactions on communications 2004, Volume 52, No. 5. – P. 823-833.
7. Song R.A Class of Band-limited Chip Waveforms for DS-CDMA Systems. //Journal of Communication and Computer, ISSN1548-7709, USA. Jan. 2006, Volume 3, No. 1. – P. 59-66.
8. Simon Marvin K. Bandwidth-Efficient Digital Modulation with Application to Deep-Space Communications. – Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 2001. – 228 p.
9. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. /Под ред. В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.
10. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – 584 с.

УДК 004.896, 621.7.01, 658.511.3, 658.58, 658.52, 658.89
О.Д. Криськов, проф.,
І.М. Іваник, асп.,
К.К. Щербина, бакалавр

Кіровоградський національний технічний університет, м.Кіровоград, Україна

РОБОЧІ ПОЛЯ ПРОГРАМОВАНОГО ЕЛЕМЕНТАРНОГО МОДУЛЯ TECHNOLOGICHNASOBIVARTIST ТА СТРУКТУРА ECONOMIK

В статті розкрито зміст та функціональна роль запису структури Economik_xxxxxx при створенні програмованих елементарних технологічних модулів (ПЕТМів), які вирішують задачу динамічної техніко-економічної оцінки технологічних рішень в процесі проектування регламентів технологічних процесів (РТП). Описано особливості визначення пакету базових процедур (ПБП) покладених в основу ПЕТМа TechnologichnaSobivartist_xxxxxx та формальні параметри останнього.

Постановка проблеми

Останнім часом звертається особлива увага на ощадливе використання ресурсів металу (при виборі методу виготовлення заготовки), металорізального обладнання, часу та інструмента (при виготовленні деталі), часу проектування РТП. Постає питання про сучасну методику проектування РТП з оперативною оцінкою прийнятих технологічних рішень. Розробка такого документу – процес досить трудомісткий і тому, певною мірою, комп'ютеризований. Сучасні комп'ютеризовані методики проектування РТП базуються на вивченні та узагальнені традиційного досвіду роботи технологів, що професійно проектують РТП виготовлення деталей середньої та значної складності. Традиційний стиль виконання проектних робіт [4], зводиться до того, що всі види проектно-розрахункових робіт умовно ділять на окремі етапи, які відрізняються як за змістом, так і за методом їх виконання. Оцінка варіантів, як правило, віднесена на кінець проектування безпосередньо перед оформленням РТП. При спробах подальшої комп'ютеризації, такий зміст етапів ускладнює алгоритм пошуку оптимального варіанту РТП, оскільки процес проектування та його техніко-економічна оцінка (ТЕО) статично розділені на окремі групи етапів: проектування – окремо, ТЕО РТП – окремо. Як наслідок, до останнього часу не розроблено модуля ТЕО технологічного процесу в цілому чи певних його етапів. Останнє пов'язано із значної строкатістю термінів та умовних позначень, використаних у різних методиках (у тому числі галузевих), довідниках та керівництвах, що суттєво ускладнює розробку модуля ТЕО.

Мета статті

Мета роботи: запропонувати групу ідентифікаторів для використання при розробці алгоритму процедур модуля динамічної ТЕО прийнятого технологічного рішення.

Виклад основного матеріалу

Фундаментальні основи розрахунку економічної ефективності нової техніки і технології викладені в роботах проф. Великанова К.М. ЇЇ основні положення не втратили значимості і до сьогодення. Технологічна собівартість виготовлення деталі V_{det_texn} проф. Великанов К.М. визначає як суму вартості заготовки та вартості її обробки, тобто вартості виготовлення деталі із заготовки певного виду, визначається виразом:

$$V_{det_texn} = \sum_{i=1}^{n} V_{od_chasu_i} \cdot T_i, \text{ грн.} \quad (1)$$

де: n – кількість операцій в технологічному процесі; V_{od_chasui} – вартість одиниці часу (як правило, хвилини) експлуатації верстата на і-тій технологічній операції, грн./хв.; T_i – нормативний час – час, який нормується на виконання технологічної операції. При цьому вартість одиниці часу (однієї хвилини) експлуатації верстата визначають як суму затрат:

$$V_{od_chasu\ i} = V_{utr\ i} + V_{posl_r\ i} + V_{energ\ i} + V_{amor\ i} + V_{rem\ i} + V_{dop\ i} + V_{pris\ i} + V_{pris_k\ i} + V_{ins_r\ i} \quad (2)$$

де: V_{utri} – утримання приміщення; V_{posl_ri} – оплата послуг основних та допоміжних робітників з врахуванням зарплат, премій і всього пакету соціальних доплат; V_{energi} – електроенергія, з урахуванням робочих і холостих ходів; V_{amori} – амортизація верстата; V_{remi} – ремонт верстата; V_{dopi} – допоміжні матеріали: обтирочний матеріал, МОР, мастило і т. п.; V_{prisi} – пристосування для закріплення і V_{pris_ki} – контроль деталі на технологічних переходах; V_{ins_ri} – експлуатація ріжучого інструмента. Вираз (2) справедливий при умові, що всі вищезгадані складові витрат приведені до однієї хвилини часу.

Опираючись на результати досліджень проф. Великанова К.М., Мойсеєва М.П., Новожилова К.М., Тішина С.Д., Тіллеса С.А. та інших дослідників, і використовуючи можливості сучасних об'єктно-орієнтованих методик програмування, лабораторія УцСАПР з метою оцінки та пошуку шляхів підвищення ефективності капіталовкладень в металоріжуче обладнання, інструменти та технологію розробляє методику динамічного аналітичного проектування (ДАПР) та відповідні програмні продукти. Одним із наріжних моментів ДАПР є визначення певної групи необхідних для програмування ідентифікаторів. В таблиці 1 приведено приклад змісту Economik_xxxxxx[1] – структури ідентифікаторів техніко-економічної оцінки технологічного процесу, операції та переходу.

Таблиця 1

Структура ідентифікаторів Economik_xxxxxx

Ідентифікатори, що описують змінні розрахунку технологічної собівартості			
1.	rTechnolSobivartOper	Технологічна собівартість операції, грн.	***
2.	rVartistTehnolOper	Вартість технологічної операції, грн.	***
Ідентифікатори, що описують змінні розрахунку витрат на виробничі приміщення			
1.	rVutratExPrim	Витрати на експлуатацію виробничих приміщень, грн.	***
2.	rVutratPrim	Річні витрати, пов'язані з використанням одного м^2 виробничих приміщень, грн.	*
3.	rKoefFdiln	Коефіцієнт, що враховує потрібну додаткову площу (проходи, проїзди тощо)	
4.	rKoefKilZmin	Прийнята кількість змін роботи підприємства	*
5.	rFondRobTime	Дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.	
6.	rVutr_p_P	Витрати на експлуатацію виробничих приміщень на технологічному переході, грн.	
7.	rVutr_p_O	Витрати на експлуатацію виробничих приміщень на технологічній операції, грн.	
8.	rVutr_p_M	Витрати на експлуатацію виробничих приміщень на технологічному маршруті обробки деталі, грн.	
Ідентифікатори, що описують змінні для розрахунку заробітної плати			
1.	rZarplata	Заробітна плата, грн.	***
2.	rZarplMin	Мінімальна заробітна плата, грн.	*
3.	rKilRobDniv	Кількість відроблених днів у місяці	
4.	rTime	Час роботи, хв.	
5.	rProcentSocStrx	Процентна ставка на відрахування до соцстраху	*
6.	rAlfa	Коефіцієнт додаткової заробітної плати за відроблений час, %	*
7.	rBeta	Коефіцієнт додаткової заробітної плати за не відроблений час, %	*
8.	rVartHv	Вартість однієї хвилини роботи робітника, грн.	
9.	bRozryadRobot	Розряд робіт	**
10.	rKoefTarif	Коефіцієнт тарифної ставки, яка залежить від розряду робіт	*
11.	rVposl_r_P	Витрати на оплату послуг робітників на переході, грн.	
12.	rVposl_r_O	Витрати на оплату послуг робітників на операції, грн.	
13.	rVposl_r_M	Витрати на оплату послуг робітників на маршруті, грн.	

[1] Послідовність символів «xxxxxx» в ідентифікаторах реальних записів структур заміняється послідовністю цифр, що означають версію структури, актуальну з певної дати; так послідовність цифр 120110 означає, що структура актуальна починаючи з 12 січня 2010 року.

Ідентифікатори, що описують змінні розрахунку витрат на електроенергію			
1.	rEnergia	Витрати на електроенергію, грн.	***
2.	rCinaEl	Ціна електроенергії, грн/кВт.год.	*
3.	rKKD	Коефіцієнт корисної дії (ККД) електричних двигунів	*
4.	rKKM	Коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі підприємства	*
5.	rKoefOdnochasRob	Коефіцієнт одночасної роботи електродвигунів	*
6.	rKoefVutratElEnerg	Коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії за часом	
7.	rKoefZavantPoPotug	Коефіцієнт, який враховує завантаженість електродвигунів по потужності	
8.	rKoefZavantTime	Коефіцієнт, який враховує завантаженість двигунів за часом	
9.	rVenerg_P	Витрати на електроенергію на переході, грн	
10.	rVenerg_O	Витрати на електроенергію на операції, грн	
11.	rVenerg_M	Витрати на електроенергію на маршруті, грн	
Ідентифікатори, що описують змінні розрахунку витрат на амортизацію обладнання			
1.	rVutratAmortOblad	Витрати на амортизацію обладнання, грн.	***
2.	rVartistOblad	Оптова ціна обладнання, грн.	*
3.	rVartistBalans	Балансова вартість обладнання, грн.	
4.	rNormaAmortOblad	річна норма амортизації, %	*
5.	rVamor_P	Витрати на амортизацію обладнання на переході, грн.	
6.	rVamor_O	Витрати на амортизацію обладнання на операції, грн.	
7.	rVamor_M	Витрати на амортизацію обладнання на маршруті, грн.	
Ідентифікатори, що описують змінні розрахунку витрат на ремонт обладнання			
1.	rVutratRemOblad	Витрати на ремонт обладнання, грн.	***
2.	rVutratRem	Витрати на всі види ремонту та обслуговування, які припадають на одиницю ремонтної складності механічної частини верстата, грн.	*
3.	rRSM	Категорія ремонтної складності механічної частини верстата	*
4.	rRSE	Категорія ремонтної складності електричної частини верстата	*
5.	rTrivalCircle	Тривалість ремонтного циклу верстата, год.	*
6.	rKoefPathElVerst	Коефіцієнт, який враховує додаткові витрати на ремонт електричної частини верстата	*
7.	rKoefPathElektronVerst	Коефіцієнт, який враховує додаткові витрати на ремонт електронної частини верстата з ЧПК	*
8.	rKoefTupOblad	Коефіцієнт, що враховує тип обладнання	
9.	rKoefTupVurobn	Коефіцієнт, що враховує тип виробництва	
10.	rKoefMaterial	Коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного матеріалу	
11.	rKoefMasa	Коефіцієнт, що враховує масу обладнання	
12.	rNormativTrival	Нормативна тривалість міжремонтного циклу, год.	*
13.	rVrem_P	Витрати на ремонт обладнання на переході, грн.	
14.	rVrem_O	Витрати на ремонт обладнання на операції, грн.	
15.	rVrem_M	Витрати на ремонт обладнання на маршруті, грн.	
Ідентифікатори, що описують змінні розрахунку витрат на допоміжні матеріали			
1.	rVutratDopMat	Витрати на допоміжні матеріали, грн.	***
2.	rVartistDopMat	Вартість допоміжних матеріалів, грн.	*
3.	bTupVurobn	Тип виробництва	**
4.	bTupOblad	Тип обладнання	**
Ідентифікатори, що описують змінні розрахунку витрат на утримання обладнання			
1.	rVutratUtrimOblad	Витрати на утримання обладнання, грн.	***
2.	rProcentYtrim	Відсоток на утримання обладнання	*
3.	rZavantOblad	Коефіцієнт завантаженості обладнання у часі для певного типу виробництва	*
4.	rVutr_o_P	Витрати на утримання обладнання на переході, грн.	
5.	rVutr_o_O	Витрати на утримання обладнання на операції, грн.	
6.	rVutr_o_M	Витрати на утримання обладнання на маршруті, грн.	
Ідентифікатори, що описують змінні розрахунку витрат на пристосування			
1.	rVutratPrist	Витрати на пристосування, грн.	***
2.	rVartistPrist	Первісна вартість пристосування, грн.	*
3.	rVpris_P	Витрати на пристосування на переході, грн.	

4.	rVpris_O	Витрати на пристосування на операції, грн.	
5.	rVpris_M	Витрати на пристосування на маршруті, грн.	
6.	rVpris_k_P	Витрати на контрольне пристосування на переході, грн.	
7.	rVpris_k_O	Витрати на контрольне пристосування на операції, грн.	
8.	rVpris_k_M	Витрати на контрольне пристосування на маршруті, грн.	
Ідентифікатори, що описують змінні розрахунку витрат на ріжучий інструмент			
1.	rVutratrRijInstr	Витрати на експлуатацію ріжучого інструмента, грн.	***
2.	rVartistInstr	Первісна вартість інструмента, грн.	*
3.	bPeretoch	Кількість переточок до повного зносу інструмента	**
4.	rZagVeluchZtoch	Загальна величина сточування, мм	
5.	rNormaPeretochku	Норма переточки	*
6.	rVartistPeret	Вартість однієї переточки, грн.	*
7.	rNormaZnosInstr	Норма зносу ріжучого інструмента	*
8.	rKoefVubytInst	Коефіцієнт, який враховує ймовірність вибуття інструмента	*
9.	rKoefMashTRobOblad	Коефіцієнт машинного часу роботи обладнання в загальному часі його роботи (по методиці Картавова)	
10.	rVins_rij_P	Витрати на експлуатацію ріжучого інструмента на технологічному переході, грн.	
11.	rVins_rij_O	Витрати на експлуатацію ріжучого інструмента на технологічній операції, грн.	
12.	rVins_rij_M	Витрати на експлуатацію ріжучого інструмента на технологічному маршруті обробки деталі, грн.	
Ідентифікатори, що описують загальні параметри			
1.	rTechnichNormaTime	Технічна норма часу на операцію, хв	
2.	bKey	Номер варіанту розрахунку економічних показників	**
3.	bNumberParametr	Номер параметра економічного показника	
4.	bNumberOfAlgorithm	Код алгоритму розрахунку складових затрат	
5.	rZarplataOsnovRob	Витрати на зарплату основного робітника	
6.	rZarplataDopRob	Витрати на зарплату допоміжного робітника	
7.	bCodeGroupeMachine	Код групи верстатів за енергією	
8.	rKoefBagatoVerstObslug	Коефіцієнт багатоверстатного обслуговування	

Примітка: *** – ідентифікатори результуючих параметрів, які ми отримуємо на виході з ПЕТМу; ** – ідентифікатори вихідних параметрів, які інтерактивно вводяться в інтерфейсі проекту; * – ідентифікатори вихідних параметрів, які зчитуються з текстових файлів: DaniZadachi_xxxxxx – файл умовно постійні коефіцієнтів, TarifSitka_xxxxxx – файл тарифної сітки з урахуванням категорії оплати праці, XarakterOblad_xxxxxx – файл технічної характеристика обладнання (верстатів).

Вкажемо на деякі додаткові наріжні моменти методики ДАПР регламентів технологічних процесів, які умовно позначимо так: ПБП, CIV (СПП) та ПЕТМи [2]. Вище приведена структура Economik_xxxxxx була використана при створенні ряду ПЕТМів, зокрема ПЕТМу TechnologichnaSobivartist_xxxxxx, який побудовано на основі ПБП. Зміст та принцип побудови ПБП викладено в [2, ст. 139, 251]. ПБП складається з 30 процедур, кожна з яких виконує вузькоспеціалізовану функцію, причому до кожної з цих функцій можна звернутися окремо. Формально, ПБП – це модуль, наприклад, (Unit_PBP_7_dcu_-160608_071209.dcu чи *.dll), який підключається до ПЕТМу, наприклад, Technologichna-Sobivartist_xxxxxx на етапі компіляції останнього. ПЕТМи є подальшим розширенням ідей, покладених в основу ПБП, проте вони менш універсальні, їм притаманна чітка направленість змісту на автоматизацію конкретної робочої функції технолога-проектувальника. Вони покликані забезпечити автоматизацію виконання виокремлених сталих загальновизнаних технологічних алгоритмів, які зафіксовані нормативами, довідниками та спеціальними методиками, з числа тих, які відносно легко піддаються алгоритмізації та програмуванню. Формально ПБП відрізняється від ПЕТМа тим, що останній має лише один вхід, яким викликається так звана основна вирішуюча процедура (ОВП), назва якої, зазвичай, співпадає з назвою ПЕТМа. Останній також підключається до проекту на етапі компіляції і викликається відповідно до алгоритму як звичайний оператор.

Коротко розглянемо поняття CIV і пов'язане з ним поняття СПП на конкретному прикладі. Якщо уважно переглянути практично будь-які нормативи, наприклад, режимів різання, то ми зіткнемося з такою ситуацією, коли для певних значень вхідних параметрів відсутнє вихідне значення: для заданих глибини різання та подачі в комірці швидкості різання (потужності) знаходимо прочерк. В таких ситуаціях кожна функціональна процедура генерує своє ситуаційне повідомлення (СПП) в якому, крім адреси виникнення колізії, у необхідних випадках отримуємо рекомендацію (для кожної процедури свою, підготовлену в процесі розробки процедури чи ПЕТМа), як вирішити проблему, що декларується СПП. Отже, CIV – це ідентифікатор, який за умови відсутності будь-яких колізій в алгоритмі процедури ПБП на виході з неї чи з ПЕТМа має нульове значення. В протилежному випадку CIV приймає певне п'ятисимвольне значення, яке вказує на місце виникнення проблеми і супроводжується СПП. Сукупність таких СПП записується в каталозі проекту з використанням процедури SaveMessage_001 з ПБП у вигляді окремого файлу СПП.txt [2, ст.60] та виводиться у вікно Memo або на головну форму у відносно простих навчальних проектах процедурою ShowMessage.

ПЕТМ TechnologichnaSobivartist_xxxxxx – призначений для розрахунку технологічної собівартості виготовлення деталі. Його розроблено як необхідний елемент автоматизованого вибору оптимального, з точки зору собівартості, варіанту РТП. Основу алгоритму ОВП складають десять функціональних процедур визначення затрат на протязі однієї хвилини роботи верстата по дев'яти статтям, передбачених нормативною методикою оцінки технологічної собівартості, відповідно (2). Для кожної із відповідних статей витрат передбачена окрема функціональна процедура, яка в нестандартних ситуаціях генерує відповідне СПП, а на вихід видає своєрідне значення CIV. Кожна з процедур має свій порядковий номер – 500… 520 та відповідний (з номером, наприклад civ_505) ідентифікатор CIV. Така нумерація допомагає віднайти місце виникнення помилки при відладці та тестуванні модуля. Передбачено, що кожна з дев'яти функціональних процедур розробляється в декількох варіантах, а визначення множини процедур, які відпрацьовують у даному запуску визначається спеціальною матрицею планування. На разі розроблено так званий нульовий варіант з опором на дані довідників та науково-технічних публікацій. Для врахування можливості різних алгоритмів розрахунку витрат по вказаним статтям (що може мати місце на різних підприємствах і фактично має місце в різних довідниках та посібниках) передбачена гнучка система компіляції. Звертання до ***TechnolSobivart_-500_xxxxxx*** ОВП виконується оператором:

TechnolSobivart_500_xxxxxx(civ_500,civ_505,civ_520,civ_525,civ_530,civ_535,civ_540, civ_545, civ_541, Economi_xxxxx, Technol_xxxxx); (3)

фактично-формальними параметрами в якому є ідентифікатори двох структур Technol_xxxxxx (***Technol***) та Economik_xxxxxx (***Economik***). Зміст останньої структури розміщено у таблиці 1. Зміст структури (***Technol***) наведено в [5].

Результати відпрацювання ПЕТМа розміщуються на робочих полях структур і в подальшому зберігаються у спеціальному п'ятимірному масиві для ТЕО та обґрунтованого вибору кращого з можливих варіантів РТП.

Кожний з ідентифікаторів з типовим іменем civ_5xx закріплено за так званою функціональною процедурою, як це показано в таблиці 2.

Таблиця 2

Приклад розподілу номерів ідентифікаторів функціональних процедур

№ п/п	Типове ім'я функціональної процедури	Індикатор її відпрацювання	Призначення функціональної процедури
0	TechnolSobivart_500	civ_500	Технологічна собівартість виготовлення деталі
1	ZarplataOsnDodSots_x_505	civ_505	Заробітна плата, основна та додаткова

2	VartistElektroEnergii_x_510	civ_510	Витрати на електроенергію
3	ExpRijInstrum_x_515	civ_515	Витрати на експлуатацію ріжучого інструмента
4	AmortizOblad_x_520	civ_520	Витрати на амортизацію обладнання
5	UtrimObladn_x_525	civ_525	Витрати на утримання обладнання
6	RemontOblad_x_530	civ_530	Витрати на ремонт обладнання
7	DopolnMaterial_x_535	civ_535	Витрати на допоміжні матеріали
8	Pristosuvannya_x_540	civ_540	Витрати на експлуатацію пристосування
9	ZatratyPrimitsenya_x_545	civ_545	Витрати на експлуатацію приміщення

Примітка: х – номер (варіант) алгоритму розрахунку статей витрат.

Передбачено, що кожна функціональна процедура (таб. 2) ПЕТМа може бути розроблена в декількох варіантах, для врахування можливості різних алгоритмів розрахунку витрат по вказаним статтям (що може мати місце на різних підприємствах і фактично має місце в різних довідниках та посібниках). На разі розроблено перший навчальний, так званий нульовий варіант.

Для зручності роботи проектувальника, деякі умовно-постійні коефіцієнти (параметри) було занесено в текстовий файл, для того щоб не вводити їх з ГФП при кожному зверстанні до ПЕТМу. При роботі з останнім необхідно інтерактивно ввести декілька ідентифікаторів (* таб.1): тип виробництва bTupVurobn, штучний час rTshtuch, розряд робітника bRozryadRobot, групу верстатів sGroupVerst, модель верстата sModelMechines, кількість переточок ріжучої частини інструмента bPeretoch, стійкість ріжучої частини інструмента rTstiy, варіант алгоритму розрахунку bKey, імена файлів з базами даних. Решта зчитується з файлу DaniZadachi_xxxxxx. Такий підхід спрощує тестування ПЕТМу та підвищує його продуктивність.

Висновки з даного дослідження

Розроблено та описано зміст структури **Economik_xxxxxx** , яка включає ідентифікатори, що описують техніко-економічну оцінку технологічного процесу, операції та переходу, що суттєво спрощує розробку оригінальних процедур ПЕТМа Technologichna-Sobivartist_xxxxxx, призначення та особливості виклику останнього. Використання структур упорядковує, значно спрощує та пришвидшує процес розробки та відладки програмних продуктів ТЕО РТП.

Список літературних джерел

1. Расчеты экономической эффективности новой техники. Справочник. Под ред. дтн., проф. Великанова В.К. – Л.: Машиностроение, 1975. – 430 с.

2. Криськов О.Д., Петренко М.М. Основи комп'ютерної технології обґрунтування структури технологічних операцій та графічного моделювання. – Кіровоград, «РВЛ КНТУ», 2009. – 348 с.

3. Криськов О.Д. Оперативна техніко-економічна оцінка рішення технолога-проектанта в САПР регламентів технологічних процесів. Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету /Техніка у сільському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація – Вип. 21. – Кіровоград: КДТУ. 2008. – С. 328-331.

4. Размерный анализ технологических процессов /В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Ф.И. Бойков и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 254 с., ил. – (Б-ка технолога).

5. Криськов О.Д., Іваник І.М. Робочі структури та поля САПР «TECHNOL». Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету /Техніка у сільському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Вип. 23. – Кіровоград: КНТУ, 2010.

УДК 681.3.06
О.Б. Кунгурцев, канд. техн. наук,
О.О. Лещенко
С.Л. Зіноватна, канд. техн. наук

Одеський національний політехнічний університет, м.Одеса, Україна

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ З УРАХУВАННЯМ ДЕФІЦИТУ РЕСУРСІВ І ПРІОРИТЕТІВ

Запропоновано модель складання розкладу, яка спрощує проблему підготовки й аналізу численних вхідних даних. Введена класифікація навчальних приміщень по спеціалізації, кількості робочих місць і розташуванню, що дозволяє оптимально розподіляти зазначені ресурси.

Постановка проблеми

Складання оптимального розкладу для ВНЗ, що забезпечує методично правильне планування навчальної роботи на семестр студентам і викладачам, є дуже трудомістким процесом через свою складність і розмірність. Необхідно враховувати множину обмежуючих факторів: кількість навчальних аудиторій, їхню місткість і спеціалізацію, навантаження й велику кількість побажань викладачів, особливі вимоги до розміщення деяких предметів й ін.

Процес складання розкладу можна умовно розбити на три етапи.

Перший етап – включає збір і класифікацію початкової інформації, створення додаткових таблиць. Сюди входять рідко змінюються дані (аудиторний фонд), дані, які міняються незначно (викладацький склад, списки дисциплін), і дані, які обновляються при кожнім складанні розкладу (групи, потоки, закріплення дисциплін за викладачами, побажання викладачів щодо місця й часу проведення занять).

Другий етап – розподіл навчальних потоків і викладачів по аудиторіях і часу проведення занять – є найбільш тривалим і вимагає знань структури й особливостей ВНЗ, а також великого досвіду в сфері складання розкладу. На цьому етапі необхідно враховувати можливі перетинання в розкладах груп, викладачів й аудиторій.

Третій етап – перевірка й коректування складеного розкладу. Велика кількість помилок, отриманих після виконання другого етапу, може привести до повного перескладання розкладу.

Наведені доводи вказують на актуальність досліджень в області автоматизованого складання розкладу.

Автоматизоване складання розкладу вимагає великої кількості вхідних даних: списки навчальних аудиторій, викладачів і дисциплін, списки навчальних груп й ін. Однак у багатьох навчальних закладах уже є така інформація в електронному виді й використовується при ручному складанні розкладу [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ручне складання навчального розкладу з початку й до кінця навіть із використанням заздалегідь підготовлених даних є дуже складним. Тому має сенс створити попередній варіант розкладу, який далі може бути вдосконалений диспетчером на підставі його досвіду й знань конкретних умов. При створенні вдалої математичної моделі опису обмежень і цільового завдання, система автоматичного складання розкладу може давати попередній розклад досить високої якості.

У цей час існують кілька підходів до рішення розглянутого завдання. Так у роботі [2] складання розкладу розглядалося в рамках лінійного цілочисленого програмування. Запропонована модель має низьку наочність через цілочислене позначення всіх параметрів. Алгоритми, побудовані на основі запропонованої моделі, спочатку є дуже пові-

льними, а при введенні додаткових обмежень і параметрів, таких як побажання викладачів і пріоритети, час складання розкладу значно зростає.

У роботі [3] для рішення завдання застосовувався алгоритм імітації відпалу, запозичений з досліджень поводження атомів металу в процесі його відпалу, які при охолодженні намагаються досягти мінімуму енергії. У математичній моделі роль енергії грає цільова функція, заснована на штрафах, які додаються до поточного розкладу за кожен незручний момент, а роль низькоенергетичного стану – коректний (хоча й невідомий) розклад.

Завдання складання розкладу можна розглядати як завдання розфарбування графа [4]. Для цього будується граф, у якому кожна вершина являє собою заплановане навчальним планом заняття. У тому випадку, якщо між якимись двома вершинами можливі конфлікти, наприклад, обідва заняття проводяться в одній аудиторії або з одним викладачем, то вони з'єднуються ребром. Це еквівалентно забороні одночасного проведення зазначених занять. Завдання складання розкладу представляється як мінімізація числа кольорів, необхідних для розфарбування графа. Застосування такого підходу для рішення реальних завдань у більших навчальних закладах малоефективно. Як й у випадку моделі, заснованої на цілочисленому лінійному програмуванні, модель не наочна, а алгоритми на її основі повільні й залежать від розмірності завдання.

У роботах [5] й [6] описаний алгоритм складання розкладу, заснований на імітаційному моделюванні. При складанні розкладу виконується імітація дій диспетчера. Алгоритм переходить від одного незакінченого розкладу до іншого, прагнучи щонайкраще розставити всі заняття. Процес триває доти, поки не буде сформований повний розклад або виконається фіксована кількість ітерацій. На першому кроці алгоритму вибирається ще не включене в розклад заняття. На другому кроці для обраного заняття визначаються всі можливі варіанти його розміщення в розкладі, що задовольняють всім жорстким обмеженням. Далі кожна позиція оцінюється за допомогою спеціальної цільової функції, і заняття вміщується в кращу з можливих позицій.

У роботі [7] для рішення завдання складання розкладу застосовувалося логічне програмування в обмеженнях з використанням інтелектуального пошуку найкращого варіанта розкладу. Алгоритм аналізує слабкі місця в майбутньому розкладі й у такий спосіб обмежує множину можливих варіантів складання розкладу.

Розглянуті методи у своїй основі використають ітераційну техніку поліпшення результатів. Протягом однієї ітерації вони шукають рішення, краще у околицях даного й орієнтовані тільки на пошук локальних оптимумів, причому положення знайденого оптимуму залежить від стартової крапки. Глобальний же оптимум (оптимальний розклад) може бути знайдений тільки випадково. Для знаходження глобального оптимуму пропонується множинний експеримент із різними початковими крапками, що істотно збільшує час пошуку.

На підставі описаних моделей для складання розкладу занять у вищих навчальних закладах на даний момент існує кілька програмних продуктів, наприклад: AVTOR-2+, АСТРА, Хронограф 3.0 Майстер, «Експрес-розклад», «Розклад». Зазначені системи мають вирішують ряд завдань складання розкладу, однак мають істотні недоліки, наприклад, вони не враховують місткість аудиторій й їхню специфіку, не дозволяють поєднувати навчальні групи в потоки для проведення потокових занять, не мають інтерфейсу викладача, що дозволяє переглядати графік його роботи.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Аналіз існуючих моделей і програмних рішень показує необхідність розробки математичного апарата й програмного комплексу складання розкладу навчального процесу, здатного вирішувати наступні завдання:

– управляти вхідними даними, зберігати й використовувати їх багаторазово;

– оптимально використати аудиторний фонд;

– складати розклад окремо для парного й непарного тижнів, а також будь-якої кількості тижнів у семестрі (звичайно 10-20);

– складати розклад з урахуванням пріоритетів предметів і спеціалізації аудиторій;

– поєднувати навчальні групи в потоки;

– ураховувати побажання викладачів при складанні розкладу;

– мінімізувати кількість вікон у розкладах груп і викладачів;

– проводити аналіз й оцінку якості складеного розкладу;

– забезпечувати ручне редагування складеного розкладу і його перевірку.

Виклад основного матеріалу дослідження

Опис математичної моделі

Для автоматизованого складанні розкладу навчального процесу пропонується математична модель, що складається з наступних елементів:

MA – множина аудиторій з аудиторного фонду з описом їхньої місткості й спеціалізації;

MP – множина викладачів і даних про них;

MPP – множина всіх побажань всіх викладачів з їхніми пріоритетами;

MD – множина всіх дисциплін, незалежно від наявності їх у розкладі на даний семестр;

MS – множина потоків, що складаються із груп;

MZ – множина заявок (закріплень) на проведення занять;

MR – множина елементів кінцевого розкладу.

Опишемо вимоги, яким повинні задовольняти елементи перерахованих множин.

Аудиторія

Представимо об'єкт аудиторія у вигляді кортежу:

$$A = <AN, AK, AG, AS>,$$

де *AN* – номер аудиторії;

AK – корпус, у якому перебуває аудиторія;

AG – кількість навчальних груп, які можуть поміститися в даній аудиторії;

AS – спеціалізація аудиторії, наприклад, комп'ютерна або хімічна лабораторія, спортзал.

Викладач

Представимо об'єкт викладач у вигляді кортежу:

$$P = <PN, PK, PP, PL>,$$

де *PN* – ПІБ викладача;

PK – кафедра, за якою закріплений викладач;

PP – побажання викладача;

PL – пріоритет викладача.

Дисципліна

Представимо об'єкт дисципліна у вигляді кортежу:

$$D = <DN, DH>,$$

де *DN* – назви дисципліни;

DH – навантаження, що передбачене для даної дисципліни (кількість годин/пар протягом семестру).

Потік

Для визначення потоку введемо поняття навчальної групи, яку представимо у вигляді кортежу:

$$G = <GN, GC>,$$

де *GN* – назва групи (її ідентифікатор);

GC – номер курсу, що надалі може мінятися.

Об'єкт потік складається з множини навчальних груп:

$$S = \{G\}$$

Кількість груп у потоці може бути в діапазоні від $1 \le |S| \le N$. Звичайно N=8.

Заявка на проведення занять (закріплення)

Представимо об'єкт заявка наступним кортежем:

$$Z = <D, P, S, ZS>,$$

де ZS – номер семестру, у якому читається дана дисципліна – уведений для можливості збереження й подальшого використання вхідних даних.

Елемент розкладу

Представимо елемент розкладу наступним кортежем:

$$R = <D, P, S, A, pair, day, week>,$$

де $pair$ – номер пари,

day – номер дня тижня.

$week$ – тиждень (1 – парна, 2 – непарна, 0 – парна й непарна).

Побажання викладача (PP)

Обмежимо побажання викладачів трьома типами:

Бажані аудиторії: $PA = <A>$

Бажані дні тижня: $PD = <day>$

Бажані пари: $PZ = <pair>$

Тоді побажання викладача можна представити кортежем:

$$PO = <PA \mid PD \mid PZ>$$

А всі побажання викладача – множиною:

$$PP = \{PO\}.$$

Навантаження

Представимо об'єкт навантаження наступним кортежем:

$$DH = <HL, HP, HR, HS>,$$

де HL – кількість навчальних годин, відведених на лекції;

HP – кількість навчальних годин, відведених на практичні заняття;

HR – кількість навчальних годин, відведених на лабораторні роботи;

HS – кількість навчальних годин, відведених на семінарські заняття.

На початку автоматичного складання розкладу є множина аудиторій $MA = \{A\}$ і множина елементів розкладу $MR = \{R\}$, що до початку складання порожня.

Множина заявок сортується по убуванню кількості груп у заявках і по убуванню пріоритету викладачів.

$$MZ = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_{i-1}, Z_i, Z_i+1, \dots, Z_n \mid |S_{i-1}| \ge |S_i| \ge |S_{i+1}| \ \&\ PL_{i-1} \ge PL_i \ge PL_{i+1}\}$$

Для кожного елемента заявки й для кожного елемента навантаження DH_i з дисципліни D_i, вибирається підмножина аудиторій, які визначаються як відповідні для даного потоку S_i. Умова вибору аудиторії визначається по типу навантаження й місткості аудиторій. Отримана множина сортується по кількості студентів, що містяться в аудиторії:

$$MA_i = \{A_1, A_2, \dots, A_{j-1}, A_j, A_{j+1}, \dots, A_m \mid AG_{j-1} \ge AG_j \ge AG_{j+1} \ \&\ AG_j \ge |S_{i-1}|\}$$

З множини відповідних аудиторій MA_i вибирається підмножина аудиторій, які зазначені в побажаннях викладача P_i:

$$MAP = \{A_1, A_2, \dots, A_{k-1}, A_k, A_{k+1}, \dots, A_s \mid A_k \in MA_i \ \&\ A_k \in PA_i\}$$

Для вибору аудиторії A_i, дня тижня day_i й пари $pair_i$ для заявки Z_i послідовно відбувається їхній перебір і перевірка в наступному порядку:

1) $\forall day \in PD$ – для кожного дня з побажань;

1.1) $\forall pair \in PZ$ – для кожної пари з побажань;
1.1.1) $\forall A \in MAP$ – для кожної відповідної аудиторії з побажань;
1.1.2) $\forall A \in MA_i \setminus MAP$ – для кожної відповідної аудиторії не з побажань;
1.2) $\forall pair \in \{2,1,3\} \setminus PZ$ – для 2,1,3 пара, яких немає в побажаннях;
1.2.1) $\forall A \in MAP$ – для кожної відповідної аудиторії з побажань;
1.2.2) $\forall A \in MA_i \setminus MAP$ – для кожної відповідної аудиторії не з побажань;
2) $\forall day \in \{1,2,3,4,5\} \setminus PD$ – для кожного дня не з побажань;
2.1) $\forall pair \in PZ$ – для кожної пари з побажань;
2.1.1) $\forall A \in MAP$ – для кожної відповідної аудиторії з побажань;
2.1.2) $\forall A \in MA_i \setminus MAP$ – для кожної відповідної аудиторії не з побажань;
2.2) $\forall pair \in \{2,1,3\} \setminus PZ$ – для 2,1,3 пара, яких немає в побажаннях;
2.2.1) $\forall A \in MAP$ – для кожної відповідної аудиторії з побажань;
2.2.2) $\forall A \in MA_i \setminus MAP$ – для кожної відповідної аудиторії не з побажань;
3) $\forall pair \in \{4\} \setminus PZ$ – пошук 4й пари, якщо її немає в побажаннях;
3.1) $\forall day \in PD$ – для кожного дня з побажань;
3.1.1) $\forall A \in MAP$ – для кожної відповідної аудиторії з побажань;
3.1.2) $\forall A \in MA_i \setminus MAP$ – для кожної відповідної аудиторії не з побажань;
3.2) $\forall day \in \{1,2,3,4,5\} \setminus PD$ – для кожного дня не з побажань;
3.2.1) $\forall A \in MAP$ – для кожної відповідної аудиторії з побажань;
3.3.2) $\forall A \in MA_i \setminus MAP$ – для кожної відповідної аудиторії не з побажань;
4) $\forall pair \in \{5\} \setminus PZ$ – пошук 5й пари, якщо її немає в побажаннях;
4.1) $\forall day \in PD$ – для кожного дня з побажань;
4.1.1) $\forall A \in MAP$ – для кожної відповідної аудиторії з побажань;
4.1.2) $\forall A \in MA_i \setminus MAP$ – для кожної відповідної аудиторії не з побажань;
4.2) $\forall day \in \{1,2,3,4,5\} \setminus PD$ – для кожного дня не з побажань;
4.2.1) $\forall A \in MAP$ – для кожної відповідної аудиторії з побажань;
4.3.2) $\forall A \in MA_i \setminus MAP$ – для кожної відповідної аудиторії не з побажань;

Для кожного пункту виконуються перевірка того, що дані викладач P_i й групи з потоку S_i не зайняті на парі $pair_i$ в день day_i. Для цього вибирається множина елементів розкладу, які не задовольняють заданим умовам:

$$RT = \{R \in RT \mid R \in MR; pair_i = pair \,\&\, day_i = day \,\&\, (A_i = A \,||\, P_i = P \,||\, |S_i \cap S| > 0)\}$$

Якщо отримана множина порожня $|RT| = 0$, то виконується формування нового елемента розкладу

$$RT = <Di, Pi, Si, A, pair, day, week>$$

і додавання його в множину елементів розкладу

$$MR = MR \cup RT,$$

після чого здійснюється перехід до наступного елемента навантаження або до наступної заявки i+1, якщо всі види навантаження вже оброблені.

Інакше, якщо знайдені конфлікти в розкладі, виконується перехід до наступного пункту пошуку підходящої комірки.

Реалізація запропонованої моделі

В Одеському національному політехнічному університеті (ОНПУ) на підставі запропонованої моделі розроблена комп'ютерна система, структура якої показана на рисунку 1.

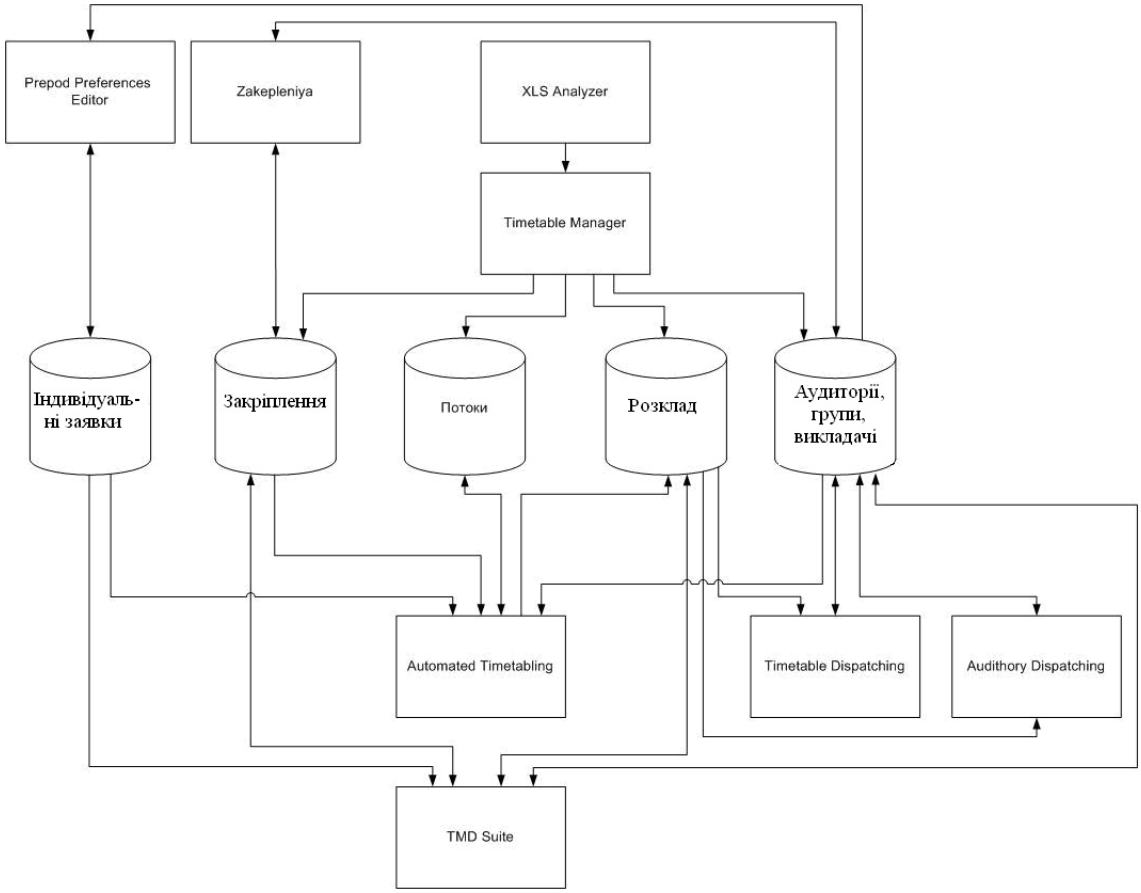


Рис. 1. Програмний комплекс автоматизованого складання розкладу навчального процесу ОНПУ

На схемі показані узагальнені структури даних, використовувані при роботі з розкладом, а також програми (прямокутні блоки). Стрілками показані потоки даних між програмами й даними.

Модуль «Prepod Preferences Editor» – забезпечує уведення й редагування побажань викладачів.

Модуль «Zakrepleniya» – дозволяє створювати й редагувати закріплення, структура яких описана в моделі.

Модуль «XLS Analyzer» – дозволяє перетворювати розклад, складений у документі MS Excel, у множину SQL-запитів для можливості подання його в системі. Це надає можливість надалі не тільки використовувати раніше складений розклад, але й проводити аналіз і порівняння його з розкладом, складеним автоматично на підставі закріплень.

Модуль «Timetable Manager» – на підставі сгенерированих SQL-запитів дозволяє вносити дані в систему й управляти ними.

Модуль «Automated Timetabling» – дозволяє поєднувати навчальні групи в потоки, генерувати в автоматичному режимі розклад і визначати його якість (по показнику кількості вікон у викладачів і груп).

Модулі «Timetable Dispatching» й «Audithory Dispatching» – забезпечують оперативну диспетчеризацію розкладу (зміна розкладу навчальних груп) і аудиторій (періодична

або одноразова зайнятість аудиторій із вказівкою причини зайнятості, наприклад, проведення занять або позапланових зборів).

Програмна система «TMD Suite» (Training and Methodological Department Suite) – дозволяє переглядати розклад, одержувати оперативні вибірки по викладачах, групам й ін.

Висновки з даного дослідження

Розроблена модель і програмний комплекс дозволяють оптимізувати розподіл потоків по аудиторіях шляхом первісного розподілу найбільш дефіцитних ресурсів (аудиторій, викладачів).

Модель дозволяє розподіляти потоки в першу чергу по найбільш підходящих аудиторіях по співвідношенню кількість місць / кількість студентів у потоці [1].

Модель дозволяє врахувати побажання викладачів, а також оптимізувати їх у процесі складання розкладу.

Механізми побажань, пріоритетів викладачів й облік спеціалізації аудиторій дозволяють обробляти виняткові ситуації при складанні розкладу.

Модель дозволяє відслідковувати вікна в розкладі викладачів і навчальних груп.

Модель дозволяє врахувати й мінімізувати кількість переходів між навчальними корпусами протягом дня, якщо складання розкладу ведеться для аудиторій з різних корпусів.

Список літературних джерел

1. Кунгурцев А.Б. Автоматическое составление расписания учебного процесса /Кунгурцев А.Б., Блажко А.А., Лещенко А.О. //Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании. Информатика, вычислительная техника и автоматизация». – Одесса, 2008.

2. Кунгурцев О.Б. Застосування методу розфарбування графів для автоматизованого складання учбового розкладу /Кунгурцев О.Б., Бородавкін С.М. – Холодильна техніка і технологія. – Одеса, 2007. – № 1.

3. Лагоша Б.А. Комплекс моделей и методов оптимизации расписания занятий в вузе /Лагоша Б.А. //Экономика и математические методы. – 1993. – Т. 29, № 4.

4. Низамова Г.Ф. Математическое и программное обеспечение составления расписания учебных занятий на основе агрегативных генетических алгоритмов: автореферат диссертации к.т.н. /Низамова Г.Ф. – Уфа, 2006.

5. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. Теория и практика [Текст] /Уоссермен Ф. – М.: Мир, 1992.

6. Burke E.K. A University Timetabling System Based on Graph Colouring and Constraint Manipulation /E.K. Burke, D.G. Elliman, R.F. Weare //Journal of Research on Computing in Education, 1993.

7. Muller T. Some Novel Approaches to Lecture Timetabling /T. Muller //In Proceedings of the 4th Workshop of Constraint Programming for Decision and Control, Gliwice, September, 2002.

УДК 332.339

Н.А. Єфіменко, к. т. н.
Т.М. Портянко, викладач
М.О. Білан, аспірант
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси,Україна

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЦЕСНОГО УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ЯКОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Запропоновані підходи щодо підвищення ефективності управління системою якості на підприємстві за рахунок впровадження процесного підходу, базуючись на основоположних принципах менеджменту якості, які нададуть можливість врахувати такі важливі аспекти виробництва, як орієнтація на кінцевий продукт, зацікавленість персоналу в підвищенні якості виробництва, оптимізація обміну інформацією між функціональними підрозділами, реагування на змінні параметри ринку.

Постановка проблеми

В умовах подолання кризи в нашій економіці та задля набуття й збереження конкурентоспроможності вітчизняних підприємств на світовому ринку набула актуальності проблема створення системи управління якістю, заснованої на принципах сучасних міжнародних стандартів. Аналіз ринку показує, що зазвичай системи управління якістю, які функціонують на вітчизняних підприємствах, не повною мірою відповідають вимогам даних стандартів і не дозволяють своєчасно та ефективно використовувати можливості отримання високоякісної продукції відповідно до ринкових потреб. Щоб успішно функціонувати і стійко розвиватися в умовах ринку і гострої конкурентної боротьби, підприємства повинні випускати продукцію такої якості, яка відповідала б потребам, що постійно змінюються і набувають значного зростання. Успішне вирішення даної задачі вимагає системного і цілеспрямованого підходу щодо дослідження резервів якості, які породжуються науково-технічним прогресом і передовим виробничим досвідом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Великий внесок до наукової розробки проблем управління якістю запровадили закордонні вчені А. Робертсон, Дж. Холкин, А. Фейгенбаум, Дж. Харінгтон, С. Рубінштейн, Дж. Джуран, В. Парето, К. Ісикава, Е. Демінг, Г. Страух, Т. Нагао, Дж. Стінг, Дж. Еттингер та інші.

До розробки теорії та організаційно – технічного механізму управління якістю в дореформений період внесли значний внесок вітчизняні вчені Г.Г. Азгальдов, Б.Л. Бенцман, А.І. Берг, В.В. Бійців, В.А. Винокуров, В.Н. Войтоловський, Б.В.Гнеденко, Дубовиків, Б.К. Злобін, Е.М. Карлик, М.І. Круглов, Д.С. Львів, В.П. Панів, В.І. Синько, В.І. Сиськов, А.І. Субетто, В.Я. Шухгальтер, Я.Б. Шор та інші.

Метою роботи є розробка методичних підходів щодо впровадження процесного управління системи якості на підприємстві.

Виклад основного матеріалу дослідження

Система менеджменту якості включає частину загальної системи управління підприємством, яка функціонує з метою забезпечення стабільної якості продукції або послуг. Системи менеджменту якості займають особливе місце серед усіх існуючих систем управління, оскільки вони є одними з останніх досягнень у сфері вирішення проблем якості будь-якої організації [1: 14]. Головною перевагою системи менеджменту якості є те, що вона орієнтована на споживачів і спрямована не на контроль якості вже готової продукції і не на виправлення браку, а на його запобігання на самих ранніх етапах життєвого циклу продукції. Очевидно, що рівень якості продукції не можна підвищити за рахунок впровадження окремих, ізольованих один від одного заходів, що і потребує в цьому випадку впроваджувати системи [2: 185]. Принцип системності є одним з основ-

них принципів, на яких базується менеджмент якості. Управління взаємопов'язаними процесами як системою, зокрема, базується на покращенні результативності і ефективності діяльності організацій при досягненні її цілей [4: 13]. В рамках процесного підходу будь-яке підприємство розглядається як система, яка представляє собою безліч процесів, кінцевою метою яких є випуск продукції або послуги (рис. 1.) [1: 25].

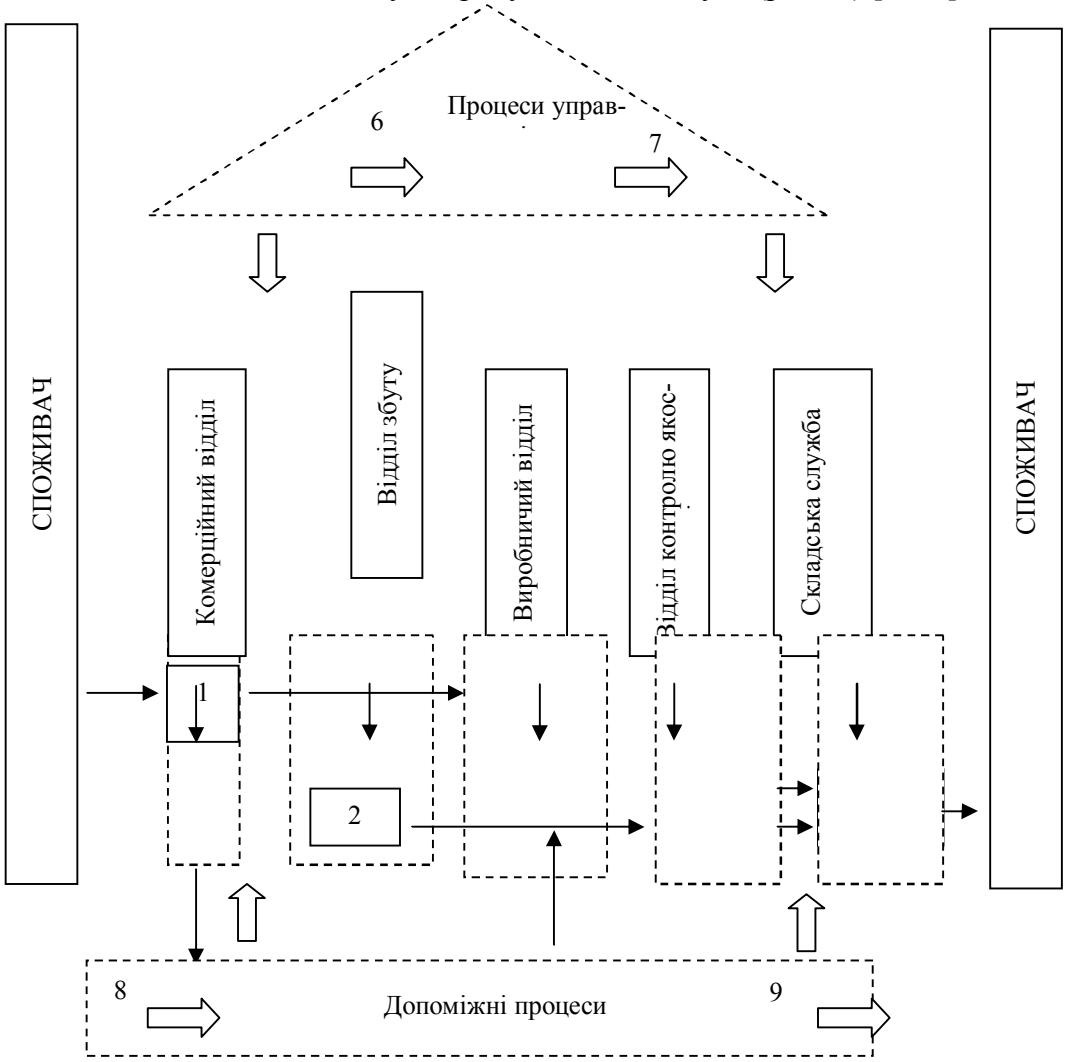


Рис. 1. Процесна модель підприємства

Успішно працююча система менеджменту якості дозволяє підприємству досягти наступних переваг:

- забезпечити стабільність, уникнути випадкових «проколів», мінімізувати вплив людського фактору;
- забезпечити дотримання обов'язкових державних нормативних вимог до якості;
- посилити виробничу дисципліну і покращити контроль за діяльністю підприємства;
- зробити роботу підприємства прозорою для її керівництва, полегшити оперативне управління і підвищити його ефективність;
- забезпечити зниження виробничих витрат за рахунок зниження кількості браку та підвищення ефективності праці, скоротити цикл розробки;
- досягти необхідної якості продукції і постійно підтримувати її на відповідному рівні, орієнтуючись на вимоги замовників, встановлених в угодах та інших документах;
- постійно підвищувати міру задоволеності споживача, а отже, і об'єм продажів,

прибуток і конкурентоспроможність підприємства;

- безперервно удосконалювати діяльність організації з урахуванням основоположних напрямків і пріоритетів, встановлених вищим керівництвом [5: 9].

Реалізація процесного підходу при створенні системи менеджменту якості на підприємстві складається з наступних етапів: ідентифікація процесів; опис процесів, проектування мережі процесів (встановлення взаємозв'язків), регламентація процесів, аудитування процесів. Для впровадження процесного підходу необхідно ідентифікувати процеси діяльності підприємства. Під ідентифікацією процесів мається на увазі визначення складу процесів підприємства та складання їх переліку, зокрема.

Оскільки будь-яку операцію можна вважати процесом, важливо обмежити міру детальності при визначенні складу процесів. Необхідно, передусім, враховувати результат (вихід) процесу, який важливо відстежувати в системі менеджменту підприємства як один з пріоритетних чинників впливу або умови досягнення цілей підприємства. Об'єктивність кількісної оцінки рівня якості є одним з неодмінних умов ефективного функціонування сучасних систем управління. У ринкових умовах підприємство повинно визначати ступінь відповідності продукції, що випускається, вимогам як внутрішнього, так і зовнішнього (світового) ринку. Одиничним показником ступеня відповідності є відношення величини будь-якого параметру виробу (технічного або економічного) до величини відповідного параметру, що повністю задовольняє потребу, виробу-аналогу, що випускається конкурентами (1):

$$q_i = \frac{P}{P_{100}}, \qquad (1)$$

де q – одиничний параметричний показник;

P – значення параметру досліджуваного виробу;

P_{100} – значення параметру виробу-конкурента або умовного зразка, який задовольняє потреби (вимоги споживача) на 100 %.

Визначивши склад процесів, далі можна оформити перелік процесів підприємства, представивши їх згідно з вибраними групами, присвоївши кожному процесу назву і позначення, вказавши керівників процесів. Для кожного підприємства перелік процесів буде індивідуальним, відбиваючим властиві йому види діяльності і продукцію, яка виготовляється, а також традиції ведення бізнесу підприємства. Кожен процес має бути певним чином описаний. При описі процесу враховуються усі компоненти, необхідні для його належного функціонування. У багатьох процесах найбільш важливим є відображення руху матеріального потоку і пов'язаних з ним інших потоків: фінансового, інформаційного, управлінських дій тощо. При плануванні і описі таких процесів акцент має бути зроблений на потоки, а не на послідовність дій. Процес є одним із потужних інструментів підвищення ефективності бізнесу. Технологія опису процесів забезпечує прозорість усіх операцій бізнесу, яка дозволяє аналізувати можливі наслідки зривів виробничої системи на тому або іншому етапі виконання робіт та на основі зроблених висновків вчасно знайти і виправити помилку. Ще одним пріоритетним положенням технології є управління операційними витримками, яка стає однією з основних умов виживання в ринковому середовищі. Адекватний опис мережі процесів здійснюється за допомогою процедури, яка називається моделюванням. Під терміном «моделювання» слід розуміти процес створення точного, достатнього, лаконічного, зручного для сприйняття і аналізу опису системи як сукупності взаємодіючих компонентів і взаємозв'язків між ними [3]. Багато фахівців вважають, що однією з важливих переваг процесного підходу є застосування його як методу пізнання. Це єдиний інструмент, при якому можливо вперше побачити увесь ланцюжок дій, які виконуються для досягнення по-

ставленої мети. Глибша деталізація процесів дозволяє побачити приховані суперечки, вузькі місця, ресурсні конфлікти тощо, які складно визначити при структурному підході в менеджменті. В результаті розвитку науки управління сьогодні ми бачимо, що жодна компанія не в змозі залишатися конкурентноздатною на ринку без використання в менеджменті принципів процесного управління, крім того, єдиний шлях пізнання самих процесів повинен ґрунтуватися на їх моделюванні.

Моделювання припускає наявність встановленого у визначеному порядку набору образотворчих (виразних) засобів і правил, а також стилю опису об'єкту. Базою для створення процесної моделі організації повинен стати ланцюжок основних бізнес-процесів, кінцевий результат яких забезпечує задоволення вимог споживачів і визначає комерційний успіх організації. До основних належать допоміжні процеси та процеси управління. Інформаційні взаємозв'язки існують не лише на стиках між послідовними процесами, але і між усіма процесами також повинен виникати обмін інформацією і виходами.

Серед найбільш поширених стилів опису і відповідних ним моделей можна виділити:

- вербальна модель – опис на природній мові;
- математична модель – опис за допомогою засобів та правил математики;
- графічна модель – опис об'єкту за допомогою засобів і правил графічного зображення [1; 2; 4].

Процесний підхід є основним елементом менеджменту якості на підприємстві. При цьому, одним з ключових аспектів цього підходу є забезпечення наочності («прозорості») об'єкту управління (організації або системи) за допомогою його точного, достатнього, лаконічного, зручного для сприйняття і аналізу опису [3: 157]. За умов процесної організації робіт підхід щодо управління якістю ґрунтується на тому, що управління якістю також є системним процесом. Усі роботи здійснюються за допомогою виконання мережі процесів. Структура такої мережі, зазвичай, не є простою і послідовною, тому управління якістю в такій структурі повинно ґрунтуватися саме на угрупуванні процесів, орієнтуючись на дії об'єктів. Таким чином, управління якістю робіт досягається через управління процесами за двома напрямами: через структуру і роботу самого процесу та через продукцію та інформацію, що протікає через процес [2: 147].

Основною причиною, яка привела фахівців до використання принципів процесного підходу, є негайна потреба в профілактиці, а не у виправленні помилок, що допускаються в ході роботи. Така вимога принципово змінює відношення до систем якості, що надає можливість створити умови, за якими попередження невідповідності стають головною вимогою до системи контролю. Отже, керівник організації повинен отримати об'єктивну картину діючого процесу для її аналізу і оцінки ризиків, що можливо за умов опису процесів [4: 13].

Висновки

З вище наведеного можна зробити висновок, що процесний підхід до управління системою якості на підприємствах надасть керівникам можливість визначити і управляти ключовими процесами і результатами діяльності підприємства, що створюють додану вартість, а також, інтегрувати розрізнені дії функціональних департаментів та направляти їх зусилля на єдиний результат. Застосування процесного підходу для різних сфер менеджменту підприємства може бути ефективно використане для побудови інтегрованих систем менеджменту стосовно ідентичних сфер та напрямів діяльності. Таким чином, процесний підхід дозволяє врахувати такі важливі аспекти виробництва, як орієнтація на кінцевий продукт, зацікавленість кожного конкретного виконавця в підвищенні якості кінцевого продукту і, як наслідок, зацікавленість в якісному виконанні своєї

роботи, гнучке реагування на зовнішні і внутрішні зміни, оптимізація обміну інформацією між функціональними підрозділами.

Список літературних джерел

1. Аксенова Е.А., Базаров Т.Ю., Еремин Б.Л., и др. Под ред. Т.Ю. Базарова, Б.Л. Еремина. Управление персоналом: учебник – 2-е узд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ, 2002. – 554 с.

2. Балдин К.В., Воробьев С.Н. Управленческие решения: Теория и практика принятия: Учебник для вузов. – М.: Проект, 2004. – 304 с.

3. Варакута С.А. Управление качеством продукции: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 207 с.

4. Гольник А.Г. К вопросу об обеспечении качества //Технология чистоты. – № 4. – 2005. – С. 13-16.

5. Максимов Ю.А., Папков В.И. СМК как средство повышения конкурентоспособности и эффективности предприятия //Методы менеджмента качества. – 2003. – № 11. – С. 9-14.

6. Douglas A., Coleman S., Oddy R. The case for ISO 9000 *II* The TQM Magazine. – 2003. –Vol. 15. – No.5. – P. 14-24.

ТЕХНОЛОГІЇ ЛЕГКОЇ ТА ХАРЧОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 685.34.054

A.K. Karmalita, cand. of techn. sciences
D.M. Yakymchuk, post-graduate student

Khmelnitsky national university, c. Khmelnitsky, Ukraine

INVESTIGATION OF ENERGETIC PARAMETERS OF ELECTRO-HYDRAULIC PRESS EQUIPMENT

The basic methods of improving of electro-hydraulic press equipment are proposed.
Experimental equipment for research energetic indexes of electro-hydraulic presses are developed.
Influence of the indicated indexes on the dynamics of work of presses is determined.

Introduction

Present state of industry is characterized by fast development of its different branches. Such every branch has its own differences and peculiarities. One of such branches is light industry.

The energy factor occupies one of the most important places in the development not only light industry, but the whole state in general. The producers of the equipment work at the effective improvement existing examples as well as at developing new, more economic and technological ones. This in its turn brings to a new turn of high-quality development of all industry branches.

Electro-hydraulic press equipment in light industry is used for carving out the components from artificial and natural leather by means of submerging the cutter into carving plate. Nowadays the enterprises of light industry of Ukraine use a number of carving presses of Soviet production, and the amount of new modern presses isn't enough for satisfying the needs of industry. Such situation is extremely tense under the development of crisis in the world economy. That is why, the improvement of such equipment and its technical-economic activities are a very actual task. This is the purpose of present abstract.

The exposition of main material

The most widespread carving presses of Soviet production, which are used on Ukrainian enterprises of light industry, are the presses PVG-8-2-0, PVG-18, PKP-10 and PKP-16. Most of them have the console construction, which has recommended itself very well. However, such equipment goes out of date physically and morally, and needs being modernized. The most popular is the press PVG-8-2-0. That is why we chose such press equipment as basic for increasing the work effectiveness.

For the complex improvement of technical-economic activities of the press PVG-8-2-0 we need to do such innovations:

1 – substituting the electric engines of hydro pump drive for more economical;

2 – excluding from the press hydro drive the mechanism of turning the striker and substituting it for manual control;

3 – substituting the relay schemes of control of press electric equipment for micro controller;

4 – reduction of mass and overall size if possible;

5 – tuning in the optimal conditions of installed equipment work.

The primary task of the press PVG-8-2-0 modernization was to investigate its energy parameters. It is known from the practice, that electro-hydraulic press equipment has a number of drawbacks, which are characterized by specific conditions of its work.

The electric system of guidance plays the important role in the quality work of press hydro apparatus [1]. As a result of a delay in snapping into action of the electric and hydraulic apparatus, the carving out of each detail in the end of the process is accompanied by considerable pressure increase in the hydro system, which produces the press overload and results in a fast wearing out of cutting instrument and carving out slabs, hydro system details breakage, heating oil, and exceeding the capacity, which is consumed.

In the abstract [2] the researchers investigate the size of pressure reflux in press equipment. They determine that after finishing carving out the material a delay in snapping into action of the electric and hydraulic apparatus is observed. They result in the overload and stopping working of the hydraulic elements and this in its turn leads to the press energy consumes increase in general. Such delay makes the value Δt=0,03 – 0,04c., and the pressure reflux make the average Δp=5,8 MPa.

For determining the value of pressure reflux in the abstract [3] as a basis such formula is taken:

$$\Delta V = Q \cdot \Delta t \cdot \eta , \qquad (1)$$

where: ΔV – liquid quantity, which comes into a hydro system during the period of overload;

Q – pump production;

Δt – hydro system overload in general;

η – volume hydro system coefficient of efficiency, which considers liquid flow out in the pump, spreader, cylinders, etc.

On a basis of made calculations the authors ascertain that for the improving of the work of the carving out press hydro system and improving of its energy indices, also for the decrease of overloads, it is needed to introduce into hydraulic systems flexible chains- wares with air bag or spring pump (accumulators), short sections of tubes with elastic walls.

Given above research was made on that time equipment, which wasn't precise enough. Experimental data was taken from electric devices and oscillographs, and the average value of received quantities was presented on a graphs. Nowadays equipment allows to research necessary parameters of equipment with higher accuracy.

The authors did not also investigate the use of press equipment capacity, and the results were presented only in calculated form.

For the investigation the energy parameters of carving out press PVG-8-2-0 we developed the experimental stand (fig. 1).

The basic task of measuring devices was the task of investigating the transitional processes in electric equipment taking into account the energy parameters. The most important index, which influence such processes, is capacity, which is consumed P (W). Optimization (decreasing) of this parameter is top-priority task.

For getting the precise measuring we developed the experimental stand. The main elements of measuring device are: 1 – measuring block; 2 – block of galvanic outcome; 3 – analog-to-digital converter (ADC); 4 – personal computer.

The block of measuring device consists of: 1 – power supply; 2 – shunts; 3 – control elements; 4 – without contact starter.

Measuring device works on a principle of analog-to-digital converter of current signal,

which is consumed by electric press equipment, with the help of shunts of high accuracy and ADC with further depicting of experimental data on a screen of personal computer.

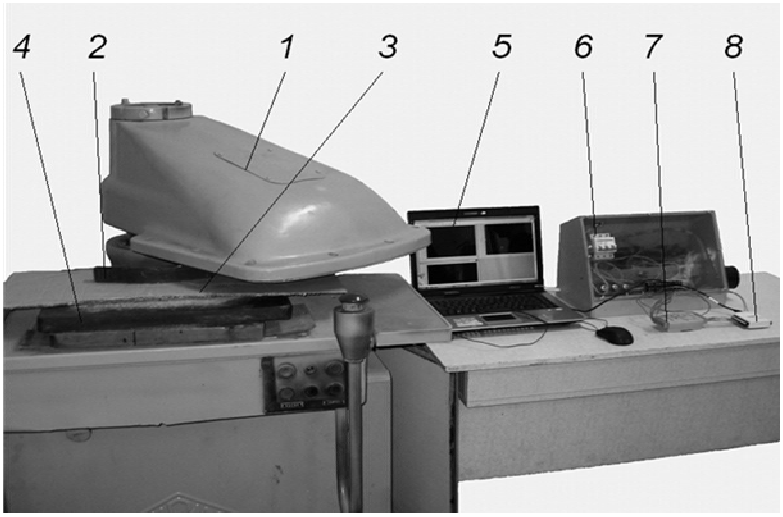


Fig.1. Scheme of measuring device: 1 – striker; 2 – cutter; 3 – material (carton); 4 – carving outplate; 5 – personal computer; 6 – measuring block; 7 – block of galvanic outcome; 8 – analog- to-digital converter

For performing the research we built a program for receiving the basic indices of electric hydraulic equipment. Given program is done in LabView. It allows not only to describe precisely the electric processes with the use of virtual devices, but also to watch the transitional processes. The worked out program consists of exterior panel (fig. 2) and block-diagram (fig. 3). In the block-diagram the transitional processes of electric part are described. On the exterior panel there are the graphs of true values of voltage *U*, current *I*, and consumed capacity *P*.

Experimental researches were performed on two material models-natural leather and carton.

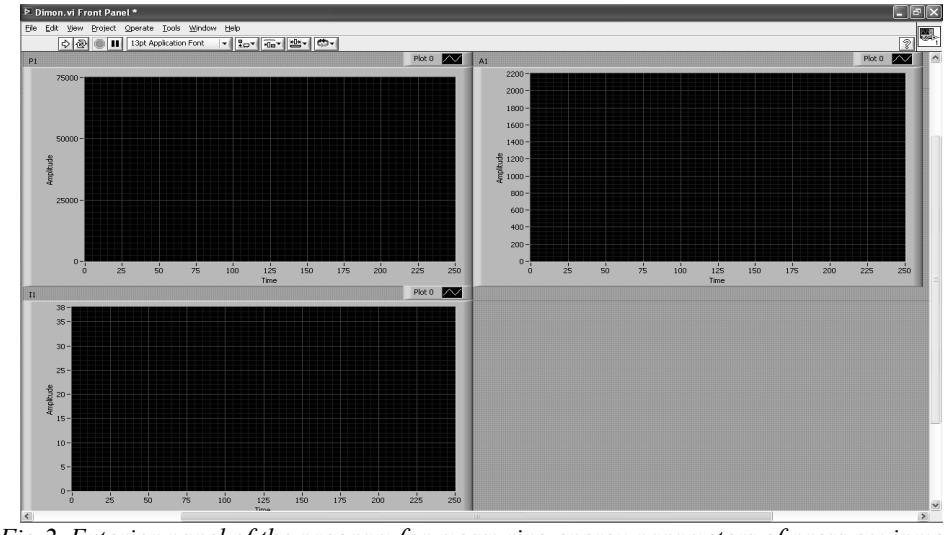


Fig.2. Exterior panel of the program for measuring energy parameters of press equipment

From the results of performed researches we received qualitative characteristics of voltage value U, current value I, and consumed capacity P. We determined that consumed capacity of starting the press comprises in average *P*=3–5 *kW*. Such rise happens in the time interval t=0,04 second. The next rise of capacity happens under doing the technological operation of carving out. After returning the striker into the working position its further movement down

to the cutter contact happens. After cutter carving out of the material to the contact with carved out plate we watch the tension in press equipment and big rise of capacity under the duration of the process of carving out t=0,02 second.

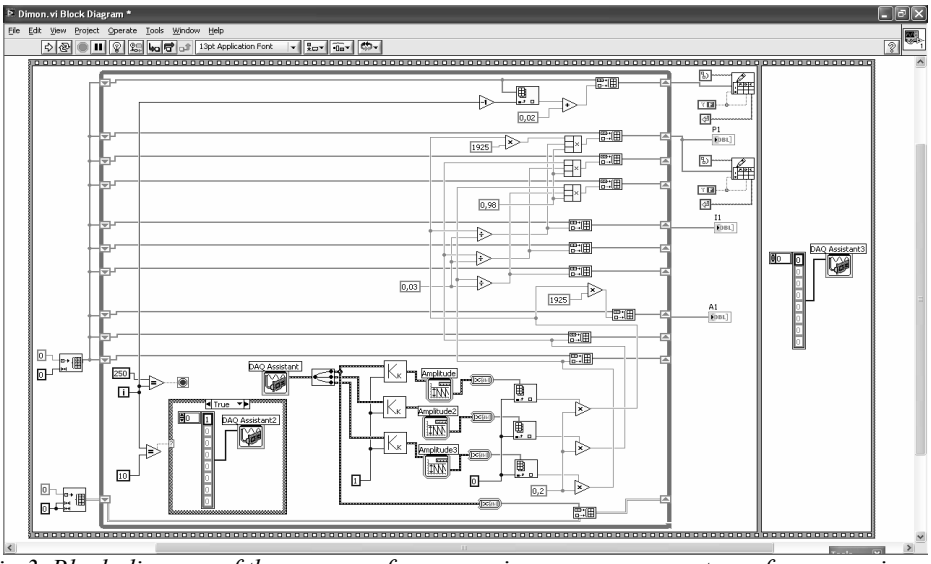


Fig.3. Block-diagram of the program for measuring energy parameters of press equipment

On a fig. 4 we can see the graphs of dependence of capacity P of electric hydraulic press of console type PVG-8-2-0 from time t for leather and carton. Section AB for leather and AB_1 for carton correspond with the process of press starting, under which we watch the tenfold rise of consuming the electric energy. It is explained by big starting current of electric engine. Further the process of consuming energy stabilize – the press is on an idling stage.

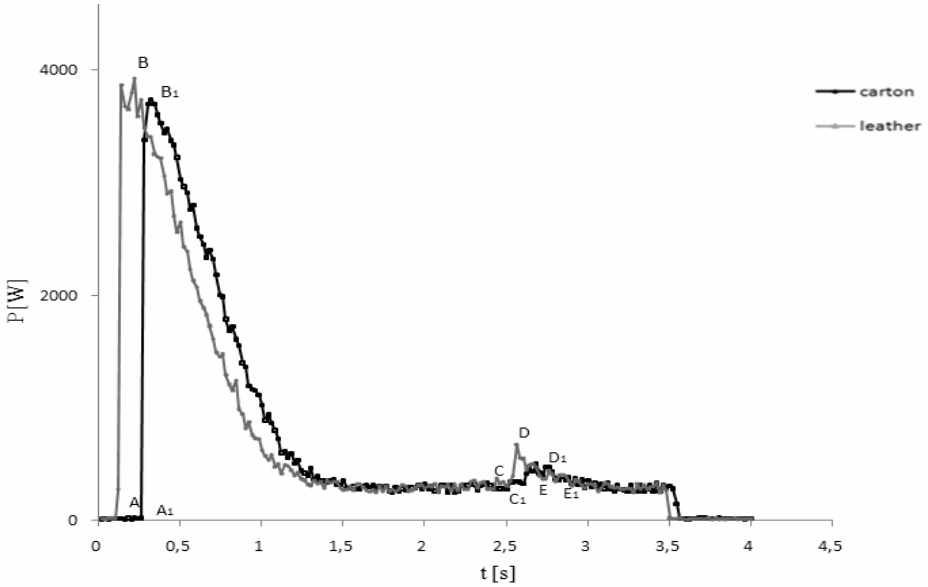


Fig.4. Graphs of dependence of capacity P of electro-hydraulic press of console type PVG-8-2-0 from time t for leather and carton

While pressing the buttons there happens the implementation of the process of carving out and we watch the high picks of tension (section CD for leather and CD_1 for carton). As we see from the graph the maximum rise of capacity for leather during the time of performing craving out is almost two times higher than for the carton. It is explained by the fibrous leather structure, for carving out of which we need much more efforts to overcome the strengths of

interaction of fibrous intermolecular ties. The carton doesn't have such complex structure, that's why the process of carving out is performed with less electric energy consumption.

Sections DE and DE1 correspond with finishing the process of carving out from the moment of working technological press contact.

For the reduction of such rises of capacity it is needed to perform described above press modernization. Such actions will contribute to reducing the press overstrain, which will result in prolongation of exploitation of such equipment.

Conclusion

Performed researches on the electro-hydraulic press equipment gave the opportunity to estimate its basic energy characteristics. The experiments showed that the most capacity consumption occurs during the time of performing the technological operation of carving out in the time interval t=0,02–0,04 seconds. Taking into consideration the results of the research we propose the variants of possible improvement of press equipment.

Referencies

1. Bakanov N.I. Reduction of overload of hydraulic carving our press, which occur after the carving out /Bakanov N.I., Pudov V.A., Amirhanov D.R., Piskorskiy G.A. //Technology of light industry. – 1972. – № 5. – P. 148-151.

2. Sivchenko N.A. About the reasons of overloading the presses for carving out the details of footwear upper part /Sivchenko N.A., Sidorets L.V., Panasyuk I.V., Trubchaninova I.A. //Technology of light industry. – 1984. – № 1. – P. 129-131.

3. Sivchenko N.A. The calculation of reflux size of pressure in the presses for carving out the details of footwear upper part /Sivchenko N.A., Sidorets L.V., Panasyuk I.V. //Technology of light industry. – 1984. – № 2. – P. 104-107.

УДК 574 : 006

О.М. Сємака, аспірант
Ю.В. Іванова, студентка
О.О. Ярошенко, аспірант*

Чернігівський державний інститут економіки і управління, м. Чернігів, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ АСПЕКТІВ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Проведено аналітичні і експериментальні дослідження здатності гетерогенних систем «вода-нафтопродукти» поглинати світло.

Постановка проблеми

Однією з гострих проблем сьогодення за даними Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Чернігівській області є забруднення довкілля. Забруднення, зокрема, нафтою і нафтопродуктами (далі ННП) ґрунтів та водних об'єктів [1, С. 31, 167] стало вже традиційним явищем. Перевищення ГДК (гранично допустимих концентрацій) у 2008 році виявляється у р. Десна, значна кількість нафтопродуктів в ґрунтах і в ґрунтових водах м. Прилуки, м. Ніжин. Чисельні випадки перевищення фонового вмісту нафтопродуктів виявляються у різні роки на об'єктах видобування, переробки, транспортування ННП, зокрема, у 2003 році виявлено 53 подібні випадки по Чернігівський області [2]. Наслідки цього забруднення вивчені недостатньо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Основною причиною небезпечного функціонування техносфери в Україні для населення і довкілля вважають високий рівень зношеності основних фондів, що становить для нафтохімічної, хімічної і нафтопереробної промисловості відповідно 33,4 %, 39,2 %, 41,6 % [3].

Іншою важливою причиною , на нашу думку (враховуючи високі темпи зростання кількості платників за забруднення ґрунтів, водних ресурсів, атмосфери на Чернігівщині) можна вважати недостатнє усвідомлення суспільством різних аспектів небезпеки довкіллю. Зокрема, в існуючих публікаціях автори основну увагу приділяють токсичності ННП і дають неоднозначні оцінки.

Так, нафта може містити гомологи нафталіна, фенантрена, 3,4 – бензпирена, бітумінозні речовини [4, С. 82], а у нафті Карпат виявляється високий вміст ртуті – $1 \cdot 10^{-4}$ % [4, С. 47]. В той же час деякі види нафти створюють оздоровчий ефект і використовуються в медицині [4, С. 128]. Ці неоднозначні оцінки пояснюються багатокомпонентністю нафти та її походженням. Відомо, що нафта суттєво відрізняється від інших забруднювачів тим, що не має певного складу. Визначення «нафта» – свідчить про можливу наявність різновидів вуглеводних систем. І, зрозуміло, що токсикологічну оцінку ННП треба давати з урахуванням окремих складових цієї багатокомпонентної системи, для конкретних обставин. Наявність ННП в довкіллі повинна обмежуватись ГДК, тобто максимальною концентрацією «речовини в навколишньому середовищі (НС), яка не впливає на організм людини і не зумовлює віддалених мутагенних і канцерогенних наслідків» [5, С. 349].

Але, враховуючи проблему поширення забруднення довкілля ННП, перевищення ГДК вважаємо, що особливої уваги заслуговує врахування не тільки токсикологічних, а і оптичних аспектів цієї проблеми.

* Автори висловлюють подяку за допомогу і наукові консультації канд.фіз.-мат.наук, доценту ЧДІЕУ Ситникову О.П.

В сучасних публікаціях нами не виявлено комплексного підходу до оптичних аспектів забруднення води ННП, що і викликало необхідність проведення нами аналітичних і експериментальних досліджень.

Мета статті

Метою роботи є дослідження впливу забруднення ННП на оптичні властивості водних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження

В даній роботі досліджено утворення гетерогенних систем (ГС) «ННП – вода» (рис. 1) та проаналізовані їх оптичні властивості. Експерименти проведено з нафтою, видобутою на Чернігівщині, з Нинівського родовища Талалаївського району з глибин 3507-3522 м.

В роботі використано лабораторну установку (рис. 2), що забезпечує проходження проміння білого та монохромного світла крізь досліджувану систему.

Дослідження проведено в діапазоні співвідношень ННП:вода від ГДК=0,005 мг/дм^3 [1, С. 26] до модельних середовищ бурових рідин, де водонафтова емульсія знаходиться у співвідношеннях від 1:100 до 100:1 [4, С. 111].

При додаванні ННП до води за візуальним спостереженням утворюється 2^x фазна система (Рис. 1):

1 фаза – вода; однорідні водні розчини;

2 фаза – плівка нафти, що плаває на поверхні води.

Характеристика нафтових плівок залежить від концентрації і змінюється від ледь помітного відблиску на поверхні ГС до окремих плям або суцільного шару.

Рис. 1. Варіанти забрудненого водного середовища з різною концентрацією ННП

При співвідношенні ННП:вода=1:100 на поверхні з’являлися окремі плями ННП, товща води залишалася прозорою. Оскільки густина ННП змінюється від 0,8 до 1,0 г/дм^3, тобто ННП легше води, то плівка забруднює поверхню водойм.

Але якщо крізь ємність із водою, забрудненою ННП, пропустити промінь світла, то на темному фоні чітко видно «конус Тіндаля». Утворення світіння у вигляді конусу під час пропускання світла крізь колоїдний розчин виявлено Тіндалем у 1869 році [6, С. 34]. Світіння відбувається у випадках, коли довжина хвилі значно менше діаметра

частинок дисперсної фази. В наших експериментах залежно від концентрації ННП світіння конусу виявлялось у вигляді окремих цяточок до хвилястих агломерацій. На рис. 2 представлено фото утвореного конусу Тіндаля. Це означає, що частина нафти утворює колоїдний розчин (розмір частинок $10^{-5}\div10^{-7}$см), і частинки забруднень поглинають світло.

Рис. 2. Утворення конусу Тіндаля і поглинання світлового променя у товщі забрудненої води

Відомо, що ефективно видалити забруднення ННП (до 80 %) можна [4, С. 143-144] з використанням поверхнево-активних речовин (ПАР) – так званий метод «in-situ», – але ПАР також забруднюють довкілля і теж заважають проникненню світла. На рис. 2 показано, як промінь світла поступово зникає у забрудненій воді на шляху у $4\div6\cdot10^{-2}$м.

Теоретична залежність інтенсивності світла від товщини шару і концентрації розчиненої речовини визначена законом Бугера-Ламберта-Бера [6, С. 39].

А за рівнянням Релєя [6, С.36] інтенсивність світла, розсіяного одиницею об’єму системи, залежить від співвідношення показників заломлення дисперсної фази (n) і дисперсного середовища. Оскільки ННП має змінний склад, то показник n є змінним (табл. 1), і, як видно з таблиці, зростання n відбувається разом із збільшенням ρ.

Таблиця 1

Співвідношення показників заломлення світла від складу ННП [5]

№ п\п	Показник заломлення, n	Густина, ρ	Група. Склад %		
			Ароматичні	Нафтенові	Метанові
1	1,4618	0,8287	25,7	15,6	58,7
2	1,4633	0,8420	21,6	0,0	66,9
3	1,4700	0,8907	21,3	0,0	66,4
4	1,4935	0,9486	19,3	21,0	42,5
5	1,5355	0,9486	29,5	31,0	20,2
6	1,5525	0,9767	27,5	57,0	0,0

Рівняння Курнца [7, С. 19] визначає наступну зміну показника заломлення (Δn):

$$\Delta n = 0{,}6 \cdot \Delta\rho_{рід}\,, \qquad (1)$$

де $\Delta\rho_{рід}$ – зміна густини рідини.

Експериментальні і відомі аналітичні залежності представлено нами у таблиці 2.

Виявляється група факторів (густина залежно від температури, коефіцієнт відбивання, показник заломлення ННП, молярна концентрація, глибина, поверхнева плівка), що впливає на оптичні властивості ГС, зокрема, здатність проникати у глибину систем ультрафіолетового випромінювання.

Таблиця 2

Фактори, що впливають на здатність сонячного ультрафіолетового випромінювання (280-400 нм) проникати у гетерогенні системи «вода – ННП»

№ п/п	Оптичні показники, що залежать від властивості ГС	Джерела	Вид залежності	Визначальні фактори
1	Коефіцієнт відбивання, (K_v)%	[5, С.205]	K_v=2-6	плівка
2	Зміна показника заломлення Δn	[7, С. 19] Рівняння Курнца	$\Delta n = 0{,}6 \cdot \Delta\rho_{(t)}$, де ρ – густина	густина $\rho_{(t)}$, t
3	Інтенсивність розсіяного світла (I_p) залежно від показників заломлення ННП і води ($n_{ННП}$, $n_{води}$), об'єму частинки (V) і чисельної концентрації (v)	[6, С. 35] рівняння Релєя	$Ip = 24\pi^3 \left(\frac{n_{ННП}^2 - n_{води}^2}{n_{ННП}^2 + 2n_{води}^2} \right)^2 \frac{v \cdot V^2}{\lambda^4} Io$	$n_{ННП}$, V, v
4	Зміна коефіцієнта поглинання (k) залежно від молярної концентрації	[6, С. 35] закон Бера	$k = E \cdot C$, де C – молярна концентрація	(C)
5	Проникнення світла ($П$) залежно від відстані (l), глибини забруднення	експеримент	$П=f(l)$	l

Таким чином, за допомогою отриманих нами експериментальних даних та на основі аналізу відомих залежностей щодо оптичних показників, що залежать від властивостей гетерогенної системи (ГС) «вода – ННП», приходимо до висновку, що здатність природи до відновлення (яка визначається знезараженням ультрафіолетовим випромінюванням) залежить від оптичних властивостей розглянутої системи, і що негативні наслідки забруднень довкілля потрібно розглядати з урахуванням оптичного аспекту. Оптичний аспект негативної дії забруднення водойм ННП виникає внаслідок комплексної дії різних факторів, що потрібно враховувати під час оцінювання функціонування будь-яких об'єктів техносфери, формування соціальної відповідальності бізнесу, тощо.

Оскільки легкі ННП здатні утворювати ГС з повітрям внаслідок випаровування із забруднених ґрунтів, вважаємо, що оптичний ефект потрібно врахувати також і в інших гетерогенних системах, утворених даним забруднювачем довкілля.

Висновки з даного дослідження

1. Розвинуто уявлення щодо негативного впливу забруднення ННП довкілля, визначено доцільність врахування не тільки токсикологічних, а й оптичних аспектів утворених гетерогенних систем.

2. Встановлено, що оптичний аспект негативної дії забруднення водойм ННП виникає внаслідок комплексної дії 4 факторів:

а) віддзеркалення до 6 % променів плівкою ННП;

б) зміна показника заломлення зі зміною концентрації;

в) утворення дисперсної фази частинок ø10^{-5}÷10^{-7}см, що віддзеркалюють, розсіюють, поглинають промені;

г) глибина забруднення системи.

Отримані результати є важливими для формування соціальної відповідальності бізнесу, захисту довкілля, визначення і оцінки етапів життєвого циклу продукції згідно з вимогами ДСТУ серії ISO 14000.

Список літературних джерел

1. Екологічний паспорт Чернігівської області. – ДУЕіПРЧО, Чернігів. – 2009. – 170 с.

2. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2003 рік. – Чернігів : ДУЕіПРЧО, 2004. – С. 22

3. Дрозд І.П. Моніторинг промислової безпеки як складової частини техногенної безпеки України /І.П Дрозд, Буравльов Є.П. //Екологія і ресурси. – 2006. – № 13. – С. 72-73.

4. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде /Ю.И. Пиковский. – М.: МГУ, 1993. – 207 с.

5. Клименко М.О. Моніторинг довкілля /Клименко М.О., Прищепа А.М., Вознюк Н.М. – К.: Академвидав., 2006. – 359 с.

6. Воюцкий С.С. Курс колоидной химии /С.С. Воюцкий; [Химия]. – М., 1975. – 512 с.

7. Дж. Перри. Справочник инженера-химика /Дж. Перри; [Химия]. – Л., 1969. – т. 1. – С. 19.

УДК 691:666.973.2
М.М. Победаш, асистент
І.О. Дудла, д-р техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АРБОЛІТУ В ПОРІВНЯННІ З ІНШИМИ БУДІВЕЛЬНИМИ СТІНОВИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Досліджено причини доволі вузького використання арболіту в будівництві житлових будинків. Співставленні основні технічні характеристики арболіту та інших будівельних стінових матеріалів, проаналізовано можливості застосування арболіту в будівництві.

Постановка проблеми

На сьогоднішній день екологічні вимоги і норми по теплопровідності стінних будівельних матеріалів посилені, у зв'язку з високими санітарно-гігієнічними вимогами до житлових будинків і економії енергоресурсів. Тому постає проблема вибору оптимального стінового матеріалу для житлових будинків. Одним з таких є арболіт. Арболіт був розроблений в 60-ті роки і пройшов всі технічні випробування, а також був стандартизований і сертифікований. В масштабному житловому будівництві до середини 90-х років не отримав масового застосування у зв'язку з орієнтацією на будівництво крупносбірних бетонно-блокових будинків і його високі енергозберігаючі, теплозберігаючі, звукопоглинальні властивості не бралися до уваги. Багаторічна експлуатація будівель і споруд з матеріалів на органічному целюлозному заповнювачі в різних регіонах нашої країни, а також в зарубіжних країнах, переконливо підтверджує довговічність арболіту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Арболіт є довговічним екологічним будівельним матеріалом, який славиться високими теплозберігаючими властивостями. Теплопровідність арболіту складає 0,08-0,17 Вт/(мК), чим перевершує керамзитобетон в 2,5-3,5 рази, цеглу – в 4-5 разів. Для обігріву приміщень із стінами з арболіту завтовшки 30 см потрібено в два рази менше енергоносіїв, ніж для приміщень із стінами з цегли завтовшки 75 см (три цеглини) [1]. Арболітові блоки застосовуються для зведення несучих стін і перегородок, а також як матеріал теплоізоляції і звукоізоляції в стінах, перегородках і покриттях будівель різного призначення.

Арболіт (деревобетон) – це унікальний будівельний матеріал, різновид легкого бетону, що складається з деревної тріски і високосортного цементу [2]. Від опилкобетону Арболіт відрізняється тим, що в арболіті використовується дерев'яна тріска. Саме тріска дає арболіту унікальні звуко- і теплоізоляційні властивості, також тріска збільшує міцність арболіту, створюючи при цьому скелет. При багатократному перевищенні граничного навантаження на арболіт, саме цей скелет не дає арболіту руйнуватися, що знімає з господаря будинку всі турботи з приводу усадки дому при коливаннях фундаменту.

Зокрема, в роботі [3] автор згадує про історичний прототип арболіту. Арболіт – далеко не новий матеріал на ринку будівельних матеріалів. Фактичним прародителем арболіту є саман, який є ровесником «Ветхого Заповіту». Такого дивного поєднання властивостей, яке було характерне для саману, неможна зустріти ні в одному іншому матеріалі. Але при всіх своїх плюсах у саману був один недолік – недовговічність. Особливо це відчувалося в країнах з дощовим, холодним кліматом. З появою сучасних будівельних матеріалів з'явилася можливість замінити глину цементом, а органічні заповнювачі обробляти мінералізаторами для захисту від гниття і того, щоб краще, міцніше зчепити їх в одне ціле з в’яжучим.

Потреба більш широкого застосування арболіту в сучасному будівництві житлових малоповерхових будинків залишається досить актуальною і на сьогодні, і потребує більшої уваги до себе.

Мета статті

Метою роботи є дослідження доцільності використання арболіту у будівництві малоповерхових житлових будинків у порівнянні з іншими будівельними стіновими матеріалами.

Виклад основного матеріалу дослідження

Арболіт – стінний-конструктивний матеріал, що отримують на мінеральному і органічному целюлозному заповнювачі рослинного походження.

Склад. В якості зв'язуючого матеріалу використовують звичайний і швидкотвердіючий портландцемент. Органічним заповнювачем є деревинна тріска, одержана подрібненням відходів заготівки і обробки хвойних і твердолистяних деревинних порід. Деревинні відходи (сучки, стружку, горбиль і т.п.) спочатку рубають на рубильній машині, потім подрібнювали в дробарці. Заповнювачем можуть бути відходи сільськогосподарського виробництва: роздроблені стебла бавовнику, костра конопель і льону, одубина – попутній продукт переробки дубової екстрактної сировини. Тріски повинна мати певний зерновий склад. При розсіванні на ситах залишок частинок (в % по масі) повинен бути не більш: на ситі з отворами 10 мм – 30; відповідно 5 мм – 60 [4]. Довжина частинок не повинна перевищувати 40 мм. Домішки кори, хвої і листя допускається до 5 % (від маси сухої суміші заповнювачів). Можливо застосування суміші органічного заповнювача з пористим або щільним мінеральним заповнювачем. До органічного заповнювача додають деревну тирсу. При приготуванні бетонної суміші додають мінералізатори – хлорид кальцію або рідке натрієве скло, які нейтралізують дію шкідливих водорозчинних речовин деревини (цукристі речовини, смоляні кислоти) і прискорюють процес твердіння арболіту. Обробку зовнішніх поверхонь захищаючих конструкцій з арболіту проводять шаром з декоративного бетону або розчину на мінеральних заповнювачах. Робоча сталева арматура в конструкціях з арболіту повинна знаходитися в шарі бетону або цементного розчину на мінеральних щільних заповнювачах. Товщина захисного шару бетону (розчину) до робочої арматури – не менше 15 мм.

Арболіт залежно від середньої густини у висушеному до постійної маси стані підрозділяється на: теплоізоляційний – середньою густиною до 500 кг/м^3; конструкційний – середньою густиною понад 500 (до 850) кг/м^3.

Застосування.

Арболіт застосовують для виготовлення матеріалів теплоізоляції і конструкційно-теплоізоляційних виробів: стінних блоків і панелей, плит перекриттів і покриттів, для зведення монолітних, армованих і неармованих конструкцій будівель різного призначення з відносною вогкістю повітря приміщень не більше 60 % і за відсутності агресивних газів. Даний матеріал менш енергоємний в порівнянні з керамзитобетоном, він має обширну сировинну базу у вигляді деревних відходів, у зв'язку з чим не потрібне створення кар'єрів і підприємств по виробництву штучних пористих заповнювачів. Всі ці переваги арболіту особливо важливі для сільськогосподарського будівництва.

Виробництво арболітових блоків відбувається за основними розмірами, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Розміри арболітових блоків

Розмір блоків, мм	Застосування	Штук в 1 м^3
500*200*300	Зовнішні, несучі стіни до 3 поверхів, з можливістю монтажу плит для перекриття	33,3

Продовження таблиці 1

500*200*200	Зовнішні, несучі стіни до 2 поверхів, при будівництві бань, гаражів, хозблоків	50
500*200*150	Для міжкімнатних перегородок, утеплення будинків, бань, гаражів, хозблоків	66,7

На рисунку 1 представлений зразок арболітового блоку розміром 500*200*300 мм.

*Рис. 1. Арболітовий блок розміром 500*200*300 мм.*

Арболіт, володіючи велико пористою структурою, забезпечує добрий повітрообмін в приміщеннях і високі теплотехнічні показники, що дозволяє понизити витрату енергії на опалювання і вентиляцію будівель, немає необхідності в додатковій зовнішній тепло- і звукоізоляції. Стіни з арболіту добре підлягають обробці як традиційними обробними матеріалами, так і великою гаммою сучасних. В сьогоднішньому масовому будівництві житла багатоповерхових будинків із застосуванням каркасно-монолітних несучих елементів, особливо актуальним є застосування дрібно штучних блоків з арболіту, при оптимальній товщині само несучої стіни 380 мм, що еквівалентно 1-му метру цегляної кладки, дає істотну економію будівельних матеріалів і матеріальних витрат.

Арболіт є оптимальним вибором для будівництва малоповерхових житлових споруд і перевершує всі відомі на сьогоднішній день будівельні матеріали по багатьох основних параметрах, представлених в таблиці 2.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика арболіту з іншими будівельними стіновими матеріалами

Назва матеріалу	Основні фізико-технічні характеристики матеріалу				
	Щільність, кг/м^3	Теплопровідність, Вт/м*с	Морозистійкість, циклів	Водопоглинання, %	Межа міцності при стисненні, МПа
Цегла керамічна	1550-1700	0,6-0,95	25	12	2,5-25
Цегла силікатна	1700-1950	0,85-1,15	25	16	5-30

Продовження таблиці 2

Керамзито-бетон	900-1200	0,5-0,7	25	18	3,5-7,5
Газобетон	600-800	0,18-0,28	35	20	2,5-15
Пінобетон	200-1200	0,14-0,38	35	14	2,5-7,5
Дерево	450-600	0,15	-	-	1,5-4
Арболіт	400-850	0,08-0,17	25-50	40-85	0,5-2,5

У кожного будівельного матеріалу є як плюси, так і мінуси. Про плюси своїх матеріалів виробники і продавці твердять постійно, а ось про слабкі сторони прагнуть умовчувати. Продавці цегли запевняють, що це найкращий будівельний матеріал, а продавці газобетону регулярно сперечаються і запевняють в зворотному. Ті ж, хто продає піноблоки, взагалі ні з ким не сперечаються, тому що піноблоки – найдешевший будівельний матеріал з комірчастих бетонів. Тому і реклама піноблоків побудована саме на їх дешевизні. На ринку також продають блоки з арболіту, керамзитобетону і полістиролбетону. А є ще продавці зрубів, будинків з клеєного бруса, каркасних будинків. Варіантів, з чого ж побудувати будинок велика кількість, тому перед забудовником стоїть нелегка задача зробити правильний вибір, виходячи з своєї конкретної ситуації і своїх фінансових можливостей.

Переваги арболіту, в порівнянні з традиційними матеріалами:

- арболіт – екологічно чистий матеріал, безпечний для здоров'я людей і домашніх тварин, навколишнього середовища; виробництво арболіту – високо екологічне виробництво;
- арболіт – будівельний матеріал, стійкий до дії шкідливої мікрофлори, не гниє, не схильний враженню цвіллю і грибками;
- арболіт морозостійкий і при цьому відмінно зберігає тепло; показник теплопровідності 30 сантиметрової стіни з арболіту відповідає показнику теплопровідності метрової стіни із звичайної цегли;
- поєднання дерева і комірчастого бетону додає арболіту прекрасні звукоізоляційні властивості;
- арболіт вогнестійкий, не підтримує горіння;
- арболіт стійкий до механічних і ударних дій, в той же час добре обробляється, легко свердлиться, чудово тримає кріпильні елементи;
- легкість стін з арболіту в порівнянні з традиційною цегляною стіною дозволяє понизити навантаження на фундаменти і несучі елементи побудови;
- поверхня арболіту легко обробляється при подальшій обробці стін, має високу адгезію до штукатурки, лакофарбових покриттів;
- арболіт зручний в роботі, оскільки блоки мають більший розмір і меншу вагу, в порівнянні з традиційними дрібно розмірними елементами стін, що так само зручно при транспортуванні і доставці до місця проведення будівельних робіт.

В індивідуальному будівництві особливо відчутний ефект при зведенні несучих стін з блоків арболіту: при товщині стін 380 мм, в середньому економиться 50 % стінного матеріалу, в 2 рази скорочуються витрати по обігріву (охолоджуванню) приміщень в несприятливий кліматичний період року. В таблиці 3 представлена характеристика затрат для будівель з різних будівельних матеріалів.

Таблиця 3

Затрат для будівель з різних будівельних матеріалів

№ п/п	Показники	Вид будівельного матеріалу			
		арболіт	пінобетон	глиняна цегла	силікатна цегла
1.	Нормативна товщина стіни, м	0,38	0,51	0,8	0,8
2.	Витрати газу на обігрів S=100м^2 при t=22°С, товщина стіни 0,38 м, м^3	0,96	1,8	2,2	2,5
3.	Затрати на будівництво 1м^2 нормативної стіни 0,38 м, чол/год	0,12	2,7	6,16	6,16
4.	Витрати цементу на будівництво 1м^2 стіни, кг	12,25	19,12	28,9	29,6

Все вищесказане однозначно говорить про високу ефективність блоків з арболіту і можливість більш широкого застосування в будівництві різних будівель і споруд.

Арболіт матеріал дуже теплий, але йому, як і будь-якому іншому легкому бетону необхідний зовнішній захист. Приклади, коли будинок з арболіту простояв не обштукатуреним більше 10 років є, і з матеріалом ніщо за цей час не відбулося. Але, не дивлячись на це, будуючи стіни будинку з арболіту, необхідно передбачати зовнішній захист стін, в якості якого можна застосувати штукатурку, облицювальну цеглину, вентильований фасад, сайдинг.

Висновки з даного дослідження

- арболіт – стінний-конструктивний матеріал, що отримують на мінеральному і органічному целюлозному заповнювачі рослинного походження;
- даний матеріал володіє оптимальними технічними властивостями для будівельних стінових матеріалів;
- арболіт успішно пройшов всі технічні випробування і був стандартизований ще в 60 років 20 сторіччя. На території колишнього СРСР діяло більше сотні заводів по виробництву арболіту. Будівлі з арболітових блоків експлуатуються і до цього дня в різних кліматичних зонах – від Казахстану до Антарктиди. Проте, вибраний радянським урядом шлях індустріалізації в будівництві з орієнтацією на великоблочне житлове будівництво, закрив шлях розвитку для багатьох матеріалів, у тому числі і для арболіту.
- оскільки арболіт у порівнянні з іншим традиційними стіновими матеріалами має економію по собівартості 25-30 %, він є ефективним для спорудження соціального житла як енерго- і ресурсозберігаючий стіновий матеріал на стадії будівництва, так і на стадії експлуатації будівель.

Список літературних джерел

1. http://www.arbolit.net/
2. http://www.arbolit.ucoz.ru/index/0-7
3. http://www.arbolit.biz/about.php
4. http://arbolit-blok.ru/index.php
5. http://www.arbolit.org/

УДК 677.027.4

Г.О. Пушкар, канд. техн. наук
Б.Д. Семак, д-р техн. наук

Львівська комерційна академія, м. Львів, Україна

І.О. Дудла, д-р техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СТАНДАРТИЗАЦІЇ КИЛИМОВИХ ПОКРИТЬ ДЛЯ ПІДЛОГИ І СТІН

Проведений аналіз існуючих нормативних документів, що стосуються асортименту, властивостей і рівня якості килимів і килимових виробів машинного виробництва для покриття підлоги і стін.

Постановка проблеми

Створення наукових засад формування асортименту і якості текстильних матеріалів і виробів інтер'єрного призначення і на їх основі окремого сегменту вітчизняного ринку вимагає безвідкладного розроблення нових типів, категорій і видів вітчизняних стандартів, в яких з єдиних позицій були б сформульовані, обґрунтовані та стандартизовані сучасні вимоги до структури групового, видового та внутрішньовидового асортименту текстильних інтер'єрних полотен та виробів, їх естетичних, механічних, фізичних і екологічних властивостей, методів оцінювання і контролю надійності в експлуатації, гігієнічності та екологічної безпечності.

Найбільш актуальним є створення серії оновлених і більш досконалих спеціалізованих вітчизняних стандартів, що стосуються визначення основних термінів і положень, номенклатури показників якості, нормативів показників якості та екологічної безпечності, а також критеріїв і методів оцінювання специфічних властивостей основних груп текстильних матеріалів і виробів інтер'єрного призначення. У відповідності з вимогами СОТ основні положення названих видів стандартів на інтер'єрний текстиль повинні бути гармонізовані з вимогами відповідних видів зарубіжних стандартів [1,2].

Мета статті

Розглянемо більш детально проблеми вдосконалення системи вітчизняної стандартизації інтер'єрного текстилю на прикладі килимів і килимових виробів машинного виробництва, що використовуються для покриття підлоги та стін. Вибір названого об'єкта досліджень мотивується тим, що саме дана група килимових виробів характеризується найбільш високою динамічністю розвитку ринку, розширенням і оновленням асортименту та оптимізацією властивостей [3-5].

Виклад основного матеріалу

Вимоги до сучасного асортименту, властивостей, рівня якості та екологічної безпечності килимів і килимових виробів машинного виробництва згруповані в наступних нормативних документах.

- ДСТУ 2199-93 Килими та килимові вироби. Терміни та визначення;
- ДСТУ1982-97 Килими і килимові вироби українські. Загальні технічні умови;
- ГОСТ 28415-89 Покриття та вироби килимові ткані машинного виробництва. Загальні технічні умови;
- ГОСТ 28867-90 Покриття і вироби килимові неткані машинного виробництва. Загальні технічні умови;
- ДСТУ 4239:2003 Матеріали та вироби текстильні і шкіряні побутового призначення. Основні гігієнічні вимоги.

Аналіз названих нормативних документів дозволяє зробити наступні узагальнюючі висновки:

- сформульовані в названих нормативних документах загальні технічні вимоги до структури асортименту і основних механічних, естетичних, гігієнічних і екологічних властивостей килимів і килимових виробів машинного виробництва ще суттєво відстають від потреб вітчизняного ринку і вимагають певної переорієнтації і сучасного товарознавчого трактування;
- враховуючи динамізм розвитку асортименту інтер'єрного текстилю і постійно зростаючі вимоги до його властивостей і рівня якості, включаючи асортимент і якість килимів і килимових виробів машинного виробництва, систематичного оновлення, доповнення і скорочення термінів перевидання вимагає також їх нормативна документація (особливо гострота цієї проблеми зросла після вступу України до СОТ, коли текстильні матеріали і вироби інтер'єрного призначення поступають на зарубіжний ринок).

Конкретизуємо шляхи подальшого вдосконалення вітчизняної системи нормативної документації на прикладі окремих видів діючих ДСТУ і ГОСТ, що стосуються вимог до асортименту і якості килимів і килимових виробів машинного виробництва. Візьмемо для прикладу ДСТУ 1982-97. В даному стандарті, на жаль, відсутні еколого-гігієнічні вимоги до сировини, технології виробництва і асортименту килимів і килимових виробів інтер'єрного призначення. Окрім цього, бажано було би ввести в даний стандарт вимоги до біостійкості килимів і килимових виробів з натуральних волокон, оскільки одним із вагомих чинників зношування, наприклад, вовняних килимів і виробів в процесі їх експлуатації є кератиноруйнуючі мікроорганізми, а відсутність в цих виробах патогенних мікроорганізмів також повинна бути гарантована. Тим більше, що критерії оцінювання біостійкості текстильних матеріалів, як показали дослідження [6], можуть успішно використовуватись і для одночасного оцінювання їх екологічної безпечності. Тому використання таких комплексних критеріїв для одночасного оцінювання екологічної безпечності і біостійкості килимових покрить для підлоги і стін є доцільним та виправданим.

З іншого боку, оскільки підлогові килимові покриття зношуються, як правило, шляхом руйнування їх витиранням, то і цей показник безперечно повинен нормуватись в даному стандарті, а не тільки показник розривального навантаження.

Деякі з названих недоліків містяться і в ГОСТ 28415-89, в якому регламентовані технічні вимоги до килимових покрить для підлоги і стін тканого машинного виробництва. І в даному стандарті відсутні вимоги до біостійкості цих покрить (особливо стосовно патогенних видів мікроорганізмів). Окрім цього, сама процедура суб'єктивного візуального оцінювання стійкості їх забарвлення і його нормування в балах при наявності доступних об'єктивних сучасних колориметричних методів вже явно застаріла і, на нашу думку, вимагає безвідкладного перегляду. До того ж даний стандарт вже більше 20-ти років не переглядався.

Це в повній мірі стосується і ГОСТ 28867-90, в якому нормуються загальні технічні вимоги до килимових жакардових покрить для підлоги і стін, виготовлених нетканим і трикотажним способами.

У порівнянні з розглянутими видами стандартів більш досконалим і науково обґрунтованим, на нашу думку, слід вважати ДСТУ4239:2004. По-перше, в цьому стандарті вперше в системі стандартизації вітчизняних текстильних матеріалів сформульовані та обґрунтовані основні гігієнічні (більш вдало було би назвати еколого-гігієнічні) вимоги до текстильних і шкіряних матеріалів і виробів різного цільового призначення (одягового та інтер'єрного). По-друге, еколого-гігієнічні вимоги до текстильних матеріалів і виробів різного побутового призначення в даному стандарті гармонізовані з вимогами екологічного міжнародного стандарту Екотекстиль-100 [7]. По-третє, даний стандарт

базується на фундаментальній науковій основі і охоплює еколого-гігієнічні вимоги до широкого асортименту текстильних і шкіряних матеріалів і виробів різного цільового призначення.

Представляється доцільним дати більш детальний аналіз і оцінку еколого-гігієнічних вимог до інтер'єрного текстилю на прикладі килимів і килимових виробів машинного виробництва, які використовуються для покриття підлоги та оздоблення стін (табл.1).

Як видно з даних табл.1, в еколого-гігієнічних вимогах до килимів і килимових виробів для покриття підлоги та стін основний акцент зроблено на виявлення в них залишків шкідливих для людини канцерогенів, формальдегіду, пестицидів, важких металів і інших речовин. При цьому кількість екстрактивних важких металів (As, Pb, Cd, Cr, Hg, Co, Cu, Ni) нормується тільки для виробів і матеріалів з натуральних волокон (вовни, бавовни, льону та інших). Окрім того, в килимових покриттях для підлоги вміст пентахлорфенолу визначається тільки у ворсових вовновмісних матеріалах.

Таблиця 1

Гігієнічні вимоги до килимів і килимових виробів машинного виробництва для покриття підлоги та стін

Назва гігієнічного показника, одиниця вимірювання	Допустимий рівень гігієнічного показника для килимів і килимових виробів	
	для покриття підлоги	для покриття стін
1. Величина pH для продукції з:		
1.1. Вовни, шовку	4,0 -7,5	4,0-7,5
1.2. Іншої сировини	4,8-7,5	4,8-7,5
2. Вміст формальдегіду		
2.1. Вільного і здатного частково виділятися, мкг/г, не більше ніж:	300	300
2.2. Емісія формальдегіду, мг/м^3, не більше ніж:	0,1	—
3. Залишки важких металів, що здатні до екстрагування, мкг/г, не більше ніж:		
миш'як (As)	1,0	1,0
свинець (Pb)	1,0	1,0
кадмій (Cd)	0,1	0,1
хром (Cr)	2,0	2,0
ртуть (Hg)	0,02	0,02
кобальт (Co)	4,0	4,0
мідь (Cu)	50,0	50,0
нікель (Ni)	4,0	4,0
4. Вміст пестицидів, мкг/г, не більше ніж:		
ДДТ, ДДД, ДДЕ	1,0	1,0
НСН (без ліндена)	0,5	0,5
алдрин	0,2	0,2
дилдрин	0,2	0,2
лінден	1,0	1,0
токсафен	0,5	0,5
гептахлор, епоксид	0,5	0,5
2,4-Д	0,1	0,1
2, 4, 5-Т	0,05	0,05
Всього	1,0	1,0
5. Вміст пентахлорфенолу, мкг/г, не більше ніж:	0,5	0,5
6. Вміст азобарвників МАК класів III А1 і III А2; вміст хлорорганічних носіїв, мкг/г	не дозволено	не дозволено
8. Стійкість пофарбування, бал, не менше, до:		

води	3	3
сухого тертя	4	4
мокрого тертя	2-3	2-3
9. Наявність запаху (одор-тест) за шкалою оцінок	3	1
10. Емісія випаровувальних компонентів, мг/м^3, не більше ніж:		
толуол	0,3	—
стирол	0,1	—
вінілциклогексан	0,05	—
4-фенілциклогексан	0,1	—
бутадієн	0,002	—
вінілхлорид	0,002	—
ароматичний вуглеводень	1,0	—
леткі органічні сполуки	5,0	—

Примітки:

1. Знак (-) в графах означає, що для цього виду продукції показник не визначають.

2. Азобарвники: МАК класу III А1 — особливо небезпечні для здоров'я людини речовини: МАК класу III А2 — небезпечні канцерогенні речовини.

3. Інтенсивність запаху визначається за шкалою оцінок: 1- без запаху; 2- слабкий запах; 3- стерпний запах; 4- подразний запах; 5- нестерпний запах.

Не дивлячись на відзначені вище переваги ДСТУ 4239:2004 над іншими видами нормативних документів, в яких регламентуються вимоги до асортименту, властивостей і рівня якості килимових покрить для підлоги та стін, і цей стандарт, на нашу думку, вимагає деяких доповнень, уточнень, а головне товарознавчого трактування деяких положень. Назвемо основні з них:

– враховуючи специфіку умов експлуатації килимів і килимових виробів для покриття підлоги і стін, в розрізі особливостей їх волокнистого складу, будови та способів спеціального оброблення (вогнезахисного, брудовідштовхувального, водоопірного, біостійкого та інших) в ДСТУ 4239:2004 обов’язково слід внести норми і критерії оцінювання таких важливих для даних матеріалів і виробів властивостей, як здатність до горіння, забруднення, водопоглинання;

– ввести в даний стандарт перелік екокритеріїв і норм, що стосуються біостійкості даної групи матеріалів і виробів (особливо для оцінювання наявності на них патогенних, целюлозоруйнуючих і кератиноруйнуючих мікроорганізмів);

– гармонізувати норми екологічної безпечності, гігієнічності, естетичного оформлення та зносостійкості з врахуванням потенційних ресурсів окремих їх компонентів (волокнистої основи, барвників, апретів та інших).

Окрім цього, представляється доцільним в ДСТУ 4239:2004 окремим пунктом підкреслити можливість надання зацікавленим підприємствам і організаціям права екомаркування текстильних матеріалів і виробів інтер’єрного призначення за позитивними результатами перевірки їх відповідності еколого-гігієнічним вимогам даного стандарту.

Як і в міжнародному екологічному стандарті Екотекстиль-100, в ДСТУ 4239:2004 необхідно вказати перелік і адреси акредитованих вітчизняних лабораторій, які мають право оцінювати відповідність текстильних матеріалів і виробів інтер’єрного призначення вимогам даного стандарту, а також надання права їх екомаркування.

Висновки

1. Проведений критичний аналіз існуючих нормативних документів, що стосуються асортименту, властивостей і рівня якості килимів і килимових виробів машинного виробництва для покриття підлоги і стін, дозволив виявити ряд їх суттєвих недоліків і на-

мітити шляхи подальшого їх вдосконалення.

2. Вважаємо доцільним ввести додатково в ДСТУ 4239:2004 ряд доповнень, що стосується забезпечення стійкості названої групи матеріалів і виробів до горіння, забруднення, біодеструкції.

3. Вважати можливим використання загальноприйнятих критеріїв оцінки біостійкості текстильних матеріалів для одночасного оцінювання рівня екологічної безпечності текстильних матеріалів і виробів інтер'єрного призначення.

Список літературних джерел

1. Oko-Tex Standard 107 Textile floor covering (Текстильні покриви для підлог).

2. Oko-Tex Standard 108 Textile wall covering (Текстильні покриви для стін).

3. Фомин Б.М. Состояние и перспективы развития российского рынка продукции текстильной и легкой промышлености /Б.М. Фомин //Текстильная промышленность. – 2008. – № 3. – С. 14-17.

4. Фомченкова Л.И. Домашний текстиль на отечественном рынке /Л.И. Фомченкова //Текстильная промышленность. – 2008. – № 3. – С. 46-51.

5. Молодцова Н. Декоративный домашний текстиль //Текстильная промышленность. – 2008. – № 6. – С. 22-24.

6. Галик І.С., Семак Б.Д. Надання біостійкості текстильним матеріалам шляхом їх поверхневої модифікації силіконами /Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Товарознавство і торговельне підприємництво: фахова професіоналізація, дослідження, інновації», Київ, КНТЕУ, 2009. – С. 205-207.

7. Галик І.С. Екологічна безпека та біостійкість текстильних матеріалів /Галик І.С., Концевич О.Б., Семак Б.Д. – Львів.: Видавництво ЛКА, 2006. – 232 с.

УДК 677.1/5-052

А.М. Яковенко, асистент
О.М. Соболь, асистент
І.О. Дудла, д-р техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ПОКРАЩЕННЯ СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОВНЯНИХ ТКАНИН ПРИ ВИКОРИСТАННІ У ЗМІСКУ ХІМІЧНИХ ВОЛОКОН

Досліджено властивості хімічних волокон, які широко використовуються при виготовленні вовняних тканин костюмного та пальтового призначення, а також проаналізовано вплив характеристик цих волокон на споживні властивості готових тканин.

Постановка проблеми

Частковий вміст хімічних волокон, які застосовуються у суміші з вовною, має великий вплив на хід технологічного процесу, а також на властивості пряжі і тканини. Однак позитивний вплив хімічних волокон позначається тільки при певному введенні їх до складу сумішей з вовною, коли поліпшуються не тільки показники товщини і довжини волокон суміші, а й інші найважливіші властивості пряжі і виробів з неї, такі як стійкість до багаторазових деформацій, зносостійкість, незминальність та інші. Деякі види хімічних волокон, що змішуються з вовною навіть у невеликих кількостях, вносять істотні зміни у фізико-механічні та гігієнічні властивості виробів. Інші ж роблять помітний вплив тільки при введенні їх в суміш у великій кількості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав [1], що проблеми використання хімічних волокон при виготовленні вовняних тканин костюмного та пальтового призначення досліджено недостатньо. Це особливо стосується якості нових тканин та їхніх споживних властивостей, які відіграють першочергову роль для споживачів.

Мета статті

Завданням роботи є дослідження складу, параметрів структури та споживних властивостей нових вовняних тканин костюмного та пальтового призначення, які виробляються на камвольно-суконному комбінаті «Чексіл».

Виклад основного матеріалу

У процесі виробництва виробів з вовни та їх експлуатації волокна піддаються значній дії різних сил: розтягуванню, вигину, скручуванню, стисненню.

В разі розтягування велике значення має подовження волокон, яке, виникаючи під дією навантаження в процесах механічної обробки, оберігає волокна від зайвої обривності. Завдяки подовженню волокна менше пошкоджуються, що веде до отримання більш міцної і рівномірної пряжі. Розривне подовження волокон, що показує збільшення довжини волокна (% до початкової довжині) під дією розривного навантаження, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Подовження волокон в сухому та мокрому стані

Волокно	Подовження, %	
	В сухому стані	В мокрому стані
Вовна	35-40	До 50
Віскозне	18-22	19-26
Мідноаміачне	10-16	16-22
Триацетатне	20	30-35
Білкове	30-50	80-100
Капрон	90-95	105
Поліефірне (лавсан)	50-55	50-55
Поліакрилонітрильне	30-40	30-45
Поліпропіленове	До 40	До 40
Полівінілспиртове	17-25	25-30

Дані таблиці 1 свідчать про те, що значення подовження віскозного волокна і капрону не відповідає значенню подовження вовни. Ближчими до подовження вовни є показники подовження лавсану і нітрону. Слід зробити висновок, що через невідповідність подовження віскозного волокна і капрону з подовженням вовни використання даних волокон ускладнює процес переробки і знижує якість пряжі і тканин.

Одним з найважливіших показників є стійкість волокон до стирання. Без урахування цього показника не можна отримати високоякісні тканини та вироби з них. По відношенню до вовни дослідники [2] наводять такі дані по стійкості до зношування: вовна – 100 %, нейлон – 500 %, віскозне волокно – 30 %, ацетатне – 25 %.

Здатність текстильних тканин і виробів зберігати в процесі носіння стійку поверхню без зморшок і складок є не менш важливим якісним показником. Зминальність характеризує властивість тканини зберігати сліди зморшок і складок після усунення механічних зусиль, під дією яких вони виникли. Здатність чинити опір зминанню характеризує властивість тканини до пружно-еластичного відновлення до первинної форми після зняття зусиль. У деяких тканин це відновлення відбувається швидко, в інших − більш повільно, з поступовим зникненням складок, що утворилися. Ступінь зминальності тканини залежить від природи волокна та її структури (розташування ниток і їх взаємної пов'язаності). Тканинами, що мають найбільшу зминальність з тих, що виробляються у вовняній промисловості, є тканини, що містять бавовняну пряжу, льон і віскозне волокно. Зминальність тканин значно знижується при введенні в суміш синтетичних волокон. Збільшуючи або зменшуючи частковий вміст у суміші синтетичних волокон, можна надавати тканинам, що містять віскозне волокно, різну ступінь зминальності [2].

Як показав аналіз останніх літературних джерел та власні дослідження [1], для вовняних тканин костюмного та пальтового призначення, вироблених з високоеластичним лавсановим волокном, характерна висока стійкість до зминання. Стійкість до зминання тканин з лавсаном у повітряно-сухому стані приблизно така ж сама, як чистововняних, а у вологому − трохи вище. Лавсанове і капронове волокна додають вовняним тканинам деякі негативні властивості: знижують гігроскопічність, в процесі експлуатації тканин з'являється блиск і прискорюється забруднюваність, утворюється пілінг. Деякі недоліки цих тканин можуть бути частково усунуті шляхом підбору раціональної структури, введенням віскозного волокна і нанесенням спеціальних просочень. Синтетичне волокно нітрону також застосовують при виробленні напіввовняних тканин. Це волокно характеризується такими цінними властивостями, як мала питома вага, винятково висока стійкість до світлопогоди, пружність, легкість очищення та ін Волокно нітрону можна використовувати в тканинах різноманітного асортименту, оскільки воно

має значну об'ємність. При додаванні синтетичних волокон міцність пряжі зростає, внаслідок чого дещо збільшується термін служби виробів з цих тканин. Однак додавання у вовняні суміші більше 60% синтетичних волокон лавсану і нітрону недоцільно, тому що деякі експлуатаційні властивості таких тканин погіршуються порівняно з чистововняними: знижуються опір стиранню, гігроскопічність і теплозахисні властивості, збільшуються зминальність (особливо для нітрону) і повітропроникність, підвищується жорсткість [1].

По мірі збільшення часткового вмісту деяких видів синтетичних волокон в суміші, особливо поліефірних, спостерігається збільшення пілінгу.

В умовах лабораторії нами була досліджена низка показників вовняних тканин костюмного та пальтового призначення з різним вмістом хімічних волокон.

Таблиця 2

Зразки камвольних костюмних тканин, що були досліджені

Назва тканини, склад	Стійкість до стирання по площині, циклів	Подовження, мм		Коефіцієнт зминальності		Жорсткість при згині мкНсм2	
		основа	уток	основа	уток	основа	уток
Фрагмент 100 % W	5287	23	26	0,09	0,08	1598,95	1057,95
Ніколас 45 W, 55 PE	6481	48	40	0,13	0,11	1086,51	1306,73
Монако 25 W, 54 PE, 15 VS, 6 Lin	3783	50	35	0,18	0,68	824,39	831,02
Бенгалін 45 W, 54 PE, 1Lycra	5429	39	57	0,2	0,1	1119,14	928,27
Турин 50 W, 48 PE, 2 Lycra	8301	33	55	0,13	0,09	1351,85	911,69
Девід 45 W, 53 PE, 2Lycra	6792	33	49	0,06	0,04	1144,98	964,73

З таблиці 2 видно, що найбільшою стійкістю до стирання володіють напіввовняні тканини костюмного призначення, що містять в своєму складі поліефірні волокна та лайкру.

Коефіцієнт зминальності вищий в зразку напіввовняної тканини, в складі якої є волокна віскози та льону. В тих зразках, де містяться тільки волокна лавсана та лайкри, показник зминальності найменший.

Таблиця 3

Зразки вовняних тканин пальтового призначення, що були досліджені

Назва тканини, склад	Стійкість до стирання по площині, циклів	Розривне подовження, мм		Жорсткість при згині мкНсм2		Коефіцієнт зминальності	
		основа	уток	основа	уток	основа	уток
Зарина 50W50хім.вол. (PE, PA)	7252	69	52	11395,39	2924,27	0,42	0,14
Моніка 78W22PA	6577	43	44	7765,41	7881,09	0,38	0,46
Руслана 78W22хім. вол.(PE, PA)	7100	42	43	15885,75	37441,68	0,6	0,58
Емма 80W20 PA	7671	43	45	31864,61	9651,07	0,33	0,18
Віола 70W30 хім. вол.(PE, PA)	8062	67	48	26847,5	7197,50	0,28	0,28

Як видно з таблиці 3, зі збільшенням вмісту у вовняних тканинах пальтового призначення таких хімічних волокон, як поліефірне та поліамідне поступово знижуються такі показники як жорсткість при згині та коефіцієнт зминальності.

Для вироблення вовняних тканин широко застосовують волокно лавсан. Властивості такої змішаної пряжі і тканини змінюються в залежності від співвідношення компонентів суміші. Найбільш новим видом волокна, що використовується при виготовленні сучасних видів костюмних вовняних тканин, є лайкра. Це − еластичне синтетичне волокно, яке має здатність витримувати семиразове розтягування і негайно повертатися до вихідного стану. Сумішеві тканини з добавкою лайкри мають підвищену еластичність, формостійкість і комфортність. При введенні невеликої кількості волокон лайкри (до 2 %) у суміші костюмних вовняних тканин значно поліпшуються показники стійкості до стирання (до 64 %), пілінгоутворення, а також показник лінійного подовження (на 70 % по основі, на 47 % по утоку).

Усадка тканин різко зменшується при введенні в суміш з вовною і віскозним волокном лавсану і нітрону. Шляхом регулювання складу сумішей можна домогтися випуску практично безусадкових тканин. Змінюючи частку вмісту вовни і хімічних волокон в суміші, можна регулювати такі властивості тканин і виробів з них як гриф, гігроскопічність, теплопровідність, світлостійкість та інші. Гігроскопічність синтетичних волокон значно нижче, ніж вовни, тому при збільшенні частки синтетичних волокон в змісках вовни вологість тканин зменшується. Значне зменшення вмісту вологи у вовняних тканинах по мірі збільшення синтетичних волокон є істотним недоліком цих тканин. Внаслідок недостатньої гігроскопічності і щільної структури синтетичних волокон тканини, вироблені з цими волокнами, не фарбуються звичайними способами, а вироби з них є дискомфортними під час експлуатації через недостатній теплообмін та низьку паропроникність. Для того щоб вовняні тканини з хімічними волокнами відповідали гігієнічним вимогам, в змісках повинно бути не більше 50% - цих волокон, і тканина повинна мати структуру, що забезпечує гарну вентиляцію підодягового шару, необхідну паро проникність. Дані, що характеризують гігроскопичність вовни і хімічних волокон, наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Вологість волокон

Волокно	Кількість вологи, %, при відносній вологості	
	65%	95%
Вовна	15-17	28
Віскозне і мідноаміачне	12-13	27-30
Ацетатне	6-8	20
Казеїнове	13	25
Поліамідне	3,2-4	6
Поліефірне	0,4-0,5	0,8-1,0
Поліакрилонітрильне	0,9	1,0
Хлорин	–	0,1
Полівінілспиртове	5-6	–

Змішування синтетичних волокон з вовною, що володіє високою гігроскопічністю, в кілька разів підвищує гігієнічні властивості виробів. Так, вологовміст суміші волокон вовни та нітрону (по 50 %) складає 9 %, у той час як вологовміст нітрону близький до нуля. За спостереженнями, міцність волокон знижується на 50 % від початкової при висвітленні їх прямим сонячним світлом протягом наступної кількості годин: вовна − 1120, віскозне волокно − 900, натуральний шовк − 200. Поліамідні волокна мають світлостійкість, близьку до світлостійкості натурального шовку. Низькою стійкістю до світлопогоди володіють поліпропіленові волокна, що є їх недоліком. Після тримісячного терміну випробування світлопогодою тканини з поліпропілену повністю руйнуються. Винятковою стійкістю до світлопогоди володіє волокно нітрону. Після впливу світла протягом року всі штучні і синтетичні волокна втратили міцність майже повністю, міцність нітрону знизилася лише на 20 %. Нітрон є кращим видом сировини для виготовлення виробів, що піддаються тривалому впливу світла і погоди. В суміші з вовною і нітроном недолік поліпропіленових і поліамідних волокон − низька світлостійкість − значно зменшується. Нітрон і вовняні волокна певною мірою оберігають поліамідні і поліпропіленові волокна від шкідливого для них дії світла.

Таким чином, застосування хімічних волокон різного часткового вмісту в суміші з вовною додає нові позитивні властивості тканинам, що виробляються, і дозволяє розвивати виробництво недорогих тканин, вироби з яких мають гарні експлуатаційні властивості.

Висновки з даного дослідження

Як видно з проведених досліджень, проблеми використання хімічних волокон при виробництві вовняних тканин є невідкладними, адже сировинний склад тканини забезпечує якість готових виробів та впливає на їхні споживні властивості.

Список літературних джерел

1. http://www.fabrics-manufacturers.com
2. Гусев В.Е. Химические волокна и их использование в шерстяной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1988. – 108 с.

УДК 677. 027

І.О. Дудла, д-р техн. наук
О.Б. Хребтань, ст. викладач

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПАЛЬТОВИХ ВОВНЯНИХ ТКАНИН ЗІ СПЕЦІАЛЬНОЮ ОБРОБКОЮ

Досліджуються екологічна безпека вовняних пальтових тканин зі спеціальною обробкою. Визначена безпека гігієнічних показників якості пальтових вовняних тканин зі спеціальною обробкою, зроблені висновки щодо безпеки цих тканин.

Постановка проблеми

Сьогодні в Україні виникла необхідність у розгляді екологічної безпеки товарів як одного з основних показників їх якості. Стан екології в нашій країні значно погіршився в результаті подій на Чорнобильській АЕС, збільшились обсяги промислових та транспортних забруднень, тощо.

Отже, стає очевидною актуальність проведення наукових досліджень щодо екологічної безпеки товарів, особливо тих, які безпосередньо контактують з людиною (білизна, одяг, взуття, посуд, тощо).

В ДСТУ 4239:2003 [1], який повністю відповідає міжнародним стандартам «Oko-Tex Standart 100- Oko-Tex Standart 116» в частині показників екологічної безпеки текстильних та шкіряних матеріалів і виробів побутового призначення, регламентується допустимий рівень шкідливих речовин у матеріалах для виробництва побутових товарів із текстилю та шкіри та у готових виробах побутового призначення.

Сьогодні в інформації для споживача – на товарних ярликах, пам’ятках, тощо, необхідно, крім обов’язкових стандартних даних про текстильний виріб (волокнистий склад, призначення, стійкість пофарбування і т.д.) додавати інформацію про екологічний рівень безпеки сировинних матеріалів, барвників, компонентів обробок, тощо.

Сучасний ринок потребує дати можливість споживачеві зробити вибір між текстильними товарами з достатньою інформацією на їхньому маркуванні, або з обмеженою інформацією. Також необхідно підвищувати культуру споживання, однією з найважливіших складових якої є товарна інформація на маркуванні виробів.

До готової текстильної продукції сьогодні, зокрема, тканин для одягу, висуваються досить жорсткі екологічні вимоги. Вони сформульовані в Міжнародному стандарті «ЕКО – ТЕКС» – 100.

Стандарт «ЕКО-ТЕКС»-100 містить вимоги до показників безпеки текстильних матеріалів, а саме: норми вмісту хімічних речовин (текстильно-допоміжних, обробних, тощо); вимоги до барвників; pH водних витяжок, тощо.

Вимоги до текстильних матеріалів за стандартом «ЕКО-ТЕКС»-100 представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Екологічні вимоги до деяких видів текстильних товарів за „ЕКО – ТЕКС" – 100

Види текстильних товарів	pH		Вміст формальдегіду в текстильному матеріалі, ppm	Остаточна концентрація важких металів, ppm									Вміст пестицидів, ppm ДДТ, ДДД, ДДЭ, НСН - похідні						Вміст пентахлорфенолу, ppm	Вміст барвників групи МАК 111А1 и МАК 111А2	Вміст хлорованих органічних речовин
	Вовна, шовк	Інші волокна		As	Pb	Cd	Cr (III)	Cr (IV)	CO	Cu	Ni	Mg	линдан	альдрин	дильдрин	токсафен	2,4-Д	2,4,5-Т			
Тканини та гардини	4,8-7,5	4,8-7,5	300	1,0	1,0	0,1	2,0	Нижче межі, що визначається	4,0	50,0	4,0	0,02	1,0	0,0	0,2	0,5	0,1	0,05	0,5	Нижче визначеної межі	Нижче визначеної межі
Одяг	4,8-7,5	4,8-7,5	300/* 7,5	–/ 1,0	–/ 1,0	–/ 1,0	2,0	– // –	4,0	150/ 50	4,0	–/ 0,02	1,0	0,2	0,2	0,5	0,1	0,05	0,5	– // –	– // –
Текстиль для домашнього вжитку	4,8-7,5	4,8-7,5	300/ 70/ 20	1,0/ 0,2	1,0/ 0,2	0,1	2,0/ 1,0	– // –	4,0/ 1,0	50,0/ 5,0	4,0/ 1,0	0,02	1,0/ 0,5	0,2/ 1,0	0,2/ 1,0	0,5	0,1	0,05	0,5/ 0,05	– // –	– // –

**Примітка: через риску записані значення показників для текстильних матеріалів різного призначення: 300 – загального користування; 70 – спеціальні; 20 – дитячі. Показники, записані у вигляді –/1,0 – не визначаються для певної групи текстильних матеріалів. Барвники групи МАК – містять в своєму складі похідні ароматичних речовин.*

Проведені опитування споживачів верхнього одягу (пальт, напівпальт та інш.), які купували пальтові вовняні тканини в роздрібних торгівельних підприємствах м. Чернігова, показали, що покупці приділяють значну увагу екологічній безпеці тканин для одягу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Екологічну безпеку пальтових тканин складають, насамперед, два показника:

- екологічна безпека сировини для виробництва цих тканин (вовна, штучні нитки та пряжа);
- екологічна безпека барвників та текстильно-допоміжних речовин.

Вовна, як природне волокно, є нешкідливою для людини та оточуючого середовища. Волокна вовни створюють сприятливий для людини мікроклімат, «дихають», вбирають потовиділення, легко поглинають вологу. Отже, необхідно зберегти унікальні природні властивості вовняного волокна для верхнього одягу. Це можливо при застосуванні нових сучасних комплексних обробок.

Одним з напрямків впровадження екотехнологій у технологічний процес обробного виробництва тканин є використання комплексних обробок. Ці обробки надають текстильним матеріалам комплекс споживних властивостей, які дуже важливі для покупців, особливо в процесі експлуатації. В наукових дослідженнях сучасних вчених [2] було досліджено взаємозв'язок між властивостями тканин та обробками, які сприяють закріпленню цих властивостей (рис. 1).

Можна виділити основні сучасні напрямки спеціальної обробки вовняних пальтових тканин, які спроможні забезпечити високу якість та конкурентоспроможність цих тканин:

- удосконалення використання спеціальних обробок на різних видах пальтових тканин;
- використання ферментних препаратів для вовняних волокон-ензимів;
- збереження функціональних властивостей вовняних пальтових тканин шляхом використання брудовідштовхуючих обробок на основі фторвуглецевих речовин. Така обробка забезпечує подовжений захист тканин від опадів: снігу, дощу, різних видів забруднення;
- використання алкілсиликонатів та алкілсиланолятів для високоякісної та міцної водовідштовхуючої обробки, забезпечить також екологічну та хімічну нешкідливість цих обробок.

Погіршення екологічного стану навколишнього середовища дає підставу приділяти особливу увагу заключним обробкам пальтових вовняних тканин. Екологічні та кліматичні умови життя в Україні є об'єктивною причиною для покращення споживних властивостей тканин для верхнього одягу.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Метою статті є проаналізувати результати дослідження екологічних показників безпеки пальтових вовняних тканин зі спеціальною обробкою, вироблених на ЗАТ «КСК «ЧЕКСІЛ». Зокрема, досліджені гігієнічні показники якості цих тканин, які виявилися для споживачів (в процесі опитування) одними з найважливіших.

Рис. 1. Взаємозв'язок споживних властивостей тканин та спеціальних обробок цих тканин

Як бачимо з рис. 1, всі види заключної обробки текстильних матеріалів можна розділити на 3 наступні категорії:

1. Обробки, які захищають текстильні матеріали від деструкції, що виникає під час їх виробництва та експлуатації: малоусадкова, антипілінгова, вогнезахисна, біостійка, антимолева, малозминальна.

2. Обробки, які надають текстильним матеріалам споживні властивості, яких вони не мають або ті, які виявляються в незначному ступені: пом'якшуюча, водовідштовхувальна, водоопірна, брудостійка, антистатична, різні види апретування.

3. Обробки, які надають текстильним матеріалам нові, не притаманні їм споживні властивості: специфічні (імітація інших матеріалів та поверхонь), біоактивні, медичні.

Під час підготовки вовни до прядіння, в процесі фарбування, різних етапів обробки вовняної тканини відбувається застосування різних за хімічною дією речовин та сполук цих речовин. Тому необхідно забезпечити додержання допустимих за екологічними вимогами норм застосування хімічних речовин в обробному та фарбувальному процесах.

В залежності від призначення і сезонності до тканин зимового та демісезонного асортименту висувають велику кількість вимог, орієнтована рангова значимість яких наведена в таблиці 2 [3].

Таблиця 2

Оцінка значимості споживних властивостей пальтових тканин зимового та демісезонного призначення

Призначення тканин	Вид тканин	Сезонність	Оцінка важливості властивостей тканин			
			Гігієнічні	Зносостійкість	Технологічні	Естетичні
Пальтові тканини	Жіночі	Зимові та демісезонні	1*	2	1	3
	Для дівчат		1	4	2	3
	Чоловічі		1	1	2	3
	Для юнаків та школярів		1	3	2	5
	Для дітей		1	5	3	4

*Примітка 1 бал – оцінка найбільш важливої групи споживних властивостей, 5 – оцінка найменш важливої групи споживних властивостей пальтових тканин за оцінкою споживачів

З таблиці 2 видно, що однією з найважливіших груп споживних властивостей, що висуваються до пальтових тканин, є група гігієнічних властивостей.

Пальтові тканини повинні захищати організм людини від небажаного впливу зовнішнього середовища – низьких температур, вітру, снігу, дощу – шляхом створення мікроклімату. Разом з тим, пальтові тканини повинні забезпечувати комфортне та безпечне середовище у готовому одяговому виробі.

Виклад основного матеріалу дослідження

Нами були проведені дослідження екологічної безпеки пальтових вовняних тканин виробництва ЗАТ «КСК «ЧЕКСІЛ» (м. Чернігів) зі спеціальною комплексною обробкою.

Всі барвники та допоміжні речовини, які використовувалися в процесі виробництва дослідних пальтових тканин, обов'язково мали документи, які підтверджували їх екологічну безпеку: паспорти безпеки, гігієнічні висновки та інші.

Дослідження гігієнічних показників якості сімох зразків вовняних пальтових тканин виробництва ЗАТ «КСК «ЧЕКСІЛ», які були проведені в Інституті екогігієни і

токсикології ім. Л.І. Медведя (м. Київ), показали, що надані зразки тканин відповідають вимогам діючих стандартів за гігієнічними показниками, про що свідчать результати досліджень, зведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати перевірки екологічної безпеки зразків пальтових вовняних тканин виробництва ЗАТ «КСК «ЧЕКСІЛ»

Назва показника	Фактичне значення, мг/л	Гігієнічні нормативи, мг/л
Формальдегід	0,04	0,05
Гексаметилендіамін	Не виявлено	0,01
Капролактам	0,045	1,0
Пропиловий спирт	Не виявлено	0,25
Ізопропиловий спирт	Не виявлено	0,25
Бутиловий спирт	Не виявлено	0,1
Ізобутиловий спирт	Не виявлено	0,15
Бензол	Не виявлено	0,5
Толуол	Не виявлено	0,5
Ксилол	Не виявлено	0,05
Ацетон	Не виявлено	2,2

Так, вміст формальдегіду (CH_2O) та капролактаму ($– CH_2 – CH_2 – C = O -$) виявився значно нижче нормативних показників. Інші шкідливі, токсичні речовини не були виявлені в результаті дослідження пальтових вовняних тканин.

Отже, за результатами дослідження екологічної безпеки пальтових тканин було встановлено, що рівень їх екобезпеки є допустимим за вимогами діючих в Україні нормативних документів, що підтверджує також і безпеку барвників та обробних речовин, які застосовувалися при виробництві цих тканин.

Висновки з даного дослідження

- дослідні пальтові вовняні тканини зі спеціальною обробкою мали високі показники екологічної безпеки;
- вміст формальдегіду та капролактаму в цих тканинах виявився нижчим за нормативні показники ДСТУ 4239:2003;
- вважаємо за потрібне ввести у маркування текстильних товарів відомості про екобезпеку з вказанням фактичного значення показників безпеки сировини, барвників та обробних речовин, які застосовувалися в цих товарах.

Список літературних джерел

1. ДСТУ 4239:2003 «Матеріали та вироби текстильні і шкіряні побутового призначення. Основні гігієнічні вимоги».

2. Семак Б.Д., Поліщук М.І., Ксенжук М.І. Сучасні технології заключної обробки текстильних матеріалів, що забезпечують їх конкурентоздатність //Легка промисловість. – 2003, № 1. – С. 56-57.

3. Пожидаев Н.Н. Материалы для одежды. – М., «Легкая индустрия», 1975.– 120 с.

УДК 685.34

М.С. Беднарчук, канд. техн. наук

Львівська комерційна академія, м. Львів, Україна

БАЗОВІ ЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПІДОШВИ ОСІННЬО-ЗИМОВОГО ВЗУТТЯ ДЛЯ МОЛОДІ

Обґрунтована необхідність та наведені результати досліджень по встановленню базових (нормативних) значень показників якості матеріалів для підошви осінньо-зимового взуття для молоді. Ці базові значення необхідно використовувати при виборі реальних шкір.

Постановка проблеми

В умовах функціонування ринку взуття в рамках СОТ підвищуються вимоги до його якості та асортименту взуття і запроваджуються системи управління якістю. У системі формування якості взуття особливого значення набуває науково-обґрунтований підхід до вибору матеріалів для взуття конкретного призначення (віко-статевого, сезонного, соціального тощо).

Для досягнення максимальної ефективності виробництва та створення конкурентоспроможного на внутрішньому та зовнішньому ринках взуття, за сучасними уявленнями матеріалознавства, товарознавства та технології виготовлення взуття, особливо важливим є формування банків даних про вимоги як до вихідних матеріалів і конструкцій, так і до завершених виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Провідні вчені в галузі взуттєвих матеріалів та взуття оцінюють роботу з формування згаданих банків даних про вимоги як тривале і трудомістке, відповідальне та перспективне наукове дослідження з накопичення, систематизації, аналізу та опублікування даних публікацій у спеціальній літературі та дотичних сферах [1-7].

Формулювання вимог до взуття починається на стадії проектування виробу. В цей час зразу ж постає проблема вибору таких вихідних матеріалів, які б максимально відповідали конкретним умовам експлуатації. У свою чергу, майбутні умови експлуатації є основним фактором формування характеристик, якими повинні володіти вихідні матеріали. Таким чином, створення оптимального з точки зору задоволення потреб споживачів взуття – є формулювання вимог до вихідних матеріалів. Такі вимоги можуть бути подані як базові значення показників якості і використані при конфекціюванні матеріалів на взуття.

Варто наголосити, що сьогодні практично відсутні систематизовані вимоги до взуття конкретного призначення (віко-статевого, сезонного, соціального тощо), які би враховували особливості його виготовлення, умови експлуатації тощо. Зокрема, відсутні такі вимоги для взуття для молоді до матеріалів підошви.

Формування номенклатури даних про базові значення показників якості матеріалів для підошви взуття додатково ускладнюється ще і тим, що у чинному [2] і суміжних стандартах на ці матеріали не узагальнені показники якості за призначенням взуття. Часто проблемним є узгодження розмірності характеристик окремих властивостей.

Систематично переглядається (доповнюється, змінюється тощо) номенклатура та окремі вимоги до матеріалів для взуття, що вносить додаткові складності у формування банку даних про оптимальні вимоги до них

Особливих масштабів застосування, через членство національного ринку взуття у СОТ, набувають у виробництві вітчизняної продукції імпортні матеріали для підошви взуття. Друкована у спеціальній літературі інформація про ці матеріали є переважно їх рекламою, яка часто містить суперечливі (з погляду наукового аналізу) дані. Тому на-

ціональні виробники взуття повинні проводити додаткові лабораторні випробування з метою визначення необхідних для взуття конкретного призначення показників якості матеріалів для підошви взуття і встановлення базових значень цих показників. Якщо ж ці показники визначаються за відмінними методиками чи з застосуванням іншої бази приладів, то вітчизняному досліднику необхідно додатково проводити роботу з забезпечення таких характеристик, які можна порівнювати одну з одною (однакових одиниць вимірювання).

І нарешті, встановлення базових показників якості матеріалів для підошви взуття необхідне і тому, що практично будь-які нормативні документи мають термін використання, а тому не можуть миттєво врахувати ті зміни, які обумовлені передусім появою нових матеріалів для підошви взуття або модифікованих відомих матеріалів.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктами дослідження є сучасні матеріали для підошви взуття для осінньо-зимового сезону для молоді, а також показники окремих характеристик споживних властивостей цих матеріалів.

Мета статті

Метою роботи є встановлення базових значень показників якості матеріалів для підошви взуття, які необхідно використовувати при виборі реальних підошов молодіжного взуття для осінньо-зимового періоду, а також для вибору матеріалів для підошви взуття за комплексними оцінками диференціальним чи комплексним методами, а також для оцінювання конкурентоспроможності взуття.

Виклад основного матеріалу дослідження

Виходячи з потреб сучасного товарознавства [1], вченими кафедри товарознавства непродовольчих товарів Львівської комерційної академії у тісній співпраці з вченими кафедр конструювання і технологій виробів з шкіри та матеріалознавства і технології переробки текстильних волокон Київського національного університету технологій та дизайну протягом останніх років проводились системні дослідження з метою визначення базових значень показників якості натуральної, штучної та синтетичної шкіри для верху взуття і підкладки та синтетичних матеріалів для низу взуття осінньо-зимового сезону для молоді.

Зокрема, для визначення базових значень показників якості матеріалів для підошви молодіжного взуття для осінньо-зимового сезону були проаналізовані, зокрема, дані чинної нормативно-технічної документації на ці матеріали, зарубіжна інформація про матеріали для взуття, дані науково-дослідних інститутів і установ та інша наукова інформація [1-7]. Певні показники, які не входять у нормативну документацію на означені матеріали для взуття, визначались за стандартними методиками випробувань матеріалів.

Під час аналізу показників властивостей матеріалів встановлювався інтервал значень цих показників і визначались їх базові значення, відповідно до призначення матеріалу.

У табл.1 наведені результати досліджень з встановлення базових (нормативних) значень для підошви взуття, які необхідно використовувати при виборі реальних підошов молодіжного взуття для осінньо-зимового періоду. Ці базові значення також необхідно використовувати для вибору матеріалів для взуття за комплексними оцінками диференціальним чи комплексним методами.

Таблиця 1

Вимоги до матеріалів низу взуття для осінньо-зимового сезону для молоді

№ п/п	Показники якості та їх розмірність	Інтервали значень показників (чисельник) та базові значення (знаменник)			НД на визначення показників
		Гуми взуттєві, пористі	ТЭП пористі	ПУ пористі	
1	Щільність, г/см^3 , не більше	0,35-0,50 / 0,42	0,75-0,85 / 0,80	0,4-0,54 / 0,47	ГОСТ 7926
2	Межа міцності при розтягненні, МПа, (середнє з двох напрямків), не менше	1,08-2,6 / 2,2	1,5-2,5 / 2,0	4,0-5,5 / 4,75	ГОСТ 270
3	Подовження при розриві, %, не менше	160-210 / 185	160-190 / 175	300-400 / 350	ГОСТ 270
4	Залишкове подовження при розриві, %, не більше	20-40 / 40	30-40 / 35	25-35 / 30	ГОСТ 270
5	Твердість ум. од., не більше	35-75 / 55	40-60 / 50	60-90 / 70	ГОСТ 263
6	Опір до стирання, Дж/мм^3, не менше	2,1-4,5 / 2,3	4-6 / 5	10-12 / 11	ГОСТ 426
7	Стійкість до багаторазового згину, кілоцикли, не менше	5-9 / 7	4-16 / 10	5-25 / 15	ГОСТ 8978
8	Міцність зв’язку з тканиною кН/м, не менше	2,2-3,2 / 2,7	3,0-3,4 / 3,2	2,5-4,0 / 3,25	НД
9	Опір роздиранню, кН/м, не менше	2,5-3,5 / 3,0	3,0-3,5 / 4,0	4,5-6,5 / 5,5	ГОСТ 262
10	Усадка, %, не більше	1,0-2,0 / 1,5	1,2-2,2 / 1,7	1,5-3,5 / 2,5	НД
11	Морозостійкість в динамічних умовах при температурі -10^{o}С, кілоцикли, не менше	4-6 / 5	5-7 / 6	5-9 / 7	ГОСТ 27420

Наведені в табл. 1 значення показників споживних властивостей можна також використати для оцінювання конкурентоспроможності взуття, зокрема, за методикою [8]. Спочатку розробляється перелік властивостей, які будуть оцінюватись (табл. 2).

Таблиця 2

Номенклатура споживних властивостей матеріалів низу взуття для осінньо-зимового сезону для молоді

Група споживних властивостей	Показники споживних властивостей
Антропометричні	Відповідність сліду стопам споживачів за формою
	Забезпечення стабільності форми і розмірів
Функціональні	Вологозахисні
	Профілактичні (пружність геленкової частини)
	Амортизаційні
	Протиковзкі
Ергономічні	Гнучкість
	Маса
	Психофізіологічні
Естетичні	Інформаційна виразність (сучасність і виразність оформлення; відповідність моді і смакам споживачів; оригінальність; наочність і виразність товарної інформації – товарного знаку, маркування тощо)
	Раціональність і досконалість форми (функціональна, ергономічна)
	Цілісність і гармонійність композиції

Далі, зразки фактичні оцінюються органолептичним методом на підставі наявних базових значень та оцінок застосованого у конкретній моделі взуття матеріалу. Відносні показники, що оцінюються в порівнянні з нормативом (базовим значенням), або зразком-еталоном, можуть бути виражені у відсотках чи частках одиниці. Показники, що не мають одиниць вимірювання, доцільно оцінювати за 10-ти бальною шкалою: 1-2 бали – найнижча оцінка (дуже погано і погано); 3-4 бали – нижче середня і середня оцінка; 5-6 балів – вище середня і добра оцінка; 7-8 балів – дуже добра оцінка; 9-10 балів – дуже добра оцінка. Незалежно від застосованої шкали (від 1 до 10 чи від 1 до 100) показник оцінюється згідно з наведеною 10-ти бальною шкалою, а завершальна (остаточна) оцінка записується в таблицю в частках одиниці.

Для кожної групи властивостей (антропометричних, ергономічних і т.д.) складається окрема таблиця. Всі показники в групі і всі групи властивостей приймаються як однакові за вагомістю (рівнозначущі), хоча в окремих випадках можуть встановлюватись для показників споживних властивостей і їх груп коефіцієнти вагомості – тоді остаточна оцінка буде визначатись не як середня проста, а як середня зважена величина.

Для обґрунтування оцінки окремих показників функціональних і ергономічних властивостей, а також прогнозування строку служби взуття потрібна значна кількість саме таких довідкових матеріалів, які нами зібрані у табл. 1. Порівняльна оцінка тих показників, про які в літературних джерелах інформація відсутня, оцінюється експертами органолептично.

Строк служби взуття прогнозується на основі здійснених оцінок (як строк служби взуття варто взяти менший з двох показників, які стосуються окремо пакетів матеріалів верху і підошви взуття). Крім того, якщо зносостійкість набійок чи підметок недостатня для забезпечення усього строку служби, то необхідність їх періодичної заміни враховується у витратах на ремонт.

З позицій споживача кращим вважається товар, для якого відношення корисного ефекту витрат на споживання (задоволення потреби) буде найбільшим, або, навпаки, витрати на одиницю корисного ефекту будуть найменшими.

Корисний ефект від споживання взуття або рівень задоволення потреб залежить від

рівня якості, вираженого комплексною оцінкою $К_{пя}$.

Витрати на споживання $В$ складаються з ціни $Ц$ витрат на догляд $В_д$ і поточний ремонт $В_р$:

$$В = Ц + В_д + В_р \quad (1)$$

Визначення витрат на споживання потребує окремого розгляду, тому спрощений варіант розрахунків може бути обмежений витратами на придбання.

Кожне взуття має певний строк служби, тому споживачів цікавить не лише розмір одноразових витрат, а і витрати на задоволення потреб протягом конкретного періоду часу, наприклад, місяця. Цей проміжок має переваги, тому що питомі втрати протягом місяця можна порівнювати з мінімальною чи середньою місячною зарплатою, прибутком родини тощо.

Питомі місячні витрати $В_м$ залежать від загального строку служби взуття при безперервному носінні, вираженому в місяцях $С$:

$$В_м = В / С \quad (2)$$

Цей показник характеризує конкурентоспроможність з урахуванням довговічності взуття, але не враховує інших показників якості. Показник конкурентоспроможності $К_{сп}$, який враховує рівень задоволення потреб, залежить від оцінки споживних властивостей і виражається у грн./міс, доцільно вираховувати за формулою:

$$К_{сп} = В_м / К_{пя} \quad (3)$$

На основі показників $К_{сп}$ зразків-конкурентів визначається для кожного з них індекс конкурентоспроможності $І_к$, який відображає порівняльну оцінку зразка і його місце (ранг) в ряду переваг:

$$І_к = К_{сп(мін)} / К_{сп(і)}, \quad (4)$$

де $К_{сп(мін)}$ – відносні витрати на споживання найкращого зразка;

$К_{сп(і)}$ – відносні витрати на споживання зразка, який оцінюється.

Результати розрахунків можуть бути записані за формою табл.3.

Таблиця 3

Номенклатура споживних властивостей матеріалів низу взуття для осінньо-зимового сезону для молоді

№	Показники	Зразки		
		1	2...	*n*
1	Загальні витрати на споживання, $В$, грн.			
2	Строк служби матеріалів верху, $С$, міс.			
3	Строк служби матеріалів низу, $С$, міс.			
4	Місячні витрати, $В_м$			
5	Витрати, відкоректовані відносно рівня якості, $К_{сп}$			
6	Індекс конкурентоспроможності, $І_к$			

При наявності даних про результати контролю якості попередніх партій аналогічного взуття (тобто, стосовно матеріалів низу – взуття з аналогічними матеріалами підошви) того ж виробника (чи країни походження) показник $І_к$ коректується з урахуванням індексу дефектності. Для цього $І_к$ множать на середню частку доброякісного взуття в попередніх партіях $К_{дя}$.

У Німеччині, наприклад, уже понад 20 років застосовується система технічного оцінювання поставок, при якій партії взуття оцінюють за 100-бальною системою:

- повна відповідність – 100 балів (N_0);
- наявність незначних дефектів, що не потребують усунення, 80 балів (N_1);
- наявність значних дефектів, що підлягають усуненню, 30 балів (N_2);
- повторна поставка за рекламованої партії без доробки, 0 балів (N_3);
- повне або часткове відхилення поставки, 0 балів (N_4).

Оцінка якості поставок проводиться щоквартально, Показник вираховують за формулою:

$$K_{дя} = (N_0 \times 100 + N_1 \times 80 + N_2 \times 30)/(N_1 + N_2 + N_3 + N_4) \quad (5)$$

де N – кількість взуття в партіях, оцінена відповідною кількістю балів.

Така оцінка поставок є більш жорсткою, порівняно з індексом дефектності. Загальна інформація обробляється на ПЕОМ і може бути використана відділами закупівель і вхідного контролю якості торговельних підприємств, служб захисту прав споживачів, відповідними структурами торгово-промислової палати тощо.

Висновки з даного дослідження

- на основі аналізу даних чинної нормативно-технічної документації на взуттєві матеріали, зарубіжної інформації про матеріали для взуття, даних науково-дослідних інститутів та установ та іншої наукової інформації, а також випробувань взуттєвих матеріалів за стандартними методиками встановлено базові значення показників якості матеріалів для підошви взуття, які необхідно використовувати при виборі реальних підошов молодіжного взуття для осінньо-зимового періоду;
- ці базові значення також необхідно використовувати для вибору матеріалів для підошви взуття за комплексними оцінками диференціальним чи комплексним методами, а також для оцінювання конкурентоспроможності взуття.

Список літературних джерел

1. Беднарчук М.С. Товарознавчі аспекти формування національного ринку взуття для молоді /М.С. Беднарчук – Л.: Вид-во Львівської комерційної академії, 2009 – 444 с.

2. ДСТУ4261-2003. Взуття. Деталі низу. Технічні умови.

3. Дудла И.А. Старение и стабилизация полиуретановых покрытий /И.А. Дудла – Полтава, «Колибри Принт», 1998 – 94 с.

4. Коновал В.П. Натуральні і штучні матеріали для взуття /В.П. Коновал, В.В. Рибальченко, М.Є. Хомяк, Г.І. Шевченко – К.: КНУДТ, 2005. – 218 с.

5. Лиокумович В.Х. Структурный анализ качества обуви /В.Х. Лиокумович – М.: Легкая индустрия, 1980. – 160 с.

6. Рибальченко В.В. Матеріалознавство виробів легкої промисловості /В.В. Рибальченко, В.П. Коновал, М.Є. Хомяк, Г.І. Шевченко – К.: КНУДТ, 2008. – 320 с.

7. Справочник обувщика (Проектирование обуви, материалы) /Л.П. Морозова, В.Д. Полуэктова, Е.Я. Михеева и др. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 432 с.

8. Кушнір М.К. Завдання до лабораторних занять з товарознавства взуттєвих товарів для студентів спеціальності 28.10 /М.К. Кушнір – Львів.: видавництво ЛКА, 1996 – 24 с.

УДК 667.6 678.

І.О. Дудла, д-р техн. наук

Чернігівський державний технічний університет, м.Чернігів, Україна

Г.І. Голодюк, асистент

Луцький національний технічний університет, м.Луцьк, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ЯКОСТІ АЛКІДНИХ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Досліджено комплекс споживних властивостей нових алкідних лакофарбових матеріалів. Визначено переваги нових алкідних емалей у порівнянні з базовими зразками за такими показниками: час висихання, міцність і стійкість покриття, морозостійкість.

Вступ

Алкідні лакофарбові матеріали (ЛКМ) за об'ємом їх виробництва входять до трійки лідерів у сучасному асортименті фарб для народного споживання. Плівкоутворювачем в них є алкідні смоли і полімери, отримані в результаті поліконденсації багатоатомних спиртів (гліцерину, пентаеритриту) з ортофталевою кислотою.

Можливість варіювання складу алкідних смол і властивостей покриттів, одержаних на їх основі, а також доступність основних видів початкової сировини забезпечили широке застосування цих смол в лакофарбовій промисловості і широкий спектр застосування алкідних лакофарбових матеріалів. Відомі алкідні лакофарбові композиції включають алкідну смолу, пігменти, наповнювачі, добавки і розчинник [1].

Постановка проблеми

Алкідні лакофарбові матеріали характеризуються хорошим комплексом властивостей: здатні висихати в природних умовах, давати тверді, еластичні, стійкі до дії води, агресивних рідин, атмосферних умов плівки [2].

На відміну від масляних, алкідні фарби мають розширену гаму кольорів і відтінків. Ці матеріали доцільно використовувати, якщо необхідно отримати щільне і механічно міцне покриття. Алкідні композиції містять як розчинник – уайт-спірит. Стійкість до дії побутових миючих засобів у матеріалів на основі алкідних смол вища, ніж у масляних фарб, і набагато вище, ніж у водорозчинних дисперсій.

Переваги:

- нетоксичні;
- світло- і водостійкі;
- невелика витрата;
- легкі в нанесенні;
- мають вищу атмосферостійкість в порівнянні з масляними фарбами;
- не усаджуються при висиханні і не жовтіють;
- можуть мати дуже яскраві, насичені тони.

Недоліки:

- пожежонебезпечні;
- нестійкі до дії лугів;
- сохнуть довше, ніж акрилові.

Алкідні смоли після затвердіння утворюють крихкі покриття, тому безпосередньо їх для приготування ЛКМ не використовують, а додають до них пластифікатори. З них найбільш поширеними є рослинні масла.

Призначені алкідні ЛКМ для тих самих цілей, що і масляні, але покриття з них характеризуються вищою атмосферостійкістю.

Для детального розгляду особливих властивостей алкідних лакофарбових матеріалів візьмемо алкідну лакофарбову композицію.

Пропонована композиція відноситься до алкідних лакофарбових матеріалів для отримання покриттів по деревині. Вона включає в якості плівкоутворювача алкідну смолу, високоактивний гідроксилвмісний олігомер, пігменти, наповнювачі, органічний розчинник, добавки, воду. В якості високоактивного гідроксилвмісного олігомера композиція містить олігомер, що характеризується гідроксильним числом 140–180 міліграм КОН/г на молекулярну масу 1000–3500 при в'язкості по Брукфільду 500±250 сПз. Технічною характеристикою є отримання алкідної лакофарбової композиції із зменшеним вмістом органічних розчинників, з хорошою стійкістю при зберіганні, підвищеною морозостійкістю, що дозволяє одержати покриття з поліпшеними фізико-механічними властивостями.

Недоліком алкідних лакофарбових матеріалів є значний вміст в композиції органічних розчинників, необхідних для забезпечення хороших малярних властивостей, що негативно впливають на людину і навколишнє середовище.

Одним з шляхів подолання цього недоліку є заміна частини розчинників водою шляхом створення водних емульсій алкідної смоли типу «масло у воді» і «вода в маслі».

Для емульсій «масло у воді» необхідне застосування високоефективних ПАВ, значних енергетичних витрат, складної багатоступінчатої технології. Отримані при цьому матеріали характеризуються низькою морозостійкістю і агрегативною стійкістю, дають покриття, що повільно висихають на повітрі з низькою твердістю і водостійкістю [3].

Композиції «вода в маслі» дозволяють одержувати лакофарбові покриття із задовільними властивостями.

Методи і результати

Технічним завданням даної роботи є отримання алкідної композиції із зменшеним вмістом органічних розчинників, з хорошою стійкістю при зберіганні, підвищеною морозостійкістю, що дозволяє одержати покриття з поліпшеними фізико-механічними властивостями.

Поставлена задача розв'язується тим, що алкідна лакофарбова композиція додатково містить високоактивний гідроксилвмісний олігомер, що характеризується гідроксильним числом 140–180 міліграм КОН/г на молекулярну масу 1000–3500 при в'язкості по Брукфільду 500±250 сПз.

На основі алкідної емалі (а.с. СССР № 594151) нами було розроблено сім варіантів алкідних лакофарбових матеріалів, що відрізнялись вмістом кількості пентафталевої смоли, пігменту (біоксиду титану), наповнювачів (омікарб 5GU), олігомеру, органічних розчинників, води і деяких спеціальних добавок.

Готові композиції перевірялись на відповідність за показниками:

- умовна в'язкість по віскозиметру типу ВЗ-246 з діаметром сопла 4 мм при температурі $(20\pm0,5)^0$С, сПз – 70-120;
- масова частка нелетких речовин, % – 44-50.

Властивості одержаних композицій і покриттів на їх основі приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Властивості одержуваних композицій і покриттів на їх основі

№ п/п	Назва показника лакофарбового матеріалу і покриття на його основі	Прототип, алкідна емаль по а.с. СССР № 594151	Приклади композицій (мас. %)						
			1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Умовна в'язкість за віскозиметром типу ВЗ-246 з діаметром сопла 4 мм при температурі (20 ± 0,5)^{0}С (ГОСТ 8420-74)	75	160	120	120	150	140	110	120
2.	Ступінь розбавлення до в'язкості 25–30 с за віскозиметром типу ВЗ-246 з діаметром сопла 4 мм, %	20	8,1	2,9	3,5	4,2	5,1	7,0	3,4
3	Морозостійкість емалі, цикли при (-40 ^{0}С)	Після 5 циклів спостерігається невелике розшарування з виділенням води	10 циклів	10 циклів	10 циклів	10 циклів	10 циклів	10 циклів	10 циклів
			Незначне розшарування без виділення води						
4.	Колір покриття	червоний	червоний	червоний	червоний	червоний	червоний	червоний	червоний
5.	Час висихання покриття при (20±2) ^{0}С до ст. 3, ч (ГОСТ 19007-78)	24	24	18	18	20	20	24	24
6.	Еластичність плівки при згині, мм (ГОСТ 6806)	1	1	1	1	1	1	1	1
7.	Міцність покриття при ударі на приладі типу У-1, Н·м (ГОСТ 4765)	3,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0

Продовження таблиці 1

8.	Твердість покриття по маятниковому приладі типу ТМЛ (маятник А0, відн. од. (ГОСТ 5233)	0,1	0,2	0,1	0,1	0,18	0,21	0,32	0,14
9.	Стійкість покриття до статичного впливу рідин:								
	- при температурі (20±2) ^{0}С води, год.;	2	3	2	2	4	4	2	2
	- при температурі (38±2) ^{0}С 0,5% розчину миючого засобу, хв. (ГОСТ 9.403, розд. 2)	15	15	15	15	20	20	20	15

З таблиці 1 витікає, що пропонована лакофарбова композиція дозволяє одержувати матеріали і покриття на їх основі, які перевершують прототип по стабільності при зберіганні, морозостійкості, твердості і міцності при ударі.

Як видно з рисунка 1, час висихання розроблених лакофарбових матеріалів такий, або навіть менший, ніж базового зразка.

Рис. 1. Час висихання покриття при температурі (20±2)^{0}С до ступеня 3 (ГОСТ 19007-78)

Як бачимо з рисунка 2, міцність покриття при ударі на приладі типу У-1 за ГОСТ 4765 цих розроблених лакофарбових матеріалів набагато вище, ніж базового зразка.

Рис. 2. Міцність покриття при ударі

Стійкість покриття до статичного впливу води і миючих засобів за ГОСТ 9.403, розроблених лакофарбових матеріалів вище, ніж базового зразка, рисунки 3, 4.

Рис. 3. Стійкість покриття до статичного впливу води при температурі (20±2)^{0}С

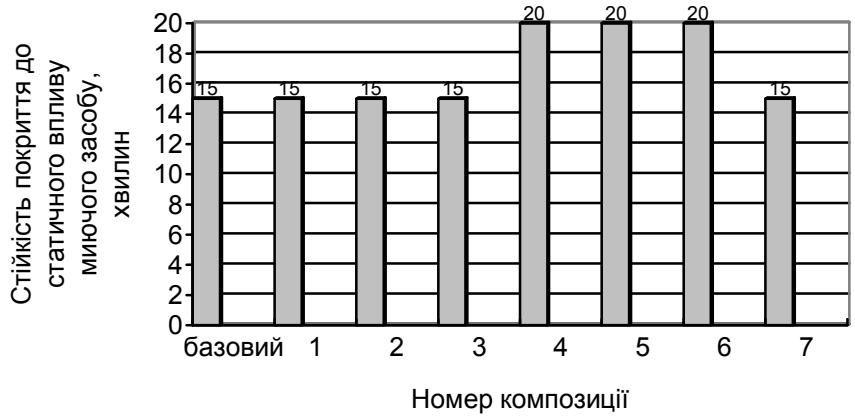


Рис. 4. Стійкість покриття до статичного впливу 0,5% миючого засобу при температурі (38±2)^{0}С

Висновки

Алкідні лакофарбові матеріали характеризуються хорошим комплексом властивостей: здатні висихати в природних умовах, давати тверді, еластичні, стійкі до дії води, агресивних рідин, атмосферних умов плівки.

Недоліком алкідних лакофарбових матеріалів є значний вміст в композиції органічних розчинників, необхідних для забезпечення хороших малярних властивостей, що, проте, негативно впливають на людину і навколишнє середовище.

Розроблено сім нових видів алкідних лакофарбових матеріалів для покриттів по деревині.

Проведені дослідження комплексу споживних властивостей нових алкідних лакофарбових матеріалів згідно стандартів.

Визначено, що лакофарбові композиції варіантів 2, 3, 4, 5 мають час висихання 18-20 годин, що на 4-6 годин менше, ніж базовий зразок алкідної емалі, що випускається промисловістю зараз. Міцність покриття при ударі всіх розроблених композицій вище, ніж у базового зразка на 10-20 см.

Стійкість покриття до статичного впливу рідин: води на 2 години, 0,5 % розчину миючого засобу на 5 хвилин вище у композицій варіантів 4, 5, ніж у базового лакофарбового матеріалу.

Морозостійкість розроблених алкідних лакофарбових матеріалів у 2 рази перевищує цей показник базового зразка.

За всіма показниками нові лакофарбові матеріали відповідають стандарту.

Таким чином, розроблено сім нових видів алкідних лакофарбових матеріалів можна пропонувати для виробництва.

Список літературних джерел

1. М.Л. Лившиц, Б.И. Пшиялковский. Лакокрасочные материалы. – М.: Химия, 1982, С. 44-47.

2. И.С. Охрименко, В.В. Верхоланцев. Химия и технология пленкообразующих веществ. – Л.: Химия, 1978. – С. 243-244.

3. І.О. Дудла, Г.І. Голодюк. Стан та перспективи розвитку ринку лакофарбових матеріалів в Україні. /Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Збірник – Чернігів: ЧДТУ, 2008 – № 36. – С. 224-229.

4. А.с.СССР №1430396, С 09 D 5/02, 3/64, оп.15.10.88 г., бюл. № 38.

5. А.с.СССР №594151, С 09 D 3/66, оп. 25.02.78 г., бюл. № 7.

УДК 633.521:332.122

І.О. Дудла, д-р техн. наук
А.М. Коробка, аспірант

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

СУЧАСНИЙ СТАН ТА КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ЛЬОНАРСЬКОГО ПІДКОМПЛЕКСУ ЧЕРНІГІВСЬКОГО РЕГІОНУ

Досліджено стан галузі льонарства в Чернігівському регіоні. Визначено періоди спаду та піднесення галузі, а також проблеми, що призвели до її занепаду. Запропоновано комплексний метод переробки продукції льону-довгунцю.

Постановка проблеми

Льонарство є традиційною галуззю у розвитку легкої промисловості в Україні, а саме у зв'язку з особливими погодно-кліматичними та геодезійними умовами є особливо актуальним розвиток галузі на Чернігівщині. Льон є особливо важливою культурою для споживачів, оскільки вироби з нього покликані задовольняти навіть найвибагливіші вимоги завдяки незвичайним поєднанням специфічних та важливих для експлуатації властивостей, а саме високої повітрепроникності (важливо зазначити, що дана властивість характерна як для сухої, так і для вологої тканини); високої сорбціонної та антистатичної властивості, здатності поглинання вільних радикалів та іонізуючого випромінювання, міцності та довговічності.

В останні роки галузь льонарства зазнала значного занепаду – зменшилися посівні площі льону, а відповідно – і кількість отриманих лляних волокон, не виділяється достатньо коштів для розвитку галузі, а також через низку інших причин галузь втратила своє провідне місце. Саме тому доцільно проаналізувати періоди розвитку галузі та виділити основні її проблеми.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У світі льон-довгунець вирощують в країнах Європи (найбільше Голандія, Франція, Бельгія), Україні, Росії, Білорусії, Китаї, Єгипту та інших країнах світу. На Україні льон вирощують у Поліській та Прикарпатській зонах. Для цих зон льон є традиційною культурою, зокрема, на півночі Чернігівщини вирощується близько половини всього українського льону.

Посіви льону по Україні розміщені переважно у Чернігівській (50 %), Житомирській (25 %), Львівській (7 %), Сумській (9 %) областях. На ці регіони припадає близько 91 % площ, зайнятих під льон [1].

В останні роки спостерігається криза у галузі льонарства, Демидов О.А. стверджує [9], що цьому явищу є конкретні причини, а саме відсутність попиту на внутрішньому ринку на основну продукцію льонозаводів – довге льоноволокно; застарілість агротехніки вирощування, повна зношеність та невідповідність сучасним вимогам льонозбиральної техніки та технологічного обладнання льонозаводів, низький рівень селекційної роботи в льонарстві, неефективність однорічних галузевих програм розвитку галузі, які дублюють з року в рік і не приносять позитивних змін в національне льоновиробництво. Також автор представляє низку пропозицій для відродження галузі [1].

Питанню дослідження історико-економічного розвитку льоновиробництва присвячено низку праць визначних науковців України. Так, у [2] вчені провели детальний аналіз розвитку льонарства в Чернігівському регіоні в період, розпочинаючи з післявоєнних часів до сьогодення. Отже, відповідно до тверджень авторів, найвищий показник

валового збору культури складав 277,7 тис. ц у 1975-1979 рр., а рекордна врожайність становила 6,6 ц/га у 1986-1990 рр. Також автори пропонують наступні напрями виходу льонарської галузі Чернігівської області з кризи: державна підтримка та матеріальне стимулювання льоновиробників, підвищення врожайності та якості льонопродукції, збільшення посівних площ під льоном-довгунцем, поліпшення інтеграційних зв'язків між виробниками та переробниками льонопродукції.

Вагоме дослідження провели автори в роботі [3] шляхом порівняння сильних та слабких сторін розвитку льонарства в державі. Автори визначили не лише проблеми, але й обґрунтували значні можливості розвитку даної галузі. Також було проведено оцінку існуючих прогнозів розвитку галузі і визнали найбільш реалістичним прогноз вчених Національного наукового центру «Інститут аграрної економіки», які пропонують поетапне відродження льонарства.

Простиченко В.С. та Садретдінова Н.В. стверджують [4], що необхідно посилити зв'язок науки з виробництвом, створивши науково-виробничі корпорації, які ефективно функціонують в країнах Західної Європи у вигляді технопарків. Це надасть можливість швидкого та продуктивного впровадження інноваційних технологій у виробництво, а також підготовки кваліфікованих та практично орієнтованих спеціалістів.

У галузі льновиробництва провідна роль належить безпосередньо первинній переробці льону-довгунця, так у [5] обґрунтовано необхідність створення універсального комплексу первинної переробки продукції льону-довгунця, що складається з двох незалежних технологічних ліній (переробки льоновороху та льонотрести, сформованої у рулони з горизонтальною віссю обертання). Даний комплекс, на думку авторів, надасть можливість отримати низку переваг: зниження енергоємності процесу сушіння; отримання якісного посівного матеріалу завдяки виділенню перед сушінням льоновороху агрономічно зрілого насіння; підвищення рентабельності льоносіючих господарств та ін.

Мета статті

Метою роботи є аналіз розвитку галузі льонарства в Чернігівському регіоні за конкретними показниками, а також представлення найбільш перспективної технології переробки продукції льону-довгунця.

Виклад основного матеріалу дослідження

В даній роботі розглянуті статистичні дані щодо вирощування льону в Чернігівському регіоні, проведено їх аналіз та сформульовано конкретні проблеми для відродження галузі. Представлено комплексний метод переробки продукції льону-довгунця.

Галузь льонарства є однією з найдавніших серед інших у текстильній промисловості. Так за історичними даними, зразки лляних тканин, які були знайдені при розкопках, датуються виробництвом в епоху неоліту – VIII-III ст. до н.е. Навіть в часи конкурентної боротьби Франції з Англією Наполеон I видав спеціальне розпорядження про виділення премії в один мільйон франків винахіднику кращої машини для прядіння льону [6]. Це підтверджує споконвічно відому істину про важливість для населення такої цінної культури, як льон.

На сьогодні провідними державами з переробки льону є Франція, Китай, Росія, Білорусія та Україна. На жаль, український льон сьогодні займає незначну частку у світовому льоновиробництві.

Зважаючи на специфічні погодні та кліматичні умови, переважна кількість льону в Україні вирощується на Поліссі, а саме на Чернігівщині, Сумщині, Житомирщині та Волині. Впродовж останніх 25 років Чернігівська та Житомирська області стабільно посідали провідні місця у вирощуванні культури [7]. Слід відзначити, що саме Черні-

гівська область займає перше місце серед інших областей за обсягами валових зборів льоноволокна в Україні (так, станом на 2005 рік питома вага Чернігівської області серед інших областей за даним показником склала рекордне значення – 48,1 %). Але це не свідчить про підвищення обсягів вирощування льону в даних регіонах, а лише констатує той факт, що інші області зменшують обсяги посівів. Так, значно знизилися обсяги валових зборів культури на Волині, Івано-Франківщині та Рівненщині.

Важливу роль у галузі льонарства займає обсяг посівних площ під культуру. На жаль, в Україні з кожним роком даний показник зменшується, що свідчить про занепад галузі і незацікавлення сучасного уряду в його розквіті. Так, в одній з найбільш «льонарських» областей за радянських часів засівали цією технічною культурою майже 40 тисяч гектарів, а нині по всій Україні, за свідченням генерального директора Глухівського інституту луб'яних культур Віктора Кабанця, під неї відвели усього 2 тис. га. На рисунку 1 представлено загальні обсяги посівних площ льону у Чернігівському регіоні.

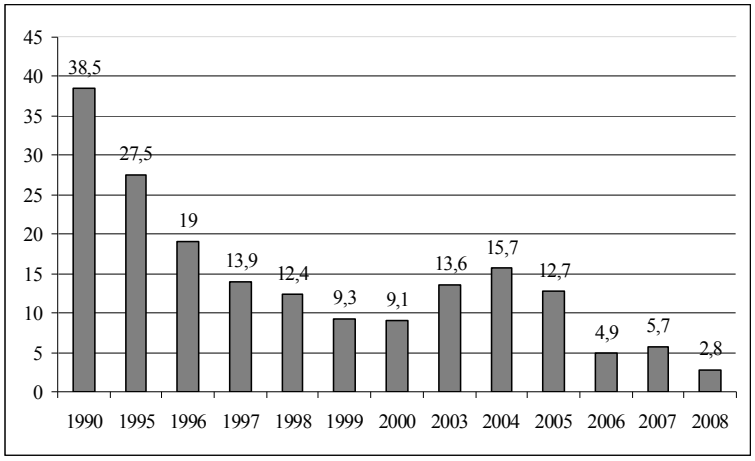


Рис. 1. Посівні площі льону у Чернігівському регіоні, тис. га

Отже, з рисунку можна зробити висновок, що протягом розвитку галузі найвищий показник обсягу посівних площ культури складав у 1990 р. 38,5 тис. га. В період з 1995 по 2000 рр. спостерігається стійка тенденція до зменшення посівних площ під льон, так, у 2000 році даний показник становив 9,1 тис. га. Подальші роки відзначено стабілізацією та поступовим підвищенням показника, але з 2006 року для галузі знову настали скрутні часи [4]. Таким чином, на сьогодні спостерігається досить складна ситуація для галузі льонарства, оскільки зменшуються загальні площі ріллі під посіви, а відповідно орні землі зовсім не використовують для розквіту культури. Було б не так прикро, якби дані землі використовували під інші технічні культури, наприклад, сою, ріпак, соняшник, або ж зернові (пшениця, жито, овес та ін.). Але на сьогодні спостерігаються значні площі необроблених та незасіяних земель, так з року в рік втрачаються відчутні потенціали для розвитку регіону в аграрному секторі (варто зазначити, що дана ситуація склалася не лише в Чернігівському регіоні, але й в інших областях країни).

Льонарі Чернігівщини важливе значення приділяють урожайності культури, при цьому для її підвищення додають у грунт специфічні органічні та мінеральні добрива, які сприяють стимулюванню росту та збереженню якості льону впродовж вирощування. Але, з огляду на відповідні проблеми, на сьогодні не спостерігається значна урожайність льону-довгунця. Так, з 1995 по 1999 рр. значно зменшувалися обсяги збору льону в регіоні (так у 1995 р. та 1999 р. даний показник склав відповідно 5,6 та 2,5 ц з 1 га). З 2000 року показник врожайності льону-довгунця поступово зростав (найвище значення склало 5,4 ц/га у 2004 році). З 2006 року в галузі знову спостерігається спад врожайності. Дана тенденція актуальна і на сьогодні. На рисунку 2 більш детально представлено рівень врожайності культури в Чернігівському регіоні за останні роки.

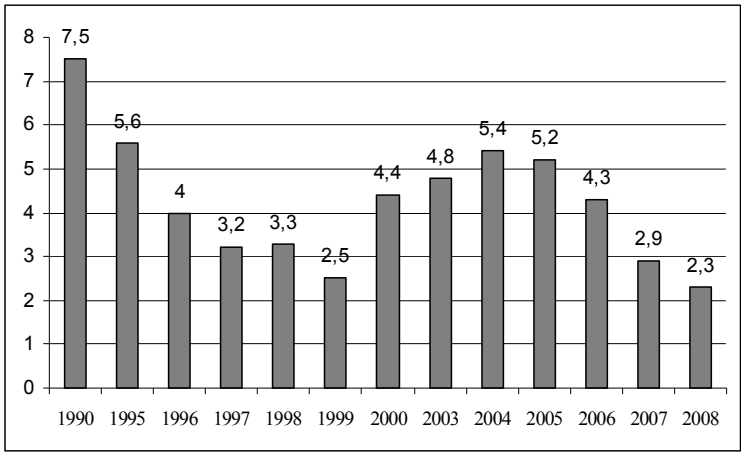


Рис. 2. Динаміка врожайності льону-довгунця (волокно) в Чернігівському регіоні, ц/га [8]

Валовий збір льону в переводі на волокно є важливим показником для підприємств, які займаються виробництвом лляного волокна. Дані показники є взаємозалежні, але на сучасному етапі через нестачу льонопереробних підприємств спостерігається зменшення кількості цих волокон на ринку України, це пояснюється нерентабельністю даного виду діяльності. На рисунку 3 представлено обсяги валових зборів льону в переводі на волокно в Чернігівському регіоні за останні роки.

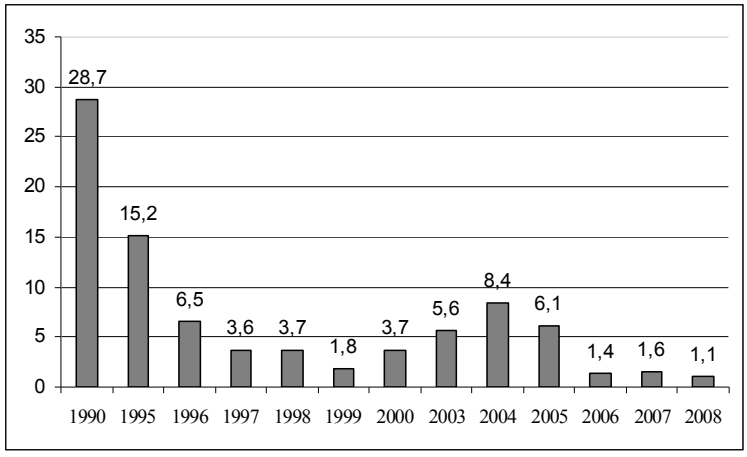


Рис. 3. Валовий збір льону в переводі на волокно в Чернігівському регіоні ,тис. т

Відповідно, як і за попередніми показниками, найнижчі обсяги збору складали у 1999 р. та 2006-2008 рр. (відповідно у 1999 р. – 1,8 тис. т, у 2006 – 1,4 тис. т), а найвищі – 1990 р. (28,7 тис. т), 1995 р.(15,2 тис. т) та 2004 р. (8,4 тис. т).

Виробництво лляного волокна для України та Чернігівського регіону безпосередньо, є традиційною галуззю і кілька десятиріч була найприбутковішою для сільського населення країни. Дана тенденція на сьогодні не спостерігається. З кожним роком обсяги виробництва лляних волокон знижуються, що відповідно і підтверджується з вищерозглянутих показників. Так, найвищі обсяги виробництва лляного волокна склали у 1990, 1995 та 2004 рр., а найнижчі – 2000 та 2006 рр. На рисунку 4 представлено загальні обсяги виробництва лляного волокна у Чернігівському регіоні.

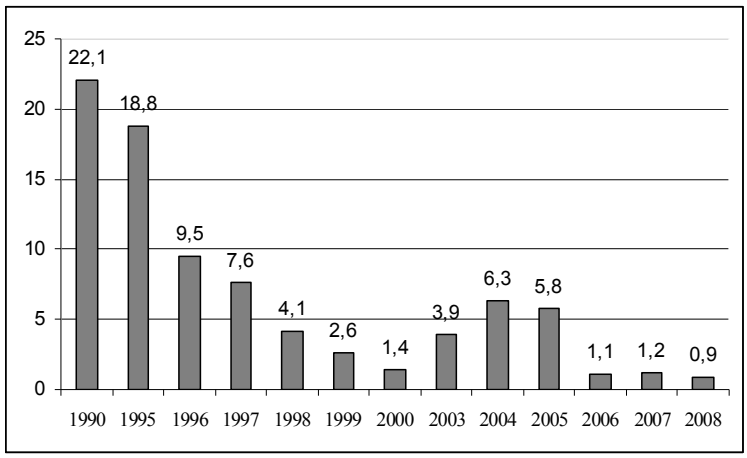


Рис. 4. Обсяги виробництва лляного волокна в Чернігівському регіоні, тис. т

Відповідно до вище розглянутих статистичних показників розвитку та сучасного становища галузі льонарства важливо зазначити неефективну політику у даній галузі, а також неперспективність існуючих технологій обробки культури. Так, максимальний вихід продукції з льону-довгунця можливий лише у разі отримання її у господарств з вирощування цієї культури. Для цього необхідний універсальний комплекс первинної переробки продукції льону-довгунця, який має складатися з двох незалежних технологічних ліній: переробки льоновороху та льонотрести. В даному комплексі льоноворох від льонокомбайна транспортером подається до формувача шару льоновороху, який усуває можливість проходження великих стеблових включень на сепаратор. Потім сформований шар льоновороху надходить до похилої робочої камери сепарувального механізму завантажувача-сепаратора, де відбувається виділення вільного, агрономічно зрілого насіння, і завантаження протитечійної сушарки рівномірним за висотою та щільністю шаром матеріалу. Після сушіння льоноворох обмолочують молотаркою для кінцевого виділення насіння льону [5].

Лінія для виділення волокна передбачає подачу рулонів льонотрести зі складського приміщення у сушарку для рулонів льонотрести, де сушіння здійснюється за методом протитечії. Далі рулони надходять на розмотувач рулонів, а звідти – на м'яльно-тіпальний агрегат для виділення довгого волокна.

Отримане в процесі тіпання коротке волокно в свою чергу, подається на трясильну машину, а потім – на очищувач короткого волокна. Далі усе отримане волокно піддають пресуванню і воно потрапляє на склад або для реалізації, або на зберігання[9].

Таким чином, створення універсального комплексу первинної переробки продукції льону-довгунця надасть наступні переваги: застосування одного паливного блоку для сушарок різного функціонального призначення, зниження енергоємності процесу сушіння льоновороху, отримання якісного посівного матеріалу, а також підвищення рентабельності льоносіючих господарств.

Отже, з огляду на вищевикладений матеріал, можна відзначити наступні проблеми в розвитку льонарства як перспективної аграрної галузі:

- недостатня, порівняно з країнами з ринковою економікою, державна підтримка сільського господарства. Хоча на сьогодні є істотне зрушення у даному питанні – Постанова Кабміну від 24 червня 2009 року, згідно якої затверджено порядок використання коштів стабілізаційного фонду для державної підтримки виробництва продукції рослинництва, зокрема, для вирощування льону-довгунця на тресту, за що виробник отримує по 640 грн. за 1 га посіву;
- відсутність робочої сили в зв'язку з міграцією сільського населення та непривабливість заробітних плат у льонарстві порівняно з іншими сферами;

- замала кількість діючих підприємств з переробки льоноволокна, що створює перешкоди для підвищення розвитку льонарства;
- відсутність зовнішніх та внутрішніх інвесторів. Льонарство насамперед потребує інвестицій для створення основних засобів – закупівлі необхідної техніки, оскільки на сьогодні спостерігаються високі трудовитрати водночас з низьким випуском волокна. Наприклад, у Франції та Китаї, які посідають провідне місце по обсягах виробництва та переробки льоноволокна, весь виробничий ланцюг оснащений необхідним обладнанням, що прискорює та покращує збір урожаю льону та безпосередньо його переробку;
- диспропорція у витратах та ціні льонопродукції. На сьогодні на ринку представлено продукцію з синтетичних волокон, яка має відповідно низьку вартість. А отже, вітчизняні виробники не мають змоги конкурувати з даним товаром на ціновому сегменті ринку;
- нестабільний внутрішній та зовнішній ринки.

Ці та інші проблеми створюють низку перешкод у подальшому розвитку льонарства. За прогнозами вчених різних країн світу льон як екологічно формуюча культура має позитивну перспективу, тому не потрібно миритися з подальшим занепадом льонарської галузі, а здійснювати відповідні заходи як на регіональному, так і на державному рівні.

Висновки

Проведено аналіз сучасного стану льонарства в Чернігівському регіоні та виділено періоди розквіту (1990, 1995, 2004 рр.) та спаду (2000, 2006 рр.) галузі. Представлено економічно перспективний метод первинної обробки льону-довгунця. Відзначено актуальні проблеми галузі для подальшого її розвитку.

Список літературних джерел

1. http://www.minagro.gov.ua
2. Москаленко А.М., Москаленко В.А. Історико-економічні аспекти розвитку вітчизняного льоновиробництва //Економіка АПК. – 2007. – № 6. – С. 41-46.
3. Криза льонарства та шляхи її подолання /Ю.Я. Лузан, В.М. Нелеп, О.М. Головня //Економіка АПК. – 2008. – № 3. – С. 38-45
4. Простиченко В.С., Садретдінова Н.В. Поліський льон: минуле, сьогодення, а чи є майбутнє? //Легка промисловість. – 2009. – № 1. – С. 49.
5. Обгрунтування технології первинної переробки льону-довгунця /В.Ф. Дідух, І.В. Тараймович, І.М. Дударєв //Легка промисловість. – 2008. – № 2. – С. 50-51.
6. Кругла Н.А. Історія розвитку льонарства в Україні (друга половина XIX – XX століття): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. іст. наук : спец. 07.00.07 «Історія науки і техніки» /Н.А. Кругла. – К., 2002. – 20 с.
7. Ліпський Ю.В. Підвищення економічної ефективності виробництва льону-довгунця в Україні //Економіка АПК. – 2006. – № 4. – С. 36-42.
8. Україна у цифрах у 2007 році: Короткий статист. довідник /За ред. О.І. Осауленка. – К., 2007. – 270 с.
9. Удосконалення процесу розстилу лляної соломи /Г.А. Тіхосова, В.В. Семенюк //Легка промисловість. – 2008. – № 3. – С. 48-49.

УДК 677.001.7
Б.Б. Семак, канд.техн.наук
Львівська комерційна академія, м. Львів, Україна

РОЛЬ РОСЛИННИХ БАРВНИКІВ У ФОРМУВАННІ АСОРТИМЕНТУ ЕКОТЕКСТИЛЮ

Узагальнено вітчизняний і зарубіжний досвід екологізації сировинних ресурсів, технології виробництва, асортименту та властивостей текстильних матеріалів. При цьому, розкрита роль вітчизняної науки та практики у вирішенні піднятих проблем, а також дане їх сучасне товарознавче трактування.

Постановка проблеми

Як свідчить зарубіжний досвід [1-3], в останні роки у світі чітко намітилась тенденція екологізації сировини, технологій виробництва, асортименту та властивостей товарів легкої промисловості, включаючи і текстильні матеріали і вироби різного цільового призначення та волокнистого складу. Над вирішенням деяких товарознавчих, маркетингових і екологічних аспектів формування асортименту та вітчизняного сегменту ринку екологобезпечних груп текстильних матеріалів одягового та інтер'єрного призначення (екотекстилю) працює і автор даної роботи [4-7]. В даній статті узагальнимо результати цих досліджень і прослідкуємо за основними тенденціями та напрямами екологізації сировини, технології виробництва, асортименту та властивостей тканин одягового призначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Важливо звернути увагу на те, що дослідженнями проблем формування асортименту екологічно безпечних текстильних матеріалів та виробів у тому числі ринку екотекстилю, займалися цілий ряд зарубіжних та вітчизняних вчених – R. Blackburn [1], R. Christie [2], Г.О. Пушкар [5], Пахолюк О.В. [6], О.В. Демкович [9] та інші.

Слід підкреслити, що невипадково в останній час в Інтернеті появилась різноманітна інформація, що стосується: ринку, асортименту та властивостей рослинних барвників; органічної бавовни, вовни і шовку; асортименту та властивостей «зелених» волокон; екологічних стандартів на «органічний» текстиль; характеристики екологічних видів обробления текстильних матеріалів; вибору екологобезпечних марок синтетичних барвників для фарбування цих матеріалів; характеристики асортименту та властивостей екологобезпечних допоміжних текстильних речовин (продуктів «зеленої» хімії) та ін. Окрім цього, дається перелік організацій, компаній і підприємств, науково-дослідних установ, які в різних країнах займаються проблемами виробництва, дослідження властивостей і асортименту та реалізацією екологобезпечної текстильної сировини та готової продукції. Причому обсяг цієї інформації щорічно постійно зростає і розширюється.

Все це дозволяє виявити основні тенденції і напрямки робіт, які нині проводяться в галузевій світовій науці та практиці з метою екологізації сировинних ресурсів, технологій виробництва, асортименту та властивостей текстильних матеріалів і виробів різних способів виробництва, призначення, будови та оздоблення. При цьому основну увагу слід звернути на ті досягнення зарубіжної науки і практики в галузі екологізації технологій і асортименту екотекстилю, які з економічної та екологічної точки зору доцільно використати у вітчизняній практиці.

Формулювання цілей статті

Метою даної роботи є пошук ефективних шляхів оптимізації асортименту та підвищення рівня екологічної безпечності одягових текстильних матеріалів шляхом відповідного підбору екологобезпечних видів сировини та технологій її переробки, а також вдосконалення системи формування їх асортименту та властивостей.

Виклад основного матеріалу дослідження

Узагальнюючи зарубіжну товарну інформацію про шляхи екологізації сировини, технологій виробництва, асортименту, властивостей і рівень екологічної безпечності текстильних матеріалів і виробів, яка міститься за останнє десятиріччя в монографічних і періодичних виданнях (включаючи і Internet), можна зробити наступні узагальнюючі висновки:

– над вирішенням проблеми екологізації сировинних ресурсів і технології текстильного виробництва (особливо оздоблювального), формування асортименту та властивостей екотекстилю в останні роки успішно працюють фахівці різного профілю – хіміки, біологи, технологи, екологи, товарознавці, маркетологи, стандартизатори та інші;
– екологізація текстильної сировини (волокон, барвників, апретів, текстильно-допоміжних речовин та інших) проводиться в таких основних напрямках: вирощування екологічно чистих (так званих органічних, «зелених») волокон (бавовняних, лляних, конопляних, бамбукових та ін.), в складі яких відсутні шкідливі для людини та довкілля компоненти (пестициди та інші отруйні речовини, які раніше широко використовувались для інтенсифікації їх росту та боротьби з бур'янами та іншими рослинними шкідниками); частковою заміною канцерогенних і токсичних марок синтетичних барвників рослинними у малотоннажному текстильному виробництві; заміною формальдегідних обробних препаратів без- формальдегідними при малозминальному і малоусадковому обробленні одягових целюлозовмісних тканин; подальшою оптимізацією структури асортименту обробних препаратів (барвників, апретів, відбілювачів, текстильних допоміжних речовин тощо);
– екологізація основних технологічних процесів хімічної технології оздоблення текстильних матеріалів різних способів виробництва, різного цільового призначення, волокнистого складу та будови шляхом більш широкого використання в окремих підгалузях текстильного виробництва (особливо бавовняного та лляного) ресурсозберігаючих технологій низькотемпературного («холодного») вибілювання та фарбування, а також безформальдегідного малоусадкового та малозминального оброблення одягових матеріалів, більш широкого використання на текстильних підприємствах екологобезпечних біотехнологій замість класичних технологій оздоблення текстильних матеріалів і виробів різного цільового призначення та волокнистого складу;
– переорієнтація пріоритетів галузевої науки в науково-дослідних установах і вузах сфери вітчизняної легкої промисловості та торгівлі з метою проведення більш глибоких комплексних матеріалознавчих, товарознавчих, екологічних, технологічних і маркетингових досліджень для обґрунтування принципів формування оптимальної структури асортименту і властивостей екотекстилю, обґрунтування економічної, екологічної та соціальної доцільності обсягів його випуску, а також вивчення можливостей створення на його основі окремого сегменту вітчизняного ринку, який вже успішно функціонує в багатьох економічно розвинутих країнах (США, Японії, Німеччині, Великобританії та ін.);
– підвищення ролі вітчизняної системи стандартизації у формуванні та обґрунтуванні вимог до рівня екологічної безпечності сировини, технології виробництва, асортименту та властивостей різних за способами виробництва, призначенням, волокнистим складом і обробленням текстильних матеріалів і виробів, нормуванні названих вимог, а також виборі еко-критеріїв і методів їх оцінювання.

Як видно з аналізу літературних джерел і практики роботи вітчизняних і зарубіжних текстильних підприємств, фірм і компаній, на формування рівня екологічної безпечності текстильних матеріалів і виробів одягового та інтер'єрного призначення домінуючий вплив мають два основних чинники – вибір екологобезпечних марок синтетичних барв-

ників і вибір відповідних волокон. І це цілком зрозуміло. Бажаний рівень екологічної безпечності того чи іншого виду одягового чи інтер'єрного матеріалу та виробу можна досягти тільки шляхом обґрунтованого поєднання екологобезпечної сировини і технології. Особливо гостро це питання стоїть при виробництві білизняних і платтяно-сорочкових матеріалів дитячого асортименту, а також матеріалів і виробів медичного та медико-профілактичного призначення.

Екологізацію асортименту та технологій виробництва (особливо оздоблювального) одягових і інтер'єрних текстильних матеріалів і виробів, як свідчить зарубіжний і вітчизняний досвід, можна забезпечити різними способами. Відзначимо основні з них [2, 4, 8]:

– виключенням з асортименту барвників текстильного призначення канцерогенних і високотоксичних марок синтетичних барвників і подальшим вдосконаленням структури їх асортименту, властивостей та підвищенням якості (це в першу чергу стосується класу азобарвників);
– частковою заміною в малотоннажному текстильному виробництві одягових і інтер'єрних матеріалів токсичних марок синтетичних барвників рослинними;
– шляхом більш широкого впровадження в практику оздоблювального текстильного виробництва ресурсозберігаючих низько-температурних технологій вибілювання та фарбування целюло-зовмісних текстильних матеріалів, а також безформальдегідного оброблення цих матеріалів з метою надання їм незминальності та малоусадковості;
– використанням в оздоблювальному текстильному виробництві найбільш перспективних видів біотехнологій замість класичних, що дозволяє не тільки економити енергоносії, воду та хімікати, але й надавати текстильним матеріалам ряд корисних специфічних властивостей.

Нами проведені комплексні товарознавчі, маркетингові та екологічні дослідження асортименту та властивостей одягових та інтер'єрних тканин різного волокнистого складу, пофарбованих різними видами рослинних барвників. Було вивчено вплив виду рослинного барвника, виду протравлювача, способу протравлення та волокнистого складу самих тканин на зміну колірної гами та світлостійкості забарвлень і субстрату, термостійкості та стійкості забарвлень до мокрих оброблень. Вибрані оптимальні за комплексом споживних властивостей варіанти тканин одягового та інтер'єрного призначення [4-7, 9-10].

На прикладі 60-ти видів рослинних барвників доведена можливість фарбування ними тканин із білкових (вовняних і шовкових), целюлозних (бавовняних, лляних, віскозних, ацетатних) і синтетичних (капронових) волокон одягового та інтер'єрного призначення. В результаті проведених досліджень запропоновано алгоритм формування заданої гами забарвлень, їх стійкості до дії різних фізико-хімічних чинників, ефективного використання потенційних ресурсів барвників і волокон і в кінцевому рахунку відбору пріоритетної сфери використання тканин, пофарбованих різними видами рослинних барвників.

Для прикладу в таблиці 1 дана порівняльна характеристика світло-стійкості забарвлень і субстрату лляної платтяно-сорочкової тканини, пофарбованої екстрактом кори крушини та деякими марками активних барвників (реаколів). Показано також вплив на світлостійкість пофарбованої рослинним барвником тканини різних видів протравлювачів [7, 10].

Таблиця 1

Порівняльна характеристика світлостійкості забарвлень і субстрату лляної платтяно-сорочкової тканини, пофарбованої рослинними і активними барвниками

№ з/п	Спосіб оброблення тканини	Загальний колірний контраст (од.ΔЕ) після сонячного опромінення, год.		Залишкова концентрація барвника на волокні до сонячного опромінення, %	Залишкова концентрація барвника на волокні після сонячного опромінення тканини, %		Зниження розрахункового розривального навантаження за основою після 300 год. опромінення, %
		150	300		150	300	
1.	Тканина пофарбована без протравлювання	8,1	12,5	2,8	2,5	1,8	7,3
2.	Те ж, з одночасним протравлюванням $CaCl_2$	6,2	9,7	2,7	1,9	1,5	2,4
3.	Те ж, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$	8,9	12,6	3,1	2,1	1,5	4,5
4.	Те ж, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	1,2	2,8	4,5	4,2	3,8	7,4
5.	Те ж, $BaCl_2 \cdot 2H_2O + KAl(SO_4)_2$	6,3	7,4	3,3	2,9	2,4	4,1
6.	Те ж, $BaCl_2 \cdot 2H_2O$	4,8	8,4	1,7	1,4	0,9	1,1
7.	Тканина пофарбована реаколом жовтим ЗПЛ	4,0	9,1	4,5	2,6	1,5	2,9
8.	Те ж, реаколом бірюзовим	5,6	12,4	5,5	4,0	2,5	2,8
9.	Те ж, реаколом червоним СПЛ	12,2	20,3	3,8	2,8	1,0	2,6
10.	Те ж, реаколом синім R	5,2	7,8	4,4	3,4	2,9	4,0

Примітка: для фарбування досліджуваної тканини була використана концентрація розчинів (г/л): екстракту кори крушини – 60; протравлювачів – 6; реаколів – 10.

На основі аналізу даних таблиці 1 можна зробити наступні узагальнюючі висновки:

- за світлостійкістю забарвлення, отримані на лляній тканині екстрактом кори крушини і деяких марок реаколів, практично не відрізняються;
- в процесі фарбування лляної тканини реаколами на ній фіксується в 1,5-2 рази більше барвника, ніж при фарбуванні її екстрактом крушини; однак під дією сонячної радіації фотодеструкція реаколів відбувається більш інтенсивно, ніж рослинного барвника;
- обрані нами види протравлювачів для одночасного з фарбуванням лляної тканини екстрактом кори крушини її протравлюванням можуть гальмувати чи прискорювати процес фотодеструкції забарвлення на цій тканині або бути нейтральним до нього; при цьому кращим стабілізатором забарвлень виявився $CuSO_4 \cdot 5H_2O$;
- певний вплив вид протравлювача має і на інтенсивність фото- деструкції субстрату лляної тканини; причому кращими світло-стабілізаторами лляних волокон виявились $CaCl_2$; $BaCl_2 \cdot 2H_2O + KAl(SO_4)_2$ і $MgCl_2 \cdot 6H_2O$;
- використання для фарбування лляної платтяно-сорочкової тканини екстракту кори крушини і реаколів (жовтого ЗПЛ, бірюзового, червоного ЗПА і синього R) не забезпечує ефективного використання потенційного ресурсу за світлостійкістю субстрату,

що свідчить про необхідність використання для фарбування названої тканини більш світлостійких видів рослинних і синтетичних барвників.

Разом з тим, як показали результати проведених нами досліджень асортименту і властивостей рослинних барвників і пофарбованих ними тканин різного волокнистого складу і призначення [4, 5, 7, 9], для обґрун-тування економічної і екологічної доцільності широкого використання рослинних барвників замість високотоксичних марок синтетичних у малотоннажному вітчизняному виробництві, як це практикується в багатьох економічно розвинутих зарубіжних країнах, потрібні подальші поглиблені комплексні технологічні, товарознавчі, маркетингові та екологічні дослідження, націлені на вирішення наступних проблемних завдань.

По-перше, для широкого використання рослинних барвників в різних підгалузях текстильного вітчизняного виробництва потрібна виробнича апробація існуючих лабораторних рецептурно-технологічних режимів фарбування цими барвниками текстильних матеріалів: виробів різного волокнистого складу та призначення. При цьому на державному рівні необхідно провести всесторонній економічний аналіз і обґрунтувати для кожного виду барвника доцільність вирощування (якщо рослинні барвники вирощуються на спеціалізованих плантаціях), заготівлі та первинної переробки рослин-барвників, отримання з них фарбувальних екстрактів (відварів), розроблення рецептурно-технологічних режимів промислового фарбування, а також оцінити якість пофарбованих ними матеріалів і виробів. І тільки найбільш економічно вигідні, найбільш високоякісні і економічно безпечні види рослинних барвників, запаси яких достатньо поширені в природі і щорічно відновляються, можуть бути рекомендовані для пріоритетного використання в текстильному виробництві.

По-друге, широке використання рослинних барвників в практиці текстильного оздоблювального виробництва (особливо зарубіжного) вимагає: розроблення і впровадження в практику науково-обґрунтованої системи їх класифікації за рівнем екологічної безпечності та пріоритетної сфери застосування для фарбування текстильних матеріалів різного цільового призначення та волокнистого складу, а також стандартизації вимог до асортименту, властивостей, рівня якості та екологічної безпечності як самих рослинних барвників, так і пофарбованих нами текстильних матеріалів, включаючи еко-критерії, еко-норми і методи оцінювання їх властивостей.

По-третє, оскільки рослинні барвники в більшості відносяться до класу протравних барвників і при їх використанні потрібні відповідні види протравлювачів і способи протравлювання, шляхом екологічної експертизи для практичного використання в текстильному виробництві повинні бути відібрані тільки ті види протравлювачів, використання яких при певній економічності забезпечує не тільки необхідний рівень екологічної безпечності конкретних видів текстильних матеріалів і виробів, але й сприяє збагаченню та розширенню колірної гами забарвлень, а також підвищенню їх стійкості до дії різних фізико-хімічних чинників (світлопогоди, прання, хімічного чищення, прасування та ін.).

Висновки з даного дослідження

– На основі узагальнення зарубіжного і вітчизняного досвіду та зростання вимог споживачів на національному ринку сформувалась гостра необхідність екологізації текстильної сировини, технології оздоблювального текстильного виробництва, асортименту та властивостей текстильних матеріалів і виробів одягового та інтер'єрного призначення шляхом відповідного підбору окремих видів волокон, оптимізації асортименту синтетичних барвників та їх часткової заміни рослинними, а також впровадженням в практику вітчизняного виробництва низькотемпературних ресурсозберігаючих технологій вибілювання та фарбування цих матеріалів.

– Доведено необхідність здійснення комплексних товарознавчих, матеріалознавчих. маркетингових і екологічних досліджень асортименту та властивостей екологобезпечних текстильних матеріалів і виробів одягового та інтер'єрного призначення та обґрунтована доцільність переорієнтації галузевої та вузівської науки при вирішення цих питань.
– На основі проведених досліджень можна стверджувати про доцільність використання в малотоннажному оздоблювальному текстильному виробництві різних видів рослинних барвників замість окремих високотоксичних марок синтетичних барвників.

Список літературних джерел

1. Blackburn R. Sustainable textiles: Life Cycle and Environmental Impact – Woodhead Publishing Ltd, 2009. – 408 p.

2. Christie R. Environmental aspects of textile dyening. – Woodhead Publishing Limited, 2007. – 256 p.

3. Семак З.М. Фарбування текстильних матеріалів рослинними барвниками: навчальний посібник /З.М. Семак, Б.Б. Семак. – Львів: Світ, 2005. – 368 с.

4. Семак Б.Б. Наукові засади формування ринку рослинної технічної сировини та його окремих сегментів в Україні: Монографія. – Львів: вид-во ЛКА, 2007. – 512 с.

5. Пушкар Г.О. Роль рослинних барвників у формуванні екологічної безпечності інтер'єрного текстилю /Г.О. Пушкар, Б.Б. Семак //Вісник Київського національного університету технологій та дизайну, 2009. – № 4(48). – С. 96-102.

6. Пахолюк О.В. Вплив виду протравлювача та способу протравлювання пофарбованих рослинними барвниками бавовняної і лляної сорочкових тканин на їх екологічну безпечність /О.В. Пахолюк, Б.Б. Семак //Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины, 2009. – № 1(15). – С. 37-45.

7. Семак Б. Екологічні аспекти виробництва та застосування синтетичних і рослинних барвників /Б. Семак //Товари і ринки: Міжнародний науково-практичний журнал, 2006. – № 1. – С. 128-131.

8. Семак Б.Б. Роль рослинних барвників у формуванні асортименту та якості екологічного текстилю /Б.Б. Семак //Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія технічні науки, 2005. – № 22. – С. 217-221.

9. Демкович О.В. Льоновмісні одягові тканини: шляхи екологізації технології виробництва, оптимізації структури асортмиенту та підвищення конкурентоспроможності /Демкович О.В., Добровольська А.В., Семак Б.Б. //Вісник Хмельницького національного університету, 2009. – № 1. – С. 163-167.

10. Пахолюк О. Характеристика світлостійкості пофарбованих екстрактом кори крушини одягових тканин /О. Пахолюк, Б. Семак //Товарознавство і торговельне підприємництво: фахова професіона-лізація, дослідження, інновації: матеріали Міжнар. наук.-практ.конф. – К.:Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2009. – С. 198-201.

УДК 338.439.5:664.682
І.О. Дудла, д-р. техн. наук.
А.М. Кучинська, асистент

Чернігівський державний технологічний університет м. Чернігів, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

Проведено оцінку якості печива різних виробників, які представлені в торгівельній мережі м. Чернігова. Розроблена бальна оцінка якості печива. Досліджено ринок та тенденції розвитку кондитерських виробів України.

Постановка проблеми.

Кондитерський ринок – один з найпривабливіших і таких, що динамічно розвиваються на Україні разом з м'ясомолочним, хлібопекарським та іншими сегментами харчової промисловості.

Борошняні кондитерські вироби мають велике значення у харчуванні населення. В Україні багато виробників і широкий асортимент продукції. Але якість кондитерських виробів знаходиться на досить низькому рівні. Щоб продукція була конкурентоздатною необхідні такі характеристики як якість, доступна ціна та проінформованість покупців про даний вид продукту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В останні роки дослідження багатьох авторів і вчених спрямовані на дослідження якості кондитерських виробів та удосконалення асортименту і технології борошняних кондитерських виробів. Ткаченко О.М. розглядала перспективи розвитку вітчизняної кондитерської промисловості після вступу України до СОТ. Д.А. [1]. Стрельникова дала оцінку розвитку кондитерської промисловості України [2]. Результати їхніх досліджень свідчать про тенденції збільшення виробництва кондитерських виробів. Але за останні роки відчувається зниження темпів зростання виробництва даної продукції і погіршення її якості. Підприємствам необхідні нові стратегії розвитку даної галузі.

Мета статті

Метою даної статті є оцінка якості печива, яке пропонується торгівельними організаціями м. Чернігова, та виявлення тенденцій розвитку на ринку кондитерської промисловості України.

Виклад основного матеріалу

Ринок кондитерської продукції умовно ділиться на три основних сегменти: цукристі, борошняні і шоколадні вироби. Найзначніший сегмент – цукристі кондитерські вироби (карамель, драже і цукерки). Сегмент борошняних виробів (печива, вафлі, торти і крекери) займає до 38,6 % всього обсягу продукції, а сегмент шоколадних виробів – 5,7 %. Практично всі товарні групи кондитерської промисловості розвиваються завдяки освоєнню виробниками нових рецептур і поліпшенню технологічного обладнання.

В останні роки найпомітніше розширився асортимент шоколаду плиткового (за рахунок пористого і високоякісного тонкого); шоколадних цукерок (завдяки розвитку пралінових начинок); шоколадних батончиків (особливо вафельної групи); рулетів, бісквітів (у тому числі бісквітного печива), глазурованого печива й печива з начинкою.

Упродовж багатьох років в кондитерській промисловості спостерігаються сезонні тенденції нарощування виробництва і розширення асортименту в кожній із товарних груп.

Найбільшими виробниками кондитерських виробів в Україні є компанії: Roshen, ЗАТ «АВК», ЛКФ «Світоч», ЗАТ «Крафт Фудз Україна», ЗАТ «ВО «Київ-Конті». За оцінкою спеціалістів ємність внутрішнього ринку кондитерських виробів становить близько 1 млн. т на рік [3].

Структура кондитерського ринку України за 2009 р. наведена на рисунку 1.

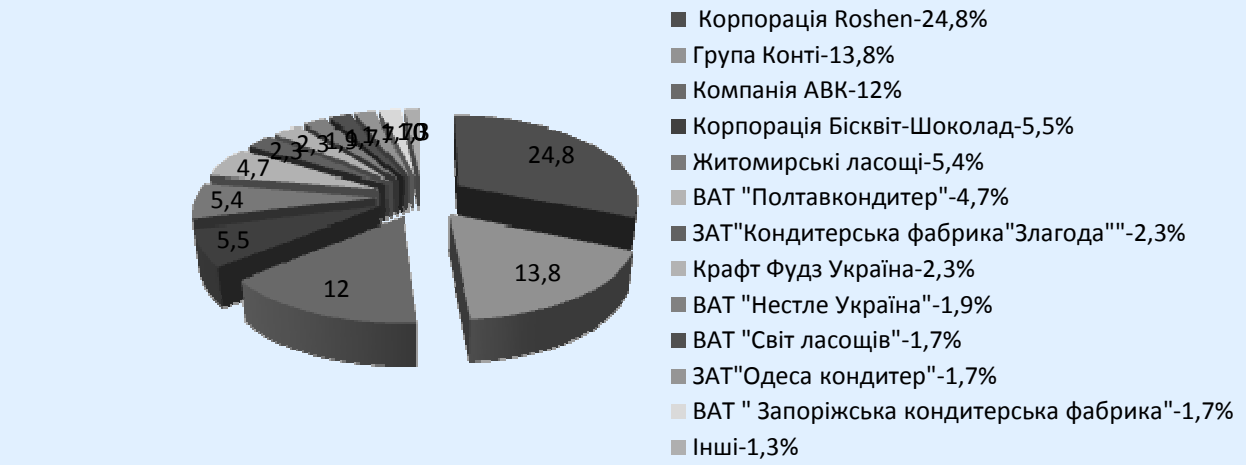


Рис. 1. Структура кондитерського ринку України за 2009 р.

За останні роки найбільше виробляється борошняних кондитерських виробів, друге місце займає шоколад та продукти, що містять какао-боби і третє – вироби кондитерські з цукру.

В цілому кількість підприємств, що виробляють кондитерські вироби, в даний час налічує близько 800, причому 45 % ринку належать трьом крупним компаніям – ДП «Кондитерська корпорація Roshen», ЗАТ «АВК», ЗАТ «Киев-конті», що дозволяє говорити про достатню концентрованість ринку.

За останні 2-3 роки спостерігається помітне зростання частки споживання вагового печива в порівнянні з упакованим. Це пояснюється тим, що вагове печиво в середньому дешевше упакованого.

Проаналізувавши ринок кондитерських виробів України, можна зробити висновки:

- серед кондитерських виробів за обсягом виробництва, а отже і споживання, печиво займає лідируючі позиції;
- ринок печива щорічно збільшується, хоча темпи зростання і не дуже високі.
- найбільшим попитом користується вагове печиво.

Тому для дослідження якості було обрано вагове печиво трьох виробників, які представлені в торгівельній мережі м. Чернігова.

1. Печиво «Домашнє» виробництва ПП Янковий, м. Київ.
2. Печиво «Кокетка» виробництва ВАТ «Стріла», м. Чернігів.
3. Печиво «Вершкове» ТОВ «Фабрика печива «Борзна», Чернігівська область, м. Борзна.

Оцінка якості печива проводилась за органолептичними і фізико-хімічними показниками згідно ДСТУ 3781-98 «Печиво. Загальні технічні умови» [4].

Характеристики досліджуваних зразків печива наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристики досліджуваних зразків печива

Показники	Печиво «Домашнє»	Печиво здобне «Кокетка»	Печиво «Вершкове»
Склад	Борошно пшеничне в/г, цукор, яйця курячі,маргарин, шоколадна глазур	Борошно в/г, цукор, маргарин, горіх, яйце,ароматизатор, ідентичний натуральному горіх, лецетин Е322, сіль, сода харчова, амоній.	Борошно пшеничне в/с, цукрова пудра,рослинний жир,яєчний порошок, сода, сіль, вуглеамонійна сіль, молоко згущене, ароматизатор (молоко топлене), вода питна
Енергетична цінність, в 100 г.	Білків -6,5, жирів -19,5, вуглеводів -56,3.	Не приведено маркування на упаковці	Білків -6,7, жирів -22,2; вуглеводів -61,2
Калорійність, ккал.	412	458	471
Термін придатності	2 міс.	75 днів	2 міс.
Умови зберігання	При температурі 18±3ºС, ВВП не більше 75%	При температурі 18±5ºС, ВВП не більше 75%	При температурі 18±5ºС, ВВП не більше 75%
Виробник, адреса	ПП Янковий Ю.Л., м. Київ 0266 вул. Остріівна 19-В	ВАТ «Стріла», м. Чернігів, вул. Комунальна,2.	ТОВ «Фабрика печива «Борзна»», Чернігівська область, м. Борзна, вул. І. Барвінок,3
Дата виготовлення	28 січня 2010	12 лютого 2010	12 лютого 2010
Посилання на ДСТУ	ДСТУ 3781-98	ДСТУ 3781-98	ДСТУ 3781-98
Маса нетто, кг	3,5	2,5	2,5

Як бачимо, всі зразки печива мали необхідну інформацію. Термін зберігання печива «Домашнє» і «Вершкове» – 2 міс, «Кокетка» – 75 днів. Найбільшу калорійність має печиво «Вершкове». У всіх зразках зазначено назву, склад продукту, калорійність, умови зберігання, виробника, дату виготовлення, номер партії, масу нетто.

Серед органолептичних показників визначались: форма, стан поверхні, колір, смак та запах, вигляд у розломі. З фізико-хімічних показників визначались: масова частка вологи, масова частка загального цукру в перерахунку на суху речовину, лужність, змочуваність.

Для оцінки органолептичних показників якості печива була розроблена бальна шкала, яка наведена в таблиці 2.

В залежності від балів печиво можна поділити на:

13-15 балів – відмінної якості;

10-12,9 – дуже доброї;

7-9,9 – доброї;

4-6,9 – задовільної;

1-3,9 – незадовільної.

Таблиця 2

Бальна шкала оцінки якості печива

Показники	Характеристика	Бальна оцінка	Коефіцієнт вагомості	Максимальна кількість балів
Форма	Відповідає назві печива, без вм'ятин, краї рівні чи фігурні, без пошкоджень.	5	0,4	2
Поверхня	Не підгоріла, без здутин, пухирців, що лопнули, і вкраплень крихт. Оздоблення поверхні повинно відповідати рецептурі.	5	0,6	3
Колір	Властивий печиву цієї назви, різних відтінків, рівномірний. Допускається темніше забарвлення рельєфного малюнку, що виступає, країв печива і нижнього боку.	5	0,4	2
Смак та запах	Властиві печиву цієї назви, без сторонніх запахів та присмаків.	5	1	5
Вигляд у розломі	Рівномірно-пористий без порожнин. Пропечене.	5	0,6	3
Разом				15

Результати одержаних органолептичних і фізико-хімічних показників наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати одержаної органолептичної оцінки показників печива «Домашнє», «Фаворитка» і «Вершкове».

Показники	Печиво «Домашнє»ПП Янковий, м. Київ.	Печиво "Фаворитка" – класичне здобне печиво ВАТ «Стріла»	Печиво «Вершкове» ТОВ «Фабрика печива «Борзна»	Вимоги ДСТУ
Органолептичні показники				
Форма	2	1,6	2	Відповідає назві печива, без вм'ятин, краї рівні чи фігурні, без пошкоджень.
Поверхня	3	2,4	3	Не підгоріла, без здутин, пухирців, що лопнули, і вкраплень крихт. Оздоблення поверхні повинно відповідати рецептурі.
Колір	2	2	2	Властивий печиву цієї назви, різних відтінків, рівномірний. Допускається темніше забарвлення рельєфного малюнку.

Продовження таблиці 3

Смак та запах	4	5	3	Властиві печиву цієї назви, без сторонніх запахів та присмаків.
Вигляд у розломі	2,4	3	3	Рівномірно-пористий без порожнин. Пропечене.
Разом	13,4	14	13	

За органолептичними показниками всі види печива відповідають вимогам ДСТУ. Всі зразки набрали від 13 балів, що належать печиву відмінної якості.

Таблиця 4

Результати одержаних фізико-хімічних показників якості печива «Домашнє», «Фаворитка» і «Вершкове».

Показники	Печиво «Домашнє»	Печиво "Фаворитка"	Печиво «Вершкове»	Вимоги ГОСТ
Вологість,%	30,5	30,1	30,3	Не більше 15,5
Масова частка цукру, %	19,8	20,0	21,1	Не менше 12
Лужність,град	3,1	3,1	1,94	Не більше 2
Намочуваність	137	211	190	Не менше 110

З фізико-хімічних показників у всіх зразках печива в нормі були показники: масова частка цукру і змочуваність. Вологість значно перевищувала вимоги ДСТУ, що свідчить про неправильні умови зберігання даного виду продукту. Також такий показник як лужність в двох зразках перевищувала норму (печиво «Домашнє» і печиво «Фаворитка»).

Висновки з даного дослідження

Отже, проаналізувавши ринок кондитерських виробів України, можемо зробити висновок, що найбільшу частку займають кондитерські вироби фірми «Roshen», друге місце посідає компанія – «Конті», третє – «АВК», яким належать 45 % ринку. Тобто український ринок кондитерських виробів достатньо концентрований.

За останні роки найбільше виробляється борошняних кондитерських виробів, друге місце займає шоколад та продукти, що містять какао-боби і третє – вироби кондитерські з цукру. Більшість споживачів надають перевагу ваговому печиву.

Досліджено здобне печиво «Домашнє», «Фаворитка» і «Вершкове», які було виготовлено відповідно підприємствами ПП Янковий, м. Київ, «Фаворитка», м. Чернігів ВАТ «Стріла» і м. Борзна. За органолептичними показниками печиво відповідає стандарту. З фізико-хімічних показників вологість і лужність перевищували вимоги ДСТУ. Підвищена вологість печива зумовлена тим, що підприємства, які реалізовували продукцію, не дотримувались умов зберігання даного виду продукту. Підвищена лужність зумовлена використанням надлишків вуглеамонійних солей. Необхідно контролювати якість печива, що надходять у продаж.

Список літературних джерел

1. Алла Силивончик, Мария Соколова. Искусственная радость //Бизнес. – № 20. – 2009. – С. 75-77.

2. Менли Д. Мучные кондитерские изделия /Пер. с англ. В.Е. Ашкинази; науч. ред. И.В. Матвеева. – СПб: Профессия, 2008. – 558 с.

3. http://ukrexport.gov.ua/ukr/economica/ukr/161.html

4. ДСТУ 3781-98 Печиво.Загальні технічні умови [Текст]. – К.: Держстандарт України, 1999.

УДК 620.2: 639.2

Т.М. Денисенко, канд. техн. наук
О.Б. Хребтань, ст. викладач

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ МОРОЖЕНОГО РИБНОГО ФІЛЕ, ЩО РЕАЛІЗУЄТЬСЯ В РОЗДРІБНІЙ ТОРГІВЛІ М. ЧЕРНІГОВА

Досліджено якісні показники мороженого філе риб, яке реалізується в закладах роздрібної торгівлі м. Чернігова. Зроблені висновки щодо рівня якості цих товарів та їхньої безпеки для споживачів.

Постановка проблеми

Сьогодні жодне видання не обходить увагою питання якості харчових продуктів та безпеки їх споживання. В Україні діє Закон «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» [1].

Європейський Союз прийняв окрему Програму щодо захисту прав споживачів від небезпечних харчових продуктів, вмісту генно-модифікованих організмів (ГМО) в продовольчих товарах. Ця Програма фінансується з державного бюджету країн-членів ЄС і має широкі повноваження щодо контролю якості продуктів харчування в європейських країнах. На жаль, в Україні відсутня така програма і дуже мало приділяється уваги якості харчових продуктів, відсутні чіткі вимоги щодо маркування товарів, які містять ГМО, добавки, тощо.

За даними Держкомстату Україна серед країн Європи займає перше місце по смертності і останнє по довготривалості життя. На цю сумну статистику впливають не тільки оточуюче середовище, наслідки Чорнобильської катастрофи, але й, не в останню чергу, якість продовольчих товарів та харчування.

Аналіз ситуації на продовольчому ринку України показав, що за останні 10-15 років кількість низькоякісних, а іноді і просто небезпечних продуктів харчування, значно зросла.

Так, за даними Держспоживстандарту, частка фальсифікованих продовольчих товарів складає 25-35 % від усього обсягу продтоварів. Отже, першочерговою задачею державних служб з нагляду за якістю харчових продуктів та продовольчого ринку є забезпечення захисту споживачів від недоброякісних та небезпечних продуктів харчування. Це можна здійснювати шляхом проведення незалежних експертиз продтоварів, дослідження якісних показників товарів.

Рибне філе сьогодні є чи не найпоширенішим та улюбленим видом харчових продуктів українців. Швидке приготування, відсутність кісток, голів в філе, добрий смак приваблюють багатьох господинь. Також заморожені рибні продукти найбільше зберігають свої смакові та поживні якості, можуть довше зберігатися.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Свіжозаморожене рибне філе в глазурі заморожується за технологією швидкого заморожування при температурі 25-35^{0}С. Для захисту риби від псування та висихання філе глазурують [2].

Глазурування – це створення на поверхні філе шару льоду шляхом обливання його водою і замороження. Наявність великої кількості льоду на поверхні філе свідчить про порушення відповідних умов при транспортуванні та зберіганні.

Для кращого збереження м’яса риби від окислення у воду, яка використовується для глазурування, додають антиокислювачі: суміш аскорбінової та лимонної кислот у концентрації 0,2 %; суміш глютамінату натрію і лимонної кислоти в концентрації 0,24 %.

При заморожуванні пригнічується життєдіяльність мікроорганізмів; сік тканин риби перетворюється в лід, що сприяє частковому руйнуванню м'язових волокон і витіканню клітkового соку при розморожуванні; відбувається денатурація білків (хімічні процеси) в результаті підвищення концентрації речовин під час кристалізації [3].

Зарубіжні виробники розробили і використовують в глазурі для замороженої риби глазурувальну суміш, що містить протанове желе. Протанове желе виготовляється на основі альгінової кислоти та альгінату натрію з додаванням кальцієвих солей. Після сублімації протанове желе залишається на поверхні рибопродуктів у вигляді тонкої плівки без запаху, що уберігає м'язову тканину рибопродуктів від зневоднення.

Також при глазуруванні використовуються ацетильовані моногліцериди, які є високоякісними емульгаторами, пластифікаторами та стабілізаторами окисного псування жиру риби.

Неякісна свіжозаморожена риба має тьмяну та побиту поверхню, вкриту шаром замерзлого брудно-сірого слизу. Після розморожування така риба має затхлий, гнилісний запах; жирна риба має різкий запах окисленого жиру, що поширюється у товщу м'язів [4].

Спроба варіння дає бульйон з неприємним запахом, а у м'ясі виявляються ознаки розкладу.

Поверхня розрізу м'язової тканини в ділянці спинних м'язів має характерний для цього виду рибного продукту однорідний колір. М'язова тканина після розморожування не повинна мати сторонніх запахів. При тривалому зберіганні жирної риби в холодильнику допускається наявність на її поверхні нерізкого запаху окисленого жиру [4]. Основні органолептичні показники якості наступні [5].

1. Вірність розділки перевіряють тільки у тієї риби, яка у відповідності з вимогами стандарту поступає для реалізації у розділеному вигляді.

2. Консистенцію риби визначають після її відтаювання на повітрі. У філе з послабленою консистенцію ямка, що з'являється від натискання на м'язи пальцями, відновлюється.

3. Запах мороженої риби треба визначати також після відтаювання. Однак у товарознавчій практиці визначають запах безпосередньо у мороженій рибі. Для цього використовують спеціальну шпильку або ніж. Цей інструмент, попередньо нагрітий в теплій воді або диханням, вводять в м'язову тканину, а потім виймають і визначають запах.

Мета статті

Метою роботи є дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості мороженого філе мінтая та хека, що реалізуються в торгівельній мережі м. Чернігова.

Виклад основного матеріалу

Для проведення дослідження нами було обрано філе морожене мінтая та хека сріблястого.

Мінтай відноситься до морських риб сімейства тріскових. М'ясо мінтаю відрізняється білим кольором, малокісткове, приємної соковитої консистенції, маложирне.

Хек сріблястий – морська риба сімейства мерлузових, поверхня сріблясто-сірого кольору, м'ясо біле, ніжне, нежирне, без кісток.

Зразки філе були придбані в роздрібному торгівельному підприємстві – супермаркеті «Союз». Філе було запаковано в поліетиленову плівку з маркувальним ярликом у вигляді паперового листка, наклеєного на полімерну плівку. На ярлику було зазначено:

штрихове кодування, назва філе, назва виробника, позначення виду обробки (заморожування), вага, 1-й сорт, вартість 1-го кг та фактична вага філе з ціною. Не було вказано терміну придатності, умови зберігання, позначення нормативного документу з якості. В таблиці 1 дана характеристика упакування мороженого рибного філе.

Дослідження показників якості рибного мороженого філе перевіряли за ГОСТ 1168 – 86[6], який є чинним в Україні.

Органолептичні показники якості рибного філе перевіряли за вимогами ГОСТ 3948 – 90[7].

Таблиця 1

Характеристика упакування дослідних видів рибного філе

Характеристики рибного мороженого філе	Філе мінтая	Філе хека сріблястого
Виробник	Китай	Росія, ООО «Шапіро»
Маса, г	400	400
Ціна, грн.	28-55	28-70
Маркування етикетки	Відсутня інформація про термін придатності, умови зберігання, стандарт з якості, присутність вологоутримуючих та інших добавок	Відсутня інформація про термін придатності, умови зберігання, стандарт з якості, присутність вологоутримуючих та інших добавок

Якість мороженого глазурованого філе оцінювали за: зовнішнім виглядом; якістю форми філе; консистенцією; запахом; якістю, складом і товщиною поливи (глазурі).

1. Зовнішній вигляд оцінювали за чистотою поверхні філе, відсутністю пошкоджень.

2. Якість форми зразків філе встановлювали, вимірюючи розміри філе, перевіряли акуратність розрізання вздовж хребта, враховували наявність хребтових кісток, залишків нутрощів, тощо.

3. Консистенцію риби визначали після відтаювання (дефростації) при температурі 15-20^{0}С. У філе мінтаю, з послабленою консистенцію ямка, що з’явилася від натискання на м’язи пальцями, відновлювалася дуже повільно і не до кінця.

4. Запах філе визначали в замороженому вигляді та після відтаювання. Для цього використовували ніж. Ніж, попередньо нагрітий на вогні, вводили в м’язову тканину філе, а після виймання визначали запах.

5. Глазур перевіряли на щільність прилягання до поверхні рибного філе, відсутність помутніння поливи, бульбашок повітря, тріщин, шорсткості.

Товщину глазурі перевіряли, зішкрібаючи її з поверхні філе, і вимірювали з використанням штангенциркуля.

Крім зазначених досліджень, проводили пробну варку філе. Варили рибу в несолоній воді при співвідношенні риби і води 1:2. Перевіряли запах пари, рибного бульйону, запах і смак вареної риби.

В таблиці 2 наведені органолептичні характеристики дослідних зразків мороженого глазурованого рибного філе.

Таблиця 2

Характеристика органолептичних показників якості дослідних зразків мороженого глазурованого рибного філе

Найменування показника	Нормативний показник за ГОСТ 1168 – 86		Зразки мороженого рибного філе	
	Першого сорту	Другого сорту	Філе мінтая	Філе хека сріблястого
Зовнішній вигляд (після розморожування)	Поверхня риби чиста, натурального пофарбування, притаманна рибі даного виду		Поверхня філе чиста, злегка жовтуватого кольору	Філе має з лицьової сторони сірий колір з темнуватими відтінками. М'ясо білого кольору.
Розділка	Розділка повинна відповідати виду риби, згідно п.1.5 – 1.9 стандарту		Філе рівномірно розділане вздовж лінії хребта, без залишків хребта, кісток, залишків внутрішніх органів	Філе має вірну розділку, кістки відсутні, коло хвостової частини розміром 1,5 см
Консистенція (після розморожування)	Щільна, притаманна рибі даного виду.	Допускається послаблена, але не дрябла	Філе після розморожування мало рихлу, насичену великою кількістю води консистенцію. М'ясо в окремих місцях розшаровувалося на окремі волокна	Після розморожування філе мало щільну, пружну консистенцію, не розшаровувалося, волога в волокнах була помірною.
Запах (після розморожування або ваіння)	Притаманний свіжій рибі, без вад та дефектів.		Запах різкуватий, морський, з відтінком кислого	Запах чистий, без сторонніх, свіжої риби.
Стан глазурі	Щільно прилягає до поверхні філе рівним прозорим шаром, без тріщин, бульбашок повітря		Глазурь товста, невисокої прозорості, з поодинокими, неглибокими тріщинами	Глазурь тонка, прозора, без значних видимих тріщин, бульбашки повітря відсутні
Запах і смак після варіння	Чистий без сторонніх запахів та смаку, притаманний данному виду риби		Запах бульйону має різкуватий відтінок, смак філе злегка кислуватий	Бульйон має чистий запах, з легким «рибним відтінком», смак приємний, ніжний

З таблиці 2 видно, що найкращі органолептичні показники були встановлені у мороженого глазурованого філе хека сріблястого. Філе мінтая не відповідало вимогам першого сорту за показниками консистенції, запаху, смаку.

Були проведені також лабораторні дослідження філе на вміст вологоутримуючих добавок та масової частки глазурі.

В якості вологоутримуючих добавок в рибній промисловості найчастіше використовують поліфосфати, які позначаються в реєстрі допустимих харчових добавок під номером Е-452. Допустима концентрація вологоутримуючих добавок складає 0,5 г/кг. Вміст харчових добавок, токсичних елементів регламентований в Санітарних нормах з якості продоводьчої сировини та харчових продуктів.

За ГОСТ 3948–90 [7] передбачається мінімальна кількість глазурі на філе мороженої риби 2-4 %.

Результати лабораторних досліджень мороженого рибного філе наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Характеристика фізико-хімічних показників якості зразків мороженого рибного філе

Показники	Філе мінтая	Філе хека сріблястого
Кількість вологоутримуючих добавок (в перерахунку на фосфорний ангидрид), г/кг	0,42	0,3
Масова доля глазурі, %	28,8	2,3

Вміст вологоутримуючих добавок в дослідних зразках філе були в межах норми. Глазур в зразку філе хека сріблястого не перевищувала стандартного нормативу, розташована рівномірно по всій площі філе, прозора, без тріщин та ушкоджень.

Висновки з даного дослідження

- за органолептичними показниками якості з двох зразків рибного мороженого глазурованого філе найкращим виявилося філе хека сріблястого, виробництва Росії ООО «Шапіро»;
- вміст вологоутримуючих добавок був у межах нормативу в обох зразках;
- кількість глазурі значно перевищувала нормативний показник у зразка філе мінтаю;
- маркування філе мало недостатню інформацію: відсутні відомості про термін придатності, умови зберігання, не було позначення нормативного документу з якості;
- жоден зі зразків філе не відповідав вимогам 1-го сорту, який був зазначений на маркуванні даних виробів.

Список літературних джерел

1. Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини: Закон України: Постанова Верховної Ради України від 23.12.1997 р.

2. Хлебников В.И. Технология товаров (продовольственных). – М.: Издат. Дом «Дашков и Ко», 2000. – С. 385.

3. Минх А.А. Справочник по санитарно-гигиеническим исследованиям. – М.: Медицина, 1983. – С. 210-215.

4. Сенченко Б.С. Ветеринарно-санитарная экспертиза продуктов животного и растительного происхождения. – Ростов-на-Дону: Март, 2001. – С. 505.

5. Сафонова Т.М. Органолептическая оценка рыбных продуктов. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 14-16.

6. ГОСТ 1168 – 86 «Рыба мороженая. Технические условия».

7. ГОСТ 3948 – 90 «Филе рыбное мороженое. Технические условия»

АНОТАЦІЇ

УДК 531.422

Тепла Т.М.,Рогоза О.В. Методологічні проблеми поняття маси в курсі фізики. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №42. - С. 9-16.

Зроблено огляд сучасної навчальної літератури з методологічних проблем формування поняття маси в курсі фізики технічного університету. Звернено увагу на важливі сторони цього поняття, необхідні для формування наукового світогляду студентів.

Бібліогр.: 9.

УДК 531.422

Теплая Т.М.,Рогоза А.В. Методологические проблемы понятия массы в курсе физики // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 9-16.

Выполнен обзор современной учебной литературы по методологическим проблемам формирования понятия массы в курсе физики технического университета. Обращено внимание на важные стороны этого понятия, необходимые для формирования научного мировоззрения студентов.

Библиогр.: 9.

UDC 531.422

Tepla T.M., Rogoza O.V. Methodological Problems of Mass Concept in Course of Physics. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 9-16.

Modern educational literature survey has been achieved on the question of mass concept formation in the course of physics. The attention is focused on the important issues of this concept, essential for the scientific view formation.

Ref.: 9.

УДК 539.3:539.4

Грицюк В.Ю. Розрахунок балки на пружній основі на поперечний удар // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №42. - С. 17- 20.

Відомий розрахунок С.П.Тимошенка поперечного удару тілом по балці узагальнюється на випадок поперечного удару тілом по шарнірно опертій балці, що лежить на пружній основі. Виявлено, що переміщення балки локалізуються поблизу місця удару. Якщо удар відбувається подалі від опор, то способи закріплення кінців балки можуть не впливати на результати розрахунку.

Бібліогр: 3.

УДК 539.3:539.4

Грицюк В.Ю. Расчет балки на упругой основе на поперечный удар // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 17-20

Известный расчет С.П.Тимошенко поперечного удара телом по балке обобщается на случай поперечного удара телом по шарнирно опертой балке, которая лежит на упругой основе. Выявлено, что перемещение балки локализуются близ места удара. Если удар происходит подальше от опор, то способы закрепления концов балки могут не влиять на результаты расчета.

Библиогр: 3.

UDC 539.3:539.4

Hrytsjuk V. Y. The Computation of the Beam situated on Elastic Foundation for Cross-section Impact // Journel of Chernigiv State Technological University, 2010 . – № 42 . P. 17-20.

Well-known computation of S. Timoshenko for cross-section impact beam is generalized for impact by body on the hinged beam which lies on elastic foundation. It is revealed, that movements of the beam are localized near the place of impact. If impact is going far from bearings the methods of beam ends fixing can not influenced to computation results.

Ref.: 3.

УДК 539.3:534.1

Ігнатенко А.С. Нестаціонарні коливання конічної оболонки з в'язкопружного матеріалу, армованого волокнами // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №42. - С. 21-24.

Побудовано скінченно-елементну модель конічної оболонки з в'язкопружного армованого матеріалу. Досліджено вплив параметрів армування на коливання оболонки під час дії імпульсного навантаження.

Іл. 6. Бібліогр.: 10.

УДК 539.3:534.1

Игнатенко А.С. Нестационарные колебания конической оболочки из вязкоупругого материала, армированного волокнами // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 21-24.

Построена конечно-элементная модель конической оболочки из вязкоупругого материала, армированного волокнами. Исследовано влияние параметров армирования на колебания оболочки под воздействием импульсной нагрузки.

Іл. 6. Бібліогр.: 10.

UDC 539.3:534.1

Ignatenko A.S. Transient Oscillations of Conical Shell of Fiber-Reinforced Viscoelastic Material . // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 21-24

The finite-element model of conical shell of viscoelastic reinforced material was built. The influence of reinforcing parameters on the vibrations of the shell under the impulsive loads was discovered.

Ill. 6. Ref.: 10.

УДК 621.855:678.7

Пилипенко О.І., Максименко В.А. Методика розрахунку привода з ланцюговою передачею // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №42. - С. 25-30.

Пропонується методика, відмінність якої полягає в застосуванні послідовності розрахунку ланцюгових передач, яка дозволяє уникнути ітераційного процесу підбору параметрів. Існує можливість вибору вихідного критерію для розрахунку в залежності від специфіки матеріалу, що використовується.

Бібліогр.: 7.

УДК 621.855:678.7

Пилипенко О.И., Максименко В.А. Методика расчета привода с цепной передачей// Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 25-30.

Предлагается методика, отличие которой состоит в применении последовательности расчета цепных передач, которая позволяет избежать итерационного процесса подбора параметров. Существует возможность выбора исходного критерия для расчета в зависимости от специфики используемого материала.

Библиогр.: 7.

UDC 621.855:678.7

Pilipenko O.I., Maksimenko V.A. Design Procedure of a Drive with Chain Transfer // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 25-30.

Method, a difference which is to use the sequence calculating chain drive, which avoids the iterative process of selection parameters is proposed. There is a choice criterion for calculating the output depending on the specific material used.

Ref.: 7.

УДК 621.855

Пилипенко О.І. Динаміка багатомасової ланцюгової передачі під час усталеного режиму її роботи // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 31-34.

Розглянуто такі динамічні характеристики багатомасової ланцюгової передачі як власні частоти і амплітуди коливань, динамічні навантаження ведучої та ведених віток ланцюгового контуру при крутильних коливаннях під час усталеного режиму роботи, інерційні навантаження ведучої та ведених зірочок (мас) та динамічні нерівномірності їх обертання.

Табл. 4. Іл. 5. Бібліогр.: 10

УДК 621.855

Пилипенко О.И. Динамика многомассовой цепной передачи при установившемся режиме её работы // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 31-34.

Рассмотрены такие динамические характеристики многомассовой цепной передачи как собственные частоты и амплитуды колебаний, динамические нагрузки ведущей и ведомой ветвей цепного контура при крутильных колебаниях во время установившегося режима работы, инерционные нагрузки ведущей и ведомых звёздочек (масс) и динамические неравномерности их вращения.

Табл.4. Илл. 5. Библиогр.: 10

UDC 621.855

Pilipenko O.I. Dynamics of multimass chain drive during the steady-state operation // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 31-34.

Such dynamic characteristics of multimass chain drive as own frequencies and amplitudes of oscillations, dynamic loadings of leading and conducted branches of a chain contour are considered at torsional oscillations during the steady-state operation, inertial loadings of the leading and conducted sprockets (masses) and dynamic irregularity of their rotation.

Tabl. 4. Ill. 5. Ref.: 10

УДК 515.2

Черніков Б.І., Барбаш М.І. Особливості розробки поверхонь технічних форм з врахуванням утворення світлової лінії // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №42. - С. 35-44.

Приведені опис і результати використання світлової лінії під час проектування поверхонь технічних форм. Дана оцінка стану конструкторської практики та можливості застосування світлових ліній в різних галузях машинобудування.

Іл. 2. Бібліогр.: 6.

УДК 515.2

Черников Б.И., Барбаш М.И. Особенности разработки поверхностей технических форм с учетом образования световой линии // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 35-44.

Приведены описание и результаты использования световой линии при проектировании поверхностей технических форм. Дана оценка состояния конструкторской практики и возможности применения световых линий в разных отраслях машиностроения.

Ил. 2. Библиогр.: 6.

UDC 515.2

Chernikov B.I., Barbash M.I. Features of Development of Surfaces of Technical Forms Taking into Account Formation of Light Line // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 35-44.

Description and results of the use of light line is resulted at planning of surfaces of technical forms. The estimation of the state of designer practice and possibility of application of light line are given in the different areas of engineering.

Ill. 2. Ref.: 6.

УДК 621.9

Фадеев А.В. Моделювання напружено-деформованого стану уніфікованого корпусу установчо-затискних пристроїв багатопозиційних агрегатних верстатів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №42. - С. 45-48.

Розвиток принципу агрегатування за рахунок уніфікації елементної бази установчо-затискних пристроїв.

Іл. 5. Бібліогр.: 2.

УДК 621.9

Фадєєв А.В. Моделирование напряженно-деформированного состояния унифицированного корпуса установочно-зажимных приспособлений многопозиционных агрегатных станков // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 45-48.

Развитие принципа агрегатирования за счет унификации элементной базы установочно-зажимных приспособлений.

Ил. 5. Библиогр.: 2.

UDC 621.9

Fadeev A.V. Design of the tense-deformed state of compatible corps of adjusting-clamping adaptations of multiposition aggregate machine-tools// Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 45-48.

On the basis of systematization of the basic general-arrangement diagrams of locating - clamping device of unit-type machine tools the models of layouts permitting to execute their designer unification are designed.

Ill. 5. Ref.: 6.

УДК 621.922

В.І. Кальченко, В.В. Кальченко, В.І. Венжега, А.В. Кологойда Нові технології виробництва та ремонту розподільчих валів автомобільних двигунів. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №42. - С. 49-58.

Розроблено новий спосіб і на його базі нова технологія обробки кулачків розподільчих валів та проведено розрахунок основних параметрів процесу обробки. Запропонована методика ремонту розподільчих

валів за допомогою наплавки профілю кулачка з наступною обробкою на верстаті ЧПК в режимі глибинного однопрохідного шліфування.

Іл. 11. Бібліогр.: 9.

УДК 621.922

Кальченко В.И., Кальченко В.В., Венжега В.И., Кологойда А.В. Новые технологии производства и ремонта распределительных валов автомобильных двигателей // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 49-58.

Разработан новый способ и на его базе новая технология обработки кулачков распределительных валов и проведен анализ основных параметров процесса обработки. Предложена методика ремонта распределительных валов при помощи наплавки профиля кулачка с последующей обработкой на станке с ЧПУ в режиме глубинного однопроходного шлифования.

Рис. 11. Библиогр.: 9.

UDC 621.922

Kalchenko V.I., Kalchenko V.I., Venshega V.I., Kologoyda A.V. New Technologies Production and Repair of the Camshafts of the Car Engines. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 49-58.

It is designed new way and on its base new technology processing fist camshafts and is examined analysis main parameter process of the processing. Offered methods of the repair of the camshafts at hardfacing by spraying of the profile of the fist with after-treatment on tool with NPC in mode through-feed creep feed grinding.

Il. 11. Ref.: 9.

УДК 629.083

Кальченко В.І., Венжега В.І., Рудик А.В., Пасов Г.В. Аналіз та обгрунтування методів відновлення деталей автомобілів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 59-65.

Проведено аналіз та обгрунтовано вибір способів відновлення деталей автомобілів з урахуванням критеріїв можливості застосування, довговічності відновлених деталей, техніко-економічного та економічного критеріїв.

Особливу увагу приділено застосуванню метода відновлення деталей без розбирання вузлів і агрегатів smart-selftechnologies, що дозволяє понизити витрати на паливно-мастильні матеріали і запасні частини, скоротити трудовитрати на усунення відмов, зменшити втрати внаслідок простою техніки в період ремонту.

Бібліогр. 6.

УДК 629.083

Кальченко В.И., Венжега В.И., Рудик А.В., Пасов Г.В. Анализ и обоснование методов восстановления деталей автомобилей // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 59-65.

Проведен анализ и обоснован выбор способов восстановления деталей автомобилей с учетом критериев возможности применения, долговечности восстановленных деталей, технико-экономического и экономического критериев.

Особое внимание уделено применению метода восстановления деталей без разборки узлов и агрегатов smart-selftechnologies, что позволяет снизить расходы на горюче-смазочные материалы и запасные части, сократить трудозатраты на устранение отказов, уменьшить потери в результате простоя техники в период ремонта.

Библиогр. 6.

UDK 629.083

Kalchenko V.I., Venzhega V.I., Rudik A.V., Pasov G.V. Analysis and Ground of Methods of Proceeding of in the Machine Parts of Cars // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 59-65.

The analysis is carried out and the choice of ways of restoration of details of cars taking into account criteria of possibility of application, durability of the restored details, technical and economic and economic is proved.

The special attention is given application of a method of restoration of details without dismantling of knots and units smart-selftechnologies that allows to reduce expenses of work for elimination of refusals, to reduce losses as a result of idle time of technics in repair.

Ref.: 6.

УДК 621.923.42

Кальченко В.В., Веремей Г.А. Дослідження формоутворення поверхонь контакту з'єднання «клапан-седло» газорозподільчого механізму в двигуні внутрішнього згоряння// Вісн. Черніг. держ.

технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 66-73.

Досліджено сполучення пари «клапан-сідло» газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згорання автомобіля з системою приводу від колінчастого валу з точки зору характеристик і технічних вимог, що пред'являються до умов роботи і формоутворення поверхонь контакту деталей даного сполучення. Розглянуті і проаналізовані існуючі методи забезпечення параметрів якості з'єднання «клапан-сідло», показана необхідність поліпшення існуючих практичних методів шляхом використання нових способів фінішної обробки.

Бібліогр. 9.

УДК 621.923.42

Кальченко В.В., Веремей Г.А. Исследование формообразования поверхностей контакта соединения «клапан – седло» газораспределительного механизма в двигателе внутреннего сгорания// Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 66-73.

Исследовано сопряжение пары «клапан-седло» газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания автомобиля с системой привода от коленчатого вала с точки зрения характеристик и технических требований, предъявляемых к условиям работы и формообразованию поверхностей контакта деталей данного сопряжения. Рассмотрены и проанализированы существующие методы обеспечения параметров качества соединения «клапан-седло», показана необходимость улучшения существующих практических методов обеспечения этих параметров посредством применения новых способов финишной обработки

Библиогр. 9.

UDC 621.923.42

Kalchenko V.V., Veremey G.A. Research of formoobrazovaniya of surfaces of contact of connection a «valve is a saddle» of gas-distributing mechanism in a combustion engine // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 66-73.

The interface of pair is investigational «valve-saddle» of gas-distributing mechanism of engine of vnutrennego combustion of car with the system of drive from a crankshaft from point of descriptions and tekhnicheskikh requirements, produced to the terms of work and formoobrazovaniyu of surfaces of contact of deta-ley of this interface. Considered and analysed existent methods of providing of parameters of quality of connection «valve-saddle», the necessity of improvement of existing is rotined practical metods.

Ref. 9.

УДК 621.331.5

Міщенко М.В., Чуприна В.М., Пасов Г.В. Автоматичний контроль і підтримка рівня електроліту в акумуляторних батареях гібридних автомобілів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №42. - С. 74-78.

Розглядається актуальна проблема контролю і підтримки рівня електроліту в акумуляторних батареях гібридних автомобілів. Проаналізовані основні схеми гібридних силових установок. Запропонована автоматична система підтримання рівня електроліту в акумуляторних батареях гібридних автомобілів.

Іл.:5, Бібліогр.: 3.

УДК 621.331.5

Мищенко Н.В., Чуприна В.М., Пасов Г.В. Автоматический контроль и поддержка уровня электролита в аккумуляторных батареях гибридных автомобилей // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 74-78.

Рассматривается актуальная проблема контроля и поддержка уровня электролита в аккумуляторных батареях гибридных автомобилей. Проанализированы основные схемы гибридных силових установок. Предложена автоматическая система поддержки уровня электролита в аккумуляторных батареях гибридных автомобилей.

Илл.:5, Библиогр.: 3.

UDC 621.331.5

Mischenko M.V., Chupryna V.M., Pasov G.V. Hardware Check and Electrolyte Level Maintenance in Storage Batteries of the Hybrid Cars // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 74-78.

The actual problem of the use Hardware check and electrolyte level maintenance in storage batteries of the hybrid cars is considered. Main schemes of the hybrid power installation will Analysed. Automatic system of the maintenance level electrolyte is Offered in storage batteries of the hybrid cars.

Ill.: 5, Ref.: 3

УДК 621.822. 3

Хоменко І. М., Кобринец А. К. Про регулювання тиску мастила при зношуванні підшипників

ковзання автотракторних дизельних двигунів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №42. - С. 79-84.

Проведено дослідження регулювання тиску мастила в радіальному гідростатодинамічному підшипнику ковзання у процесі його зношування. Наведено значення тиску і його розподіл у підшипнику залежно від ширини кишені в подушці підшипника.

Іл.:7, Бібліогр.: 5.

УДК 621.822. 3

Хоменко И. М., Кобринец А. К. О регулировании давления масла при изнашивании подшипников скольжения автотракторных дизельных // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 79-84.

Проведено исследование регулирования давления масла в радиальном гидростатодинамическом подшипнике скольжения в процессе его изнашивания. Приведено значение давления и его распределение в подшипнике в зависимости от ширины кармана в подушке подшипника.

Илл.:7, Библиогр.: 5.

UDK 621.822. 3

Khomenko I.M., Kobrynets A.K., About Adjusting of Pressure of Oil at Wear of Sliding Bearings of Diesel Automobile and Tractor Engines // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 79-84.

Research of adjusting of pressure of butter is conducted in radial hydrostatodynamic of the sliding bearing in the process of his wear. The value of pressure and division is resulted in bearing and depends on width of pocket in the pillow of bearing.

Ill.: 7, Ref.: 5

УДК 621. 9. 06

Сахно Ю.О., Сахно Є.Ю., Шевченко Я.В. Визначення навантаження на корінні шийкі кривошипа // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 85-92.

Визначено критичні значення навантаження на корінну шийку кривошипа, які впливають на експлуатаційні властивості двигуна внутрішнього згорання. Розраховані необхідні додаткові витрати рідини для вибору окремого джерела живлення і модернізації системи змащування гідроопор колінчастого валу.

Іл. 4. Бібліогр.: 6.

УДК 621. 9. 06

Сахно Ю.А., Сахно Е.Ю., Шевченко Я.В. Определение загрузки на коренные шейки кривошипа// Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 85-92.

Определены критические значения загрузок на коренную шейку кривошипа, которые влияют на эксплуатационные свойства двигателя внутреннего сгорания. Рассчитан необходимый дополнительный объем жидкости для выбора отдельного источника питания и модернизации системы смазывания гидроопор коленчатого вала.

Ил. 4. Библиогр.: 6.

UDC 621. 9. 06

Sakhno Yu.A., Sakhno E.Yu., Shevchenko Ya. V. Compensation of displacement of combustion engine crankshaft under loading // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 85-92.

The critical values of loading on native neck to the crank are certain, which influence on operating properties of internal combustion engine. The expected is needed additional charges of liquid for the choice of separate source of feed and modernization of the greasing hydrostatical bearings crankshaft system.

Ill.4. Ref.:6.

УДК 621.438

Барановський Д.М., Драгобецький В.В. Експериментальні дослідження взаємозв'язку технічного стану дизелів і термінів проведення технічного обслуговування // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №42. - С. 93-97.

Показано, що технічний стан дизелів можна визначати за властивостями моторної оливи. Встановлено розбіжність часу проведення і невідповідність структури та періодичності певних технічних дій при виконанні операцій ТО-1, ТО-2 дизелів. При ППС не має можливості корегування номенклатурою та часом проведення робіт по підтриманню працездатного стану дизелів. Роботи, які відносяться до переліку технічного обслуговування при адаптивній стратегії, доводиться виконувати в структурі більш складних технічних дій, частіше із запізненням, а на початку експлуатації – з випередженням.

Дослідження по структурі робіт технічного обслуговування та ремонту дизелів дали можливість подовжити терміни виконання не лише ТО-1 та ТО-2, а й змістити момент необхідності проведення робіт поточного та капітального ремонтів.

Іл. 4. Бібліогр.: 5.

УДК 621.438

Барановский Д.М., Драгобецкий В.В. Экспериментальные исследования взаимосвязи технического состояния дизелей и сроков проведения технического обслуживания // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 93-97.

Показано, что техническое состояние дизелей можно определять по свойствами моторного масла. Установлено расхождение времени проведения и несоответствие структуры и периодичности определенных технических действий при выполнении операций ТО-1, ТО-2 дизелей. При ППС не имеет возможности корректирования номенклатурой и временем проведения работ по поддержанию работоспособного состояния дизелей. Работы, относящиеся к перечню технического обслуживания при адаптивной стратегии, приходится выполнять в структуре более сложных технических действий, чаще с опозданием, а в начале эксплуатации – с опережением.

Исследование по структуре работ технического обслуживания и ремонта дизелей дали возможность продлить сроки выполнения не только ТО-1 и ТО-2, но и сместить момент необходимости проведения работ текущего и капитального ремонтов.

Ил. 4. Библиогр.: 5.

UDC 621.438

Baranovskyi D.M., Dragobetskyi V.V. Experimental Researches of Intercommunication of the Technical tate of Diesels and Terms of Technical Service // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 93-97.

It is shown, that the technical state of diesels can be determined after properties of agile olive. Disagreement of time of conducting and disparity of structure and periodicity of definite technical actions is set at implementation of operations TS-1, TS-2 diesels. At PPS is not in a position by a adjustment nomenclature and sometimes conducting of works on support of the state of diesels capable of working. Works which behave to the list of technical service at adaptive strategy, it is had to execute in the structure of more difficult technical actions, more frequent behind time, and at the beginning of exploitation – with passing.

Researches on the structure of works of technical service and repair of diesels gave possibility to prolong the terms of implementation not only that TS-1, TS-2, but also to displace the moment of necessity conducting of works of permanent and capital repairs.

Ill. 4. Ref.: 5.

УДК 662.75

Пасов Г.В., Чуприна В.М., Міщенко М.В. Історія становлення Запорізького автомобільного заводу та його перспективи // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №42. - С. 98-105.

Розглянуто історію розвитку першого вітчизняного заводу з випуску легкових автомобілів. Описано основні моделі, які випускало це підприємство та перспективи його подальшого розвитку.

Бібліогр.: 9.

УДК 662.75

Пасов Г.В., Чуприна В.М., Мищенко Н.В. История становления Запорожского автомобильного завода и его перспективы // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 98-105.

Рассмотрена история развития первого отечественного завода по выпуску легковых автомобилей. Описаны основные модели, выпускаемые этим предприятием, и перспективы его дальнейшего развития.

Библиогр.: 9.

UDC 662.75

Pasov G.V., Chupryna V.M., Mischenko M.V. History of the Formation Zaporozhskogo Car Plant and its Prospects // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 98-105.

The history of the development of the first domestic plant is considered on issue of the passenger cars. It is described main models, which were released on this enterprise and prospects of the further its development.

Ref.: 9

УДК 621.9.06: 621.941: 621.9-112.5

Чуприна В.М., Говоруха О.М., Гуменник Ю.М. Дослідження динамічних характеристик типових компоновок шпиндельних вузлів металорізальних верстатів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 106-115.

Виконані порівняльні розрахунки динамічних характеристик дванадцяти варіантів компоновок шпиндельних вузлів на кулькових і роликових опорах кочення. Встановлено вплив швидкохідності компоновок на динамічні параметри шпиндельних вузлів.

Іл.:8, Бібліогр.: 6.

УДК 621.9.06: 621.941: 621.9-112.5

Чуприна В.М., Говоруха О.М., Гуменник Ю.М. Исследование динамических характеристик типовых компоновок шпиндельных узлов металлорежущих станков // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 106-115.

Выполнены сравнительные расчеты динамических характеристик двенадцати вариантов компоновок шпиндельных узлов на шариковых и роликовых опорах качения. Установлено влияние быстроходности компоновок на динамические параметры шпиндельных узлов.

Илл.:8, Библиогр.: 6.

UDC 621.9.06: 621.941:621.9-112.5

Chupryna V.M., Govoruha O.M., Gumennik J.M. Study of the Dynamic Features of the Standard Arrangements Spindle Nodes Metalcutting Tool // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 106-115.

The comparative calculations of the dynamic features twelve variants of the arrangements spindle nodes are Executed on ball and roller full tilt of the swing. The Installed influence speed arrangements on dynamic parameters spindle nodes.

Ill.: 8, Ref.: 6

УДК 621.822.172:621.7.079

Федориненко Д.Ю. Підвищення експлуатаційних властивостей регульованих шпиндельних гідростатичних опор. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 116-121.

Розглянуті питання аналізу втомних характеристик конструкції деформованої гідростатичної втулки засобами CAE систем. Запропоновано удосконалену конструкцію гідростатичного підшипника з покращеними експлуатаційними властивостями.

Іл. 7. Бібліогр.: 7.

УДК 621.822.172:621.7.079

Федориненко Д.Ю. Повышение эксплуатационных свойств регулируемых шпиндельных гидростатических опор // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 116-121.

Рассмотрены вопросы анализа усталостных характеристик конструкции деформированной гидростатической втулки средствами CAE систем. Предложена усовершенствованная конструкция гидростатического подшипника с улучшенными эксплуатационными свойствами.

Ил. 7. Бібліогр.: 7.

UDC 621.822.172:621.7.079

Fedorinenko D.Y. Increase of Operating Properties of the Spindle Hydrostatical Supports Managed. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 116-121.

The questions of analysis of tireless descriptions of construction of the deformed hydrostatical hob are considered by facilities of CAE of the systems. The improved construction of the hydrostatical bearing is offered with improving operating properties.

Ill. 7. Ref.: 7.

УДК 621.924.1/6

Федориненко Д.Ю., Бойко С.В. Компенсація деформацій регульованої гідростатичної втулки в аксіальному напрямку підшипника. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 122-127.

Розглянуті конструктивні варіанти виконання напрямних рухомих елементів опори з метою компенсації деформацій згину аксіальних перемичок гідростатичної опори під час регулювання діаметрального зазору.

Іл. 7. Бібліогр.: 5.

УДК 621.924.1/6

Федориненко Д.Ю., Бойко С.В. Компенсация деформаций регулируемой гидростатической втулки в аксиальном направлении подшипника // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 122-127.

Рассмотрены конструктивные варианты выполнения направляющих подвижных элементов опоры с целью компенсации деформаций сгиба аксиальных перемычек гидростатической опоры во время регулиро-

вания диаметрального зазора.

Ил. 7. Бібліогр.: 5.

UDC 621.924.1/62

Fedorinenko D.Y., Boycko S.V. Indemnification of Deformations of the Adjustable Hydrostatic Support in the Axial Direction of the Bearing. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 122-127.

The constructive variants of performance of directing mobile elements of a support for the purpose of deformations indemnification of a bend of axial crosspieces of a hydrostatic support during regulation diametrical a backlash are considered.

Il. 7. Ref.: 5.

УДК 621.923.42

Рудик А.В. Определение толщины слоя, срезаемого кромкой ориентированного абразивного инструмента // Весн. Черниг. гос. технол. ун-та. 2010.– № .– С. 128-135.

Предложен метод вероятностного расчета толщины слоя, срезаемого режущей кромкой ориентированного абразивного инструмента, который позволяет определять ее, учитывая кинематику резания, материал и зернистость инструмента, шероховатость заготовки, изменение состояния рабочей поверхности в процессе обработки.

Таб. 1. Ил. 4. Библиогр.: 13.

УДК 621.923.42

Рудик А.В. Визначення товщини шару, що зрізається кромкою орієнтованого абразивного інструменту // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 128-135.

Запропонований метод імовірнісного розрахунку товщини шару, що зрізається різальною кромкою орієнтованого абразивного інструменту, який дозволяє визначати її, враховуючи кінематику різання, матеріал та зернистість інструменту, шорсткість заготовки, зміну стану робочої поверхні в процесі обробки.

Таб. 1. Іл. 4. Бібліогр.: 13.

UDC 621.923.42

Rudik A.V. Determination of Layer Thickness, that is Cut Away by Edge of the Oriented Abrasive Tool // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 128-135.

Offered method of probabilistic calculation of layer thickness, that is cut away by the cutting edge of the oriented abrasive tool, that allows to determine her, taking into account the kinematics of cutting, material and graininess of instrument, roughness of purveyance, change of the state of working surface in the process of treatment.

Tabl. 1. Ill. 4. Ref.: 13

УДК 631.531.027.3

Мамонтова Л. С. Пристрій для вимірювання швидкості та напрямку течії водного потоку. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 136-143.

Досліджено пристрій для визначення швидкості та напрямку течії водного потоку, який дозволяє одержувати значення, що в найбільшій мірі відповідають фізичному змісту вимірюваної величини, та виконує вимірювання в поздовжньому та поперечному напрямках.

Іл. 5. Бібліогр.: 7.

УДК 631.531.027.3

Мамонтова Л. С. Устройство для измерения скорости и направления течения водного потока // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 136-143.

Исследовано устройство для определения скорости и направления течения водного потока, которое позволяет получать значения, в наибольшей степени соответствующие физическому значению измеряемой величины, и выполняет измерения в продольном и поперечном направлениях.

Ил. 5. Библиогр.: 7.

UDC 631.531.027.3

Mamontova L. S. The Device for Dimension of Speed and a Set of the Current of a Water-course. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 136-143.

The device for dimension of speed and a set of the current of a water-course allows to receive the values to the greatest degree corresponding to a physical value of a measurand and executes measurements in the length and cross-section directions.

Ill. 5. Ref.: 7.

УДК 621.791.3

Болотов Г.П., Болотов М.Г. Порівняльна оцінка ефективності джерел енергії при дифузійному зварюванні у вакуумі. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 144-147.

Проведена порівняльна оцінка ефективності різних джерел нагріву що використовують при дифузійному зварюванні. Визначена енергетична ефективність нагріву тліючим розрядом із порожнистим катодом та встановлено доцільність його використання як джерела енергії при дифузійному зварюванні.

Іл. 1. Бібліогр.: 2

УДК 621.791.3

Болотов Г.П., Болотов М.Г. Сравнительная оценка эффективности источников энергии при диффузионной сварке в вакууме // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 144-147.

Проведена сравнительная оценка эффективности различных источников нагрева, которые используют при диффузионной сварке в вакууме. Определена энергетическая эффективность нагрева тлеющим разрядом с полым катодом и установлена целесообразность его использования как источника энергии при диффузионной сварке.

Ил. 1. Библиогр.: 2.

UDC 621.791.3

Bolotov G.P., Bolotov M.G. Comparative Estimation of Energy Sources Efficiency at Diffusion Welding in Vacuum. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 144-147.

Comparative estimation of efficiency of different sources of heating which use for the diffusion welding in a vacuum conducted in this work. There is power efficiency of heating of glow discharge with a hollow cathode is defined, and expedience of his use as an energy source at diffusion welding was sat.

Ill. 1. Ref.: 2

УДК 621.791.03

Зяхор І.В. Формування з'єднань при зварюванні тертям жароміцного сплаву ЖС3-ДК із сталлю 40Х // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 148-155.

Досліджено особливості формування структури металу у зоні контакту на різних стадіях процесу зварювання тертям жароміцного нікелевого сплаву ЖС3-ДК з конструкційною сталлю 40Х і визначено умови одержання якісних зварних з'єднань.

Іл. 9. Бібліогр.: 9.

УДК 621.791.03

Зяхор И.В. Формирование соединений при сваривании трением жаропрочного сплава ЖС 3-ДК со сталью 40Х // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 148-155.

Исследованы особенности формирования структуры металла в зоне контакта на разных стадиях процесса сварки трением жаропрочного никелевого сплава ЖС3-ДК с конструкционной сталью 40Х и определены условия получения качественных сварных соединений.

Ил. 9. Библиогр.: 9.

UDC 621.791.03

Ziahor I.V. Wis at welding of heatproof alloy of ЖС 3-ДК with steel of 40Х // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 148-155.

The peculiarities of metal microstructure formation in the contact zone during different stages of friction welding of heat resistant nickel alloy ZhS3-DK with steel 40Kh are investigated. Conditions for sound welded joints formation are determined.

Ill. 9. Ref.: 9.

УДК 621.791/792:669.717

Дудла І.О., Ганєєва Т.В., Новомлинець О.О. До питання щодо використання алюмінію і його сплавів та проблеми їх зварювання (огляд літератури). // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 156-161.

Проаналізовані динаміка та структура світового ринку споживання алюмінію та його сплавів. Приведені способи зварювання, розглянуті основні проблеми зварювання алюмінію та його сплавів.

Іл. 4. Бібліогр.: 8.

УДК 621.791/792:669.717

Дудла И.А., Ганеева Т.В., Новомлинец О.А. К вопросу относительно использования алюминия и его сплавов и проблемы их сварки (обзор литературы). // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 156-161.

Проанализированы динамика и структура мирового рынка потребления алюминия и его сплавов. Приведенные способы сварки, рассмотрены основные проблемы сварки алюминия и его сплавов.

Ил. 4. Библиогр.: 8.

UDC 621.791/792:669.717

Dudla I.O., Ganeeva T.V., Novomlinetc O.O. To the Question in Relation to the use of Aluminium and his Alloys and problem of their Welding (Review of Literature// Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 156-161.

A dynamics and structure of world market of consumption of aluminium and his alloys are analysed. Resulted methods of welding, basic problems of welding of aluminium and its alloys are considered.

Il. 4. Bibliogr.: 8.

УДК 621.311

Буйний Р.О., Марич Б.О. Методика розрахунку струмів в екранах однофазних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 162-166.

Запропонована методика розрахунку струмів у екранах кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену трифазних кабельних груп в нормальному режимі, яка має меншу похибку у порівнянні з раніше відомими.

Іл. 4. Бібліогр.: 7.

УДК 621.311

Буйный Р.А., Марич Б.О. Методика расчета токов в экранах однофазных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 162-166.

Предложена методика расчета токов в экранах кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена трьохфазных кабельных групп в нормальном режиме, которая имеет меньшую погрешность по сравнению с известными ранее.

Ил. 4. Библиогр.: 7.

UDC 621.311

Buinyi R.O., Marych B.O. Method of calculation of currents in the sheath of cross-linked polyethylene cables. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 162-166.

The method of calculation of currents is offered in the sheath of cables with an isolation from cross-linked polyethylene of groups of cables of three-phases in the normal mode, which has a less error in comparison from before known.

Ill. 4. Ref.: 7.

УДК 620.9:65.012

Варинська Л.О.Техніко-економічні переваги та недоліки вітрової електроенергетики. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 167-175.

Розглядаються фізичні особливості використання енергії вітру для виробництва електроенергії та конструкція спеціального обладнання, яке застосовують у вітроенергетиці. Надаються порівняльні вартісні дані генерації в умовах електростанцій різного типу, а також перспективи розвитку вітроенергетиці в Україні та Запорізькому регіоні. За даними досвіду експлуатації вітроелектростанцій в умовах закордонних країн аналізуються недоліки вітроенергетики та шляхи можливого їх усунення.

Іл. 3. Бібліогр.: 9.

УДК 620.9:65.012

Варинская Л.А. Технико-экономические преимущества и недостатки ветровой электроэнергетики // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 167-175.

Рассматриваются физические особенности использования энергии ветра для производства электроэнергии, а также конструкции специального оборудования, применяемого в ветроэнергетике. Указываются сравнительные стоимостные данные генерации в условиях электростанций разного типа и приводятся перспективы развития ветроэнергетики в Украине и Запорожском регионе. По данным опыта эксплуатации ветроэлектростанций в условиях зарубежных стран выполняется анализ недостатков ветроэнергетики и путей возможного их устранения.

Ил. 3. Библиогр.: 9.

UDC 620.9:65.012

Varinskaja L.A. Technical and Economic Advantages and Disadvantages of the Wind Electric Power // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 167-175.

The physical features of a wind power use to produce the electric power and a design of the special equipment applied in the wind power are considered. Comparative cost data of generation in conditions of power stations

of different type, and also prospect of development the wind power in Ukraine and Zaporozhye region are cited. According to operation of wind power stations in conditions of foreign countries some disadvantages of wind power are analyzed and ways of their possible elimination.

Ill. 3. Ref.: 9.

УДК 621.311

Замулко О.І., Солоха Ю.В., Бовкун Я.В. Питання підвищення ефективності функціонування електричних мереж електропередавальних організацій України // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 176-181.

Обґрунтовано необхідність планування перспективного розвитку розподільчих електричних мереж для формування інвестиційних програм та забезпечення надійного електропостачання споживачів України. Практична реалізація запропонованого підходу виконана на прикладі ВАТ «ЕК «Чернігівобленерго».

Іл. 3. Бібліогр.: 7.

УДК 621.311

Замулко О.И., Солоха Ю.В., Бовкун Я.В. Вопрос повышения эффективности функционирования электрических сетей електропередающих организаций Украины // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 176-181.

Обоснована необходимость планирования перспективного развития распределительных электрических сетей для формирования инвестиционных программ и обеспечения надежного электроснабжения потребителей Украины. Практическая реализация предложенного подхода выполнена на примере ОАО «ЭК «Черниговоблэнерго».

Ил. 3. Библиогр.: 7.

UDC 621.311

Zamulko O.I., Soloha U.V., Bovkun A.V. Question of increase of efficiency of functioning of electric networks of elektroperedayuschikh organizations of Ukraine // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 176-181.

This article substantiates the need for planning future development of electrical distribution networks for creation of investment programs and ensuring reliable electricity supply for consumers in Ukraine. Practical realization of the proposed approach performed on the example of regional transmission organizations «Chernigivoblenergo».

Ill. 3. Ref.: 7.

УДК 004.7; 004.056/057

Риндич Є.В., Казимир В.В.. Імітаційна модель системи захищеного голосового конференц зв'язку на базі протоколу IP // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 182-190.

Досліджено архітектури систем захищеного голосового конференц зв'язку на базі протоколу IP. Визначена загальна архітектура та схема взаємодії її складових. З використанням апарату розширених мереж Петрі(Е-мереж) розроблена імітаційна модель серверу та клієнта системи захищеного голосового конференц зв'язку на базі протоколу IP..

Іл. 9. Бібліогр.: 6.

УДК 004.7; 004.056/057

Рындич Е.В., Казимир В.В. Имитационная модель системы защищенной голосовой конференц связи на базе протокола IP // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 182-190.

Исследовано архитектуру системы голосовой конференц связи на базе протокола IP. Определена обобщенная архитектура и схема взаимодействия её составляющих. С использованием аппарата расширенных сетей Петри(Е-сетей) разработана имитационная модель сервера и клиента системы защищенной голосовой конференц связи на базе протокола IP.

Ил. 9. Библиогр.: 6.

UDC 004.7; 004.056/057

Ryndych Y.V., Kazymyr V.V. Simulation Model of Secure Voice Conference Communication Based on Ip Protocol // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 182-190.

The architecture of voice conference system based on IP protocol was researched. Scheme of interaction between architecture and its components was generalized. Simulation model of server and client of secured voice conference system based on IP protocol was created with extended Petri nets.

Ill. 9. Ref.: 6.

УДК 621.9

Бичко В.А., Цулун А.І. Особливості тривимірного сканування поверхні фізичних об'єктів. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 191-197.

Реалізована можливість отримання комп'ютерної моделі поверхні фізичних об'єктів шляхом безконтактного сканування із застосуванням тріангулярного методу представлення даних. В статті аналізуються особливості застосування безконтактного методу сканування з використанням рухомого скануючого модуля.

Іл. 7. Бібліогр.: 9.

УДК 621.9

Бычко В.А., Цулун А.И. Особенности трехмерного сканирования поверхности физических объектов // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 191-197.

Реализована возможность получения компьютерной модели поверхности физических объектов путем бесконтактного сканирования с применением триангулярного метода представления данных. В статье анализируются особенности применения бесконтактного метода сканирования с использованием подвижного сканирующего модуля.

Ил. 7. Библиогр.: 9.

UDC 621.9

Bychko V.A., Tsulun A.I. Features of the three-dimensional Scanning of Physical Objects Surface. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 191-197.

The possibility of getting the computer model of the surface of physical object is realized by non-contact scanning using the application of triangle method of presentation of data. In the article as well analyzed the features of the by non-contact scanning method using moving scanning module.

Il. 7. Ref.: 9.

УДК 004.412.2

Стасюк С.С., Свирепов С.В., Кросплатформена захищена розширювана система віддаленого адміністрування комп'ютерів. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 198-203.

Розглядаються сучасні системи адміністрування, виявлені їх основні переваги та недоліки. Запропоновано створення нової системи, яка базується на використанні технології VNC. Важливою особливістю системи, що розробляється, є кросплатформеність, багатофункціональність, мультиагентність та швидкість роботи.

Іл. 2, Бібліогр.: 4.

УДК 004.412.2

Стасюк С.С., Свирепов С.В., Кроссплатформенная расширяемая защищенная система удаленного администрирования компьютеров // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 198-203.

Рассматриваются современные системы администрирования, выявлены их основные преимущества и недостатки. Предлагается создание новой системы, которая базируется на использовании технологии VNC. Важной особенностью системы, которая разрабатывается, является кроссплатформенность, многофункциональность, мультиагентность и скорость работы.

Ил. 2, Библиогр.: 4.

UDC 004.412.2

Stasyuk S.S., Svirepov S.V., Cross-platform, Extensible Secure the Remote Control of Computers. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 198-203.

We consider the modern system of administration, identified their main advantages and disadvantages. It is proposed to create a new system, which is based on the use of technology VNC. An important feature of the system being developed is a cross-platform, multi-functionality, multi-agent and the speed of work.

Ill. 2, Ref.: 4.

УДК 528

Бурачек В.Г., Зацерковний В.І., Беленок В.Ю. Аналіз можливості підвищення якості дешифрування аерокосмічних знімків. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 204-212.

Подано опис розробленого авторами способу та пристрою геодезичної прив'язки аерокосмічних знімків. Запропонований спосіб та пристрій дозволяють суттєво підвищити точність дешифрування та прив'язки аерокосмічних знімків за рахунок використання субпіксельної технології з отриманням точності,

необхідної для створення великомасштабних топографічних карт.

Іл. 5. Бібліогр.: 5.

УДК 528

Бурачек В.Г., Зацерковний В.И., Беленок В.Ю. Анализ возможности повышения качества дешифрирования аэрокосмических снимков. // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 204-212.

Дано описание разработанного авторами способа и устройства геодезической привязки аэрокосмических снимков. Предложенный способ и устройство позволяют существенно повысить точность дешифрирования и привязки аэрокосмических снимков за счёт использования субпиксельной технологии с получением точности, необходимой для создания крупномасштабных топографических карт.

Ил. 5. Библиогр.: 5.

UDC 528

Burachek V.H., Zatserkovnyi V.I., Belenok V.J. Analysis of a Possibility of Improvement of the Quality of a Decoding of Aerospace Pictures. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 204-212.

A method and a device of geodesic fixation of aerospace pictures are described. The method and the device which proposed allow considerably raise an exactitude of a decoding and fixation of aerospace pictures owing to using of subpixel technologies with obtaining an exactitude which for making of the large-scale topographic maps.

Ill. 5. Ref.: 5.

УДК 528.94

Кривоберець С.В., Сімакін Ю.С. Методи і алгоритми багатокористувацької обробки розподіленої просторової інформації регіону на основі технології геопорталів. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 213-221.

Розглянуто підходи використання геоінформаційних технологій для створення розподіленої бази даних ГІС природно-заповідного фонду Чернігівської області.

Іл. 6. Бібліогр.: 5.

УДК 528.94

Кривоберец С.В., Симакин Ю.С. Методы и алгоритмы многопользовательской обработки распределенной пространственной информации региона на основе технологии геопорталов. // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 213-221.

Рассмотрены подходы использования геоинформационных технологий для создания распределенной базы данных ГИС природно-заповедного фонда Черниговской области.

Ил. 6. Библиогр.: 5.

UDC 528.94

Krivoberets S.V., Simakin Y.S. Methods and Algorithms of the Multiuser Processing of the Allocated Spatial Information of Region on the Basis of Technology of Geoportals. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 213-221.

Approach uses of geoinformation technologies for creation of allocated database the GIS natural-protected fund of Chernigov region are considered.

Ill. 6. Ref.: 5.

УДК 004.94

Бивойно П.Г., Лукін О.В., Навозенко В.М. Система імітаційного моделювання складних динамічних об’єктів. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 222- 228.

Розглянуто проблеми моделювання складних динамічних об’єктів. Запропоновано механізми об’єктно-орієнтованого програмування для моделювання динамічних систем. Це дозволяє вирішувати деякі проблеми моделювання складних динамічних систем, наприклад, побудову складних ієрархічних моделей.

Запропонована архітектура системи імітаційного моделювання складних динамічних об’єктів. Ця система дозволяє створювати нові моделі, редагувати існуючі, налаштовувати проведення експериментів, імпортувати та експортувати компоненти та схеми моделей, багаторазово додавати цифровий підпис до компонента або схеми моделі.

Іл. 10. Бібліогр.: 7.

УДК 004.94

Бивойно П.Г., Лукин О.В., Навозенко В.М. Система имитационного моделирования сложных динамических объектов // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 222- 228.

Рассмотрены проблемы моделирования сложных динамических объектов. Предложен механизм объектно-ориентированного программирования для моделирования динамических систем. Это позволяет решить некоторые проблемы моделирования сложных динамических систем, например, построение сложных иерархических моделей.

Предложена архитектура системы имитационного моделирования сложных динамических объектов. Эта система позволяет создавать новые модели, редактировать существующие, настраивать проведение экспериментов, импортировать и экспортировать компоненты и схемы моделей, неоднократно создавать цифровую подпись компонента или схемы модели.

Илл. 10. Библ.: 7.

UDC 004.94

Bivoyno P.H., Lukin O.V., Navozenko V.M. The System Simulation of Complex Dynamic Objects. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 222- 228.

The problems of modeling complex dynamic systems are considered. The mechanisms of object-oriented programming are suggested. It helps to solve some problems of modeling dynamic systems, for example modeling of complex hierarchical models.

The architect of simulation modeling complex dynamic systems is suggested. This system helps to create new models, edit earlier created ones, tune of the conditions of experiment, import and export components and circuit models, add the digital signature to the component or the circuit of model for many times.

Ill. 10. Ref.:7.

УДК 004.3'12

Торгонський В.В., Ігнатенков М.О. Особливості оцінки ефективності реалізації алгоритмів сигнальної обробки на ПЛІС. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 229-234.

Розглянуті особливості оцінки ефективності реалізації алгоритмів сигнальної обробки на ПЛІС. На основі аналізу різних підходів до оцінки ефективності, урахування особливостей алгоритмічного і апаратного забезпечення запропонований критерій ефективності, який враховує основні параметри та внутрішню структуру апаратного забезпечення і особливості алгоритмічного забезпечення, що використовується для реалізації систем сигнальної обробки на ПЛІС. Основними перевагами даного підходу є можливість комплексного урахування як апаратних особливостей системи, так і алгоритмічних її особливостей. Це дозволяє підвищити ефективність процесу проектування й оптимізації систем обробки сигналів на ПЛІС. Але застосування даного підходу вимагає від проектувальника відповідного досвіду у сфері підбору апаратного забезпечення для систем обробки сигналів, що ставить додаткові вимоги до кваліфікації проектувальника.

Іл. 2. Бібліогр.: 7.

УДК 004.3'12

Торгонский В.В., Игнатенков М.О. Особенности оценки эффективности реализации алгоритмов сигнальной обработки на ПЛИС. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 229-234.

Рассмотренны особенности оценки эффективности реализации алгоритмов сигнальной обработки на ПЛИС. На основе анализа разных подходов к оценке эффективности, учета особенностей, алгоритмического и апаратного обеспечение предложен критерий эффективности, который учитывает основные параметры и внутреннюю структуру аппаратного обеспечения и особенности алгоритмического обеспечения, которое используется для реализации систем сигнальной обработки на ПЛИС. Основными преимуществами данного подхода является возможность комплексного учета как аппаратных особенностей системы, так и алгоритмических ее особенностей. Это позволяет повысить эффективность процесса проектирования и оптимизации систем обработки сигналов на ПЛИС. Но применение данного подхода требует от проектировщика соответствующего опыта в сфере подбора аппаратного обеспечения для систем обработки сигналов, которая выставляет дополнительные требования к квалификации проектировщика.

Ил. 2. Библиогр.: 7.

UDC 004.3'12

Torgonsky V.V., Ignatenkov M.A. Features of Evaluation of Signal Processing Algorithms for FPGA. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 229-234.

The features of evaluation of signal processing algorithms for FPGA are considered. Based on the analysis of different approaches to evaluation, taking into account the characteristics of algorithms and hardware, effectivity criterion has been proposed. The proposed criterion takes into account the main parameters and internal structure of hardware and software algorithms features used to implement signal processing systems for FPGA. The main advantage of this approach is a comprehensive account of hardware features of the system and its algorithmic characteristics. This helps to improve the process of design and optimization of signal processing systems for FPGA. But using this approach requires relevant experience in the selection of hardware for signal processing systems from the sys-

tem designer, which puts additional requirements for qualification of the system designer.

Ill. 2. Ref.: 7.

УДК 621.395.44

Лукін О.В., Попело А.А., Система маршрутизації високоякісних звукових потоків реального часу. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 235-241.

Розглядаються сучасні системи аудіотрансляції, виявлені їх основні переваги та недоліки. Запропоновано створення нової системи, яка базується на використанні технології Livewire. Важливою особливістю системи, що розробляється, є цілковита відкритість її апаратного та програмного забезпечення. Наведена структура пристрою маршрутизації потоків з аудіо даними, описано основні складові елементи апаратної та програмної частини пристрою.

Іл. 3, Бібліогр.: 5.

УДК 621.395.44

Лукин А.В., Попело А.А., Система маршрутизации высококачественных звуковых потоков реального времени // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 235-241.

Рассматриваются современные системы аудиотрансляции, выявлены их основные преимущества и недостатки. Предлагается создание новой системы, которая базируется на использовании технологии Livewire. Важной особенностью системы, которая разрабатывается, является полная открытость ее аппаратного и программного обеспечения. Приведена структура устройства маршрутизации потоков с аудио данными, описаны основные составляющие элементы аппаратной и программной части устройства.

Ил. 3, Библиогр.: 5.

UDC 621.395.44

Lukin O.V., Popelo A.A., High quality real-time audio streams routing system. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 235-241.

The modern high quality audio broadcasting systems are considered and identified their main strong and weak sides. It is proposed to create a new system, which is based on the Livewire technology. An important feature of the new system is the complete openness of its hardware and software parts. The structure of the device for routing high quality audio streams is described, including its hardware and software parts.

Ill. 3, Ref.: 5.

УДК 621.396

Сорокін О.Ю. Оптимальні параметри розширення спектра радіосигналу на основі швидких стрибків частоти з безперервною фазою. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. – №. С . 242-246.

Об'єктом дослідження є системи зв'язку, що забезпечують високу перешкодозахищеність радіообміну на основі застосування сигналів з розширеним спектром. Предметом дослідження є визначення оптимального способу і параметрів формування радіосигналу.

Іл.1. Бібліогр.: 10.

УДК 621.396

Сорокин А.Ю. Оптимальные параметры расширения спектра радиосигнала на основе быстрых частотных скачков с непрерывной фазой. // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 242-246.

Объектом исследования являются системы связи, обеспечивающие высокую помехозащищенность радиообмена на основе применения сигналов с расширенным спектром. Предметом исследования является определение оптимального способа и параметров формирования радиосигнала.

Ил.1. Библиогр.: 10.

UDC 621.396

Sorokin A. Optimal Parameters of the Radio Signal Spectrum Spreading on the Basis of the Fast Frequency Hopping with the Continuous Phase. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 242-246.

Communication systems that provide high jamming protection of the radio exchange on the basis of the spread spectrum signals application are the object of research. Finding of the optimal mode and parameters of the radio signal forming is the subject of the research.

Ill. 1. Ref.: 10.

УДК 004.896, 621.7.01, 658.511.3, 658.58, 658.52, 658.89

Криськов О.Д., Іваник І.М., Щербина К.К. Робочі поля програмованого елементарного модуля technologichnasobivartist та структура economik // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. – №. С .

247-252.

Розкрито зміст та функціональна роль запису структури Economik_xxxxxx при створенні програмованих елементарних технологічних модулів (ПЕТМів), які вирішують задачу динамічної техніко-економічної оцінки технологічних рішень в процесі проектування регламентів технологічних процесів (РТП). Описано особливості визначення пакету базових процедур (ПБП) покладених в основу ПЕТМа TechnologichnaSobivartist_xxxxxx та формальні параметри останнього.

Бібліогр.: 5.

УДК 004.896, 621.7.01, 658.511.3, 658.58, 658.52, 658.89

Криськов О.Д., Иваник И.М., Щербина К.К. Рабочие поля программированного элементарного модуля technologichnasobivartist и структура economik // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 247-252.

Раскрыто содержание и функциональная роль структуры Economik_xxxxxx при создании программируемых элементарных технологических модулей (ПЭТМов), которые решают задачу динамической технико-экономической оценки технологических решений в процессе проектирования регламентов технологических процессов (РТП). Описано особенности определения пакету базовых процедур (ПБП) положенных в основу ПЕТМа TechnologichnaSobivartist_xxxxxx и описано формальные параметры последнего.

Библиогр.: 5.

UDC 004.896, 621.7.01, 658.511.3, 658.58, 658.52, 658.89

Kriskov O.D., Ivanik I.M., Scherbina K.K. Workings fields of the programed elementary module of technologichnasobivartist and structure of economik // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 247-252.

The maintenance and functional role of structure of Economik_xxxxxx is exposed at creation of the programmable elementary technological modules (PETMiv), which decide the task of dynamic of techno-economic estimation of technological decisions in the process of planning of regulations of technological processes (RTP). The features of determination of package of base procedures (PBP) of fixed are described in basis of PETMa TechnologichnaSobivartist_xxxxxx and formal parameters of the last.

Ref.: 5.

УДК 681.3.06

Кунгурцев О.Б.,Лещенко О.О., Зіноватна С.Л. Математична модель автоматизованого складання розкладу навчального процесу з урахуванням дефіциту ресурсів і приорітетів. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 253-259.

Розроблені математична модель і інформаційна система дозволяють автоматизувати складання розкладу учбового процесу у ВНЗ шляхом попереднього розподілу учбових потоків по аудиторіях з урахуванням пріоритетів викладачів і дефіциту ресурсів.

Іл.. Бібліогр.7.

УДК 681.3.06

Кунгурцев А.Б., Лещенко А.О., Зиноватная С.Л. Математическая модель автоматизированного составления расписания учебного процесса с учетом дефицита ресурсов и приоритетов // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 253-259.

Разработанные математическая модель и информационная система позволяют автоматизировать составление расписания учебного процесса в ВУЗе путем предварительного распределения учебных потоков по аудиториям с учетом приоритетов преподавателей и дефицита ресурсов.

Ил.1. Библиогр.: 7.

UDK 681.3.06

Kunqurtsev A.B., Leschenko A.O.,Zinovatna S.L.The Automated Draftinq of Educational Process Curriculum Matematical Model Takinq into Account the Deficit of Resources and Priorities // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 253-259.

Developed mathematical model and information system allow to automatize scheduling educational process in University by pre-allocation of educational streams on audithories taking into account priorities of teachers and deficit of resources.

Ill. 1. Ref.: 7.

УДК 332.339

Єфіменко Н. А., Портянко Т. М., Білан М. О. Методичні підходи впровадження процесного управління системою якості на підприємстві. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 260-264.

Запропоновані підходи щодо підвищення ефективності управління системою якості на підприємстві за рахунок впровадження прцесного підходу, базуючись на основоположних принципах менеджменту якості, які нададуть можливість врахувати такі важливі аспекти виробництва, як орієнтація на кінцевий продукт, зацікавленість персоналу в підвищенні якості виробництва, оптимізація обміну інформацією між функціональними підрозділами, реагування на змінні параметри ринку.

Іл. 1. Ф. 1. Бібліогр.: 5.

УДК 332.339

Ефименко Н. А., Портянко Т. М., Билан М. О. Методические подходы внедрения процесного управления системой качества, на предприятии // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 260-264.

Предложены подходы относительно повышения эффективности управления системой качества на предприятии за счет внедрения прцесного подхода, базируясь на основополагающих принципах менеджмента качества, которые предоставят возможность учесть такие важные аспекты производства, как ориентация на конечный продукт, заинтересованность персонала в повышении качества производства, оптимизация обмена информацией между функциональными подразделами, реагирование на переменные параметры рынка.

Ил. 1. Ф. 1. Библиогр.: 5.

UDK 332.339

N. Yfimenko, T. Portyanko, M. Bilan. Methodical approaches of introduction of process management the system of quality, on an enterprise. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 260-264.

Offered approach in relation to the increase of efficiency of management the system of quality on an enterprise due to introduction of process approach, being based on fundamental principles of management qualities which will give possibility to take into account such important aspects of production, as orientation, on the finished good, personal interest of personnel in upgrading of production, optimization of exchange information between functional subsections, reacting on the in-out parameters of market.

Il. 1. Ф. 1. Bibliogr.: 5.

УДК 685.34.054

Кармаліта А.К., Якимчук Д.М. Дослідження енергетичних параметрів електрогідравлічного пресового обладнання // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 265-269.

Стаття присвячена підвищенню ефективності роботи електрогідравлічного пресового обладнання. Нами запропоновано основні способи вдосконалення такого обладнання. Основним показником, який впливає на економічну роботу преса, є потужність, що споживається. Її зменшення є актуальним завданням.

Іл. 4. Бібліогр.: 3.

УДК 685.34.054

Кармалита А.К., Якимчук Д.М. Исследование энергетических параметров электрогидравлического прессового оборудования // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 265-269.

Статья посвящена повышению эффективности работы электрогидравлического прессового оборудования. Нами предложены основные способы совершенствования такого оборудования. Основным показателем, который влияет на экономическую работу пресса, является мощность, которая потребляется. Ее уменьшение является актуальным заданием.

Ил. 3. Библиогр.: 3.

UDK 685.34.054

Karmalita A.K., Yakymchuk D.M. Investigation of Energetic Parameters of Electro-hydraulic Press Equipment // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 265-269.

The abstract is devoted to improving the effective work of electro-hydraulic press equipment. We proposed the basic methods of improving such equipment. The basic index, which influences on the economical work of the press, is the capacity, which is consumed. Its reduction is the actual task.

Il. 4. Ref.: 3.

УДК 574 : 006

Сємака О. М., Іванова Ю. В., Ярошенко О. О. Дослідження оптичних аспектів забруднення довкілля. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 270-274.

Проведено аналітичні і експериментальні дослідження здатності гетерогенних систем «вода-нафтопродукти» поглинати світло.

Іл. 2. Бібліогр.: 7.

УДК 574 : 006

Семака А. Н., Иванова Ю. В., Ярошенко О. А. Исследование оптических аспектов загрязнения окружающей среды // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 270-274.

Проведены аналитические и экспериментальные исследования способности гетерогенных систем «вода-нефтепродукты» поглощать свет.

Ил. 2. Библиогр.: 7.

UDC 574 : 006

Semaka O. M, Ivanova J. V, Jaroshenko O. O. Investigation of a Optical Aspects Investigation of Environmental Pollution. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 270-274.

The analytical and experimental investigations of the ability of heterogeneous systems «water and oil products» to absorb light has been analyzed.

Ill. 2. Ref.: 7.

УДК 691:666.973.2

М.М. Победаш, І.О. Дудла. Характеристика споживних властивостей арболіту в порівнянні з іншими будівельними стіновими матеріалами. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 275-279.

Досліджено причини доволі вузького використання арболіту в будівництві житлових будинків. Співставленні основні технічні характеристики арболіту та інших будівельних стінових матеріалів, проаналізовано можливості застосування арболіту в будівництві.

Бібліогр.: 5

УДК 691:666.973.2

М.М. Победаш, И.О. Дудла. Характеристика потребительских свойств арболита в сравнении с другими строительными стеновыми материалами // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 275-279.

Исследованы причины достаточно узкого использования арболита в строительстве жилых домов. Сопоставлении основные технические характеристики арболита и других строительных стеновых материалов, проанализированы возможности применения арболита в строительстве.

Библиогр.: 5

UDK 691:666.973.2

M.M. Pobedash, I.O. Dudla. Description of arbolit consumer properties in comparison with other wall-building materials. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 275-279.

Reasons of the narrow use of arbolit in building of dwelling-houses have been explored. Basic technical descriptions of arbolit and other wall-building materials have been compared, the possibilities of arbolit application in building have been analyzed.

Ref.: 5

УДК 645.13.006.1

Пушкар Г.О., Семак Б.Д., Дудла І.О. Шляхи вдосконалення стандартизації килимових покрить для підлоги і стін. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 280-284.

Проведений аналіз існуючих нормативних документів, що стосуються асортименту, властивостей і рівня якості килимів і килимових виробів машинного виробництва для покриття підлоги і стін.

Бібліогр.: 7.

УДК 645.13.006.1

Пушкарь Г.А., Семак Б.Д., Дудла И.А. Пути усовершенствования стандартизации ковровых покрытий для пола и стен // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 280-284.

Проведен анализ существующих нормативных документов, касающихся ассортимента, свойств и уровня качества ковров и ковровых изделий машинного производства для покрытия пола и стен.

Библиогр.: 7.

УДК 645.13.006.1

Pushkar H.O., Semak B.D., Dudla I.O. Ways of Improving the Standardization of Carpet Rolls for Floor and Walls. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 280-284.

The analysis of actual regulatory documents regarding the assortment, properties and quality level of ma-

chine-made carpets and carpet rolls for floor and walls has been made.

Ref.: 7.

УДК 677.1/5-052

Яковенко А.М., Соболь О.М., Дудла І.О. Основні напрямки покращення споживних властивостей вовняних тканин при використанні у зміску хімічних волокон // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 285-289.

Досліджено властивості хімічних волокон, які широко використовуються при виготовленні вовняних тканин костюмного та пальтового призначення, а також проаналізовано вплив характеристик цих волокон на споживні властивості готових тканин.

Бібліогр.: 2

УДК 677.1/5-052

Яковенко А. Н., Соболь О. Н., Дудла И. А. Основные направления улучшения потребительских свойств шерстяных тканей при использовании в смеске химических волокон // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 285-289.

Исследованы свойства химических волокон, широко используемых для изготовления шерстяных тканей костюмного и пальтового назаначения, а также проанализировано влияние характеристик этих волокон на потребительские свойства готовых тканей.

Бибилиогр.: 2

UDK 677.1/5-052

Yakovenko A.M., Sobol O.M., Dudla I.O. Basic Directions Of Improvement Of Consumer Properties Of Woolens Are At The Use In Mix Of Chemical Fibres // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 285-289.

Properties of chemical fibres which are widely used for making of woolens of the suit and overcoat setting are explored, and also influence of descriptions of these fibres is analysed on properties of consumers of the prepared fabrics.

Ref.: 2

УДК 677. 027

Дудла І.О., Хребтань О.Б. Оцінка екологічної безпеки пальтових вовняних тканин зі спеціальною обробкою. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 290-295.

Досліджено екологічну безпеку вовняних пальтових тканин зі спеціальною обробкою. Визначена безпека гігієнічних показників якості вовняних пальтових тканин зі спеціальною обробкою, зроблені висновки щодо безпеки цих тканин.

Іл. 1. Бібліогр.: 3.

УДК 677. 027

Дудла И.А., Хребтань Е.Б. Оценка экологической безопасности пальтовых шерстяных тканей со специальной обработкой // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 290-295.

Изучена экологическая безопасность шерстяных пальтовых тканей со специальной обработкой. Определена безопасность гигиенических показателей качества шерстяных пальтовых тканей со специальной обработкой, сделаны выводы относительно безопасности этих тканей.

Ил. 1. Библиогр.: 3.

UDC 677. 027

Dudla I.O., Khrebtan O.B. The Valuing of Overcoat Woolens with Special Processing Ecological Safety. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 290-295.

Ecological safety of overcoat woolens with special processing is investigated. The safety of hygienic indexes of overcoat woolens quality with special processing is determined, the conclusion of safety of these woolen were made.

Il. 1. Ref.: 3.

УДК 685.34

Беднарчук М.С. Базові значення показників якості матеріалів для підошви осінньо-зимового взуття для молоді// Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 296-301.

Обґрунтована необхідність та наведені результати досліджень з встановлення базових (нормативних) значень показників якості матеріалів для підошви осінньо-зимового взуття для молоді. Ці базові значення необхідно використовувати при виборі реальних підошов.

Бібліогр.: 3.

УДК 685.34

Беднарчук Н.С. Базовые значения показателей качества материалов для подошвы осенне-зимней обуви для молодежи. // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 296-301.

Обоснована необходимость и приведены результаты исследований по установлению базовых (нормативных) значений показателей качества материалов для подошвы осенне-зимней обуви для молодежи. Эти базовые значения необходимо использовать при выборе реальных подошв.

Библиогр.: 9.

UDK 685.34

Bednarchuk M.S. The Base Meaning of the Indices Quality of Synthetical Materials for Cole Shoes for Youth. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 296-301.

It is proved the necessity and given results of investigation on ascertainment of base (normative) meanings of the indices quality of synthetical materials for cole autumn-winter shoes for youth. These basic meanings are necessary to use by choosing the real leather.

Ref.: 9.

УДК 667.6 678

Дудла І.О., Голодюк Г.І. Дослідження властивостей і якості алкідних лакофарбових матеріалів. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 302-307.

Досліджено комплекс споживних властивостей нових алкідних лакофарбових матеріалів. Визначено переваги нових алкідних емалей у порівнянні з базовими зразками за такими показниками: час висихання, міцність і стійкість покриття, морозостійкість.

Іл. 4. Бібліогр.: 5.

УДК 667.6 678

Дудла И.А., Голодюк Г.И. Исследование свойств и качества алкидных лакокрасочных материалов // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 302-307.

Исследован комплекс потребительских свойств новых алкидных лакокрасочных материалов. Определены преимущества новых алкидных эмалей в сравнении с базовыми образцами по следующим показателям: время высыхания, прочность и стойкость покрытия, морозостойкость.

Ил. 4. Библиогр.: 5.

UDC 667.6 678

Dudla I.O., Goloduk G.I., Research of Properties and Quality of Alcid Paint and Varnish Materials. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 302-307.

The complex of consumer properties of new alcid paint and varnish materials is explored. Advantages of new alcid enamels are definite in comparison with base standards after such indexes: time of drying out, durability and firmness of coverage, frost-resistance.

Ill. 4. Ref.: 5

УДК 633.521:332.122

І.О. Дудла, А.М. Коробка. Сучасний стан та концептуальні засади розвитку льонарського підкомплексу Чернігівського регіону. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 308-313.

Подано аналіз сучасного стану льонарства в Чернігівському регіоні. Відзначено актуальність вирощування культури у відповідності з її історичним розвитком, а також особливості вирощування льону у різних регіонах країни. Проаналізовані наступні показники розвитку галузі в регіоні: обсяги посівних площ льону, динаміка врожайності льону-довгунця (волокно), валовий збір льону в переводі на волокно та обсяги виробництва лляного волокна. Всі показники проаналізовані відповідно за періодами розквіту та занепаду льонарства.

Представлено універсальний комплекс первинної переробки продукції льону-довгунця, який складається з двох незалежних технологічних ліній: переробки льоновороху та льонотрести.

Відзначено проблеми в розвитку льонарства.

Іл. 4. Бібліогр.: 9.

УДК 633.521:332.122

И.А. Дудла, А.Н. Коробка. Современное состояние и концептуальные основы развития льняного подкомплекса Черниговского региона // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 308-313.

Дан анализ состояния льняного комплекса в Черниговском регионе. Отмечена актуальность выращивания культуры в соответствии с её историческим развитием, а также особенности выращивания льна в

разных регионах страны. Проанализированы следующие показатели развития области в регионе: объемы посадочных площадей льна, динамика урожайности льна-долгунца (волокно), валовой сбор льна в переводе на волокно и объёмы производства льняного волокна. Все показатели проанализированы в соответствии с периодами процветания и упадка льняной отрасли.

Представлен универсальный комплекс первичной переработки продукции льна-долгунца, который состоит из двух независимых технологических линий: переработки льновороха и льнотресты.

Отмечены проблемы в развитии льняной отрасли.

Ил. 4. Библиогр.: 9.

УДК 633.521:332.122

I. Dudla, A. Korobka. The Modern State and Conceptual Base of Flax Production Complex in Chernigov Region. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 308-313.

The analysis of the current state of flax production in Chernigov region is considered. The actuality of flax growing in accordance with its historical development and characteristics of flax raising in different region of the country has been noted. The following proofs of development in region: the scope of crops area of flax, the flax yield dynamics (fiber), the gross flax yield in the transformation of fiber and volume production of flax fiber have been analyzed. All proofs according to the periods of prosperity and decline of flax production have been analyzed.

The universal complex of primary processing of long fibred flax, which consists of two independence lines of technology have been presented.

The problems of the development of flax production have been noted.

Ill. 4. Ref.: 9.

УДК 677.001.7

Семак Б.Б. Роль рослинних барвників у формуванні асортименту екотекстилю. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 314-319.

Узагальнено вітчизняний і зарубіжний досвід екологізації сировинних ресурсів, технології виробництва, асортименту та властивостей текстильних матеріалів. При цьому, розкрита роль вітчизняної науки та практики у вирішенні піднятих проблем, а також дане їх сучасне товарознавче трактування.

Ключові слова: екологізація, екотекстиль, екологічна безпечність текстильної сировини, текстильна технологія, асортимент і властивості текстилю.

Табл. 1. Бібліогр.: 10.

УДК 677.001.7

Семак Б.Б. Роль растительных красителей в формировании ассортимента экотекстиля. // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 314-319.

Обобщен отечественный и зарубежный опыт экологизации сырьевых ресурсов, технологии производства, ассортимента и свойств текстильных материалов. При этом, раскрыта роль отечественной науки и практики в решении затронутых проблем, а также дана их современная товароведная трактовка.

Ключевые слова: экологизация, экотекстиль, экологическая безопасность текстильного сырья, текстильная технология, ассортимент и свойства текстиля.

Табл. 1. Библиогр.: 10.

UDC 677.001.7

Semak B.B. The Role of Plant Dyes in the Formation Range Ekotextilya. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 314-319.

The domestic and the foreign experince of ecologization of raw materials, production technology, assortment and properties of textile materials was generalized. Considering that, the role of the national science and practice in the solution of the mentioned problems was revealed, as well as their contemporary commodity interpretation was given.

Key words: ecologization, ecotextile, ecological safety of textile raw material, textile technology, assortment and properties of textile.

Tabl. 1. Bibliogr.: 10.

УДК 338.439.5:664.682

Дудла І.О., Кучинська А.М. Дослідження якості кондитерських виробів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 320-324.

Проведено оцінку якості печива різних виробників, які представлені в торгівельній мережі м. Чернігова. Були досліджені органолептичні і фізико-хімічні показники якості печива. Дослідження проводились за стандартними методиками, які діють на Україні. Розроблена бальна оцінка якості печива. Зроблені висновки по результатах дослідів. Досліджено ринок та тенденції розвитку кондитерських виробів України.

Бібліогр.: 4

УДК 338.439.5:664.682

Дудла И.О., Кучинская А.Н. Исследование качества кондитерских изделий // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 320-324.

Проведена оценка качества печенья разных производителей, которые представлены в торговой сети г. Чернигова. Были исследованы органолептические и физико-химические показатели качества печенья. Исследования проводились за стандартными методиками, которые действуют на Украине. Разработана бальная оценка качества печенья. Сделаны выводы по результатам опытов. Исследованы рынок и тенденции развития кондитерских изделий Украины.

Библиогр.: 4

UDK 338.439.5:664.682

Dudla I.O., Kuchinska A.M. The Research of Quality of Confectionery of Ukraine // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 320-324.

The Estimation of Quality of Cookies of different Producers which are realized on Consumer Market of city Chernigiv has been conducted. Organoleptic and physical, chemical qualities of Cookies have been investigated. The investigations were carried out by standard methods that are valid in Ukraine. The Ball Estimation of Quality of Cookies has been developed. The conclusions have been made after results of researches. The Market and Trends of Confectionery of Ukraine has been investigated.

Ref.: 4

УДК 620.2: 639.2

Денисенко Т.М., Хребтань О.Б. Дослідження якості мороженого рибного філе, що реалізується в роздрібній торгівлі м. Чернігова. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2010. - №.42 - С. 325-329.

Проведені дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості мороженого рибного філе. Визначений вміст глазурі та волого утримуючих речовин в рибному мороженому філе.

Бібліогр.: 7.

УДК 620.2: 639.2

Денисенко Т.Н., Хребтань Е.Б. Исследование качества мороженого рыбного филе, которое реализуется в розничной торговле г. Чернигова // Вестн. Черниг. гос. технолог. ун-та, 2010. - №42. – С. 325-329.

Проведены исследования органолептических и физико-химических показателей качества мороженого рыбного филе. Было определено количество глазури и влагоудерживающих веществ в рыбном мороженом филе.

Библиогр.: 7.

UDC 620.2: 639.2

Denisenko T.N., Khrebtan O.B. The Investigations of Quality of Frozen Fish Fillet that is Realized in Chernigov Commercial Network. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2010. - №42. - P. 325-329.

The organoleptic and physico-chemical qualities of frozen fish fillet investigations were fulfilled. The indicators of icing content and moisture retention substance in frozen fish fillet are determined.

Ref.: 7.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ, ЯКІ НАДАЮТЬСЯ **ДО ВІСНИКА ЧЕРНІГІВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Статтю подають у редакцію однією із мов (українською, російською або англійською) в 2-х примірниках, надрукованих через 1 міжрядковий інтервал на білому папері формату А4. Кожна сторінка має бути підписана усіма авторами.

Обсяг статті з анотацією, рисунками, таблицями, списком літератури – 3-7 повні сторінки (остання сторінка має бути заповнена не менш ніж на 80 %).

Для публікації статті необхідно надіслати до редакції наступні матеріали: друкований текст статті з підписами авторів в 2-х примірниках; експертний висновок, завірений печаткою; рецензія доктора наук з зазначенням наукового ступеня рецензента, вченого звання, посади, місця роботи, завірена печаткою; відомості про авторів українською, російською й англійською мовами (окремий файл і надрукована сторінка): прізвище, ім'я, по батькові, рік народження, повна назва і дата закінчення вищого навчального закладу, факультет, науковий ступінь, вчене звання, посада, місце роботи (кафедра, факультет, інститут – без скорочень), напрям наукової діяльності, службова й електронна адреси, службовий і домашній номери телефонів; анотації українською, російською, англійською мовами; дискета зі статтею, анотаціями та відомостями про авторів. Обсяг електронного файла статті – не більший 1 МБ. Рисунки подаються окремими файлами. Допускається надсилання електронної копії статті, анотацій та відомостей про авторів електронною поштою

Стаття повинна бути структурована (поділена на розділи з заголовками) і відповідно до вимог ВАК України мати такі елементи (Бюл. ВАК України. – 2003. – №1. – С. 2): постановку проблеми в 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 (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

Структура і форматування статті Статтю набирають в текстовому редакторі Word for Windows 98/2000/XP шрифтом Times New Roman (кегель 12) у режимі автоматичної розстановки переносів (переноси у назві статті не допускаються). Розміри полів сторінок: зліва, знизу, зверху, справа – 25 мм.

Форматування окремих елементів у структурі статті: 1) індекс УДК (вирівнювання по лівому полю без абзацу, кегель 12); 2) ініціали, прізвища авторів (розміщення по правому полю, кегель 12, малі літери, напівжирний), науковий ступінь (звичайний); 3) назва статті (вирівнювання по центру без абзацу, відступ зверху 6 пт, кегель 12, великі літери, напівжирний); 4) місця роботи авторів, електронні адреси (вирівнювання по центру без абзацу, відступ зверху 6 пт, кегель 10); 5) анотація мовою основного змісту статті (вирівнювання по ширині без абзацу, відступ зверху і знизу 6 пт, відступ зліва і справа 0,5 см, кегель 10, курсив); 6) текст статті з заголовками (вирівнювання по ширині, абзац 0,5 см, кегель 12); 7) список літератури (вирівнювання по ширині без абзацу, кегель 12).

Назва статті повинна бути максимально стислою (до 8 слів, 2 рядка). Ключовим словом у назві статті має бути іменник у називному відмінку.

В анотації в стислій формі викладається основний зміст статті. Обсяг анотації не повинен перевищувати 14 рядків.

Виклад матеріалу статті має бути ясним, без повторів, без дублювання в тексті даних таблиць та їхніх заголовків, рисунків та підписів до них. У статті необхідно використовувати термінологію, прийняту Державним стандартом. За науковий зміст викладеного матеріалу і термінологію відповідають автори.

Відступи заголовків розділів статті (напівжирний шрифт, кегель 12) від тексту зверху –6 пт, знизу –3 пт.

При виборі одиниць фізичних величин слід дотримуватися Міжнародної системи одиниць (СІ).

Абревіатуру розшифровують у тексті статті, починаючи з місця, де вона вперше зустрічається.

Формули Хімічні формули набирають прямим шрифтом. Формули, на які є посилання, нумерують арабськими цифрами в круглих дужках справа. Обов'язково подають розшифровку літерних позначень величин у формулах. Для набору позначень фізичних величин використовують редактор формул Microsoft Equation: 1) змінні, латинські літери – курсив, Times New Roman; 2) функції, цифри, українські літери – прямий, Times New Roman; 3) матриці, вектори – напівжирний, прямий, Times New Roman; 4) грецькі літери, символи – прямий, Symbol; 5) розміри: звичайний 11 пт, великий індекс 7 пт, малий індекс 6 пт, великий символ 14 пт, малий символ 11 пт.

Рисунки Рисунки виконують у вигляді растрових зображень у форматах TIFF, JPG, BMP (окремий файл). Не рекомендується використання закладеної графіки Microsoft Word. Елементи зображення повинні бути якісними (300–600 dpi), чорно-білими або відтінками сірого, товщина основних і допоміжних ліній має відрізнятися у 2 рази (наприклад, товщина основної лінії 2 pt, допоміжної – 1 pt). Деталі ілюстрації нумерують арабськими цифрами (кегель 12), починаючи з цифри 1, без пропусків і повторень або за годинниковою стрілкою, або по горизонталі зліва направо, або по вертикалі зверху вниз. Написи на рисунках замінюють літерами (кегель 11), а криві на графіках позначають цифрами (кегель 12), які роз'яснюються в підписах до рисунків. Усі рисунки повинні мати підписи, які вирівнюють по лівому краю. Підписи до рисунків –кегель 10 (курсив).

Таблиці Розмір тексту таблиць – кегель 12. Усі таблиці повинні мати заголовки. Нумераційний заголовок таблиць (кегель 10) вирівнюють по правому краю таблиці, тематичний заголовок таблиці (по центру, кегель 10, курсив). Усі рисунки і таблиці повинні мати посилання в тексті і бути розташовані після них.

Список літературних джерел У списку літературних джерел (до 10 найменувань), який подається в порядку посилання, обов'язково вказують авторів, повну назву книги, том (номер, випуск), місто видання, видавництво, рік видання, загальну кількість сторінок книги, початкову і кінцеву сторінки статті (відповідно до ГОСТ 7.1-84). Якщо авторів більше п'яти, вказують перших трьох. Бібліографічні записи повинні бути пронумеровані й мати посилання на джерела в тексті статті в квадратних дужках. Посилання на неопубліковані роботи не допускаються.

Примітки Статті, що не відповідають зазначеним вимогам, не розглядаються. До статті можуть бути внесені зміни редакційного характеру без узгодження з автором. Редакція часопису не повертає авторам розпечатки статей, дискети та інші матеріали. Відповідальність за зміст статті несуть автори публікації.

Адреса редакції: м. Чернігів, вул. Шевченка, 95, корп. 1, кімн. 207, 14027, тел.: (04622)3-42-44
E-mail: cancel@stu.cn.ua; bobsergey@mail.ru

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ ДЛЯ **ВЕСТНИКА ЧЕРНИГОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Объём статей – 5-10 полных страниц с аннотацией, рисунками, таблицами, списком литературы (последняя страница должна быть заполнена не менее, чем на 3/4).

Статью набирают в текстовом редакторе Word for Windows 98/2000/XP шрифтом Times New Roman (кегель 12) в режиме автоматической расстановки переносов (переносы в названии статьи не допускаются). Размеры полей страниц: слева, снизу, сверху, справа – 25 мм, через единичный межстрочный интервал на белой бумаге формата А4.

Стиль **УДК**: шрифт Times New Roman (кегель 12), выравнивание по левому полю без абзаца, отступ снизу 6 пт.

Стиль **НАЗВАНИЯ**: шрифт Times New Roman (кегель 12), выравнивание по центру без абзаца, отступ сверху 6 пт, большие буквы, полужирный.

Стиль **АВТОРОВ И ОРГАНИЗАЦИЙ**: шрифт Times New Roman (кегель 12), размещение по левому полю, малые буквы, полужирный), научная степень (обычный). Место работы авторов (выравнивание по левому полю без абзаца, отступ сверху 6 пт, кегель 10) размещаются непосредственно после фамилии автора. Количество авторов не более 4-х.

Стиль **текста**: текст статьи с заголовками (выравнивание по ширине, абзац 0,5 см, кегель 12). Название статьи должно быть максимально сжатым (до 12 слов, 3 строки). В аннотации в сжатой форме излагается основное содержание статьи. Объём аннотации не должен превышать 14 строк. Изложение материала статьи должно быть ясным, без повторов, без дублирования в тексте данных таблиц и их заголовков, рисунков и подписей к ним. В статье необходимо использовать терминологию, принятую Государственным стандартом. За научное содержание материала статьи и терминологию ответственность несут авторы. Отступы заголовков разделов статьи (полужирный шрифт, кегель 12) от текста сверху –6 пт, снизу –3 пт. При виборе единиц физических величин следует придерживаться Межнародной системы единиц (СІ). Абревиатуру расшифровывают в тексте статьи, начиная с места, где она впервые встречается.

Стиль **ссылок**: название **Список литературных источников** (выравнивание по ширине без абзаца, кегель 12). В списке литературных источников (до 10 наименований), который формируется в порядке ссылки согласно требований к оформлению библиографического описания ВАК Украины. Библиографические записи должны быть пронумерованы и иметь ссылки на источники в тексте статьи в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Стиль **рисунков**: рисунки выполняют в виде растровых изображений в форматах TIFF, JPG, BMP (отдельный файл). Не рекомендуется использование заложенной графики Microsoft Word. Элементы изображения должны быть качественными (300–600 dpi), чёрно-белыми или с оттенками серого, толщина основных и вспомогательных линий должна отличаться в 2 раза (например, толщина основной линии 2 pt, вспомогательной – 1 pt). Детали иллюстрации нумеруют арабскими цифрами (кегель 12), начиная с цифры 1, без пропусков и повторений или по часовой стрелке, или по горизонтали слева направо, или по вертикали. Надписи на рисунках заменяют буквами (кегель 11), а кривые на графиках обозначают цифрами (кегель 12), которые разъясняются в подписях к рисункам. Все рисунки должны иметь подписи, которые выравнивают по левому краю. Подписи к рисункам – кегель 10 (курсив).

Стиль **формул**: химические формулы набирают прямым шрифтом. Формулы, на которые есть ссылки, нумеруют арабскими цифрами в круглых скобках справа. Обязательно подают расшифровку буквенных обозначений величин в формулах. Для набора обозначений физических величин используют редактор формул Microsoft Equation: 1) переменные, латинские буквы – курсив, Times New Roman; 2) функции, цифры, украинские буквы – курсив, Times New Roman; 3) матрицы, векторы – курсив, Times New Roman; 4) греческие буквы, символы – курсив, Symbol; 5) размеры: обычный 11 пт, большой индекс 7 пт, малый индекс 6 пт, большой символ 14 пт, малый символ 11 пт.

Стиль **таблиц**: Размер текста таблиц – кегель 12. Все таблицы должны иметь заголовки. Нумерационный заголовок таблиц (кегель 10) выравнивают по правому краю таблицы, тематический заголовок таблицы (по центру, кегель 10, курсив). Все рисунки и таблицы должны иметь ссылки в тексте и быть размещены после них.

Статья должна быть структурирована (поделена на разделы с заголовками) и в соответствии с требованиями ВАК Украины иметь такие элементы (Бюл. ВАК України. – 2003. – №1. – С. 2): постановку проблемы в общем виде и её связь с важными научными или практическими заданиями; анализ последних исследований и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение нерешённых раньше частей общей проблемы, которым посвящается статья; формулирование целей статьи или постановка задачи; изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов; выводы (заключение).

Примечание. Статьи, не соответствующие указанным требованиям, не рассматриваются. В статью могут быть внесены изменения редакционного характера без согласования с автором. Ответственность за содержание статьи несут авторы публикации. Контроль научного уровня статей возлагается на заведующих соответствующих кафедр.

К статье обязательно подаются:

Печатный текст статьи с подписями авторов в одном экземпляре; рецензия доктора наук с указанием научной степени рецензента, учёного звания, должности, места работы, заверенная печатью; сведения об авторах подаются на языке написания статьи (отдельный файл и напечатанная страница): фамилия, имя, отчество, год рождения, полное название высшего учебного заведения, научная степень, учёное звание, должность, место работы (кафедра, университет – без сокращений), направление научной деятельности, служебный адрес, служебный и мобильный номера телефонов; аннотации на украинском, русском, английском языках; диск со статьёй, аннотациями и сведениями об авторах. Кроме наличия рисунков в тексте статьи, рисунки подаются отдельными файлами. Допускается пересылка электронной копии статьи, аннотаций и сведений об авторах электронной почтой. Авторы других государств могут подавать статьи на русском и английском языках.

Все электронные материалы (статья, аннотация, рисунки и т.д.) авторов ЧГТУ необходимо скопировать на комп'ютер в ауд. 108. Название папки формируется по фамилии первого автора.

Материалы присылать по адресу: Україна, 14027, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95, корп. 1, кімн. 242.
E-mail: cancel@stu.cn.ua ; bobsergey@mail.ru. **Телефон для справок:** (04622)3-42-44

REQUIREMENTS TO SHAPING OF ARTICLES FOR **THE JOURNAL OF THE CHERNIGOV STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY**

Volume of articles - 5-10 full pages with the summary, illustrations, tables, the literature list (last page should be filled not less, than on 3/4).

Article compose in text editor Word for Windows 98/2000/XP font Times New Roman (type size 12) in a mode of automatic arrangement of carryings over (carryings over to article name are not supposed). The sizes of fields of pages: at the left, from below, from above, on the right - 25 mm, through an individual line spacing on a white paper of format A4.

Style **of UDC**: font Times New Roman (type size 12), alignment on the left field without the paragraph, a space from below 6 pt.

Style **of the NAME**: font Times New Roman (type size 12), alignment on the centre without the paragraph, a space from above 6 pt, the big letters, semiboldface.

Style **of AUTHORS And the ORGANIZATIONS**: font Times New Roman (type size 12), placing on the left field, small letters, semiboldface), scientific degree (usual). A place of work of authors (alignment on the left field without the paragraph, a space from above 6 pt, type size 10) take places directly after a surname of the author. Quantity of authors no more than 4.

Style **of the text**: the text of article with headings (alignment on width, paragraph 0,5sm, type size 12). Article name should be as much as possible compressed (to 12 words, 3 lines). In the summary in the compressed form the basic maintenance of article is stated. The summary volume should not exceed 14 lines. The statement of a material of article should be clear, without repetitions, without duplication in the text of the given tables and their headings, drawings and signatures to them. In article it is necessary to use the terminology accepted in State standard. For the scientific maintenance of a material of article and terminology responsibility is born by authors. Spaces of headings of sections of article (a semiboldface font, type size 12) from the text from above-6 pt, from below-3 pt. At choice units of physical sizes it is necessary to adhere to International system of units (CI). Abbreviation decipher in article text, since a place where it meets for the first time.

Style **of references**: the name The list of literature sources (alignment on width without the paragraph, type size 12). In the list of literature sources (to 10 names) which is formed as the reference it agree requirements to registration of bibliographic description BAK of Ukraine. Bibliographic records should be numbered and have references to sources in article text in brackets. References to the neopublished works are not supposed.

Style **of illustrations**: illustrations carry out in the form of raster images in formats TIFF, JPG, BMP (a separate file). Use of put in pawn drawing Microsoft Word is not recommended. Image elements should be qualitative (300-600 dpi), black-and-white or with shades grey, the thickness of the basic and auxiliary lines should differ in 2 times (for example, a thickness of the basic line 2 pt, auxiliary - 1 pt). Illustration details number in the Arabian figures (type size 12), since figure 1, without admissions and repetitions either clockwise, or across from left to right, or on a vertical. Inscriptions in illustrations replace with letters (type size 11), and curves on schedules designate in figures (type size 12) which are explained in signatures to illustrations. All illustrations should have signatures which level by a left edge. Signatures to illustrations - type size 10 (italics).

Style **of formulas**: chemical formulas compose a direct font. Formulas on which there are references, number in the Arabian figures in parentheses on the right. Necessarily submit decoding of letter designations of sizes in formulas. For a set of designations of physical sizes use the editor of formulas Microsoft Equation: 1) variable, Latin letters - italics, Times New Roman; 2) functions, figures, the Ukrainian letters - italics, Times New Roman; 3) matrixes, vectors - italics, Times New Roman; 4) the Greek letters, symbols - italics, Symbol; 5) the sizes: usual 11 pt, the big index 7 pt, a small index 6 pt, the big symbol 14 pt, a small symbol 11 pt.

Style **of tables**: the size of the text of tables - type size 12. All tables should have headings. Numerical heading of tables (type size 10) level by a table right edge, thematic heading of the table (on the centre, type size 10, italics). All illustrations and tables should have references in the text and to be placed after them.

Article should be structured (is divided into sections with headings) and according to requirements BAK of Ukraine to have such elements (Бюл. ВАК України. - 2003. - №1. - С. 2): problem statement in a general view and its communication with the important scientific or practical tasks; the analysis of last researches and publications in which there is begun the decision of the given problem and against which the author leans, allocation unresolved before parts of the general problem which article is devoted; a formulation of the purposes of article or problem statement; a statement of the basic material of research with a full substantiation of the received scientific results; conclusions (conclusion).

The note. Articles mismatching specified requirements, are not considered. Changes of editorial character can be made to article without the coordination with the author. Article maintenance responsibility is born by authors of the publication. The control of scientific level of articles is assigned to heads of corresponding departments.

To article necessarily give:

The printing text of article with signatures of authors in one copy; the review of the doctor of sciences with indication of scientific degree of the reviewer, an academic status, a post, the work place, assured by the press; data on authors move in language of a writing of article (a separate file and the printed page): a surname, a name, a patronymic, year of the birth, the full name of a higher educational institution, scientific degree, an academic status, a post, a work place (chair, university - without reductions), a direction of scientific activity, the office address, office and mobile phone numbers, E-mail; summaries in the Ukrainian, Russian, English languages; a disk with article, summaries and data on authors. Except presence of illustrations in article text, illustrations give separate files. Transfer of an electronic copy of article, summaries and data on authors is supposed by e-mail. Authors of other states can submit articles in Russian and English languages.

All electronic materials (article, the summary, illustrations etc.) of ChSTU authors are necessary for copying on PC in aud. 108. The folder name is formed on a surname of the first author.

Materials to send to the address: Ukraine, 14027, Chtrnigov, Shevchenko str., 95, build. 1, r. 242.

E-mail: cancel@stu.cn.ua; bobsergey@mail.ru. **Phone for inquiries:** +38(04622)3-42-44

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

В І С Н И К

ЧЕРНІГІВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

СЕРІЯ «ТЕХНІЧНІ НАУКИ»

№ 42

Головний редактор: О.І. Пилипенко
Відповідальний за випуск: В.В. Кальченко
Комп'ютерний макет: С.В. Бойко

Підписано до друку 25.08.2010 р. Формат 60х90/16. Папір типовий. Друк офсетний.
Гарнітура Tames New Roman. Умов. друк. арк. – 41,39. Обл. – вид. арк. – 35,76.
Тираж 115 прим. Замовлення № 1095.

Редакційно-видавничий відділ Чернігівського державного технологічного університету 14027, Україна м. Чернігів, вул. Шевченка, 95. Свідоцтво про внесення до Державного реєстру України суб'єктів видавничої справи ДК №840 від 04.03.2002 р.