Міністерство освіти і науки України

ВІСНИК

Чернігівського
Державного
Технологічного
Університету

Серія
Технічні науки

№ 40, 2009

ЧЕРНІГІВ

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:
Пилипенко О.І., доктор технічних наук, професор;
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., доктор технічних наук, професор;
Болотов Г.П., доктор технічних наук, професор;
Сиза О.І., доктор технічних наук, професор;
Дудла О.І., доктор технічних наук, професор;
Кальченко В.В., доктор технічних наук, професор, заст. гол. редактора;
Харченко Г.К., доктор технічних наук, професор;
Волоков І.В., доктор технічних наук, професор;
Сенько В.І., доктор технічних наук, професор.

Рецензенти:
Д-р фіз.-мат. наук М.М. Глибовець;
д-р техн. наук В.П. Тарасенко;
д-р техн. наук В.П. Квасніков;
д-р техн. наук С.Ф. Філоненко;
д-р техн. наук Р.М. Рижов;
д-р техн. наук І.М. Іванова;
д-р фіз.-мат. наук М.І. Гриценко;
д-р техн. наук В.В. Казимир;
д-р техн. наук Є.Ю. Сахно;
д-р техн. наук Ю.О. Денисов;

Друкується за рішенням вченої ради університету (протокол №8 від 21.09.2009). Статті надруковано в авторській редакції.

В 53 Вісник Чернігівського Державного технологічного університету.
Збірник. – Чернігів: ЧДТУ, 2009. - №40. – 388 с.
ISBN 978-966-7496-29-6
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 978-966-7496-29-6

Вісник Чернігівського державного технологічного університету, 2009

ЗМІСТ

1. *Кучук- Яценко С.І., Зяхор І.В., Харченко Г.К., Новомлинець О.О.* Зварювання тертям сплавів на основі алюмінідів титану з використанням наношаруватої фольги ……..6
2. *Харченко Г.К., Новомлинець О.О., Руденко М.М., Свириденко В.В.* Дифузійне зварювання вольфрамкобальтових твердих сплавів ……14
3. *Харченко Г.К., Новомлинець О.О., Байдала О.В.* Зварювання тертям з перемішуванням полімерних матеріалів.....18
4. *Фальченко Ю.В., Муравейнік А.Н., Федорчук В.Є. Харченко Г.К., Прибитько І.О.* Зварювання тиском дисперсно-зміцненого композиційного матеріалу АМг5+27%Al_2O_3 із застосуванням швидкозакристалізованого прошарку евтектичного складу системи Al+33%Cu ……...23
5. *Болотов Г.П., Болотов М. Г.* Розрахункове визначення температури нагріву деталей при дифузійному зварюванні в тліючому розряді з порожнистим катодом.....29
6. *Драгобецький В.В., Мороз М.М.* Метод розрахунку шаруватих заготовок при імпульсному навантаженні……...37
7. *Ігнатенко А.С.* Нестаціонарні коливання циліндричних оболонок з пасивними демпфіруючими елементами ……43
8. *Грицюк В.Ю.* Розрахунок статично невизначної системи на кінематичне збурення..…….50
9. *Пилипенко О.І.* Порівняльна динаміка ланцюгової передачі, оснащеної металевою і полімерною натяжними зірочками …….....56
10. *Юрченко М.Є., Чередніков О.М., Федоренко С.В.* Математична модель визначення властивостей п’єзокераміки методом низькочастотної томографії……....63
11. *Чередніков О.М., Борисов О.О.* Вплив вимірювальних розмірних ланцюгів на точність замикаючої ланки ……..73
12. *Павленко П.М., Задонцев Ю.В., Чередніков О.М.* Моделювання процесів життєвого циклу виробничого обладнання …….....78
13. *Борковський О.В.* Комп’ютеризована система технічного зору для вимірювання геометричних розмірів авіаційних деталей.....83
14. *Тимофієва М.А.* Методи оптимізації системи управління вимірювального робота …….....89
15. *Кальченко В.І., Кальченко В.В., Рудик А.В., Венжега В.І.* Проведення технічної діагностики автомобілів з використанням багатоагентних систем …….....94
16. *Кальченко В.І., Кальченко В.В., Єрошенко А.М., Венжега В.І.* Часовий аналіз процесу ремонту автомобілів в умовах автосервісного підприємства ……..99
17. *Чуприна В.М., Пасов Г.В., Міщенко М.В., Донець Т.А.* Використання нафти і супутніх газів для виробництва

автомобільного палива ……...106
18. *Сахно Ю.О., Сахно Є.Ю., Шевченко Я.В.*
Компенсація зміщення колінчатого валу двигуна
внутрішнього згорання під навантаженням …….....114
19. *Федориненко Д.Ю.* Геометрія радіального зазору
в регульованих шпиндельних гідростатичних підшипниках …….....119
20. *Волик В.С.* Зниження рівня гідравлічних коливань
у системі живлення гідростатичних опор ……130
21. *Хоменко І.М.* Про корегування тиску компресійних
поршневих кілець автомобільних двигунів ……..…….....137
22. *Рудик А.В.* Забезпечення якості поверхонь деталей автомобілів...…...143
23. *Пасов Г.В., Чуприна В. М., Венжега В.І.* Методи
підвищення ефективності роботи автомобільних двигунів …….……..147
24. *Пасов Г.В., Чуприна В. М., Кирієнко С. Ю.* Керування
анімаційною 3D-моделлю промислового робота М10П ……156
25. *Акимов О.О., Сіньков К.С.* Дослідження впливу
параметрів намотувального механізму текстуруючо-витяжної
машини ТВ-2 на його кінетостатичні характеристики ……...165
26. *Сиза О.І., Старчак В.Г., Вервейко О.О., Костенко І.А.*
Методологічні засади до визначення впливу стаціонарних
електричних полів на корозійне руйнування металів …….....171
27. *Сиза О.І., Корольов О.О., Корольова В.Р., Кравченко А.О.,*
Бурий М.М. Вплив коливань температури на протикорозійні
властивості відходів олійного виробництва ……181
28. *Челябієва В.М., Гуменюк О.Л., Денисова Н.М.* Критерії вибору
ламп під час організації виробничого освітлення …….....188
29. *Буяльська Н.П.* Дослідження протикорозійних властивостей
композицій на основі некондиційних фармацевтичних препаратів ……..195
30. *Савченко О.М., Сиза О.І., Гаценко С.В., Дмитрук І.М.,*
Гонзур В.В. Використання рослинної сировини для
попередження забруднення металами харчових продуктів ……...200
31. *Костенко І.А., Цибуля С.Д., Мартинюк О.Г.*
Вплив викидів автотранспорту на корозійну стійкість
сталі в приміській зоні м. Чернігова ……206
32. *Денисов Ю.О., Городній О. М., Зозуля О. М.* Розрахунок
інтегральної потужності розсіювання в силових ключах ШІП……..213
33. *Іванець С.А., Гусев О.О., Чуб А.І.* Методика вибору
елементів паралельного фільтро-компенсуючого перетворювача ……223
34. *Гордієнко В.В., Савенко О.В., Садченко В.І.* Дослідження
способів пуску безконтактного двигуна постійного струму ……..233
35. *Ревко А.С., Патук О.В.* Квазірезонансні
перетворювачі з низькою напругою живлення …….....239
36. *Крєпкий Ю.О., Дрозд О.П., Сподаренко І.Й.*
Функціональний і структурний аналіз інформаційної
системи реєстрації успішності навчання ……249

37. *Павловський В.І., Харченко М.В.* Система візуальної побудови розширеної об'єктної моделі зі слабоструктурованою типізацією даних ……258
38. *Бивойно П.Г., Бивойно Т.П., Кузьмич І.К.* Імітаційна модель для дослідження ефективності використання локальних розподілених обчислювальних середовищ ……..265
39. *Нестеренко С.О. А*лгоритм ущільнення триангуляцій тривимірних поверхонь……..273
40. *Акименко А. М., Нехай В. В.* Щодо застосування нейронних мереж для захисту електронних платежів ……..……282
41. *Роговенко А.І., Алексеєв А.О.* Тестування модулів на VHDL/Verilog за допомогою технології Sce-Mi……..286
42. *Щерба О.В., Бублик А. В.* Застосування штучних нейронних мереж для діагностування систем на кристалі ……291
43. *Зінченко А.Л., Мазурук Д.А.* Система прототипування корпоративного програмного засобу по розширеній об'єктній моделі …298
44. *Коваль Н.В.* Універсальна сервіс-орієнтована система аудіо-конференцій …….....304
45. *Хижняк А.В., Мельничук С.С.* Оптимізація колективної розробки програмних проектів та створення універсальної моделі життєвого циклу програмного продукту…….308
46. *Хижняк А.В., Харлампій О.О.* Система мультимедіа мовлення …….315
47. *Ткач Ю.Е., Кириєнко І.В.* Система паралельної оцінки ризиків програмних проектів ……324
48. *Трейтяк В.В.* Моделювання інформації виробничого замовлення в середовищі інтегрованих автоматизованих систем ……330
49. *Ткач Ю. Е., Скосир О. М.* Визначення вимог до моделі програмування у грід з некластеризованими та невідчужуваними ресурсами …….....336
50. *Скосир О.М., Ткач Ю.Е.* Вибір механізму керування паралельними обчисленнями в grid з невідчужуваними ресурсами …….343
51. *Денисенко Т.М., Хребтань О.Б.* Товарознавча характеристика та оцінка якості дитячих фруктових консервів……351
52. *Хребтань О.Б., Дудла І.О.* Особливості оцінювання колористичних відмінностей тканин сучасними методами ……...356
53. *Яковенко А.М.* Товарознавча оцінка гігієнічних властивостей костюмних вовняних тканин……..361
54. *Соболь О. М.* Визначення вагомості споживних властивостей вовняних пальтових тканин експертним методом ……..366

УДК 621.791.14.01

Кучук-Яценко С.І., академік НАН України, Зяхор І.В., канд. техн. наук,
Інститут електрозварювання ім. Е.О. Патона НАН України
Харченко Г.К., д-р. техн. наук, Новомлинець О.О., канд. техн. наук
Чернігівський державний технологічний університет

ЗВАРЮВАННЯ ТЕРТЯМ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІДІВ ТИТАНУ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОШАРУВАТОЇ ФОЛЬГИ

Вступ

Сплави на основі інтерметалідів Ti_3Al і TiAl є перспективними матеріалами для виготовлення компонентів авіаційних і автомобільних двигунів [1-6]. Завдяки низькій питомій вазі й досить високим характеристикам жароміцності алюмініди титану й сплави на їх основі переважають існуючі титанові й нікелеві сплави в широкому інтервалі температур. Передбачається використання алюмінідів титану для виготовлення клапанів автомобільних двигунів [5], деталей авіаційних двигунів, що працюють при високих температурах [6]. У таблиці 1 представлено порівняльну характеристику механічних властивостей інтерметалідів титану Ti_3Al (α_2-сплав) і TiAl (γ-сплав) з титановим та нікелевим сплавами.

Таблиця 1 – Властивості алюмінідів титану, титанових і нікелевих жароміцних сплавів [4]

Показник	Ті-сплав	Інтерметалід		Ni-сплав
		α_2-сплав	γ-сплав	
При 20°С				
Питома вага ρ, кг/м^3	4500	4800	3800	8300
Модуль пружності, ГПа	120	115	170	200
Межа міцності, МПа	1050	650	550	1200
Відносне подовження, %	10	1,5	1,5	15
	При 600°С	При 700°С	При 800°С	При 800°С
Межа міцності, МПа	650	750	500	680
Відносне подовження, %	15	10	8	20
Міцність (за 100 год.), МПа	350	420	250	300

Однією з причин, що стримує використання інтерметалідних сплавів у конструкціях авіаційних і автомобільних двигунів, є складність їх зварювання, обумовлена надзвичайно низькою пластичністю при

кімнатній температурі, високою чутливістю до термічного й деформаційного циклів зварювання [7-12]. Зокрема, при дуговому і електронно-променевому зварюванні [7] алюмінідів титану спостерігається утворення тріщин у зоні шва і зоні термічного впливу (ЗТВ). Для зменшення імовірності появи в з'єднаннях тріщин необхідний попередній підігрів конструкції.

Можливість одержання з'єднань при способах зварювання тиском досліджували в роботах [8-14]. При дифузійному зварюванні у вакуумі формування з'єднань без видимих дефектів досягали за рахунок тривалої витримки (не менш 3 годин) під тиском при 1000...1100 ºС [8] або при температурі 1200 ºС (1 година) [9] і наступній термічній обробці [9-11]. Особливості контактного зварювання опором алюмінідів титану вивчалася в роботі [12]. У структурі зварних з'єднань, отриманих за класичною технологією, виявляються мікро- і макротріщини. Одержанню бездефектних з'єднань сприяє введення в стик у якості присадки наношаруватої фольги.

Основними проблемами в одержанні працездатного з'єднання алюмінідів титану при зварюванні тертям (ЗТ) [13-15] є утворення мікротріщин у зоні термомеханічного впливу в процесі деформації [13], розтріскування шва в процесі охолодження [14], значне підвищення твердості зони з'єднання [13-15]. Дані по оптимізації параметрів режиму зварювання тертям алюмінідів титану є суперечливі.

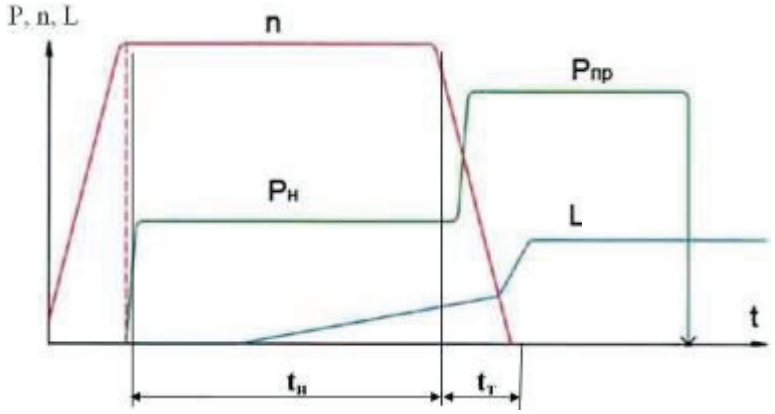
Висока чутливість до термодеформаційного циклу зварювання інтерметалідних сплавів стимулює технологів до пошуку шляхів підвищення пластичності металу в зоні зварного з'єднання й зниження залишкових зварювальних напружень. Відомо, що істотне підвищення пластичності інтерметалідних сплавів досягається при створенні дрібнозернистої структури шляхом їх термодеформаційної обробки [16], а одним із шляхів зниження зварювальних напружень є зниження погонної енергії зварювання за рахунок використання концентрованих джерел нагрівання [17]. При способах зварювання тиском позитивний вплив на формування з'єднань має використання проміжних прошарків з різних металів [10, 11] і присадок у наноструктурному стані [12].

Метою роботи було дослідження формування з'єднань γ- и α_2-сплавів при зварюванні тертям. Досліджували можливість одержання бездефектних з'єднань, що не містять тріщин, за рахунок оптимізації структури металу в зоні з'єднання, зменшення енергії зварювання, а також введення в зону контакту присадок з наношаруватої фольги.

Методи та результати

Зварювали зразки γ-сплаву Ti-46Al-2,2Nb-2,1Cr, ат. %, отриманого вакуумно-дуговим переплавом з наступним газостатичним пресуванням і α_2-сплаву Ti-30Al-4Cr, ат. %, отриманого электронно-променевим переплавом у вакуумі (діаметр зразків – 10…16 мм). Експериментальні зварювання проводили на машині СТ-120, що реалізує технологію

зварювання тертям з регульованим гальмуванням обертання [18]. Програмування циклу зварювання здійснювалося за часом нагрівання $t_н$, причому момент прикладання тиску проковки співпадав з початком гальмування обертання. Задавалися й реєструвалися наступні параметри зварювання: частота обертання n, тиск при нагріванні й проковці $P_н$, $P_{пр}$, осадка L, час нагрівання і гальмування $t_н$, $t_т$ (рисунок 1). Тривалість стадії нагрівання в процесі зварювання встановлювали в діапазоні $t_н$=0,5…5 с, що значно менше у порівнянні зі значеннями, що рекомендуються в літературі. Формування з'єднань оцінювали за результатами металографічних і мікрорентгеноспектральних досліджень.



n – частота обертання, $P_н$, – тиск при нагріванні, $P_{пр}$ – тиск проковки, L – осадка, $t_н$, $t_г$ – час нагрівання й гальмування

Рисунок 1 – Типова циклограма зварювання тертям з регульованим гальмуванням обертання

У мікроструктурі основного металу сплаву Ti-46Al-2,2Nb-2,1Cr (рисунок 2, а) виділяються практично рівновісні γ-зерна й двофазні (γ+ α_2) ділянки з ламельною будовою. Сплав Ti-30Al-4Cr є однофазним з ламельною структурою α_2-фази (рисунок 2, б). Наношарувата фольга являє собою багатошарову композицію з алюмінію й титану в наноструктурному стані, отриману з використанням технології електроннопроменевого випаровування у вакуумі. Середній склад фольги відповідає стехиометричному складу γ-TiAl, її товщина становила 40...80 мкм. У складі фольги відсутні легуючі елементи Nb і Cr, що дозволяє ідентифікувати наявність залишків фольги в зоні з'єднання при мікрорентгеноспектральному аналізі.

Перед початком процесу зварювання наношарувату фольгу вводили в стик між зразками, що зварюються. Для запобігання викидання фольги із стику під дією відцентрової сили виконували спеціальну механічну обробку торців зразків.

Структура зони з'єднання сплаву Ti-30 Al-4Cr, отриманого при зварюванні тертям без використання фольги, представлена на рисунку 3. Ширина зони з'єднання зменшується від зовнішньої області до внутрішньої й мінімальна в центрі перетину, що обумовлено нерівномірністю нагрівання зразків, що зварюються. У зоні з'єднання

виявляються тріщини, обумовлені низькою пластичністю основного металу і значними внутрішніми напруженнями, що виникають у процесі деформації при зварюванні та охолодженні шва.

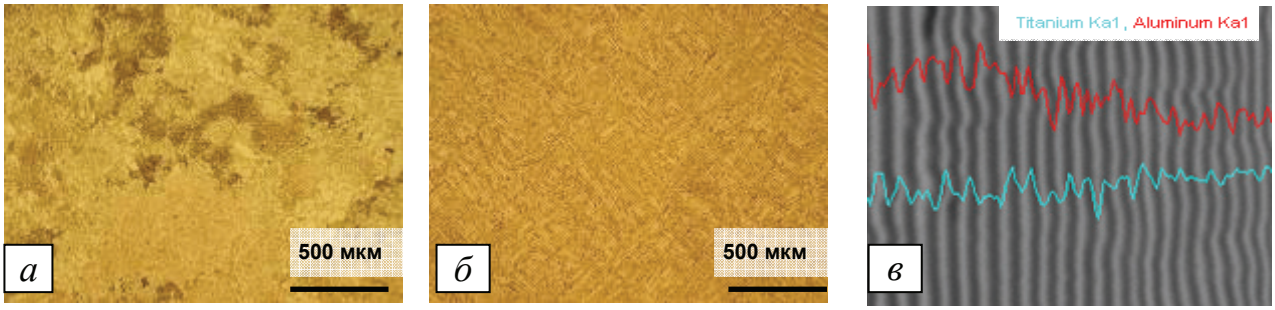


Рисунок 2 – Мікроструктура сплавів Ti-46Al-2,2Nb-2,1Cr, (а), Ti-30Al-4Cr (б) і фольги Ti/Al (в)

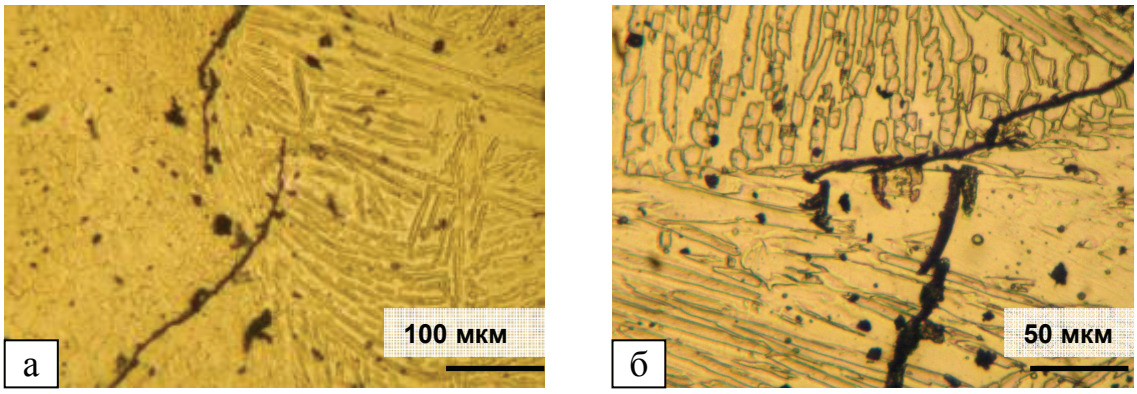


Рисунок 3 – Мікроструктура зони з'єднання (а) і ЗТВ (б) сплаву Ti-30Al-4Cr при звичайному ЗТ

Процес ЗТ сплаву Ti-30Al-4Cr з використанням наношаруватої фольги візуально супроводжується яскравим спалахом у зоні контакту. Очевидно такий світловий ефект пов'язаний із протіканням екзотермічної СВС-реакції між наношарами титану й алюмінію, що супроводжується утворенням интерметалідного з'єднання γ-TiAl.

Мікроструктура зони з'єднання, отриманого з використанням фольги товщиною 80 мкм, представлена на рис. 4. Структура металу в площині з'єднання характеризується наявністю дрібних динамічно рекристалізованих зерен α_2-фази як у центральній, так і в периферійній частинах перетину. Які-небудь дефекти, у тому числі тріщини не виявляються. При мікрорентгеноспектральному аналізі залишки фольги в зоні з'єднання також не виявляються (рис. 5). Можна припустити, що в процесі нагрівання й деформації при ЗТ продукти екзотермічної СВС-реакції у фользі витісняються за межі перетину заготовок. Використання наношаруватої фольги при ЗТ сплаву Ti-30Al-4Cr сприяє локалізації нагрівання в зоні контакту, вирівнюванню тепловиділення по перетину заготовок і забезпечує одержання якісних з'єднань при менших значеннях часу нагрівання й деформації (осадки) у порівнянні зі зварюванням без використання фольги.

Рисунок 4 – Мікроструктура з'єднання сплаву Ti-30Al-4Cr: центр (а), периферія перетину (б-в) при 3Т через наношарувату фольгу

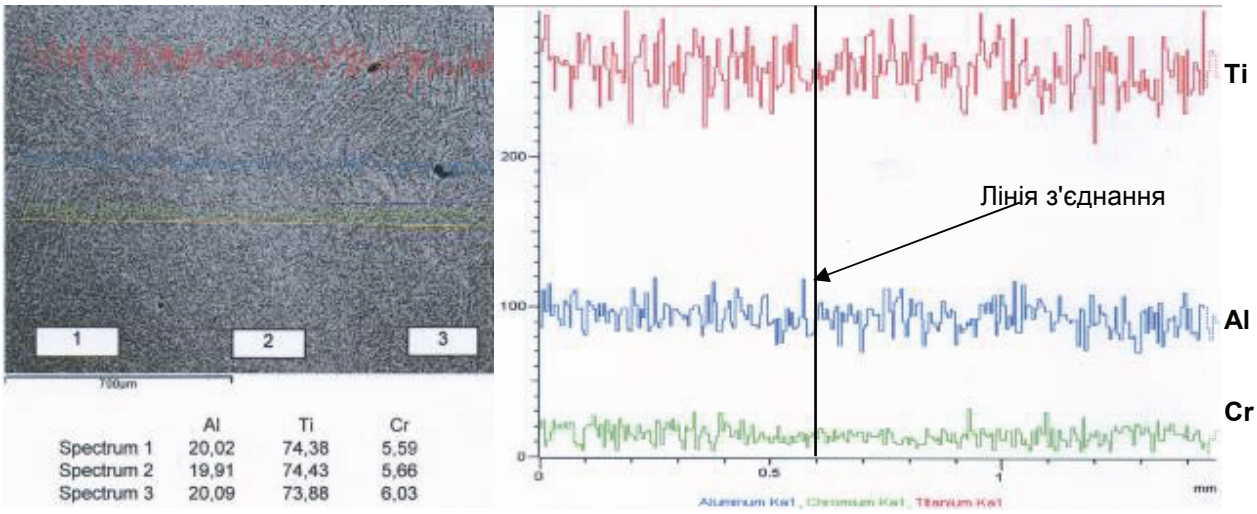


Рисунок 5 – Розподіл концентрації Ti, Al, Cr (мас. %) у зоні з'єднання сплаву Ti-30Al-4Cr

Характер структури різнорідного з'єднання сплавів Ti-46Al-2,2Nb-2,1Cr і Ti-30Al-4Cr залежить від часу зварювання й величини осадки. У з'єднаннях, отриманих при часі нагрівання до $t_н$=1,0 с, виявляється прошарок шириною до 100 мкм, що має дрібнозернисту структуру (рисунок 6).

За даними мікрорентгеноспектрального аналізу в прошарку відсутні Nb і Cr, вміст Ti й Al відповідає стехиометричному складу наношаруватої фольги, тобто складу інтерметаліда γ-TiAl без Nb і Cr (рисунок 7). Розподіл Ti й Al у прошарку, подібність складу та мікроструктури прошарку в центральних і периферійних ділянках перетину свідчить про завершеність СВС-реакції у фользі по всьому перетину зразків.

Суттєвим є те, що використання наношаруватої фольги при зварюванні тертям забезпечує додаткове локальне нагрівання металу в центральній частині перетину заготовок, що зварюються, де виділення тепла мінімальне. Цей ефект, як і формування на початкових етапах процесу зварювання прошарку із дрібнозернистою структурою, сприяє

інтенсифікації деформаційних процесів у зоні контакту і забезпечує можливість зниження часу стадії нагрівання й загального тепловкладення в зону зварювання.

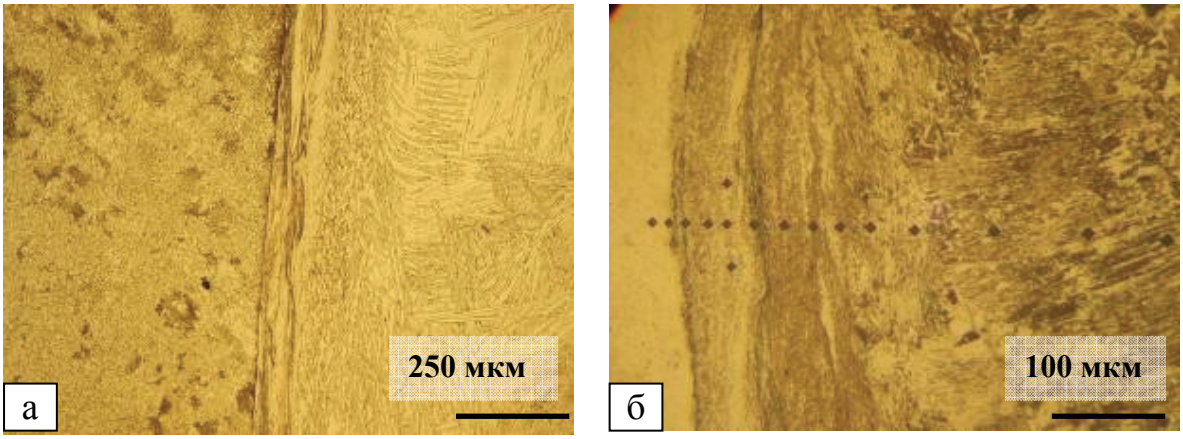


Рисунок 6 – Мікроструктура зони з'єднання сплавів Ti-46Al-2,2Nb-2,1Cr і Ti-30Al-4Cr при tн=1,0 с

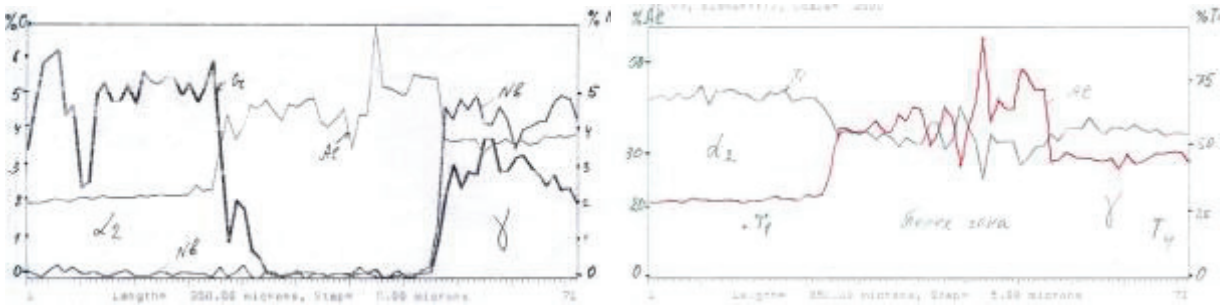


Рисунок 7 – Розподіл концентрації Ti, Al, Cr, Nb у зоні з'єднання сплавів Ti-46Al-2,2Nb-2,1Cr і Ti-30Al-4Cr при $t_н$=1,0 с

При часі нагрівання $t_н$=4,0 с (при $t_т$=1,5 с) у з'єднанні залишки наношаруватої фольги не виявляються. Структура металу в площині з'єднання й ЗТВ сплавів, що зварюються, характеризується наявністю дрібних динамічно рекристалізованих зерен (рисунок 8).

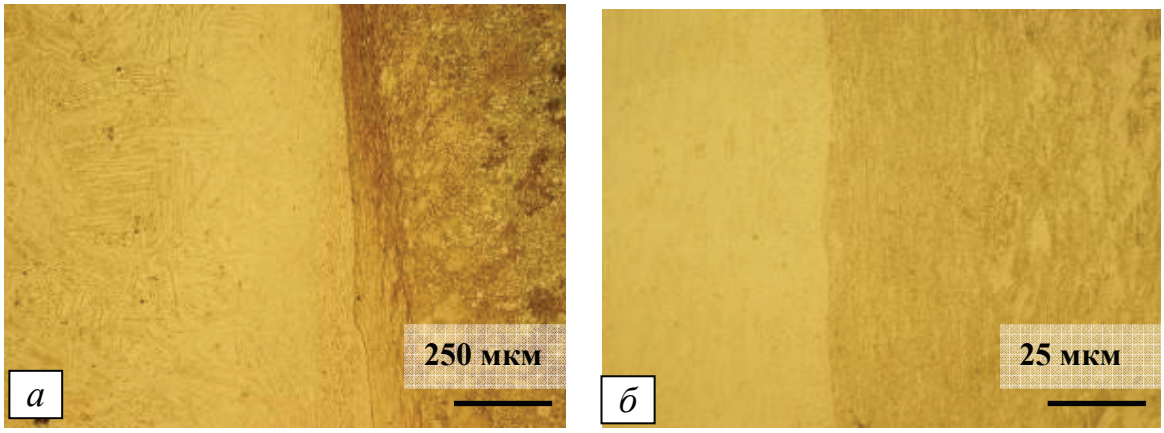


Рисунок 8 – Мікроструктура зони з'єднання сплавів Ti-46Al-2,2Nb-2,1Cr (а) і Ti-30Al-4Cr (б)

При мікрорентгеноспектральному аналізі фіксується різкий перепад концентрації Ti, Al, Nb, Cr. Останній факт свідчить, що прошарок, який утворився в результаті СВС-реакції у фользі, витісняється за межі перетину заготовок. Які-небудь дефекти, у тому числі тріщини, не виявляються.

Відомо, що максимальну пластичність мають інтерметалідні сплави із дрібнозернистою структурою, сформовані в процесі деформаційно-термічної обробки [16]. Отримані результати дозволяють стверджувати, що формування дрібнозернистої структури металу в площині з'єднання, де рівень залишкових зварювальних напружень найбільший [17], сприяє підвищенню стійкості металу стику проти утворення тріщин у процесі його охолодження.

ВИСНОВКИ

Протікання СВС-реакції у наношаруватій фользі забезпечує додатковий рівномірний по перетину, локальний по глибині нагрів поверхонь, що зварюються, полегшує деформацію центральної частини перетину, де тепловиділення мінімальне, і сприяє зниженню часу зварювання й кількості введеного в стик тепла.

Термодеформаційний цикл зварювання тертям у поєднанні з використанням наношаруватої фольги як присадки в зону зварювання забезпечує підвищення пластичності металу в зоні зварного з'єднання за рахунок створення дрібнозернистої динамічно рекристаллізованої структури.

Мінімізація тепловкладення й підвищення пластичності металу стику за рахунок формування дрібнозернистої структури сприяє одержанню при зварюванні тертям інтерметалідних сплавів з'єднань без дефектів і тріщин.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Dimiduk D.M.* Gamma titanium aluminides – an emerging materials technology //Gamma titanium aluminides. Annual Meeting TMS'95. – Las Vegas, 1995. – P. 3-20.
2. *F.R.N. Nabarro.* The superiority of superalloys //Material Science and Engineering: Vol. 184, Issue 2, 15 August 1994. – P. 167-171.
3. *Иванов В.И., Ясинский К.К.* Эффективность применения жаропрочных сплавов на основе интерметаллидов Ti3Al и TiAl для работы при температурах 600-800°С в авиакосмической технике //Технология легких сплавов. – 1996.– № 3. – С. 20-23.
4. *Полькин И.С., Колачев Б.Е., Ильин А.А.* Алюминиды титана и сплавы на их основе //Технология легких сплавов. – 1997. – № 3. – С. 32-39
5. *S. Hurta, H. Clemens, G. Frommeyer at al.* Valves of intermetallic γ-TiAl-based alloys: processing and properties //Proceedings of the Eighth World Conference of Titanium. – Birmingham, UK 22-26 October 1995. – The Institute of Materials, 1995. – P. 97-104.

6. *J. Chesnutt, J. Hall, H. Lipsitt.* Titanium intermetallics – present and future. – Proceedings of the Eighth World Conference of Titanium. – Birmingham, UK 22-26 October 1995. – The Institute of Materials, 1995.– P. 70-79.
7. Titanium aluminide: electron beam weldability /*R.A. Patterson et al.* //Welding J. – 1990. – № 1. – P. 39-44.
8. *Cam G., Bohm K.-H., Kosak M.* Diffusionchweiben fein-geogossener Titanaluminide //Schweißen und Schneiden. – 1999. – № 8. – S. 470-475.
9. *Y. Nakao, K. Shinozaki, M. Hamada.* Diffusion bonding of intermetallic compound TiAl //Proceedings of the 3rd International Conference on trends in welding research. – Gattinburg, Tennessee, USA June 1-5, 1992. – ASM International Materials Park, Ohio, 1992. – P. 1057-1061.
10. *P. Yan, R.E. Somekh, E.R. Wallach.* Solid state bonding of TiAl with interlayers //там же. – P. 1063-1067.
11. Сварка давлением итерметаллидного сплава γ-TiAl /*А.Н. Юштин, В.Н. Замков, В.К. Сабокарь и др.* //Автоматическая сварка. – 2001. – № 1 – С. 33-37.
12. Особенности контактной сварки алюминидов титана с использованием нанослойных алюминиево-титановых фольг /*В.С. Кучук-Яценко, В.И. Швец, А.Г. Сахацкий, А.А. Наконечный* //Автоматическая сварка. – 2009. – № 3 – С. 19-22.
13. *W. Baeslack III, P. Threadgill, E. Nicholas.* Linear friction welding of alpha-two titanium aluminide// TWI Research Report, #442/1992, TWI, Abington Hall, Abington, Cambridge, UK, 1992.
14. *Miyashita T., Hino H.* Friction welding characteristics of TiAl Intermetallic Compound //J. Japan Inst. Metals, Vol. 58. – 1994. – № 2. – P. 215-220.
15. Linear friction welding of Ti-48Al-2Cr-2Nb (at%) titanium aluminide /*W. Baeslack III, P. Threadgill, E. Nicholas, T. Broderick.* //Proceedings of the 8th World Conference on titanium “Titanium’95”. – Birmingham, UK 22-26 October 1995. - The Institute of Materials. – 1995. – P. 424-431.
16. Механические свойства литых сплавов γ-TiAl /*О.А. Банных, К.Б. Поварова, Г.С. Браславская и др.* //Металловедение и термическая обработка металлов. – 1996. – № 4. – С. 11-14.
17. Напряжения и деформации при сварке /*Б.С. Касаткин, В.М. Прохоренко, И.М. Чертов.* – К. : Вища шк. Головное изд-во. – 1987. – 246 с.
18. *Зяхор И.В.* Современное оборудование для сварки трением //Автоматичесая сварка. – 2001. – № 7. – С. 48-52.

УДК 621.791.4

Харченко Г.К., д-р техн. наук, Новомлинець О.О., канд. техн. наук,
Руденко М.М., асистент, Свириденко В.В., магістр

ДИФУЗІЙНЕ ЗВАРЮВАННЯ ВОЛЬФРАМКОБАЛЬТОВИХ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ

Вступ

Для оснащення бурового інструменту (доліт, коронок, різців) в інституті надтвердих матеріалів ім. В.Н. Бакуля створені алмазно-твердосплавні пластини (АТП), які складаються з полікристалічного алмазного шару і підкладки з твердого сплаву, виконаних як єдине ціле в умовах високих тисків. Такі алмазно-твердосплавні пластини дозволяють підвищити швидкість буріння в 1,5-2 рази й збільшити зносостійкість бурового інструменту в 5-7 разів [1].

Недоліком пластин є значна температурна чутливість фізико-механічних властивостей алмазного шару при температурах вище 973 К, що висуває обмеження щодо температури процесу отримання з'єднань АТП з державкою із твердого вольфрамкобальтового сплаву (рисунок 1) при виготовленні інструменту [2].

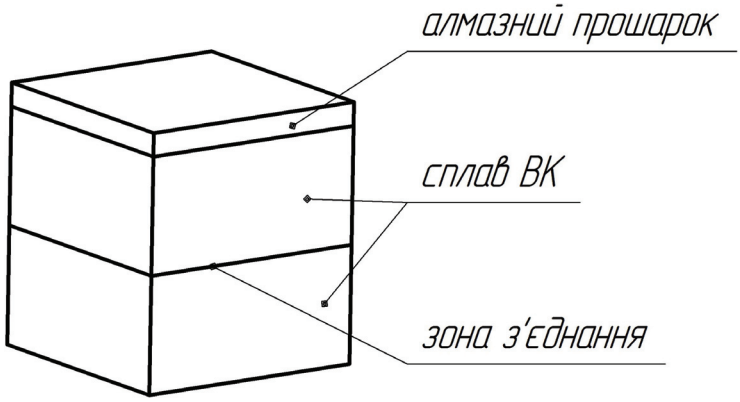


Рисунок 1 – Схема з'єднання АТП з державкою

На даний час з'єднання вольфрамкобальтових твердих сплавів із АТП у вузлах ріжучого інструменту здійснюється засобами паяння припоями на основі срібла (ПСр-40, ПСр-45 та ін.) з температурою плавлення 873-923 К. Однак, недостатня міцність кріплення АТП до державки у корпусі інструмента методом паяння, токсичність при його проведенні, використання дефіцитних срібловміщуючих припоїв та інші фактори стримують серійне виробництво ріжучого та бурового інструменту. Також процес виготовлення є трудомістким по причині складності одночасного виконання паяння декількох АТП.

Більш ефективним засобом виготовлення інструменту, оснащеного полікристалічними надтвердими матеріалами, слід вважати застосування технології дифузійного зварювання тиском у вакуумі, яке дозволяє в значній мірі усунути недоліки процесу паяння.

Як правило, зварювання твердих сплавів ведеться із застосуванням прошарків, які полегшують сполучення деталей, що зварюються, і активують дифузію. В якості матеріалу прошарку звичайно використовують нікель у вигляді порошку або фольги, рідше кобальт. Однак, відомі на даний час технології дифузійного зварювання твердих вольфрам-кобальтових сплавів дозволяють отримувати якісні з'єднання в діапазоні температур не нижче 1323...1473 К [3], а питання низькотемпературного дифузійного зварювання твердих сплавів на сьогодні залишається невирішеним.

Тому метою роботи є розробка технології дифузійного зварювання вольфрамкобальтових сплавів при температурі нижче 973 К.

Методи та результати

Відомо, що при дифузійному зварюванні ключову роль в утворенні нероз'ємного з'єднання відіграє активація поверхонь за рахунок нагріву та зсувних деформацій у стику, а ширина зони взаємної взаємодії при цьому складає 10-100 мкм [3]. Тобто, для отримання якісних з'єднань немає необхідності піддавати температурному й деформаційному впливу зварні деталі в цілому.

У зв'язку з цим в даній роботі досліджувалось дифузійне зварювання твердих сплавів з локалізацією температурного поля та мікропластичної деформації у стику. Для цього в якості джерела нагріву використовували імпульс струму, а для локалізації зсувних деформацій – проміжні прошарки з нікелю, сталі та титану товщиною 50 мкм.

Всі дослідження проводили на сплаві марки ВК-10. Зварювання проводили на повітрі.

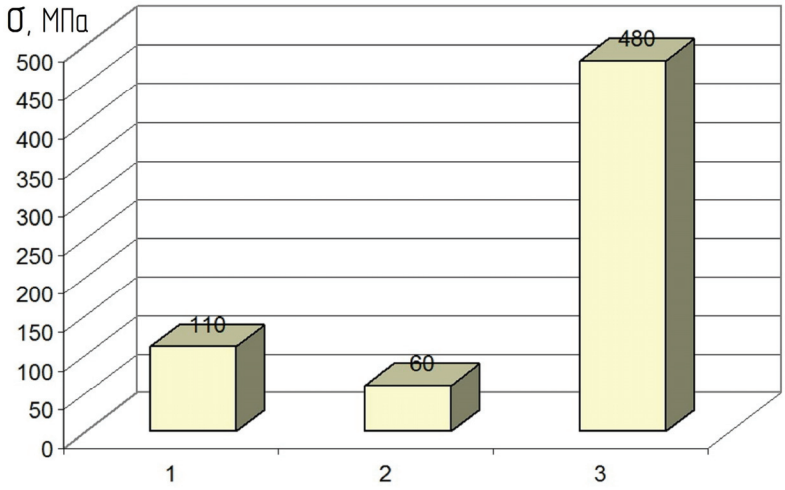
Для визначення оптимальних режимів дифузійного зварювання був досліджений вплив параметрів зварювання ($I_{зв}$, $t_{зв}$, $F_{зв}$) на розподіл температури по висоті зразків. Температуру вимірювали за допомогою термопар.

Встановлено, що тепловиділення залежить від усіх параметрів зварювання, що відповідає літературним даним [4], а також від матеріалу прошарку. Встановлено, що у всіх випадках температура на відстані 2-3 мм від стику (місце контакту алмазного шару і підкладки з твердого сплаву) при зварюванні на режимі: $I_{зв}$=10-12 кА, $t_{зв}$=0,10-0,12 с, $F_{зв}$=20 МПа, не перевищує 773-873 К. Необхідно відзначити, що локалізація температурного поля у стику підвищується зі збільшенням питомого електричного опору проміжного прошарку.

Після серії зварювань вольфрамкобальтових сплавів через проміжні прошарки на оптимальному режимі проведені механічні випробування

зварних з’єднань на зріз за допомогою спеціально розробленого оснащення.

Результати дослідження впливу матеріалу прошарку на міцність зварних з’єднань, отриманих на оптимальному режимі, представлені на рисунку 2.



1 – сталь; 2 – нікель; 3 – титан

Рисунок 2 – Залежність міцності зварних з’єднань сплаву ВК-10 від матеріалу проміжного прошарку

Як видно з представленого рисунку, найбільша міцність зварного з’єднання твердих вольфрамкобальтових сплавів забезпечується при використанні проміжного прошарку з титану і складає 480 МПа, що перевищує міцність паяних з’єднань на 30-35 %.

Металографічні дослідження проведені на зварних з’єднаннях, отриманих на оптимальному режимі через проміжні прошарки з титану показали, що дефекти в стику відсутні, а товщина прошарку під час зварювання зменшується на 30-40 %, що свідчить про значний рівень мікропластичної деформації в стику. На рисунку 3 представлена мікроструктура зварного з’єднання сплаву ВК-10, отриманого на оптимальному режимі через прошарок титану товщиною 200 мкм.

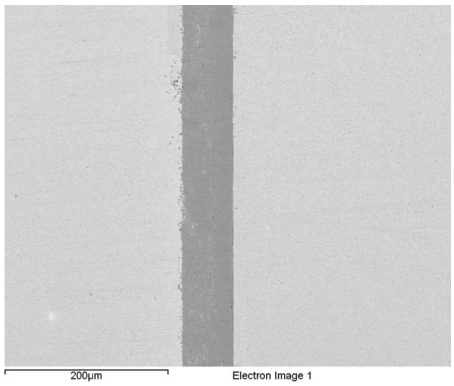


Рисунок 3 – Мікроструктура зони з'єднання сплаву ВК-10, отриманого через прошарок титану

Висновки

Показано доцільність та ефективність використання у якості джерела нагріву імпульсу струму при дифузійному зварюванні вольфрамкобальтових твердих сплавів.

Встановлено, що застосування прошарку з титану при дифузійному зварюванні вольфрамкобальтових твердих сплавів дозволяє локалізувати температурне поле та інтенсифікувати мікропластичну деформацію у стику й отримати міцність зварного з'єднання на рівні 480 МПа, що перевищує міцність паяних з'єднань на 30-35 %.

Література

1. *Шульженко А.А.* Сверхтвердые материалы. Получение и применение. Т. 1. Синтез аламаза и подобных материалов. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ «Алкон» НАНУ, 2003. – 320 с.
2. *Гаргин В.Г.* Термостойкие свойства алмазных поликристаллических материалов, применяемых в буровом инструменте //Синтетические сверхтвердые материалы в геолого-разведочном бурении. – К.: ИСМ АН УССР, 1987. – С. 8-13.
3. *Бачин В.В., Квасницкий В.В., Котельников Д.И. и др.* Теория, технолоия и оборудование диффузионной сварки – М.: Машиностроение, 1991. – 352 с.
4. *Кочергин К.А.* Контактная сварка – Л.: Машиностроение, 1987. – 240 с.

УДК 621.791.14

Харченко Г.К., д-р техн. наук, Новомлинець О.О., канд. техн. наук, Байдала О.В., магістр

ЗВАРЮВАННЯ ТЕРТЯМ З ПЕРЕМІШУВАННЯМ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вступ

З розвитком сучасних галузей народного господарства все більше застосування знаходять полімерні матеріали. Особливе місце займають термопластичні пластмаси, які зберігають здатність переходити в в'язкотекучий стан при вторинній переробці, що дає можливість їхнього багаторазового використання.

З розширенням областей застосування полімерних матеріалів зростають вимоги й до надійності зварних з'єднань з пластмас. Однак існуючі способи зварювання не завжди дозволяють одержати зварні з'єднання з високими фізико-механічними характеристиками, що в більшості випадків пов'язане з деструкцією полімеру під впливом різних факторів, які обумовлені застосуванням того або іншого способу зварювання.

Останнім часом широке поширення одержав спосіб зварювання тертям з перемішуванням, при якому формування шва забезпечується за рахунок локалізації виділення теплоти й пластичної деформації матеріалу в зоні зварювання. При цьому макроскопічного розплавлювання матеріалу не відбувається, тому ступінь структурних перетворень у шві й навколошовних зонах незначна, це забезпечує одержання більш високих фізико-механічних властивостей зварних з'єднань і менший рівень залишкових напружень.

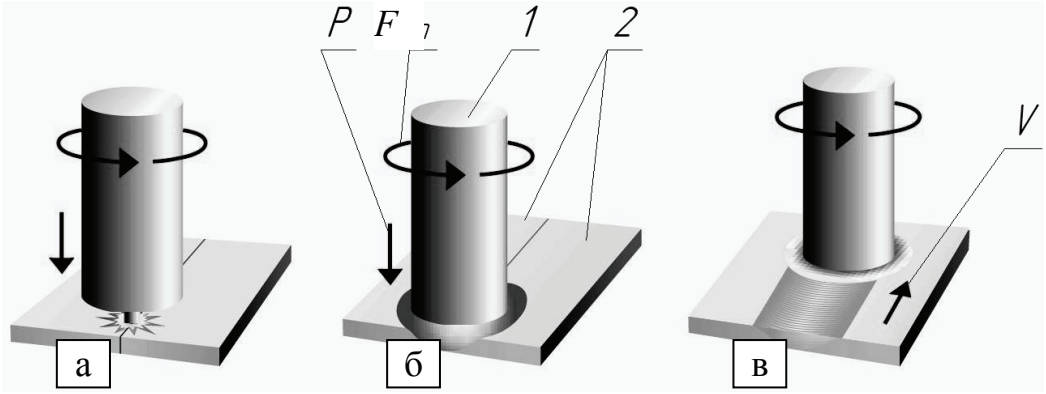
Технологічна схема цього способу зварювання (рисунок 1), розробленого в 1991 році в інституті зварювання в Кембриджі (Великобританія) [1], містить у собі чотири основні етапи [2,3]:

а) підведення інструмента, що обертається із частотою (n) до деталей, що зварюються (рисунок 1а);

б) прикладання зусилля (F) до інструменту і його проникнення у виріб, що зварюється (рисунок 1б);

в) після нагрівання матеріалу інструменту надається поступальний рух уздовж осі шва (рисунок 1в);

г) вивільнення інструменту із зони зварювання без припинення його обертання.



1 – інструмент; 2 – деталі, що зварюються; n – частота обертання інструмента; F – зусилля зварювання; V – швидкість зварювання

Рисунок 1 – Схема процесу шовного зварювання тертям з перемішуванням [1]

Незважаючи на широке використання зварювання тертям з перемішуванням провідними країнами світу для зварювання алюмінієвих, мідних, нікелевих та інших сплавів, на сьогоднішній день літературні дані про застосування даного способу для зварювання пластмас відсутні.

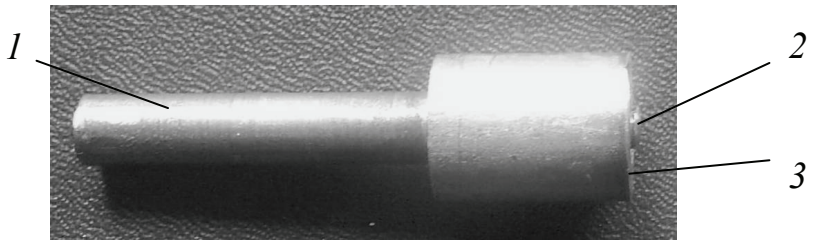
Тому метою даної роботи є дослідження шовного зварювання тертям з перемішуванням термопластичних матеріалів.

Методи та результати

Для реалізації процесу зварювання тертям з перемішуванням термопластических матеріалів використовували фрезерні верстати 6Р11, 6Р13 та ручний фрезер «Фиолент МФ2-620Е».

У якості матеріалу для дослідження використовували пластмасу марки ПК товщиною 3 мм.

Зварювання проводили спеціальним інструментом, виготовленим зі сталі 20 зі співвідношенням діаметра голки й плеча рівним 1:3 (рис. 2).



1 – хвостова частина; 2 – робоча частина (голка); 3 – формувальна частина (плече)

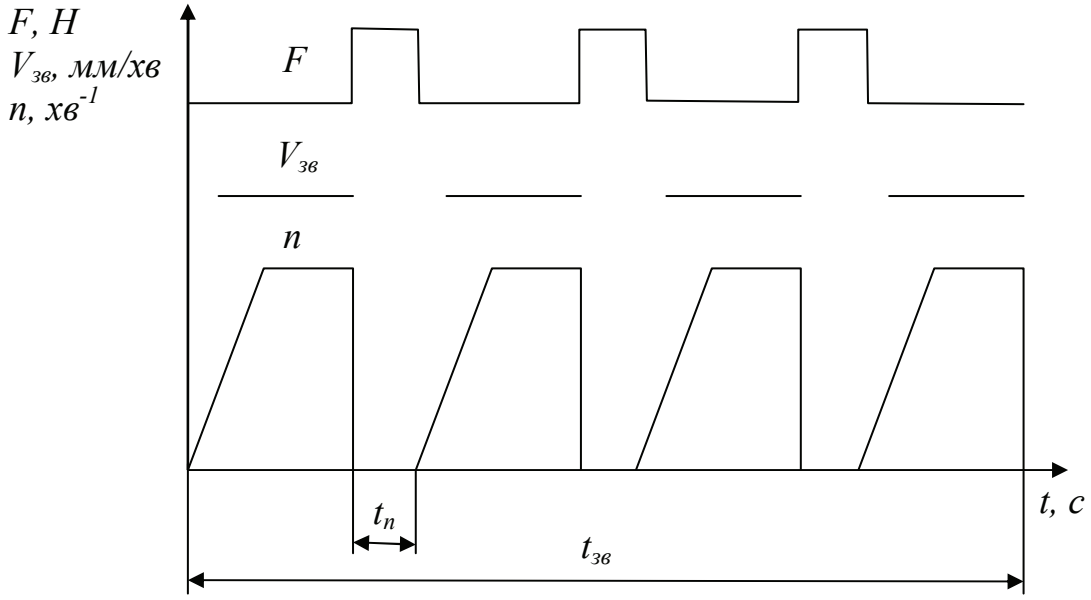
Рисунок 2 – Інструмент для зварювання тертям з перемішуванням

Форма та розміри інструменту були вибрані за результатами аналізу літературних джерел [4].

Якість зварних з’єднань оцінювали за результатами механічних випробувань на розтяг та статичне згинання, а також за результатами дослідження макро и мікроструктури зони з’єднання.

Всі спроби проведення зварювання тертям з перемішуванням термопластичних матеріалів по відомих циклограмах [2,3] не дозволили отримати позитивний результат, що на нашу думку пов'язано з особливістю поводження цих матеріалів при збільшенні температури й одночасного механічного впливу в зоні контакту. Відомо, що ці матеріали є теплоізоляторами й мають низький коефіцієнт тертя, а при підвищенні температурі відбувається їх деструкція [5].

У зв'язку з цим, на підставі даних про фізичні і механічні властивості пластмас та експериментальних даних, була розроблена циклограма зварювання тертям з перемішуванням із застосуванням повної зупинки процесу, що представлена на рисунку 3.



n – частота обертання інструменту; F – зусилля зварювання;

$t_{зв}$ – час зварювання; t_n – час паузи

Рисунок 3 – Циклограма шовного зварювання тертям з перемішуванням пластмас

Зварювання тертям з перемішування пластмаси марки ПК проводили за розробленою циклограмою на різних режимах при зростаючій частоті обертання зварювального інструмента від 0 до 2000 хв$^{-1}$.

Режими зварювання й характеристика якості зварних з'єднань наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри режимів зварювання й характеристика зварних швів

№ режиму	$V_{зв}$, мм/хв	n, хв$^{-1}$	Час паузи t_n, с	Якість шва
1	30	2000	–	Деструкція пластмаси
2	30	1000	–	Місцева деструкція
3	15	0 – 2000	5	Явні дефекти відсутні
4	10	0 – 2000	10	Явні дефекти відсутні
5	8	0 – 2000	15	Явні дефекти відсутні
6	6	0 – 2000	20	Явні дефекти відсутні

Аналізуючи отримані дані, можна стверджувати, що при зварюванні тертям з перемішуванням пластмас, одержання якісного зварного з’єднання можливо тільки при наявності технологічної паузи, що дозволяє матеріалам не нагріватись до температури деструкції. При цьому процес охолодження дає можливість уникнути надмірного налипання продуктів зварювання на інструмент, сприяє покращенню зовнішнього вигляду зварних швів. Зовнішній вигляд зварних з’єднань показаний на рисунку 4.

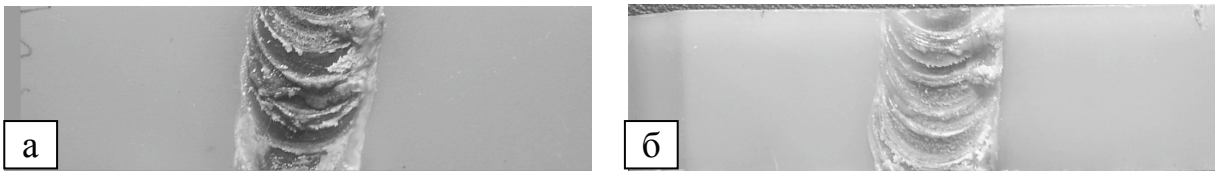


Рисунок 4 – Зовнішній вигляд швів, отриманих шовним зварюванням тертям з перемішуванням пластмаси марки ПК на режимах № 3 (а) і № 4 (б) (див. табл. 1)

Із представленого рисунку видно, що зі збільшенням паузи зовнішній вигляд зварного шва поліпшується, що ймовірно пов'язане зі зменшенням деструкції поверхневих шарів шва.

Результати механічних випробувань на розтяг і статичне згинання пластмаси марки ПК представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати механічних випробувань зварних з’єднань пластмаси марки ПК

№ режиму (див. табл. 1)	Міцність на розтяг, МПа		Місце руйнування	Кут вигину до появи тріщини, град.	
	Основний матеріал	Зварне з’єднання		Основний матеріал	Зварне з’єднання
3	16,7	13	ЗТВ	23	14
4		14,3	ЗТВ		15
5		15,6	ЗТВ		20
6		16,4	ЗТВ		12

Аналіз механічних випробувань показав, що міцність зварних з’єднань пластмаси марки ПК, отриманих зварюванням тертям з перемішуванням за розробленою циклограмою становить 90-95 % від міцності основного матеріалу.

Висновки

Встановлено ефективність використання зварювання тертям з перемішуванням для отримання якісних нероз’ємних з’єднань термопластичних матеріалів.

Розроблено циклограму процесу шовного зварювання тертям з перемішуванням, основною особливістю якої є наявність технологічної паузи.

Встановлено, що міцність зварних з'єднань пластмаси марки ПК, отриманих зварюванням тертям з перемішуванням за розробленою циклограмою, становить 90-95 % від міцності основного матеріалу.

Література

1. *W.M. Thomas, E.D. Nicholas, J.C. Needham, M.G. Murch, P. Templesmith and C.J. Dawes,* "Friction Stir Butt Welding", International Patent Application No. PCT/GB92/02203 and GB Patent Application No. 9125978.8, Dec. 1991.
2. http://www.sapagroup.com/templates/Page.aspx?id=435
3. http://www.ornl.gov/~webworks/cppr/y2001/pres/
4. The Simultaneous use of Two or More Friction Stir Welding Tools. *W.M. Thomas, D.G. Staines, E.R. Watts and I.M. Norris.* Internet publication by TWI 13th January 2005.
5. *Брацыхин Е.А., Шульгина Э.С.* Технология пластических масс: Учебное пособие для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. – 328 с.

УДК 621.791.03

Фальченко Ю.В., канд. техн. наук, Муравейнік А.Н., пров. інж., Федорчук В.Є., м.н.с.

Інститут електрозварювання ім. Е.О. Патона НАН України

Харченко Г.К., д-р. техн. наук, Прибитько І.О., канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет

Зварювання тиском дисперсно-зміц-неного композиційного матеріалу АМг5+27%Al_2O_3 із застосуванням швид-козакристалізованого прошарку ев-тектичного складу системи Al+33%Cu

Вступ

При зварюванні алюмокомпозитів, зміцнених дисперсними частками Al_2O_3 або SiC, перевага віддається способам з'єднання у твердій фазі, зокрема, дифузійному зварюванню [1]. У цьому випадку всі зварювальні процеси відбуваються при більш низьких температурах в порівнянні зі зварюванням плавленням, тому ефект підвищеної в'язкості, пористість швів, сегрегація армуючих часток під час зварювання відсутні.

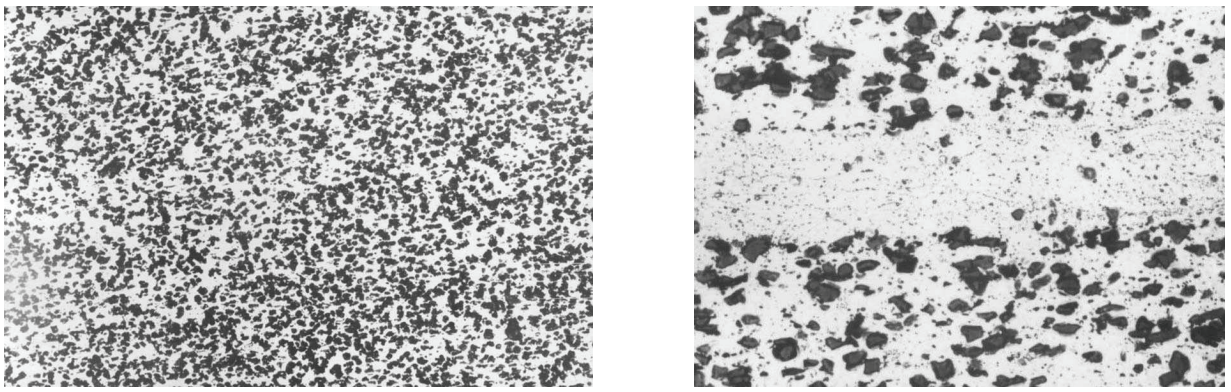
Основні труднощі при дифузійному зварюванні дисперснозміцнених алюмокомпозитів пов'язані з присутністю на поверхні щільної оксидної плівки і великою жорсткістю матеріалу, що утруднює деформацію зварювальних поверхонь.

Видалити оксидну плівку і з'єднати алюмінієві сплави по чистих поверхнях практично неможливо. Тому при дифузійному зварюванні намагаються зруйнувати оксидну плівку, що залишилася на поверхні після травлення і зачищення.

Метою дослідження було розробити технологічний процес дифузійного зварювання у вакуумі (ДЗВ), який дозволить отримати зварні з'єднання дисперснозміцнених алюмокомпозитів з міцністю на рівні матеріалу у початковому стані.

Об'єкт і методика досліджень

Об’єктом досліджень був композит *АМг5+27%Al_2O_3* завтовшки 6 мм, отриманий ливарним способом – замісом дисперсних зміцнюючих частинок Al_2O_3 у розплав матеріалу матриці з подальшим пресуванням. На рисунку 1, а наведено структуру композитного матеріалу (КМ) *АМг5+27%Al_2O_3* у початковому стані. Слід зазначити, що частинки Al_2O_3 достатньо рівномірно розподілені в матриці композиту. Твердість композиту за Роквеллом складає 99…100 HRB (F=600 Н).



а б

Рисунок 1 – Мікроструктура: а) – композиційного матеріалу АМг5+27%Al_2O_3 у вихідному стані, х200; б) – мікроструктура зварного з`єднання КМ при зварюванні з прошарком алюмінію (Δ=150 мкм) в умовах примусового деформування, х400

Дифузійне зварювання зразків композиту виконували без прошарку та з проміжним прошарком із алюмінієвого сплаву *АД1* та прошарку із швидкозакристалізованої наноструктурної стрічки системи *Al/Cu* евтектичного складу *Al+33%Cu*.

Підготовка зразків під зварювання полягала у знятті шабером нагартованого приповерхневого шару товщиною *~ 0,2-0,3* мм. Для оцінки міцності зварних з'єднань проводили випробування зразків на зріз. Підготовку зразків, отриманих після зварювання, проводили на електроерозійному верстаті ЕХ-1331П.

Мікроструктурні дослідження виконували методами оптичної мікроскопії на мікроскопах МІМ-8 та NEOPHOT-32. Визначення елементного складу проводили на рентгенівському мікроаналізаторі «COMEBAX». Вимірювання твердості зразків проводили на приладі «Роквелл» при навантаженні *F=600* Н, а також мікротвердості – на приладі ПМТ-3 при навантаженні *F=0,2* Н.

Обговорення результатів

Як наголошується у ряді робіт [2-4], при безпосередньому дифузійному зварюванні КМ+КМ зварні з'єднання дисперснозміцненого композиційного матеріалу мають низьку міцність внаслідок його значної жорсткості. Дослідженнями металографії показано, що армуючі частинки, інтерметаліди матриці і оксиди концентруються вздовж лінії з'єднання. При цьому чітко виявляється межа розподілу, особливо в місцях скупчень армуючих частинок, де спостерігаються пори.

Відомо, що для активації пластичної деформації широко застосовують проміжні прошарки у вигляді матеріалів суцільного перерізу з пластичних сплавів – алюмінію, міді, нікелю, срібла [4-6]. Розміщений в стику м'який суцільний прошарок, за рахунок пластичної течії в процесі зварювання, забезпечує руйнування оксидної плівки на контактуючих поверхнях композиту, а також прискорює процес пластичної деформації приконтактних об'ємів композиту.

Композит *АМг5+27%Al_2O_3* зварювали методом ДЗВ через прошарок з чистого алюмінію (сплав *АД*1) завтовшки *0,15* мм в умовах вільної деформації. Оптимальні режими зварювання: температура *T=560* °С, час *t=20* хв., тиск *P=40* МПа, вакуум в робочій камері *B=1,3·10^{-3}* МПа. Пластичну деформацію зразків в умовах вільної деформації задавали на рівні *ε=25* % за рахунок застосування сталевих пластин, що обмежували деформацію. Дослідженнями металографії показано, що скупчень армуючих частинок в зоні з'єднання не спостерігається, але на окремих ділянках зустрічаються мікропори, оксиди протяжної форми. Товщина алюмінієвого прошарку в зварному з'єднанні зменшилася з *150* мкм до *100...120* мкм. Деформація суцільних прошарків відбувалася лише в крайовій області малої протяжності, що узгоджується з результатами досліджень, наведеними у [7].

Для активації пластичної деформації в зоні з'єднання застосовували схему зварювання з примусовою деформацією, під час якої матеріал зони з'єднання піддавався пластичній деформації за схемою тиск + зрушення. З цією метою використовували формуючі пристрої, які забезпечували направлену пластичну деформацію металу в стику і задану деформацію зразків у цілому. Ступінь пластичної деформації з'єднань (на рівні *ε=15...25* %) задавали наперед глибиною каналів в пресінструменті. Металографічний аналіз з'єднань, отриманих дифузійним зварюванням КМ у формуючих матрицях з використанням алюмінієвого проміжного прошарку, показав, що в зварних з'єднаннях дефекти, які мають місце при зварюванні у вільному стані (оксидні включення, пори), відсутні (рисунок 1,б). Товщина алюмінієвого прошарку нерівномірна по довжині зразка. При зварюванні з суцільним прошарком товщина алюмінію в центральній частині зони з'єднання склала *80...100* мкм і *30...60* мкм по краях. Тобто, по краях зварного з'єднання товщина прошарку менша, ніж в його центральній частині. Це пов'язано з тим, що на периферії зварного з'єднання більш тривалий час та інтенсивніше діють дотичні деформації [8]. Мікротвердість алюмінієвого прошарку в перехідній зоні зварних з'єднань склала *650…750* МПа. Однією з відмінностей зварних з'єднань, отриманих у формуючих матрицях, від з'єднань, отриманих у вільному стані, – є наявність грата, розміри якого залежать від прикладеного тиску. У грат при зварюванні переміщується не тільки м'який прошарок алюмінію, але й прилеглі до нього шари композиту. Товщина грату не перевищує *1* мм. В зварних з'єднаннях композиту характер розподілу армуючих частинок в зоні зварювання, їх морфологія і дисперсність не змінюється як в умовах вільної деформації, так і у разі використання формуючої матриці. Міцність на зріз з'єднань, отриманих при зварюванні у формуючій матриці з використанням проміжного алюмінієвого прошарку товщиною *150* мкм, дорівнювала *91* МПа, що складає *~50* % від міцності на зріз композиту в початковому стані.

Далі для зварювання композиційного матеріалу *АМг5+27%*Al_2O_3 застосовували швидкозакристалізовану стрічку системи алюміній-мідь

евтектичного складу *Al+33%Cu* завтовшки 0,07 мм і шириною 10 мм, яка була розроблена і виготовлена в Інституті проблем матеріалознавства НАН України. Структура стрічки представлена α-твердим розчином алюмінію і дисперсними частинками інтерметалідної фази Al_2Cu, які рівномірно розподілені в об'ємі матриці. На рисунку 2 наведено рентгенівську дифракційну картину швидкозакристалізованої стрічки системи *Al/Cu* евтектичного складу (*Al+33%Cu*), на якій присутні тільки піки *Al* і Al_2Cu. Оптимальна температура при дифузійному зварюванні у вакуумі композиту *АМг5+27%*Al_2O_3 із застосуванням швидкозакристалізованої стрічки системи Al/Cu евтектичного складу (*Al+33%Cu*) складала *Тзв =500* °С, *t=10* хв, *P=40* МПа як в умовах вільної деформації, так і під час примусової деформації. Зниження температури зварювання на *60* °С, в порівнянні зі зварюванням із застосуванням суцільного алюмінієвого прошарку, скоріш пов'язано з підвищеною активністю стрічки [9].

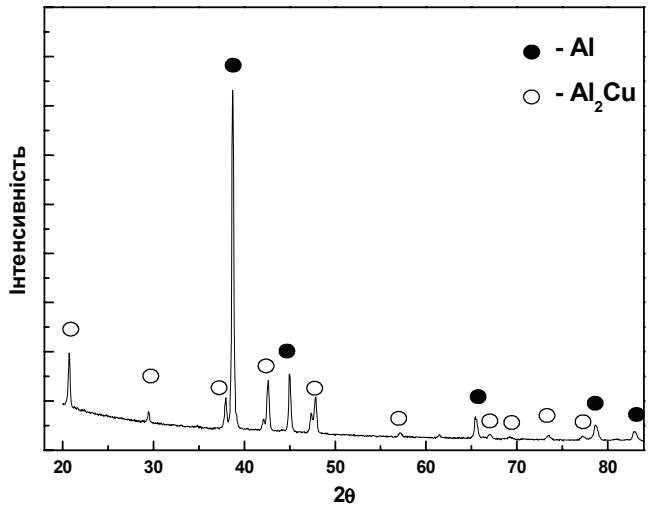
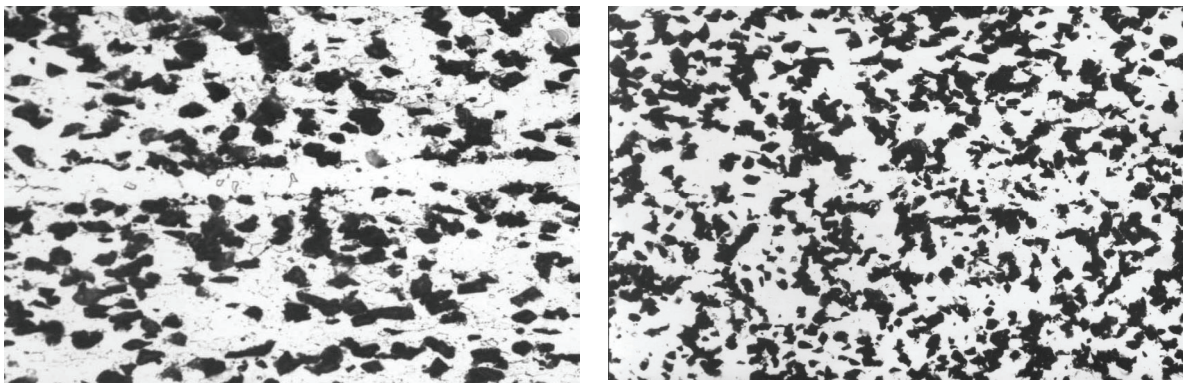


Рисунок 2 – Спектр рентгенівської дифракції швидкозагартованого сплаву Al+33%Cu (ваг. %).

Встановлено, що при дифузійному зварюванні ($T_{зв}$=*500* °С) в умовах вільної деформації товщина прошарку в стику зменшується з *70* мкм до *20…30* мкм. За даними мікрорентгеноспектрального аналізу прошарок містить *4,35* % магнію, *2,3* % міді, *93,4* % алюмінію. В процесі зварювання понад *4* % магнію переходить з алюмокомпозита в прошарок. Твердість прошарку знаходиться практично на рівні твердості матриці композиту.

Тобто, дифузійне зварювання у формуючих пристроях під час примусового формування зони контакту дозволило зменшити товщину прошарку до *8…10* мкм (рисунок 3, а). Подальша термічна обробка, що складалася з п'яти циклів нагрівання до *500* °С і охолодження до *200* °С, сприяла практично повному розчиненню прошарку (рисунок 3, б). Міцність зварного з'єднання на зріз після зварювання і термообробки склала *160...180* МПа **(**рисунок 4**)**, тобто на рівні міцності композиту в початковому стані.



а б

Рисунок 3 – Мікроструктура зони з'єднання композиту при ДЗВ з швидкозакристалізованою стрічкою евтектичного складу Al-33%Cu при 500 ℃: а) – у формуючої матриці; б) – у формуючої матриці з термоциклюванням

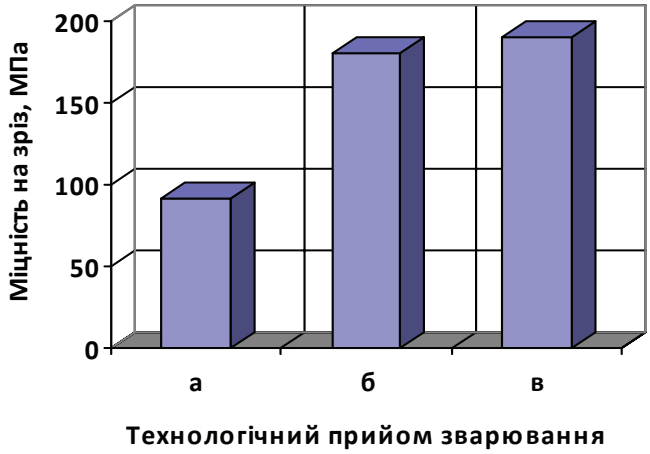


Рисунок 4 – Діаграма міцності зварних з'єднань КМ-АМг5+27%Al_20_3, залежно від технологічних прийомів дифузійного зварювання у вакуумі: а) – міцність з'єднань, отриманих при зварюванні КМ у формуючій матриці із застосуванням прошарку алюмінію, Δ=150 мкм; б) – міцність з'єднань отриманих при зварюванні КМ у формуючій матриці із застосуванням швидкозагартованого прошарку системи Al+33%Cu, Δ=70 мкм; в) – міцність КМ в початковому стані.

Висновки

Таким чином, застосування швидкозакристалізованої стрічки системи *Al/Cu* евтектичного складу *Al+33%Cu* при дифузійному зварюванні у вакуумі композиту *АМг5+27%Al_2O_3* і технологічних прийомів, спрямованих на локалізацію деформації та прискорення дифузійних процесів у стику, дозволило зменшити температуру зварювання і товщину прошарку в зварному з'єднанні практично до повного його розчинення. Міцність зварного з'єднання на зріз при цьому досягає *160…180* МПа, що відповідає рівню міцності композиту в початковому стані.

Література

1. *Ryabov V.R., Muraveinik A.N., Cherepivskaya E.N., Kharchenko G.K., Falchenko Yu.V., Monnin M.M.* Diffusion bonding of despersion strengthened composite materials //Joining of Materials /Volume 14, Number 1-2, June 2002. – P. 6-11.
2. *Bushby R.S., Scott V.D.* Joining of particulate silicon carbide reinforced 2124 aluminium alloys by duffusion bonding //Materials science and technology (Great Britain), 1995. – V. 11, № 8. – P. 753-758.
3. *Escalera M.D., Urena A., Gomes de Salazar J.M.* Solid state diffusion A 6061 matrix composites reinforced with aluminium particles //The ASM International European Conference on Welding and Joining Science and Technology. Madrid, Spaine – 10-12 March 1997:, Book of procedings. (Madrid): 1997. – P. 380-389.
4. *Ищенко А.Я., Харченко Г.К., Фальченко Ю.В., Муравейник А.Н., Гордань Г.Н.* Твердофазное соединение в вакууме дисперсно-упрочненных композиционных материалов //Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. (Nanosystems, Nanomaterials, Nanotechnologies). – 2006. – Т. 4, № 3. – С. 747-756.
5. *Rybov V.R., Kharchenko G.K., Markashova L.I., Muravejnik A.N.* On the weldability of dispersion strengthened composite (AL+4%C) //International Welding Conference. – Welding Science and Technology. Japan-Slovak Welding Symposium, 5-7 march, 1996, (Printed in OTA a s. hosice). – P. 271-273.
6. *Рябов В.Р., Муравейник А.Н., Харченко Г.К., Фальченко Ю.В.* Особенности формирования структуры сварного соединения дисперсно-упрочненного композита Al+4%C при диффузионной сварке //Автоматическая сварка. – 2003. – № 12. – С.7-10.
7. *Лямин Я.В., Мусин Р.А.* Пластическая деформация при диффузионной сварке разнородных материалов //Сварочное производство. – 2002. – № 5. – С. 24-29.
8. *Сергеев А.В., Чудин В.М., Сыропаева Е.С.* Диффузионная сварка алюминиевых сплавов в состоянии сверхпластичности //Автоматическая сварка. – 1991. – № 7. – С. 40-43.
9. *Бокштейн С.З.* Строение и свойства металлических сплавов. – М. Металлургия, 1971. – 195 с.

УДК 621.791.3

Болотов Г.П., д-р техн. наук, Болотов М. Г., асистент

РОЗРАХУНКОВЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ НАГРІВУ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ДИФУЗІЙНОМУ ЗВАРЮВАННІ В ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ З ПОРОЖНИСТИМ КАТОДОМ

Стан проблеми

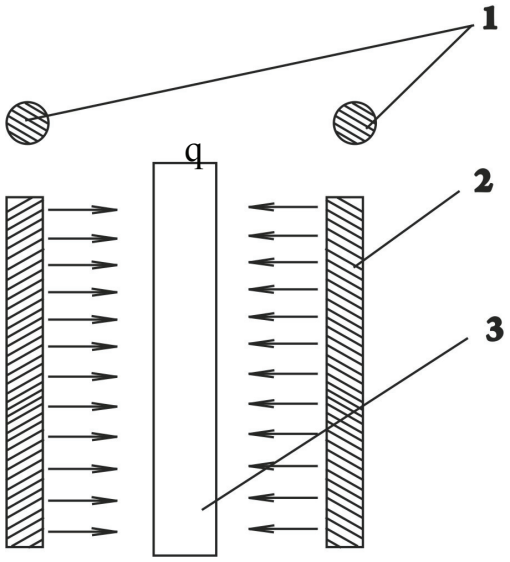
Спосіб дифузійного з’єднання однорідних та різнорідних матеріалів широко використовується в різних галузях промисловості. Тому питання якості з'єднань, виконаних дифузійним зварюванням, є важливим та актуальним.

Головним параметром дифузійного зварювання, що визначає властивості зварного з’єднання, є температура нагріву в зоні зварного контакту. При заниженій температурі зварювання уповільнюються процеси дифузії атомів у зоні з’єднання, ускладнюються умови деформації мікровиступів на етапі формування фізичного контакту, в недостатній мірі розвиваються процеси рекристалізації, які призводять до появи спільних зерен в зоні з’єднання матеріалів, що є необхідною умовою отримання якісного з’єднання. В той же час, надмірне підвищення температури, прискорюючи швидкість дифузії, сприяє росту зерна з погіршенням механічних властивостей з'єднань, а також призводить до помітних пластичних деформацій деталей, що зварюються. Оптимальна температура дифузійного зварювання, згідно [1], повинна дещо перевищувати температуру рекристалізації з’єднуваних матеріалів або сплавів [1] та складати певну частину від температури їх плавлення, тобто Тзв/Тпл=const. Оптимальна величина цього співвідношення для більшості з’єднань конструкційних матеріалів і сплавів на данний час експериментально визначена та приведена у відповідних літературних джерелах [2].

Звідси випливає, що при дифузійному зварюванні для забезпечення високої якості з'єднань необхідний пильний контроль та управління тепловим режимом зони з’єднання деталей.

При дифузійному зварюванні у вакуумі для контролю температури деталей, що з’єднуються, ефективно використовують як контактні (за допомогою термопар), так і безконтактні (оптичними та фотоелектричними пірометрами) способи. При зварюванні в тліючому розряді

використання термопар обмежується тим, що вони розміщуються в зоні дії тліючого розряду, що може призводити до перегріву та обгоранню тонких провідників. Використання оптичних методів при зварюванні в тліючому розряді з порожнистим катодом неможливе, тому що зона з'єднання недоступна для візуального контролю (рис. 1).



1 – анод розряду;
2 – порожнистий катод;
3 – деталь.

Рисунок 1 – Схема нагріву деталі в тліючому розряді з порожнистим катодом

У зв'язку з цим, більш доцільним є застосування непрямих методів прогнозування теплового стану деталей, що зварюються, на основі математичної моделі теплового процесу.

Для побудови такої моделі необхідно, в першу чергу, визначити область її застосування та встановити основні особливості та умови нагріву деталей тліючим розрядом в порожнистому катоді, які відповідають цій області.

Методи та результати

Тліючий розряд з порожнистим катодом має зростаючу статичну вольт-амперну характеристику, коли з підвищенням струму розряду одночасно зростає падіння напруги на розрядному проміжку. При цьому при тисках газу 10...100 Па та струмі розряду більш, ніж 0,5...1,0 А, напруга на розряді досягає 3000...5000 В та більше. Це ускладнює конструкцію джерела живлення та керування розрядом, тому що висока напруга електричного поля в цьому випадку сприяє появі мікродугових пробоїв, які порушують стійкість горіння розряду.

В зв’язку з цим, є доцільним застосування тліючого розряду з порожнистим катодом в якості джерела нагріву при дифузійному зварюванні виробів обмежених розмірів при струмах розряду приблизно до 0,5 А та, відповідно, напругах на розрядному проміжку до 1000…3000 В.

На практиці до таких виробів, які отримують за допомогою дифузійного зварювання, крім компактних та пустотілих з'єднань з однорідних та різнорідних металів, можна віднести також зварні вузли чутливих елементів датчиків різного призначення: датчиків тиску, сили, прискорення та інших параметрів різних технологічних процесів.

Робочий вузол таких датчиків складається з різнорідних матеріалів, які включають в себе, в залежності від призначення датчика, з’єднання метал-п’єзокераміка, метал-скло, метал-напівпровідник, метал-скло-напівпровідник та ін., які отримують зварюванням в твердій фазі.

Габарити таких виробів як в радіальному, так і в аксіальному напрямку достатньо обмежені та не перевищують, зазвичай, одиниць сантиметрів.

Для забезпечення електронейтральності зварного вузла, що є необхідною умовою при нагріві в розряді з порожнистим катодом, його ізолюють від корпуса камери, яка знаходиться під додатнім потенціалом відносно катода, для чого між деталями та притискним пристроєм розміщують електроізолюючі прокладки (слюда, кераміка). Ці прокладки виконують одночасно теплоізолюючі функції внаслідок їх низької теплопровідності. Це необхідно для того, щоб усунути чи суттєво обмежити теплові втрати із зони нагріву в елементи пристрою для притискання, який контактує з корпусом камери.

Оскільки деталі, з яких складається зварний вузол, можуть мати суттєво різні значення коефіцієнту лінійного розширення, необхідно, щоб нагрів та охолодження вузла проходили рівномірно, в іншому разі в зоні з’єднання можливе утворення тріщин.

Звідси, можливо сформулювати основні вихідні умови для розробки математичної моделі процесу нагріву деталей при зварюванні в тліючому розряді з порожнистим катодом.

Зварні вироби можуть бути представлені у вигляді стрижня, який складається з двох чи більше заготівок із однорідних або різнорідних матеріалів. Нагрів стрижня виконується рівномірно по всій боковій поверхні незмінним в часі тепловим потоком. Поперечний переріз стрижня достатньо малий, і величина критерію Біо виходить незначною:

$$Bi = \frac{\alpha r}{\lambda} < 0{,}1 \quad ,$$

(де α – коефіцієнт поверхневої тепловіддачі з поверхні стрижня, r – радіус стрижня, λ – коефіцієнт теплопровідності). В цьому випадку тіло, що нагрівається може бути розглянуте як добре турбулізована рідина, яка має дуже велику теплопровідність та однакову по всьому об’єму

температуру. В результаті, задача розрахунку температури в тілі зводиться до визначення температури його поверхні чи іншої точки тіла [3].

Для досягнення адекватності розрахункової теплової моделі необхідно прийняти до уваги можливі енергетичні втрати в процесі нагріву.

Оскільки інтенсивність нагріву при дифузійному зварюванні порівняно мала (велика тривалість нагріву), а поверхня заготівок для прийнятого типу виробів розвинута (більша в порівнянні з площею поперечного перерізу), втрати випромінюванням з поверхні деталей, що нагріваються, можуть складати суттєву частину теплових втрат, особливо при температурах більш ніж 973...1073 К.

Конвективні потоки у камері внаслідок значного розрідження газу незначні, і тому охолодження деталей в результаті конвекції можливо не враховувати.

Як вже було відзначено, між протилежними торцями деталі та пристроями для притискання розміщуються теплоізолюючі прокладки, тому у першому наближенні, можна вважати ці межі адіабатичними, тобто такими, що не пропускають тепло. В той же час, в більш точних розрахунках слід враховувати, що товщина цих прокладок відносно мала, і тому вони мають кінцевий тепловий опір, завдяки якому можливі деякі теплові втрати.

Середня температура газу у проміжку деталь-порожнистий катод нижче температури нагріву деталі і тому можливий перенос теплоти за допомогою теплопровідності газу від поверхні деталі до поверхні порожнистого катоду, температура нагріву якого в процесі зварювання порівняно невелика і не перевищує 473...573 К.

В загальному вигляді рівняння теплового балансу при нагріві в порожнистому катоді однорідного стрижня можна записати у вигляді:

$$\tilde{n}\rho v\frac{\partial T}{\partial \tau} = q_{\partial} - q_{\ddot{i}}, \qquad (1)$$

де в лівій частині представлена енергія, акумульована деталлю, що нагрівається, у вигляді теплоти, а в правій – різниця між енергією розряду q_p та енергією теплових втрат q_n.

У виразі (1):

$c\rho$ – об'ємна теплоємність матеріалу деталі;

v – об'єм деталі;

T,τ – температура та тривалість нагріву.

Потужність джерела нагріву (розряду) з врахуванням ефективного к.к.д. η_0:

$$q_p = \eta_0 I_p U_p, \qquad (2)$$

де I_p *і* U_p – струм та напруга розряду.

Теплові втрати випромінюванням визначають за законом четвертих ступеней, однак в роботі [4] показано, що для розрахунку нагріву та

охолодження тіл зручно пов'язати потік променевого теплообміну з перепадом температур більш простим співвідношенням:

$$q_{ï} = \alpha_r (T - T_c) S_{á} \approx \alpha_r T S_{á}, \qquad (3)$$

де α_r – коефіцієнт променевого теплообміну, значення якого залежать від температури і в діапазоні температур 473...1273 К зростають від 20 до 140 Вт/м^2 · К [4, рис.16.6].

T_c – температура навколишнього середовища, в даному випадку температура поверхні порожнистого катоду, яка, як вже було відзначено, порівняно мала.

$S_б$ – площа бокової поверхні зварюваних деталей.

У випадку, коли тепловий опір теплоізолюючих прокладок між торцями деталі та притискними пристроями не є нескінченним, можливий деякий відтік теплоти завдяки теплопровідності із стрижня площею поперечного перерізу S_c через прокладку товщиною δ та коефіцієнтом теплопровідності λ

$$q_{Ò} = 2\lambda \frac{T - T_{ïð}}{\delta} S_c \approx 2\lambda \frac{T}{\delta} S_c, \qquad (4)$$

де $T_{пр}$ – температура деталей пристрою для притискання, яка не перевищує в процесі зварювання 373...473 К.

Теплові втрати від деталі до поверхні катоду завдяки теплопровідності газу можуть бути враховані аналогічною залежністю:

$$q_{Ã} = \lambda_ã \frac{Ò - Ò_ñ}{l} S_{á} \approx \lambda_ã \frac{Ò}{l} S_{á}, \qquad (5)$$

де $\lambda_г$ – коефіцієнт теплопровідності газу;

l – протяжність проміжку деталь-катод.

З урахуванням (3), (4), (5) вираз (1) може бути представлено у вигляді лінійного диференційного рівняння:

$$ñ\rho v \frac{\partial T}{\partial \tau} + T(\alpha_r S_{á} + 2\lambda \frac{S_c}{\delta} + \lambda_r \frac{S_{á}}{l}) = q_p \qquad (6)$$

Розв'язок цього рівняння має вигляд:

$$T(t) = \frac{q_p}{K}(1 - e^{-\frac{k\tau}{c\rho v}}), \qquad (7)$$

де K представляє собою суму, яка знаходиться у дужках у виразі (6).

Перевірку адекватності виразу (7) проводили шляхом порівняння з результатами нагріву стальних та мідних стрижнів діаметром 0,008 м та довжиною 0,004 м у вільно підвішеному стані з урахуванням радіаційних втрат та втрат внаслідок теплопровідності газу. Величину коефіцієнту

радіаційних втрат визначили для температури, що складає 0,75 від максимальної температури нагріву, отриманої експериментально.

Тепловий стан зразків контролювали хромель-алюмелевою термопарою, яка була закріплена в середині одного з торців деталі.

Результати, приведені на рис. 2, показують, що розрахункові значення температур наближаються до встановлених експериментальним шляхом, що дає підставу для використання залежності (7) для прогнозування температурного стану зварного вузла в часі, або після відповідних перетворень застосовувати її для орієнтовного визначення тривалості нагріву до заданої температури у вигляді:

$$\tau = -\frac{\tilde{n}\rho v}{\hat{e}} \ln(1 - \frac{kT}{q_p}) \qquad (8)$$

При прийнятій схемі нагріву, коли зварний вузол нагрівається одночасно по всій боковій поверхні рівномірним тепловим потоком, нагрів вузла, який складається з деталей, що мають помітно різні теплофізичні чи геометричні характеристики, буде супроводжуватись різною швидкістю нагріву цих деталей. Однак, оскільки в зоні контакту зварних деталей перехідний тепловий опір практично відсутній, то по умовах сполучення [5] на контактуючих торцях деталей буде встановлюватись однакова температура:

$$T_1 (0, t) = T_2 (0, t) = T (0, t).$$

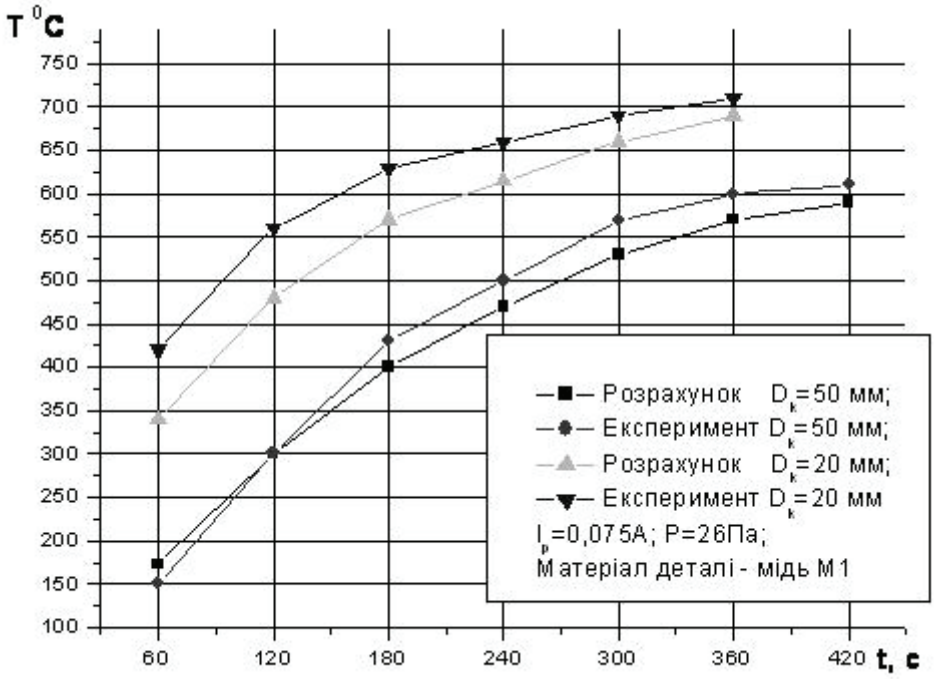


Рисунок 2 – Порівняльний графік розрахункових значень температури нагріву з експериментальними

Ця температура являє собою деяку середню температуру між температурами нагріву деталей, що зварюються. Величина цієї температури визначається, згідно з [6], критерієм теплової активності одного з контактуючих тіл по відношенню до другого:

$$\frac{\sqrt{\alpha_1 \cdot \lambda_2}}{\sqrt{\alpha_1 \cdot \lambda_1}} = \frac{\sqrt{\lambda_2 \tilde{n}_2 \rho_2}}{\sqrt{\lambda_1 \tilde{n}_1 \rho_1}} = \frac{\hat{a}_2}{\hat{a}_1}, \qquad (9)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності деталей, а вираз $\sqrt{\lambda \tilde{n} \rho}$ являє собою коефіцієнт акумуляції теплоти, що характеризує здібність деталей поглинати теплоту.

В цьому випадку температура в зоні контакту двох тіл, що мають різну температуру, буде визначатися згідно з [6], як:

$$T(0,t) = \frac{T_1(0,t) \cdot \hat{a}_1 + T_2(0,t) \cdot \hat{a}_2}{\hat{a}_1 + \hat{a}_2} \qquad (10)$$

При цьому, для визначення температури нагріву кожної з деталей у виразі (7) слід врахувати ту частину потужності джерела енергії, яка витрачається на нагрів цієї деталі. Оскільки нагрів усього вузла здійснюється рівномірним тепловим потоком (рис. 3), потужність розряду, що витрачається на нагрів кожної з деталей вузла, може бути визначена із нескладного співвідношення:

$$q_i = q_p \frac{L_i}{L}$$

По досягненні заданої температури в зоні з'єднання потужність джерела нагріву повинна бути знижена до значення, яке відповідає граничному тепловому стану вузла зі стабілізацією цього температурного стану на етапі ізотермічної витримки (зварювання).

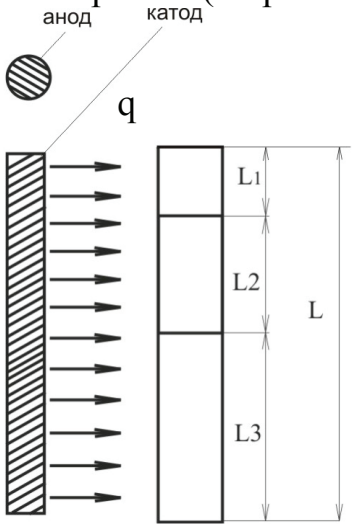


Рисунок 3 – Схема нагріву різнорідних деталей в тліючому розряді з порожнистим катодом

Потужність джерела, яка відповідає цьому етапу, можна визначити шляхом представлення у виразі (7) часу $\tau \to \infty$. З урахуванням величини ефективного к.к.д. джерела нагріву ця потужність буде складати

$$q = \frac{kT}{\eta_0}, \qquad (11)$$

де значення коефіцієнту η_0 задається відповідно до вибраних умов зварювання.

Одночасно вираз (11) може бути використаний для попереднього визначення мінімально припустимої потужності розряду, яка необхідна для нагріву зварного вузла до заданої температури зварювання.

Висновки

1. Запропоновано методику розрахунку температури нагріву при дифузійному зварюванні в тліючому розряді з порожнистим катодом.
2. Показано можливість застосування моделі для прогнозування температурного стану зварного з'єднання як з однорідних, так і різнорідних матеріалів.
3. Порівняння розрахункових значень з встановленими експериментально показало, що похибка розрахунку не перевищує 10 %, що свідчить про адекватність моделі.

Література

1. *Казаков Н.Ф.* Диффузионная сварка материалов. – М.: Машиностроение, 1976. – 311 с.
2. Диффузионная сварка материалов /Справочник под ред. *Н.Ф. Казакова.* – М.: Машиностроение, 1981. – 271 с.
3. *Пехович А.И., Жидких В.М.*. Расчеты теплового режима твердых тел. – «Энергия». Ленинградское отделение, 1968. – 303 с.
4. Теоретические основы сварки /Под ред. *В.В. Фролова* – М.: Высшая школа, 1970. – 591 с.
5. *Э.М. Карташов.* Аналитические методы в теплопроводности твердых тел. – М.: Высшая школа, 1979. – 408 с.
6. *Цой П.В.* Теплообмен системы тел при нестационарном режиме //Инж. –физ. журн., 1961. – Т. 4. – № 1. – С. 120-123.

УДК 621.7.044.2

ДРАГОБЕЦЬКИЙ В.В., Д-Р ТЕХН. НАУК, МОРОЗ М.М., КАНД. ТЕХН. НАУК

Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського

МЕТОД РОЗРАХУНКУ ШАРУВАТИХ ЗАГОТОВОК ПРИ ІМПУЛЬСНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Вступ

Шаруваті металеві композиції знаходять широке застосування у виробництві великого класу деталей, елементів конструкцій, машин і обладнання для підприємств нафтового, енергетичного, хімічного, транспортного машинобудування, а також у виробництві літальних апаратів, приладо- й кораблебудуванні, радіоелектроніці, інструментальній промисловості та ін. Шаруваті метали володіють підвищеною експлуатаційною надійністю, міцністю й стійкістю до ударних і знакозмінних навантажень, більш технологічні та економічні. Тому вдосконалення методів їх обробки та моделювання технологічних процесів важливе та актуальне. Серед методів отримання шаруватих металів та їх подальшого оброблення для виробництва деталей різної конфігурації знаходять широке застосування імпульсні методи оброблення: магнітоімпульсне та вибухове зварювання та штампування. Ці процеси мають практично необмежені можливості, не вимагають значних витрат на обладнання, забезпечують найбільш високу міцність зчеплення шарів.

Для розрахунку процесу деформування шаруватих матеріалів, наприклад, листовим штампуванням необхідно оцінювати залишкову пластичність шаруватої заготівки. Це необхідно для з’ясування можливості реалізації подальшої операції формування [1] та одержання відповідних фізико-механічних характеристик матеріалів після навантаження. Високопродуктивним та ефективним процесом отримання шаруватих металевих композицій є зварювання вибухом.

Методи та результати

Виготовлення шаруватої заготівки зварювання вибухом супроводжується немонотонним деформуванням. Напруження і деформації під час переміщення рухомої пластини при вибуховому навантаженні змінюють знак. У таких випадках має місце ефект Баушингера. Рухома пластина під дією тиску, що виникає при розповсюдженні детонаційної хвилі, зазнає подвійного згину. При зіткненні елементів пластин залежно від акустичної жорсткості в останніх виникають стискаючі та розтягуючі напруження.

При математичному моделюванні процес розглядається як двостадійний:

1) набуття початкової швидкості при проходженні ударної хвилі по пластині і вихід її на вільну поверхню;

2) подальше прискорення рухомої пластини під дією тиску продуктів детонації вибухової речовини.

Розрахунок напружень, деформацій та інших механічних характеристик здійснюємо за допомогою сіткового методу. Використання у цьому випадку методу скінченних елементів неможливе. Елементи не узгоджуються з моделлю однорідних шарів. Розрив механічних характеристик призводить до необмеженого зростання нормальних напружень у міжшаруватій зоні. Кожну з пластин покриваємо лагранжевою сіткою $X_1^1 X_2^1$ і $X_1^2 X_2^2$, пов'язаною з серединною поверхнею. Використовуємо «вузлову схему». Вузлова точка розрахункової сітки кожного фізичного елемента є точкою приведення відповідної маси, у якій визначаються всі шукані величини. Масові крапки з'єднуються невагомими розтяжними прямими відрізками.

Кожну пластину розбиваємо на підшари. Ці шари розташовані на однаковій відстані один від одного, працюють при плоскому напруженому стані і розділені абсолютно жорстким матеріалом. Матеріали пластин вважаємо ізотропними пружно-пластичними зі зміщенням, величина якого залежить від координати по осі симетрії пластини.

Прискорення вузлів сітки серединної поверхні, швидкості і переміщення визначаємо з рівнянь для кожного *mn*–го вузла пластини. Для рухомої пластини рівняння мають вигляд:

$$\begin{aligned} &\nabla_\gamma M_{mn}^{\gamma\alpha} - Q_{mn}^{\gamma} R_{\gamma mn}^{\alpha} + P_{mn}^{\alpha} = \rho \ddot{w}_{mn}^{\alpha} \\ &M_{mn}^{\gamma\alpha} R_{\gamma\alpha}^{mn} + \nabla_\gamma Q_\gamma^{mn} + P_{mn}^{3} = \rho^3 \ddot{w}_{mn}^{3} \\ &\nabla_\alpha L^{\alpha\gamma} - Q_{mn}^{\alpha} = 0, \end{aligned} \qquad (1)$$

де ∇ − знак коваріантного диференціювання;

$M_{mn}^{\gamma\alpha}$ − мембранні сили;

$L^{\alpha\gamma}$ − згинаючі моменти;

Q_{mn} − перерізуючі сили;

ρ − приведена маса;

$\ddot{w}_{mn}^{\alpha}$ − прискорення;

P_{mn}^{α} − силовий вплив імпульсного навантаження;

$R_{\varphi mn}^{\alpha}$ − тензор кривизни.

Рівняння для нерухомої пластини не мають перерізуючих сил та згинаючих моментів, але доповнюються членами рівняння $c\rho$, $\dot{w}_{mn}^{\alpha}$, ρ, c – густина і швидкість звуку в середовищі за нерухомою пластиною, $\dot{w}_{mn}^{\alpha}$ – швидкість пластини.

З перших двох рівнянь (1) визначаються компоненти прискорень $\ddot{w}^2_{mn}$ і $\ddot{w}^3_{mn}$ в усіх вузлах, а потім визначаємо положення вузлів в новий момент часу τ. Для цього використовуємо співвідношення:

$$w_{2,\tau+1} = w_{2,\tau}(\Delta t)^2 + 2w_{2,\tau} - w_{2,\tau-1},$$
$$w_{1,\tau+1} = w_{1,\tau}(\Delta t)^2 + 2w_{1,\tau} - w_{1,\tau-1}, \quad (2)$$

де $\Delta\tau$ – величина кроку інтегрування.

Визначивши координати вузлів, розрахуємо величини деформацій по шарах пластини, геометричні співвідношення для переміщень та деформацій приймаємо у формі Тимошенка.

Після визначення деформацій переходимо до фізичної сторони задачі. Збільшення тензора деформацій розкладаємо на пружні і пластичні компоненти:

$$\Delta\varepsilon^{\alpha\gamma}_{mn} = \Delta\varepsilon^{\alpha e}_{mn} + \Delta\varepsilon^{\alpha\gamma,\rho}_{mn}. \quad (3)$$

Для визначення тензора пружних деформацій використовуємо узагальнений закон Гука. Умову пластичності використовуємо у формі Мізеса-Генкі. Для плоского напруженого стану вона має вигляд:

$$s^T_{mn} = \sigma^{mn}_{11}\sigma^{mn}_{22} + 3\sigma^{mn}_{12}\sigma^{mn}_{21} + (\sigma^{mn}_{11})^2 + (\sigma^{mn}_{22})^2 - (\sigma^{\partial}_s)^2 = 0, \quad (4)$$

де σ_{11}, σ_{22} – головні напруження;

σ_s – означає як деформаційне, так і кінематичне зміцнення матеріалу кожної пластини.

Залежність між компонентами девіатора напружень $s^{\alpha\gamma}_{mn}$ і девіатора деформацій $s^{\alpha\gamma}_{mn}$ приймаємо у вигляді ускладненої моделі Г. Бакхауза [2]:

$$s^{\alpha\gamma}_{mn} = \frac{2}{3}\sigma_i(\varepsilon_i)\frac{\dot{\varepsilon}_{mn}}{\dot{\varepsilon}_i} - \frac{1}{3}\int_0^{\varepsilon_i}(1-\beta(\varepsilon_i))\sigma_i(\varepsilon_i)$$
$$\varphi(\varepsilon_i - \varepsilon_i^0)\frac{d^2\varepsilon_{mn}}{d\varepsilon_i^2}(\varepsilon_i)d\varepsilon_i, \quad (5)$$

де σ_i – інтенсивність напружень;

ε_{mn} – компоненти швидкостей деформацій;

ε_i – інтенсивність швидкостей деформацій.

Після визначення напружень у кожному вузлі і шарі пластини розраховуємо мембранні, перерізуючи сили та згинючі моменти. Для цього проводиться інтегрування по товщині пластини.

Для дослідження деформованого стану за товщиною зварених вибухом заготовок нині використовується метод координатної сітки, метод «вставок» і металографічний метод. Останній заснований на вивченні взаємного зміщення окремих зерен мікроструктури деформованого металу.

Перераховані вище методи визначення деформованого стану мають деякі недоліки. Метод координатної сітки вимагає високого класу точності

й чистоти оброблення поверхонь, що забезпечують між ними нульовий зазор для збереження ділильної сітки при вибуховому плакуванні.

Метод вставок дозволяє визначити напрям і величину зсувних переміщень шарів металу, але не дає уявлення про величину пластичних деформацій, що реалізуються в приконтактних шарах. Тому перераховані методи придатні для дослідження зсувної деформації лише в зоні, розташованій на деякій відстані від лінії з'єднання, деформація в якій має однорідний характер.

Методик дослідження напружено-деформованого стану в приповерхневих шарах пластин, що співударяються, нині немає. У цьому плані, ймовірно, найбільш перспективними є застосування методу визначення напружено-деформованого стану з розподіленням твердості, що заснований на думці про те, що між твердістю деформованого металу та інтенсивністю напруженого стану існує однозначна функціональна залежність. Метод з успіхом можна застосувати для знаходження меж осередку деформації, якщо він займає лише частину об'єму деформованого тіла, а також визначення ліній різного рівня інтенсивностей деформації (ε_i) та напружень (σ_i) по всьому об'єму тіла.

При тому, що у кожному підшарі ступінь зміцнення різний. Тобто, в сфері пластичних деформацій залежності ε_i (ε_i) у кожному підшарі мають свої параметри. Це пов'язане з тим, що в результаті технологічного циклу отримання біметалу має місце неоднорідність структурного, механічного та геометричного характеру. При моделюванні процесу імпульсного деформування шаруватих заготовок деформований шар металу умовно поділяють на три характерні зони:

1. Зона інтенсивної деформації поверхневих шарів пластин, що співударяються. Пластична деформація в цій зоні й взаємодії між вихідними елементами композиції.
2. Зона деформації поверхневих шарів пластин, що співударяються. При хвилеподібному профілі лінії з'єднання її характерною особливістю є неоднорідність пластичної деформації в шарах, паралельних зоні зварного шва.
3. Зона деформації по всій глибині зварених заготовок, характерною особливістю якої є однорідність деформації металу в шарах, паралельних зоні зварного шва.

В даному випадку вибухове навантаження кожного вузла пластини є відома функція часу і координат.

Розв'язок систем рівнянь динамічної поведінки рухомої та нерухомої пластин здійснюється методом прямої прогонки.

Проводився розрахунок напружено-деформованого стану прямокутних пластин розмірами 0,5×1,5 м^3 сталей Ст3 товщиною 0,08 м та 0,8Х18Н10Т товщиною 0,03 м. Рухомою була пластина з легованої сталі. Крок інтегрування за часом $\Delta\tau=1{,}76\cdot10^{-6}$ с. Маса вибухівки дорівнювала масі рухомої (плакуючої) пластини. Швидкість детонації дорівнювала

2000-2200 мс$^{-1}$. Дані розрахунків на кінцевій стадії процесу зварювання наведені у таблиці 1.

Експериментальна перевірка результатів чисельних розрахунків, виконаних з використанням ПЕОМ за розробленим пакетом програм моделювання динамічної поведінки пластин при зварюванні вибухом, є дуже складною задачею. Була зроблена спроба оцінити напружений стан за розподілом твердості у деформованих пластинах за методикою Г.Д. Деля і В.А. Огородникова [3]. Для нерухомої пластини (Ст.3) приймався тарувальний графік, побудований в умовах динамічного стискання. Для рухомої (08Х18Н10Т) – динамічного згину, стискання та розтягу. Вимір твердості виконувався через 0,5 мм у поперечному перерізі, починаючи із зони з'єднання. Значення HV подані у таблиці 1. Порівняння цих значень інтенсивності напружень, визначених чисельно та знайдених із графіка $\sigma_i = f(HV)$ свідчать про достовірність отриманих результатів та досконалість методик [3, 4].

Таблиця 1 – Результати розрахунків на кінцевій стадії процесу зварювання

Відстань від зони з'єднання (мм)	Матеріал	Інтенсивність напружень (чисельний аналіз) МПа	Твердість HV	Інтенсивність напружень методика $\sigma_i=f(HV)$ (МПа)
0	Ст3	410	460	1020
0,25	Ст3	410	440	1010
0,5	Ст3	410	350	980
0,75	Ст3	410	260	800
1,0	Ст3	560	180	590
1,5	Ст3	560	160	540
2,0	Ст3	560	160	540
0	08Х18Н10Т	1090	460	1120
0,25	08Х18Н10Т	1090	455	1120
0,5	08Х18Н10Т	1090	375	1090
0,75	08Х18Н10Т	1090	374	1090
1,0	08Х18Н10Т	1060	330	1080
1,25	08Х18Н10Т	1060	320	1056
1,5	08Х18Н10Т	1060	320	1056
Початкова твердість	Ст3 08Х18Н10Т		120 180	

Розбіжність результатів пов’язана з особливостями механіко-математичної моделі, для якої напруження розраховуються та усереднюються у межах шарів кожної пластини. Слід додати, що в умовах зварювання вибухом швидке зростання твердості в місці зварювання не є результатом специфічного зміцнення, а пов’язане з процесами деформації. Це тому, що при швидкості детонацій тиск Д=2000÷2500 м/с не перевищує 400-600 МПа. Але подвійний згин рухомої пластини дає змогу для виникнення деякого наклепування.

Висновки

Таким чином, метод визначення напружень за розподілом твердості може бути надійним додатком для розрахунків процесів пластичного деформування, особливо в умовах, де важко експериментувати.

Література

1. *Огородников В.А., Сивак І.О., Сивак Р.І.* Моделювання процесів немонотонної пластичної деформації. “Матеріали п’ятої міжнародної науково-технічної конференції. «Контроль та управління в складних системах». – Том 1. Вінниця: ВДТУ, 1999. – С. 195-197.
2. *Огородников В.А., Нахайчук О.В., Мазуренко А.Л.* Оценка деформируемости при вдавливании клина в полосу конечной толщины /Проблемы трибологии. Хмельницкий, 2000. – № 3. – С. 41-48.
3. *Дель Г.Д.* Определение напряжений в пластической области по распределению твердости. – М.: Машиностроение, 1971. – 200 с.
4. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении: Учеб. пособие /*В.А. Огородников.* – К.: УМК ВО, 1989. – 152 с.

УДК 539.3:534.1

ІГНАТЕНКО А.С., АСПІРАНТ

НЕСТАЦІОНАРНІ КОЛИВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБОЛОНОК З ПАСИВНИМИ ДЕМПФІРУЮЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Вступ

Циліндричні оболонки використовуються у багатьох галузях господарства, зокрема, у авіа- та аерокосмічному будуванні. Робочий режим таких конструкцій може включати вплив нестаціонарних навантажень. Використовуючи демпфіруючі елементи у складі оболонок, можна змінювати їх реакцію на нестаціонарні збудження.

У роботах [1, 2] наведено результати експериментальних досліджень підвищення демпфіруючої здатності листових матеріалів за допомогою багатошарових покрить. Вказано, що змінюючи розміри, положення та вид демпфіруючих елементів, можна впливати на здатність конструкції розсіювати коливання. В [3] за допомогою експерименту показано, що збільшити демпфіруючу здатність циліндричної оболонки можна за допомогою нанесення шарів еластомірного матеріалу. Збільшення кількості шарів приводило до підвищення здатності розсіювати коливання. У роботі [4] розглядалися вільні коливання тришарової циліндричної оболонки із середнім шаром в'язкопружного матеріалу. Показано, що зміна товщини демпфіруючого матеріалу впливає на амплітуду та час загасання коливань.

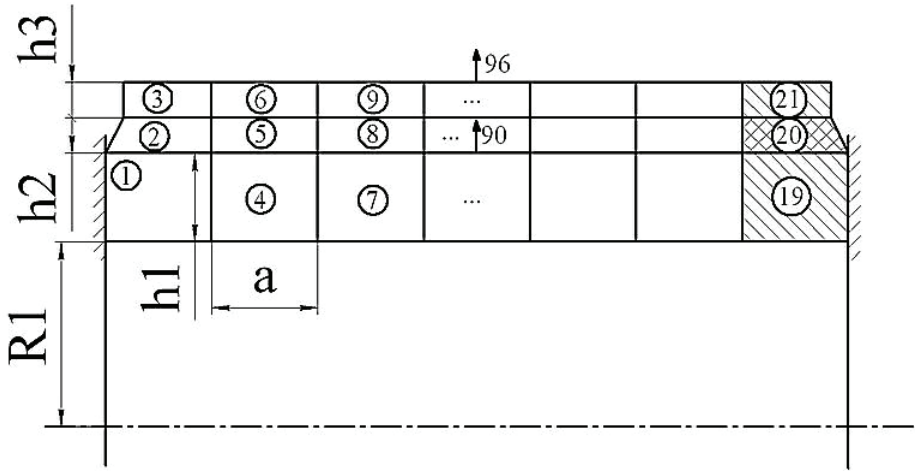
Дослідження коливань циліндричних оболонок проводилися у роботах [5, 6, 7, 8, 9, 10 та ін.]. З них невелика кількість присвячена нестаціонарним коливанням багатошарових оболонок з врахуванням демпфірування [7, 8].

Зокрема, у роботі [7] для розрахунку нестаціонарних коливань тришарової оболонки з демпфіруючим шаром було використано частотний метод скінченно-елементного моделювання у просторі інтегральних перетворень Фур'є (ЧМСЕ). Показано, що використання даного методу дозволяє зручно варіювати параметри конструкції та матеріалів, а також враховувати демпфіруючі властивості матеріалів при нестаціонарних збудженнях. Було досліджено коливання оболонки з суцільним покриттям та з розрізами при дії δ-імпульсу.

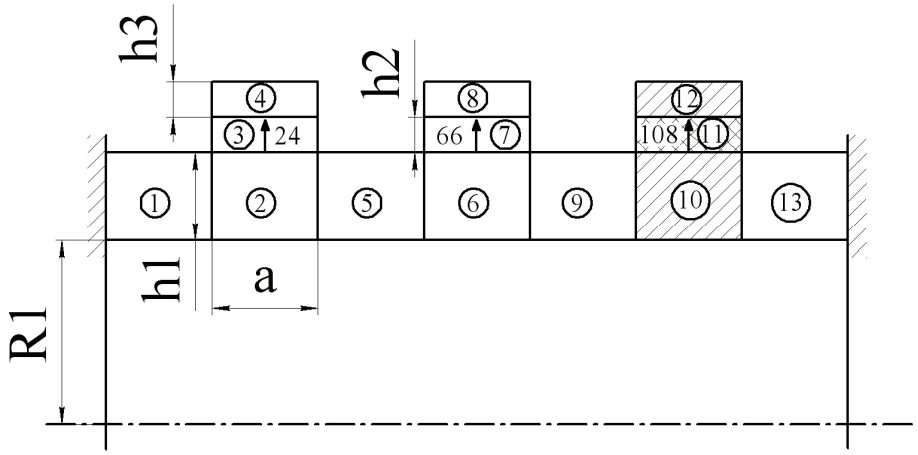
Модель конструкції та метод розрахунку

У даній роботі розглядаються нестаціонарні коливання багатошарової циліндричної оболонки при імпульсному навантаженні. Оболонка складається з 2-х шарів ізотропного матеріалу та проміжного

шару демпфіруючого в'язкопружного матеріалу. Аналіз коливань оболонки проводиться за допомогою методу скінченних елементів у просторі інтегральних перетворень Фур'є за методикою [11, 12]. Розрахунок ведемо для двох варіантів розміщення демпфіруючих елементів – суцільного покриття та дискретних елементів (рис. 1, а, б).



а)



б)

Рисунок 1 – Циліндрична оболонка з суцільним покриттям (а) та дискретними демпфіруючими елементами (б)

Для побудови скінченно-елементної моделі оболонки використовувався 6-вузловий кільцевий скінченний елемент (рис. 2), який дозволяє врахувати деформації зсуву. Даний елемент використовувався для моделювання основної конструкції і демпфіруючих накладок. При використанні такої моделі конструкції можна, незалежно один від одного, змінювати розміри та властивості демпфіруючих елементів, конструкції та охоплюючих кілець.

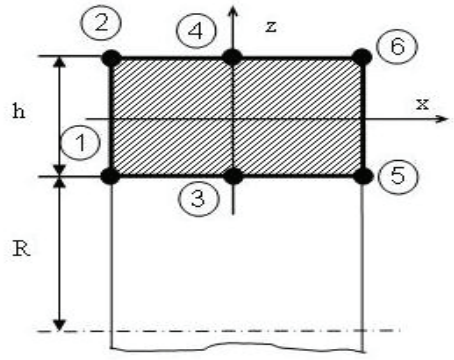


Рисунок 2 – Кільцевий скінченний елемент

Для отримання рівнянь коливань у просторі інтегральних перетворень Фур'є можна використати рівняння Лагранжа у згортках [13]:

$$\int_V g * \delta\varepsilon_t * \sigma_t dV + \int_V \delta u_t * \rho u_t dV - \int_S g * \delta u_t * pdS - \int_V \delta u_t * fdV = 0, \tag{1}$$

де g – час;

$\varepsilon_t, \sigma_t, p, u_t$ – вектори деформацій, напружень, зовнішніх сил і переміщень відповідно;

ρ – матриця густини матеріалу.

Після перетворення (1) отримаємо рівняння коливань у згортках [11]

$$g * \widetilde{K} * \dot{q}_t + Mq_t - g * P - tM\dot{q}_{0t} - Mq_{0t} = 0, \tag{2}$$

де $q_{0t}, \dot{q}_{0t}$ – початкові значення узагальнених переміщень та швидкостей.

При нульових початкових умовах використання прямого перетворення Фур'є дозволяє отримати рівняння відносно зображень узагальнених переміщень q

$$Z(i\omega)q = F(i\omega), \tag{3}$$

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

$$Z(i\omega) = K(i\omega) + (i\omega)^2 M, \tag{4}$$

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

$$K(i\omega) = \int_V (AN)^T C(i\omega) AN dV, \tag{5}$$

M – матриця мас

$$M = \int_V N^T \rho N dV, \tag{6}$$

(A – матриця диференціальних операторів, C – матриця комплексних модулів, N – матриця функцій інтерполяції),

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

$$F(i\omega) = \int_V P_t e^{-i\omega t} dV. \tag{7}$$

Матриці жорсткості були побудовані для кожного скінченного елемента у відповідності з товщиною шару та механічними властивостями матеріалу.

Переміщення системи у частотному просторі знаходяться за допомогою розв'язання рівняння (3) [11]

$$q = Z(i\omega)^{-1} \cdot F. \tag{8}$$

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

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

Результати розрахунку

Розглянемо переміщення конструкції при дії імпульсу тиску, рівномірно розподіленого по поверхні оболонки. Форма імпульсу зображена на рисунку 3.

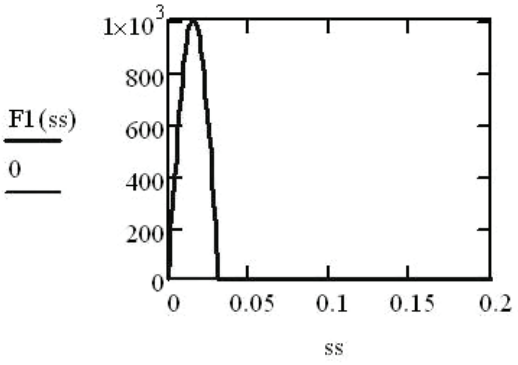
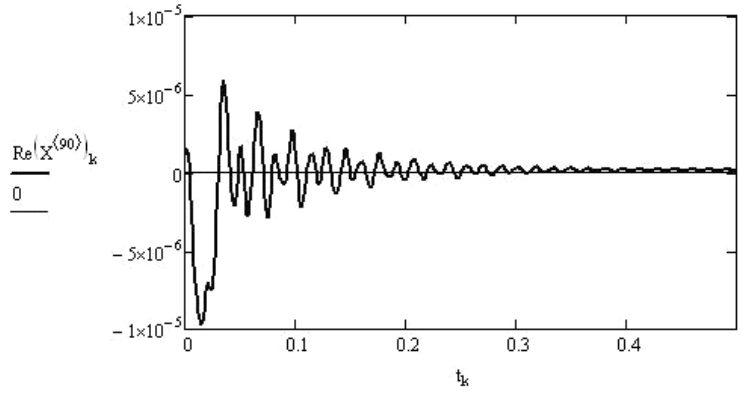


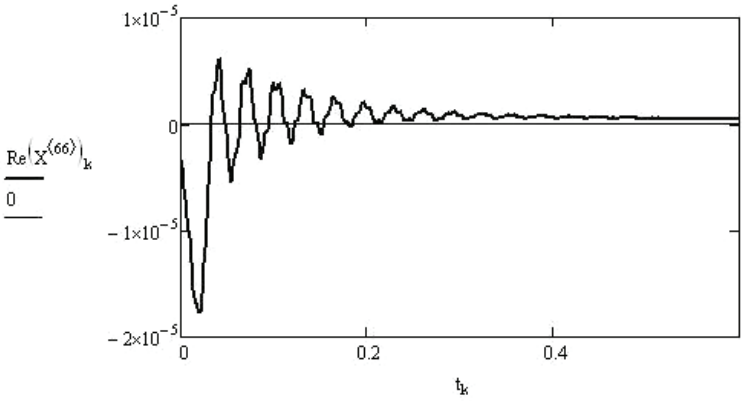
Рисунок 3 – Форма імпульсу зовнішнього навантаження

Параметри конструкції: комплексні модулі матеріалу конструкції та охоплюючих кілець – $E1=2.1\cdot10^{11}+i\cdot6.7\cdot10^{8}$ Па, $G1=8.1\cdot10^{10}+i\cdot2.57\cdot10^{8}$ Па; комплексні модулі матеріалу демпфіруючого прошарку – $E2=2.76\cdot10^{6}+i\cdot4.4\cdot10^{4}$ Па; $G2=9.2\cdot10^{5}+i\cdot1.46\cdot10^{4}$ Па; внутрішній радіус оболонки $R1=0.5$ м; товщини конструкції демпфіруючого прошарку та охоплюючого кільця відповідно $h1=0.005$, $h2=0.002$, $h3=0.005$; довжина скінченного елементу – $a=0.5$ м; кількість скінченних елементів – $n=21$ та $n=13$ відповідно до будови конструкції.

На рисунку 4 наведено осцилограми переміщень вузлових точок 90 та 66, що відповідають конструкціям оболонок (рис. 1, а, б).



а)



б)

Рисунок 4 – Осцилограми переміщень по координатах 90 (а) та 66 (б)

З рисунків видно, що при однаковій величині навантаження амплітуда коливань у оболонки із суцільним покриттям менше.

На рисунку 5 зображено осцилограму коливань по координаті 24 оболонки з дискретними елементами (рис. 1, б).

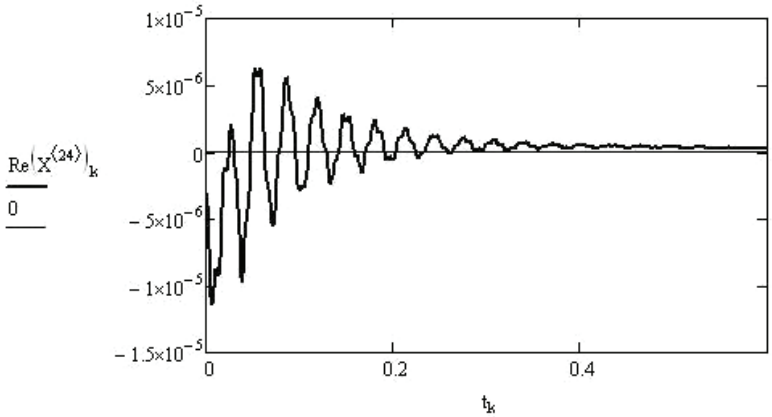


Рисунок 5 – Осцилограма коливань по координаті 24

На рисунку 6 наведено осцилограму переміщень оболонки з дискретними демпфіруючими елементами по координаті 108.

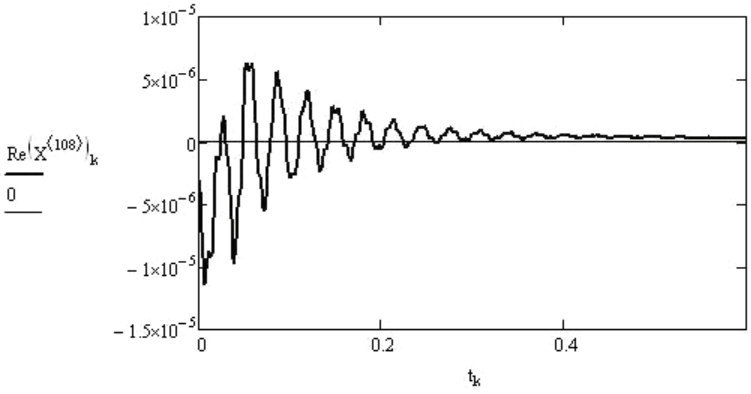
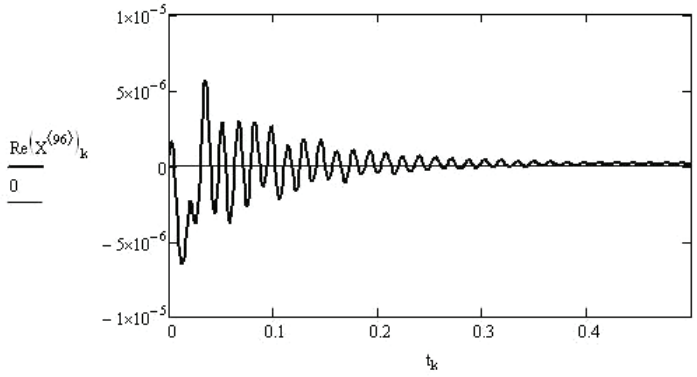


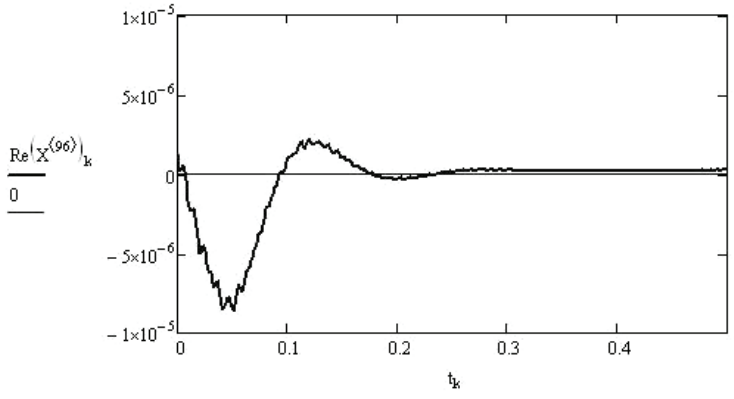
Рисунок 6 – Осцилограма коливань по координаті 108

Як видно з рисунків 5 та 6, осцилограми переміщень співпадають. Це пояснюється тим, що навантаження, яке діє на конструкцію, є рівномірним, і умови закріплення на обох кінцях оболонки однакові.

Розглянемо тепер переміщення по координаті 96 оболонки із суцільним покриттям при товщинах демпфіруючого прошарку *h2*=0.002 м та *h2*=0.005 м (рис. 7, а, б).



а)



б)

Рисунок 7 – Осцилограми переміщень по координаті 96 при товщині шару h2=0.002 м (а) та h2=0.005 м (б)

Як видно з рисунків, при збільшенні товщини шару демпфіруючого матеріалу тривалість та частота коливань значно зменшились.

Висновки

Частотний метод скінченних елементів є потужним інструментом аналізу нестаціонарних коливань тонкостінних конструкцій при імпульсних навантаженнях. Цей метод дозволяє побудувати практично будь-яку багатошарову конструкцію і при цьому використати частотно-залежні модулі матеріалів, які визначаються з експериментів. Параметри конструкції при цьому можна змінювати незалежно один від одного і, таким чином, при необхідності використати ЧМСЕ для оптимізації конструкції. Точність розрахунків може бути збільшеною при збільшенні кількості скінченних елементів.

Література

1. *Яковлев А.П., Горкуша П.М., Власенко В.М.* Повышение демпфирующей способности листовых материалов с помощью слоистых покрытий //Проблемы прочности. – 1978. – № 7. – С. 104-109.
2. *Горкуша П.М., Яковлев А.П.* Влияние вида и размеров покрытий на демпфирование колебаний листовых материалов сельскохозяйственного машиностроения //Проблемы прочности. – 1978. – № 10. – С. 86-89.
3. *Сапожников С.Б.* Экспериментальное исследование демпфирования колебаний тонких оболочек слоистыми покрытиями //Известия Челябинского научного центра, вып. 1 (35), 2007 /Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия. – С. 90-93.
4. *Цабанска-Плашкевич К.* Динамический анализ многослойных цилиндрических оболочек (на англ. яз.) //Проблемы прочности. – 2000. – № 4. – С. 119-127.
5. *Попов В.Г., Антипов А.А., Кржечковский П.Г.* Параметрические колебания трехслойных цилиндрических оболочек //Проблемы прочности. – 1973. – № 7. – С. 29-31.
6. *Гриненко Н.И., Мокеев В.В.* О задачах исследования колебаний конструкций методом конечных элементов //Приклад. механика. – 1985. – 21, N 3. – С. 25-30.
7. *Дубенець В.Г.* Скінченно-елементне моделювання коливань демпфіруваних оболонок //Вісн. Черніг. держ. техн. ун-ту. – Чернігів, 1997. – № 3. – С. 39-54.
8. *Рассказов А.О., Козлов А.В.* Численное исследование неосесимметричных колебаний оболочки вращения при нестационарном нагружении //Приклад. механика. – 1998. – № 5. – С. 68-74.
9. *Савченко О.В.* Коливання циліндричної оболонки з в'язкопружних композиційних матеріалів //Вісн. Черніг. держ. техн. ун-ту. – Чернігів, 2001. – № 18. – С. 22-30.
10. *Мейш В.Ф., Штанцель С.Э.* Решение динамических задач теории трехслойных оболочек вращения с дискретным наполнителем при нестационарных нагрузках //Приклад. механика. – 2002. – 38, N 12. – С. 103-110.
11. *Дубенец В.Г., Хильчевский В.В.* Колебания демпфированых композитных конструкций: Монография: В 2 т. – К.: Вища шк., 1995. – Т. 1. – 226 с.
12. *Савченко Е.В.* Пассивное демпфирование колебаний композитных конструкций: Монография. – Нежин: ООО «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2006. – 232 с.
13. *Кристенсен Р.* Введение в теорию вязкоупругости. – Изд. «Мир». М., 1974. – 338 с.

УДК 624.073.04:534.12

ГРИЦЮК В.Ю., КАНД. ТЕХН. НАУК

РОЗРАХУНОК СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧНОЇ СИСТЕМИ НА КІНЕМАТИЧНЕ ЗБУРЕННЯ

Вступ

В інженерній практиці широко застосовуються розрахунки механічних систем на різні види силового динамічного навантаження (вібраційне навантаження, ударне навантаження, рухоме навантаження). Менш поширений розрахунок на кінематичне збурення. Деяка інформація з цього питання наведена у науковій літературі [1, 2]. У [3] розглядається дія кінематичного збурення на статично визначувані системи (на балку на двох шарнірних опорах), для чого був застосований широко розповсюджений апарат розрахунку вимушених коливань. Розрахунок статично невизначних систем при кінематичному збуренні шляхом застосування методу моделювання у просторі перетворень Фур'є наведений у [4].

Дана робота є узагальненням роботи [3] на випадок кінематичного збурення статично невизначних систем (балок на трьох і чотирьох шарнірних опорах).

Розрахунок балки на трьох шарнірних опорах на дію динамічного переміщення проміжної опори

Розрахункова схема балки наведена на рисунку 1, а.

Проміжна опора, координата якої x_F, рухається у часі t за законом $\Delta(t)$. Треба визначити вертикальні переміщення (прогини) $w_1(t)$ поперечного перерізу балки, координата якого x_1.

Для даної системи, ступінь статичної невизначності якої дорівнює одиниці, основною системою буде балка на двох опорах (без проміжної опори). Для цієї балки запишемо рівняння сумісності переміщень

$$w_F(x_F, F) = \Delta(t). \tag{1}$$

З цього рівняння знаходимо опорну реакцію $F(t)$.

Переміщення балки можна знайти будь-яким способом. При цьому зручно застосовувати розкладання переміщень балки за власними формами.

Реалізація задачі здійснюється чисельно на послідовних малих інтервалах часу, апроксимація сили на яких може бути ступінчастою або лінійною [5].

Розглянемо конкретний приклад.

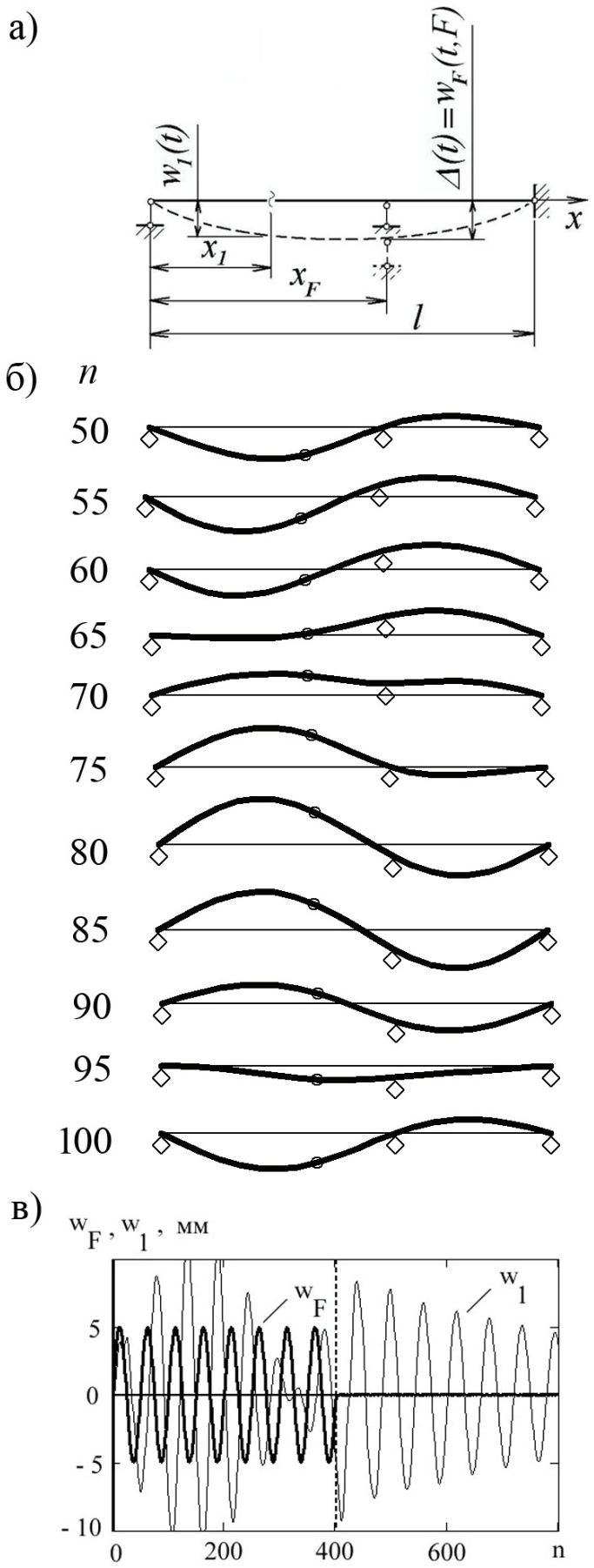


Рисунок 1 – Розрахункова схема балки на трьох опорах і результати розрахунку

Сталева балка прямокутного поперечного перерізу 1 см × 1 см, довжина l якої дорівнює 150 см, має проміжну опору, координата якої дорівнює $0{,}6l$. Коефіцієнт розсіяння енергії $\psi = \pi/10$.

Рух опори відбувається за гармонійним законом (амплітуда дорівнює 0,5 см, частота коливань дорівнює чотирьом частотам першого тону власних коливань балки на двох опорах). Здійснюється вісім періодів таких коливань опори.

Треба визначити прогини перерізу, координата якого дорівнює $0.4l$.

Вибраний крок часу чисельної реалізації задачі дорівнює 1/200 періоду першої форми власних коливань балки на двох опорах. Апроксимація сили $F(t)$ на кожному кроці ступінчаста.

Моделювання балки на двох опорах здійснювалося двома способами: як системи з розподіленими параметрами і за допомогою методу скінченних елементів. Одержані результати розрахунків тотожні.

На рисунку 2 для першого варіанту моделювання балки наведений фрагмент програми при застосуванні математичного пакету MathCAD, який ілюструє визначення сили F на кінці кроку часу.

Функції часу

$$cc_i := \frac{2\cdot\sin(\alpha_i\cdot x_F)}{m\cdot l\cdot\omega_i} \qquad \mu_i := \frac{\psi}{4\cdot\pi}\cdot\omega_i$$

$$Ti(i,t,T0,T10,F_0,F) := e^{-\mu_i\cdot t}\cdot\left[T0_i\cdot\left(\frac{\mu_i}{\omega_i}\cdot\sin(\omega_i\cdot t)+\cos(\omega_i\cdot t)\right)\ldots\right]\ldots$$
$$\left[+\,T10_i\cdot\sin(\omega_i\cdot t)\right]$$
$$+\,cc_i\cdot\int_0^t\frac{F_0+F}{2}\cdot e^{-\mu_i\cdot(t-t_1)}\cdot\sin\left[\omega_i\cdot(t-t_1)\right]dt_1$$

Похідні функцій часу

$$T1i(i,t,T0,T10,F_0,F) := \frac{1}{\omega_i}\cdot\left(\frac{d}{dt}Ti(i,t,T0,T10,F_0,F)\right)$$

Прогин балки на рухомій опорі

$$ww_F(T0,T10,F_0,F) := \sum_{i=1}^{iG}\sin(\alpha_i\cdot x_F)\cdot Ti(i,T0,T10,F_0,F)$$

Визначення сили F (опорної реакції)

$$f(\Delta,T0,T10,F_0,F) := \Delta - ww_F(T0,T10,F_0,F)$$

$$F \leftarrow root(f(\Delta,T0,T10,F_0,F),F)$$

Рисунок 2 – Фрагменти програми

Результати розрахунку наведені на рисунках 1, б і 1, в. На рисунку 1, в наведені переміщення опори і вибраного перерізу балки. На рисунку 1, б – вид деформованої осі балки відзначених номерів n кроків часу, кружечками позначені прогини вибраного перерізу.

Розрахунок балки на чотирьох шарнірних опорах на дію динамічного переміщення проміжної опори

Розрахункова схема балки наведена на рисунку 3, а.

Права проміжна опора, координата якої x_F, рухається у часі t за законом $\Delta(t)$. Треба визначити вертикальні переміщення (прогини) $w_1(t)$ поперечного перерізу балки, координата якого x_1.

Для даної системи, ступінь статичної невизначності якої дорівнює двом, основною системою може бути балка на двох опорах (без проміжних двох опор). Як у попередньому випадку, це статично визначувана основна система. Для цієї балки запишемо рівняння сумісності переміщень

$$w_F(x_F, F_a, F) = \Delta(t), \quad w_a(x_a, F_a, F) = 0, \tag{2}$$

де F_a – опорна реакція лівої проміжної опори, координата якої дорівнює a.

З цього рівняння знаходимо опорні реакції $F_a(t)$ і $F(t)$, знаючи які, визначаємо усі інші розрахункові параметри.

Можливий інший алгоритм розв'язування задачі. Застосуємо статично невизначну основну систему [6], відкидаючи праву проміжну опору. Опорну реакцію $F(t)$ знаходимо з рівняння (1), моделюючи балку методом скінченних елементів. Цей варіант більш ефективний.

Розглянемо конкретний приклад (рисунок 3, а) для сталевої балки прямокутного поперечного перерізу 1 см × 1 см, довжина l якої дорівнює 150 см.

Рух правої проміжної опори відбувається за гармонійним законом (амплітуда дорівнює 0.25 см, частота коливань дорівнює чотирьом частотам першого тону власних коливань балки на трьох опорах). Здійснюється вісім періодів таких коливань опори.

Треба визначити прогини перерізу, координата якого дорівнює $0.4l$.

Балка моделюється методом скінченних елементів. Розсіяння енергії моделюється методом пропорційного демпфірування Релея. Для першої і третьої форм коливань коефіцієнт розсіяння енергії дорівнює 0,025.

Вибраний крок часу чисельної реалізації задачі дорівнює 1/60 періоду першої форми власних коливань балки на чотирьох опорах, що наближено дорівнює 1/180 періоду першої форми власних коливань балки на трьох опорах і наближено 1/45 періоду вимушених коливань. Апроксимація сили $F(t)$ на кожному кроці ступінчаста.

Результати розрахунку наведені на рисунках 3, б, в, г. На рисунку 3, б – переміщення правої проміжної опори і вибраного перерізу балки, на рисунку 3, в – найбільші нормальні напруження σ у вибраному перерізі, на рисунку 3, г – опорна реакція правої проміжної опори.

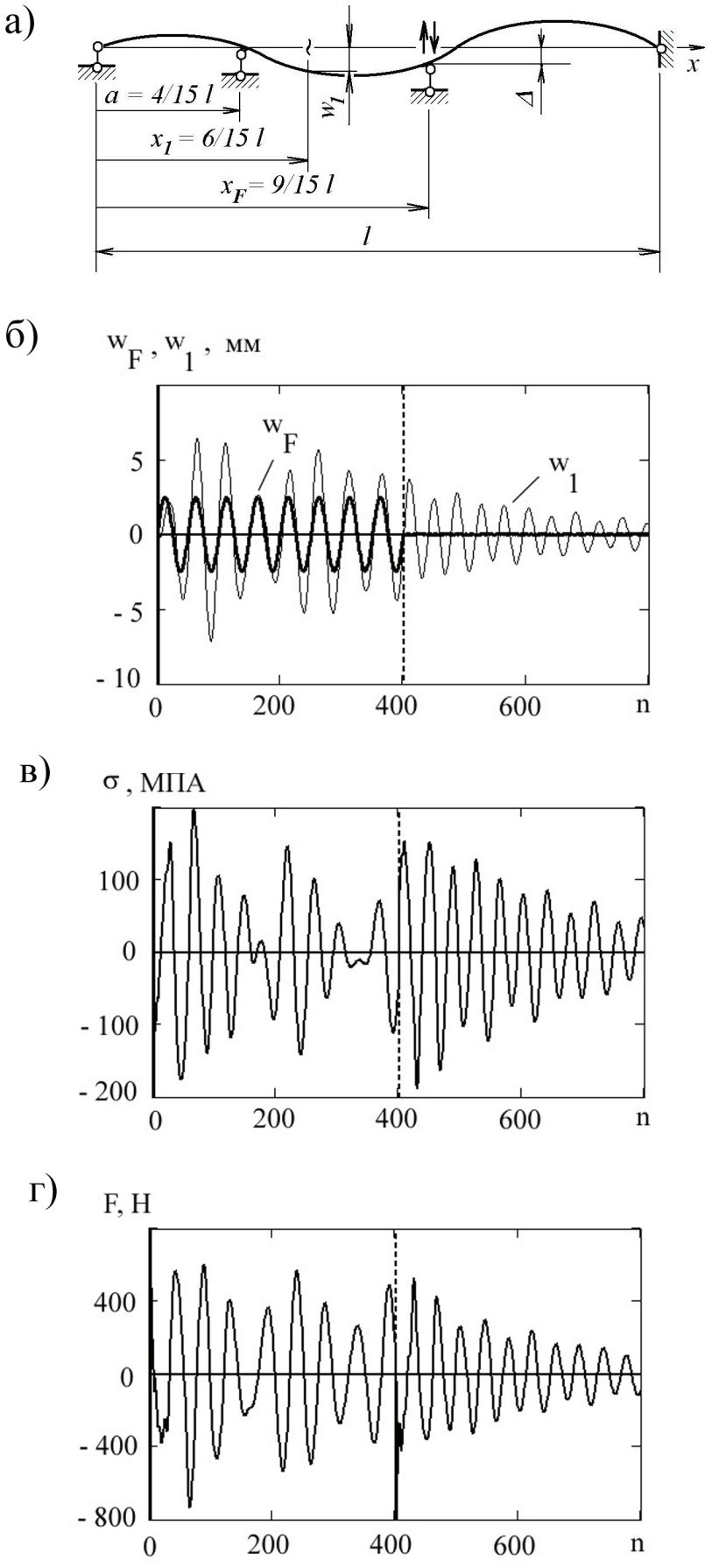


Рисунок 3 – Розрахункова схема балки на чотирьох опорах і результати розрахунку

Висновки

У даній роботі наведені розрахунки досить простих систем. Але запропоновані алгоритми розрахунків можна застосовувати для досить складних конструкцій.

Література

1. Расчёт сооружений на импульсивные воздействия /*И.М. Рабинович, А.П. Синицын, О.В. Лужин*. – М.: Стройиздат, 1970. – 304 с.
2. *Клаф Р., Пензиен Дж.* Динамика сооружений: Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1979. – 320 с.
3. *Грицюк В.Ю.* Розразунок балок на дію кінематичного збурення. //Вісн. Чернігівського держ. техн. ун-ту, 2001. – № 12. – С. 47-51.
4. *Савченко О.В.* Коливання у стержневих конструкціях при імпульсивному навантаженні. //Вісн. Чернігівського держ. техн. ун-ту, 2002. – № 15. – С. 16-26.
5. *Грицюк В.Ю*. Алгоритми чисельного розрахунку малих коливань механічних систем. //Вісн. Чернігівського держ. техн. ун-ту, 2001. – № 12. – С. 43-46.
6. *Рабинович И.М.* Курс строительной механики стержневых систем. Часть II. Статически неопределимые системы. – М.: Стройиздат, 1954. – 544 с.

УДК 621.855.001.24:678.7

Пилипенко О.І., д-р техн. наук

ПОРІВНЯЛЬНА ДИНАМІКА ЛАНЦЮГОВОЇ ПЕРЕДАЧІ, ОСНАЩЕНОЇ МЕТАЛЕВОЮ І ПОЛІМЕРНОЮ НАТЯЖНИМИ ЗІРОЧКАМИ

Вступ

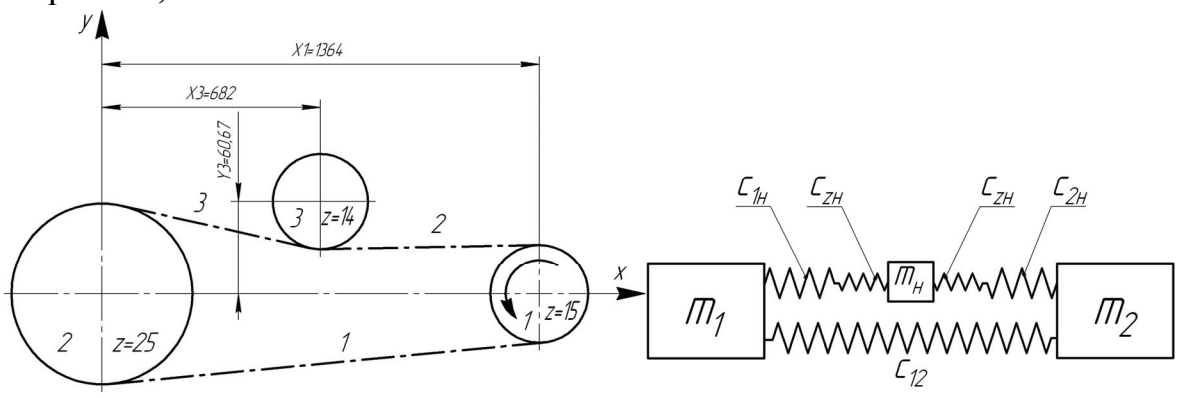
В основі сучасної технологічної цивілізації лежить вміння продукувати все більше виробів при зниженні їх матеріаломісткості та енергоспоживання. Успішне вирішення економічних, енергетичних і екологічних проблем, наряду з іншими чинниками, визначається також застосуванням нових конструкційних матеріалів, зокрема, полімерних композитів, для виробництва деталей машин [1].

В забезпеченні повноцінної заміни металевих деталей ланцюгових передач на полімерні без зниження їх працездатності основоположне значення належить розрахунку динаміки передачі, оскільки зміна пружних та інерційних параметрів в результаті застосування полімерних деталей може призвести до неузгодженості параметрів коливальної системи ланцюгової передачі і попаданню в резонансні зони частот обертання [2].

Стаття має на меті дати порівняльну динаміку ланцюгової передачі, оснащеної металевою і полімерною натяжними зірочками, на прикладі ланцюгового привода поздовжнього транспортера бурякозбирального комбайну РКС-6 виробництва Дніпропетровського комбайнового заводу.

Методи та результати

Схема і лінійна модель розглядуваної ланцюгової передачі показані на рис. 1а, б.



а) б)

Рисунок 1 – Схема (а) і лінійна модель (б) ланцюгової передачі

Розв’язок системи диференційних рівнянь, що описують усталений режим роботи ланцюгової передачі [3], дає:

– динамічні навантаження у вітках ланцюгового контуру

$$F_{i,i+1} = c_{i,i+1}\left[\mp \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k A_i \sin k\omega_z \tau \mp \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k B_i \cos k\omega_z \tau \mp x_i \pm x_{i+1} \right], \quad (1)$$

де $c_{1,2},...,c_{i,i+1}, ..., c_{n,1}$ – жорсткості відповідних віток ланцюгового контуру;

$\mp \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k A_i \sin k\omega_z \tau \mp \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k B_i \cos k\omega_z \tau \mp x_i \pm x_{i+1}$ – i = 2,3,4,...,n-1; розкладені в ряди Фур'є функції збурень, що являють собою періодичні негармонійні поздовжні переміщення кінцевих шарнірів віток ланцюгового контуру, представлено у вигляді сум гармонійних складових;

$$A_i = \frac{t}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k \frac{(1-k^2 z_{i+1}^2)\cos k\xi_i - (1-k^2 z_i^2)\cos k2\pi j}{k(1-k^2 z_i^2)(1-k^2 z_{i+1}^2)};$$

$$B_i = \frac{t}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k \frac{(1-k^2 z_i^2)\sin k2\pi j - (1-k^2 z_{i+1}^2)\sin k\xi_i}{k(1-k^2 z_i^2)(1-k^2 z_{i+1}^2)};$$

k – номер гармоніки; $\omega_z = \omega_i z_i$ – частота збурення; ω_i – кутові швидкості обертання мас (зірочок); z_i – їх числа зубців; τ – час; t – крок ланцюга; $\xi_i = \alpha_i - p_i \frac{2\pi}{z_i}$ – зсув по фазі між рухом кінцевих шарнірів віток ланцюгового контуру, що належать одній зірочці; α_i – кут охоплення ланцюгом зірочки; p_i – кількість шарнірів ланцюга на дузі охоплення; $j = \varepsilon \cdot z_i / 2 \cdot \pi$ – коефіцієнт числа ланок ланцюга; ε – зсув по фазі між збуреннями кінцевих шарнірів віток ланцюгового контуру, що належать сусіднім зірочкам; x_i, x_{i+1} – лінійні амплітуди коливань;

– інерційні навантаження від нерівномірності обертання мас

$$F_{\partial i} = m_i \ddot{x}_i = F_{i,i+1} - F_{i-1,i}, \quad (2)$$

де m_i – маси; $\ddot{x}_i$ – їх прискорення;

– динамічну нерівномірність обертання мас

$$\delta_i = 2\varphi_i z_i \cdot 100\%, \quad (3)$$

де φ_i – кутові амплітуди крутильних коливань.

Розв'язок системи диференційних рівнянь без правих частин дає власні частоти коливань системи, одна з яких дорівнює нулю:

$$p_{\varphi 1} = 0; p_{\varphi n-1} = \left(\frac{\sum_1^n c_n}{m_1} + \frac{\sum_1^n c_n}{m_2} + \cdots + \frac{\sum_1^n c_n}{m_n} \right)^{1/2}, \quad (4)$$

де складові – суть парціальні частоти системи.

Щоб отримати амплітуди коливань і динамічні навантаження при практично будь-якій кількості мас (зірочок) у ланцюговому контурі, здійснено перехід від їх аналітичного визначення до чисельних методів. Розв'язок чисельними методами на ЕОМ узагальненої алгебраїчної

проблеми про власні значення дає квадрати власних частот і власні форми коливань ланцюгової передачі з практично будь-якою кількістю мас:

$$p_{\varphi}^{2} = [M]^{-1} \cdot [C], \tag{5}$$

де [*M*] – діагональна матриця мас; [*C*] – симетрична матриця жорсткостей віток ланцюгового контуру.

Для динамічного розрахунку ланцюгових передач з кількістю мас до 24 включно розроблено програму POSCD і, як її складову, автономну програму DINAF [3], в результаті застосування якої отримують наступні динамічні характеристики.

1) Квадрат кругової частоти, кругову і циклічну (в Гц) частоти власних коливань та їх відносні амплітуди. Прирівнюючи ці частоти до частот обертання зірочок, можна завжди перевірити ланцюгову передачу на резонанси. Якщо необхідно, по відносних амплітудах будуються форми власних коливань.
2) Лінійні амплітуди коливань (мм).
3) Динамічні навантаження у вітках ланцюгового контуру (Н).
4) Інерційні динамічні навантаження мас (Н).
5) Динамічні нерівномірності обертання зірочок (%).

Вихідні дані для розрахунку наведені в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку

Кількість гармонік	Крок ланцюга, мм	Кутова швидкість обертання, рад/с	Син-фазність	Крок часу, с	Період зачеплення, с
10	25.4	481.3	0.5	0.0004	0.013

Таблиця 2 – Вихідні дані для розрахунку

Номер зірочки	Жорсткість віток ланцюга, Н/мм		Приведена маса, кг		Число зубців
	Метал	Полімер	Метал	Полімер	
1	3133.7	3133.7	17.26	17.26	15
2	6508.7	3703.7	28.44	28.44	25
3	6508.7	3703.7	1.21	0.2	14

Як видно з динамічних характеристик (1) – (5) , всі вони залежать від величини мас і жорсткостей. Таким чином, шляхом застосування зірочок з полімерних композитів отримуємо засіб регулювання коливань в динамічній системі ланцюгової передачі за рахунок зміни її мас і жорсткостей. Треба зауважити, що вплив мас на зміну динамічних характеристик, як правило, менш ефективний, оскільки зачасту у величину приведеної до осі вала маси входить, окрім маси самої зірочки і мас віток ланцюгового контуру, маса ротора електродвигуна або частина маси

виконавчого органу машини. Що стосується жорсткості, то введення в ланцюговий контур зірочки з полімерного композиту рівносильно введенню в нього пружних елементів, тобто при заміні металевих зірочок полімерними, окрім зміни маси, змінюються як би жорсткості віток ланцюгового контуру за рахунок податливості зубців і полімерних зубчастих вінців у цілому. У випадку застосування натяжної зірочки з полімерного композиту (рис. 1б) жорсткості спряжених з нею віток визначаться наступним чином:

$$c_{n1} = \frac{c_{1H} \cdot c_{ZH}}{c_{1H} + c_{ZH}}; c_{n2} = \frac{c_{ZH} \cdot c_{2H}}{c_{ZH} + c_{2H}}, \quad (6)$$

де c_{ZH} – жорсткість зуба натяжної зірочки; c_{1H}, c_{2H} – жорсткості відповідних віток ланцюгового контуру.

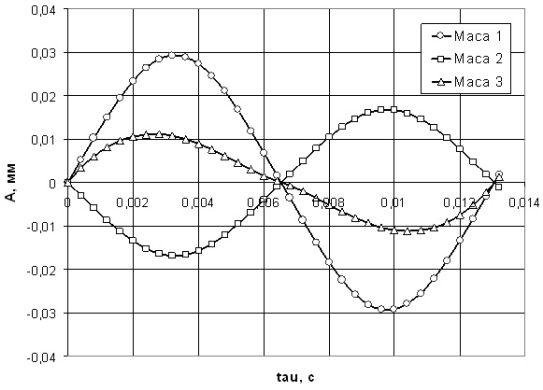
Як змінюються значення динамічних характеристик при введенні в ланцюговий контур натяжної зірочки з наповненого коротким скловолокном поліаміду ПА6-210КС покажемо на прикладі ланцюгової передачі поздовжнього транспортера бурякозбирального комбайну РКС-6 (рис. 1 а).

З таблиці 3 видно, що частоти власних коливань при введенні в ланцюговий контур полімерної натяжної зірочки дещо змінилися, причому слід відзначити, що перша частота повинна дорівнювати нулю, оскільки наша динамічна система відноситься до так званих напіввизначених систем (у нас вона має ненульове, хоча і дуже мале значення).

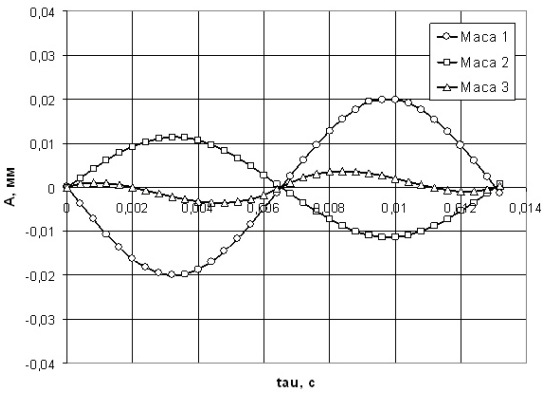
Таблиця 3 – Результати розрахунку власних частот коливань

Квадрат кругової частоти		Кругова частота, кол/с		Циклічна частота, Гц	
Метал	Полімер	Метал	Полімер	Метал	Полімер
0.05	0.08	0.21	0.29	0.03	0.05
582050.88	454921.75	762.92	674.48	121.42	107.35
10845280.00	6039.86	3293.22	6039.86	524.13	961.27

На рис. 2 показані лінійні (рис. 1б) амплітуди коливань мас. Як бачимо, вони не тільки суттєво зменшуються у випадку застосування полімерної натяжної зірочки замість металевої, але і змінюється сам порядок коливань: якщо в металевому варіанті перша маса рухається в додатному напрямку, то в разі полімерної натяжної зірочки та ж маса рухається вже у від'ємному напрямку. Крім того, якщо металева натяжна зірочка має одну півхвилю за 0.0063 с, то полімерна за той же проміжок часу встигає зробити два коливання, хоча і несиметричні відносно осі часу.



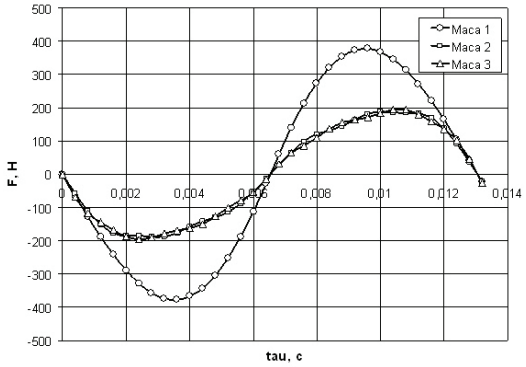
а) металева натяжна зірочка



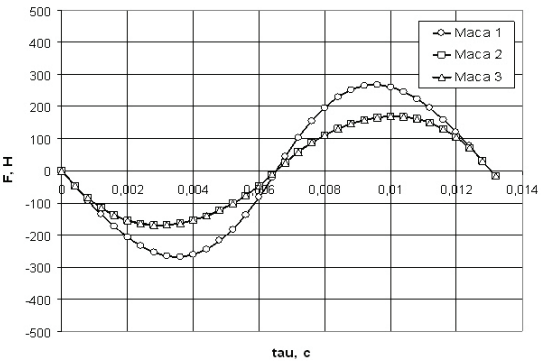
б) полімерна натяжна зірочка

Рисунок 2 – Лінійні амплітуди коливань

На рис. 3 показані динамічні навантаження у вітках ланцюгового контуру. В результаті застосування полімерної натяжної зірочки максимальні динамічні навантаження знизились у 1-й (ведучій) вітці в 1.4 рази. Цікаво відзначити, що друга і третя маси рухаються синхронно як в металевому варіанті, так і в полімерному.



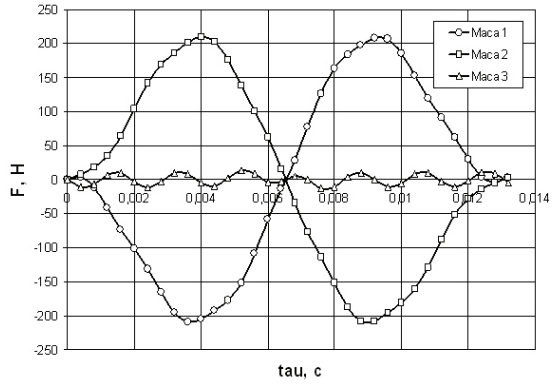
а) металева натяжна зірочка



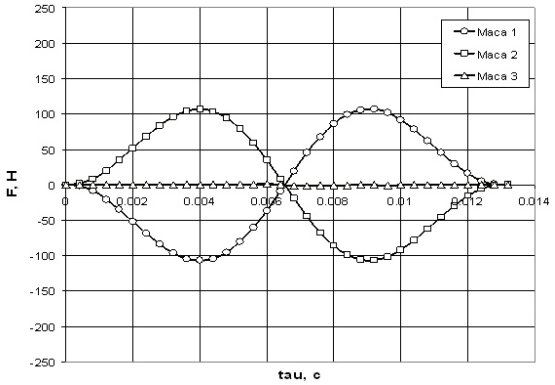
б) полімерна натяжна зірочка

Рисунок 3 – Динамічні навантаження у вітках ланцюга

На рис. 4 – інерційні динамічні навантаження мас, максимальні величини яких знижуються у 1.8-8 разів. Остання цифра торкається безпосередньо натяжної зірочки, тобто інерційне динамічне навантаження полімерної зірочки складає 1Н і ми не бачимо коливань, а металевої – 8Н. Тобто натяжна зірочка з полімерного композиту працює по суті як гаситель коливань. По цій причині автогонщики віддають перевагу натяжним зірочкам в ланцюгових передачах від колінчастого до розподільчого валу двигуна перед натяжними шинами і роликами, оскільки останні «з'їдають» частину потужності на тертя.



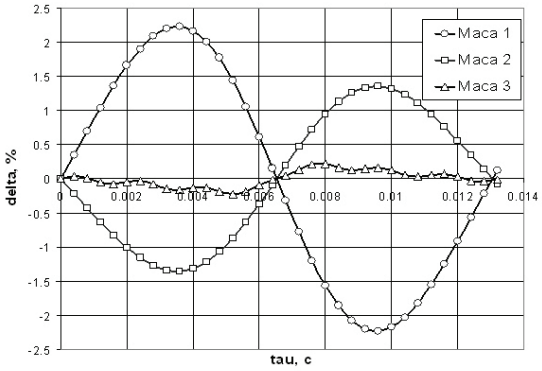
а) металева натяжна зірочка



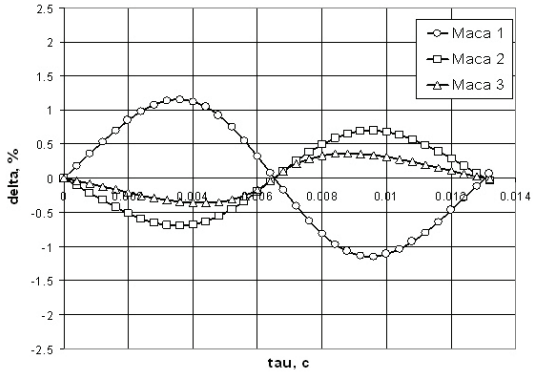
б) полімерна натяжна зірочка

Рисунок 4 – Інерційні динамічні навантаження

Рисунок 5 ілюструє динамічну нерівномірність обертання мас. Як бачимо, вона знизилась для першої (ведучої) зірочки у 2.3 рази, для другої (веденої) в 1.9 рази. Разом з тим видно, що нерівномірність обертання натяжної полімерної зірочки зросла в 1.6 рази, хоча її рух став більш гармонійним в порівнянні з рухом металевої натяжної зірочки. Проте, збільшення нерівномірності натяжної зірочки аж ніяк не впливає на якість передачі, як це мало б місце у випадку поліграфічної машини, де на першому місці – якість друку.



а) металева натяжна зірочка



б) полімерна натяжна зірочка

Рисунок 5 – Динамічна нерівномірність руху зірочок

Зазначимо, що застосуванням приводних зірочок з полімерних композитів можна досягти ще більшого ефекту, але слід при цьому мати на увазі, що без попереднього динамічного розрахунку «сліпа» заміна всіх металевих зірочок на полімерні може привести до такої неузгодженості коливальної системи, якою є ланцюгова передача, що замість покращення її динамічної якості отримаємо протилежний результат.

Зниження динамічних навантажень можна здійснити, варіюючи масами (наприклад, розміщуючи на одному з валів додаткову масу) або жорсткостями (збільшенням або зменшенням довжин віток ланцюгового контуру, застосуванням більш податливих або жорстких матеріалів для

виготовлення зірочок і ланцюгів [2]). При цьому збільшення мас зменшує власну частоту коливань системи, а збільшення жорсткостей збільшує її. Імітаційне моделювання роботи 10-масової ланцюгової передачі на ЕОМ показало, що найбільший вплив на частоту власних коливань здійснює зміна найбільш віддалених від ведучої мас і найближчих до неї жорсткостей.

Висновки

1) Програма динамічного розрахунку ланцюгових передач DINAF дає змогу визначити їх основні динамічні характеристики і побачити динамічну картину поведінки мас (зірочок) і віток ланцюгового контуру в будь-який малий проміжок часу.
2) Застосування натяжної зірочки з полімерного композиту суттєво покращує динамічні характеристики ланцюгової передачі.
3) Використовуючи зірочки з полімерних композитів, отримуємо засіб регулювання коливань в динамічній системі ланцюгової передачі за рахунок зміни її мас і жорсткостей.

Література

1. Полимерные материалы в сельскохозяйственном машиностроении /*С.К. Абрамов, Г.И. Рассохин, О.И. Пилипенко и др.* – М.: Агропромиздат, 1986. – 255 с.
2. *Пилипенко О.И.* Научные основы и синтез цепных передач. /Дисс… докт. техн. наук., ХПГУ, Харьков, 1996. – 467 с.
3. *Pilipenko O.I.* Synthesis of Chain Drives Based on Dynamic Methods, New Materials and Technologies. – Machine Design, 2007, Novi Sad, Serbia. – P. 307-314

УДК 621.787.4

Юрченко М.Є., канд. фіз-мат. наук,
Чернігівський державний інститут економіки та управління,
Чередніков О.М. канд. техн. наук, Федоренко С.В., аспірант
Чернігівський державний технологічний університет.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ П'ЄЗОКЕРАМІКИ МЕТОДОМ НИЗЬКОЧАСТОТНОЇ ТОМОГРАФІЇ

Вступ

Розглянуто задачу про поздовжні коливання п'єзокерамічного стрижня з товщинною поляризацією. Механічна неоднорідність матеріалу стрижня обумовлена тим, що певна ділянка відділена від робочого електродного покриття діелектричними проміжками. У випадку, коли електроди відділеної діелектричними проміжками ділянки стрижня розімкнені, для перших нормальних мод знайдено власні частоти коливань. Згідно методу низькочастотної томографії, наведено дані про місце розташування та наближену форму неоднорідності. Для п'єзокерамічного стрижня певних розмірів вдалося експериментальним шляхом визначити перші шість резонансних частот як для суцільних, так і для відділених електродів. Показано, що результати експериментальних досліджень з високою точністю співпадають з теоретичними розрахунками.

Методи та результати

Власні (резонансні) частоти коливань пружних тіл повністю визначаються їх геометричною формою та механічними властивостями. В статтях [1, 2] було показано, якщо теоретичним шляхом визначено нескінченну множену власних частот і відповідних їм нормальних мод коливань ідеально пружного тіла, то з'являється можливість побудови рішення обернених крайових задач теорії коливань, тобто задач з визначення геометрії тіла з відомою густиною і пружними властивостями при умові відомих (теоретично або експериментально визначених) власних частот коливань. Крім того, спектральні методики дозволяють визначити фізичні властивості тіл заданої геометрії. Слід відзначити, що обернені задачі теорії коливань пружних тіл достатньо повно викладено в літературі. Методи розв'язання обернених задач, які відносяться до класу некоректних, отримали інтенсивний розвиток в останні 20-30 років, що в значній мірі пояснюється появою достатньо потужних ЕОМ. Для задач, що

не є коректними в класичному розумінні, запропоновано [3] нове поняття коректності, яке є фізично виправданим для багатьох прикладних моделей.

Також математично коректно вирішена задача про визначення густини неоднорідної структури, якщо відомо її повний спектр частот коливань. На жаль, розглянуті автором методи не розповсюджувались на обернені задачі коливань пружних тіл. Найбільш вичерпні результати для оберненої задачі Штурма-Ліувілля отримані Б.М. Левітаном і І.М. Гельфандом, а також Л.Д. Фадєєвим і В.А. Марченко для оберненої задачі квантової теорії розсіювання [4].

Для рівнянь у власних похідних різні варіанти вирішення оберненої задачі розсіювання розглядались у роботах [5, 11], задача про визначення форми ділянки за даними розсіювання – у роботах [6, 7, 10, 12]. Методи вирішення зворотних задач широко використовуються в астрофізиці, дефектоскопії [7], акустичному зонуванні світового океану. Як вже було зазначено в [1], для побудови рішення зворотних задач необхідно мати додаткову інформацію про об’єкт дослідження, а саме, про розташування дефекту і його приблизні розміри.

Задачі такого типу досліджені і в роботах американських авторів [8, 9] методом низькочастотної томографії. Аналогічний підхід наближення функцій скінченою кількістю членів ряду Фур’є для визначення неоднорідності пружних властивостей стрижня використовується і в даній статті. Слід, проте, зазначити, що на відміну від [9], вдалося визначити початкові коефіцієнти ряду Фур’є не тільки з парними, але і непарними номерами.

Як приклад обмеженої оберненої задачі теорії коливання буде приведено розв’язок задачі поздовжніх коливань п’єзокерамічного стрижня з товщинною поляризацією. Механічна неоднорідність матеріалу стрижня обумовлена тим, що визначена ділянка стрижня відділена від робочого електродного покриття діелектричними проміжками. Збудження коливань відбувається генератором електричної напруги з різницею вихідних потенціалів, яка змінюється за гармонійним законом. Побудовано аналітичний розв’язок вказаної задачі з нульовими механічними граничними умовами на торцях стрижня. У випадку, коли електроди відокремленого діелектричними проміжками ділянок стрижня розімкнуті, для перших нормальних мод знайдені власні частоти коливань. Ці значення, згідно розглянутому раніше методу низькочастотної томографії [1, 2], порівняні зі спектром поздовжніх коливань стрижня без дефекту. Експериментальні дослідження здійснювались на п’єзокерамічному стержні довжиною 10 см, товщиною 0,2 см і завширшки 1 см. Надійно вдалося визначити перші шість резонансних частот як для суцільних, так і у випадку з розділеними електродами.

Розглянемо п’єзокерамічний стрижень, довжина якого l значно більше його ширини b і товщини $2h$. Ділянки 1 і 3 стрижня (рисунок 1)

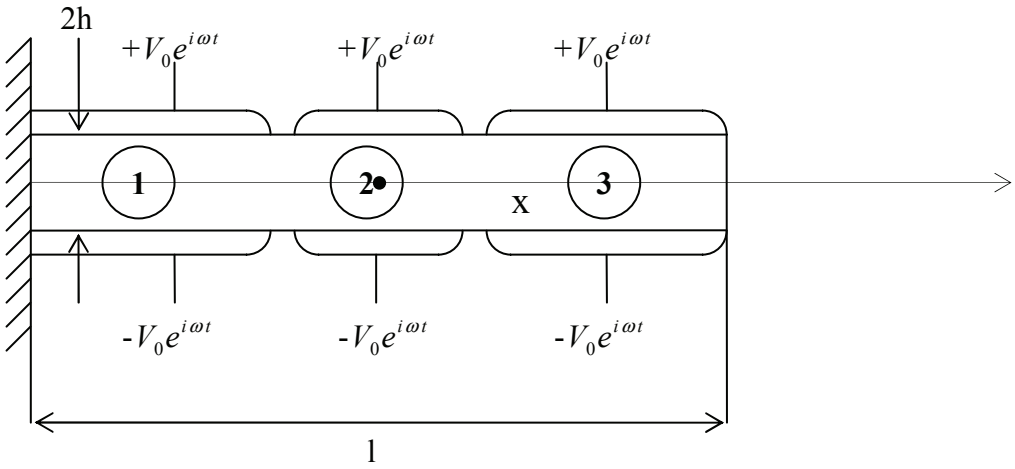


Рисунок 1 – П'єзокерамічний стрижень з неоднорідністю модуля пружності в локальній ділянці

живляться від генератора напруг з круговою швидкістю підводу різниці потенціалів ω:

$$\psi\big|_{x=\pm h} = \pm V_0\, e^{i\omega t}. \qquad (1)$$

Механічна неоднорідність матеріалу стрижня обумовлена тим, що на ділянці 2 розглянутого п'єзокерамічного стрижня електродне покриття відокремлене від робочого електродного покриття діелектричними проміжками (рисунок 1).

У наближеній прикладній теорії прийнято, що єдиним компонентом напружень, котрий необхідно враховувати під час розрахунку, є напруження $\sigma_x(x,t)$. Напруження σ_y і σ_z настільки малі порівняно з $\sigma_x(x,t)$, що їми можна знехтувати:

$$\sigma_y \approx \sigma_z \approx 0. \qquad (2)$$

Практично ця пропозиція виправдана для тонких стрижнів ($l > 10 \cdot b$ і $l > 10 \cdot h$) при низьких частотах коливань. Одномірні рівняння стану п'єзокерамічного стержня з товщиною поляризації мають наступний вигляд [4] :

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= S_{11}^E \sigma_x + d_{31} E_z; \\ D_z &= \varepsilon_{33}^T E_z + d_{31} \sigma_x, \end{aligned} \qquad (3)$$

де S_{11}^E – пружна піддатливість при постійному електричному полі;

d_{31} – п'єзоелектрична постійна;

ε_{33}^T – діелектрична проникненість при постійному (нульовому) напруженні;

E_z – компонента вектора напруженості електричного поля;

D_z – компонента вектора електричної індукції.

Співвідношення (3) доповнюємо рівнянням руху елемента стрижня, яке буде однаковим для всіх трьох ділянок:

$$\frac{\partial \sigma_x^{(i)}}{\partial x} - \rho \cdot \frac{\partial^2 u_x^{(i)}}{\partial t^2} = 0, \qquad i = 1,2,3, \tag{4}$$

рівнянням вимушеної електростатики для розглянутих ділянок:

$$E_z^{(i)} = -\frac{\partial \psi^{(i)}}{\partial x}, \quad i = 1,2,3 \tag{5}$$

і відношенням Коші:

$$\varepsilon_x^{(i)} = \frac{\partial u_x^{(i)}}{\partial x}, \qquad i = 1,2,3. \tag{6}$$

Для заданої умови (1) зміни електричного потенціалу в часі, рішення рівняння (4) знаходимо у вигляді гармонійно змінних в часі функцій:

$$\begin{gathered} u_x = \hat{u}(x) \cdot e^{i\omega t}; \\ \varepsilon_x = \hat{\varepsilon}(x) \cdot e^{i\omega t}; \\ \psi = \hat{\psi}(x) \cdot e^{i\omega t}. \end{gathered} \tag{7}$$

У запропонованій прикладній теорії потенціали $\psi^{(i)}$ ($i = 1,2,3$) змінюються по товщині стержня за лінійним законом. Тому для їхніх амплітудних характеристик маємо вираз :

$$\hat{E}_z^{(1)} = -\frac{V_0}{h}, \quad \hat{E}_z^{(2)} = -\frac{V}{h}, \quad \hat{E}_z^{(3)} = -\frac{V_0}{h}. \tag{8}$$

При цьому на діелектрично відокремленій ділянці 2 розглянутого стрижня амплітудна різниця потенціалів V залишається поки що невідомою постійною.

Виходячи з (3) і умов (7) з врахуванням (8), для ділянок 1-3 отримаємо наступні рівності для амплітуд механічних напружень:

$$\begin{gathered} \hat{\sigma}_x^{(1)} = \frac{1}{S_{11}^E}\left[\frac{d\hat{u}_x^{(1)}}{dx} + d_{31}\frac{V_0}{h}\right]; \\ \hat{\sigma}_x^{(2)} = \frac{1}{S_{11}^E}\left[\frac{d\hat{u}_x^{(2)}}{dx} + d_{31}\frac{V}{h}\right]; \\ \hat{\sigma}_x^{(3)} = \frac{1}{S_{11}^E}\left[\frac{d\hat{u}_x^{(3)}}{dx} + d_{31}\frac{V_0}{h}\right]. \end{gathered} \tag{9}$$

З врахуванням (7) і (9) рівняння для знаходження амплітудної функції $\hat{u}$ у кожній з розглянутих ділянок стрижня мають вигляд:

$$\frac{d^2 \hat{u}_x^{(i)}}{dx^2} + \lambda^2 \hat{u}_x^{(i)} = 0, \qquad i = 1,2,3 \tag{10}$$

де $\rho \cdot S_{11}^E = \frac{1}{c^2}$; $\frac{\omega}{c} = \lambda$; $c -$ швидкість розповсюдження пружної поздовжньої хвилі в стрижні.

Для визначення функцій $\widehat{u}_x^{(i)}$, $i = 1,2,3$, окрім записаних граничних умов (7), необхідно використати приведені нижче умови спряження рішень для ділянок стрижня:

$$\begin{gathered}
\widehat{u}_x^{(1)}\Big|_{\frac{l}{2}-\delta} = \widehat{u}_x^{(2)}\Big|_{\frac{l}{2}-\delta}; \\
\widehat{u}_x^{(2)}\Big|_{\frac{l}{2}+\delta} = \widehat{u}_x^{(3)}\Big|_{\frac{l}{2}+\delta}; \\
\widehat{\sigma}_x^{(1)}\Big|_{\frac{l}{2}-\delta} = \widehat{\sigma}_x^{(2)}\Big|_{\frac{l}{2}-\delta}; \\
\widehat{\sigma}_x^{(2)}\Big|_{\frac{l}{2}+\delta} = \widehat{\sigma}_x^{(3)}\Big|_{\frac{l}{2}+\delta}.
\end{gathered} \tag{11}$$

У доповнення до записаних рівностей (11) для діелектрично відокремленої ділянки 2 необхідно записати рівняння:

$$\int_{\frac{l}{2}-\delta}^{\frac{l}{2}+\delta} \widehat{D}_z^{(2)} dx = 0. \tag{12}$$

Розв'язок рівнянь (10) для вказаних на рисунку 1 ділянок з урахуванням умов на лівому торці стрижня представляються через тригонометричні функції:

$$\begin{gathered}
\widehat{u}_x^{(1)} = A \cdot \sin \lambda x; \\
\widehat{u}_x^{(2)} = B \cdot \sin \lambda x + C \cdot \cos \lambda x; \\
\widehat{u}_x^{(3)} = D \cdot \sin \lambda x + F \cdot \cos \lambda x
\end{gathered} \tag{13}$$

У вигляді аналогічних рівнянь представляються і вирази для напружень.

П'ять постійних інтегрування A, B, C, D, F, які входять в розв'язок (13), знаходяться з умови спряження розв'язків (11) і граничної умови для механічних напружень при $x = l$ (7):

$$A \sin \lambda\left(\frac{l}{2} - \delta\right) - B \sin \lambda\left(\frac{l}{2} - \delta\right) - C \cos \lambda\left(\frac{l}{2} - \delta\right) = 0;$$

$$A\cos\lambda\left(\frac{l}{2}-\delta\right)-B\cos\lambda\left(\frac{l}{2}-\delta\right)+C\sin\lambda\left(\frac{l}{2}-\delta\right)=-\frac{d_{31}}{\lambda}\cdot\frac{V_0-V}{h};$$

$$B\sin\lambda\left(\frac{l}{2}+\delta\right)+C\cos\lambda\left(\frac{l}{2}+\delta\right)-D\sin\lambda\left(\frac{l}{2}+\delta\right)-F\cos\lambda\left(\frac{l}{2}+\delta\right)=0; \quad (14)$$

$$B\cos\lambda\left(\frac{l}{2}+\delta\right)-C\sin\lambda\left(\frac{l}{2}+\delta\right)-D\cos\lambda\left(\frac{l}{2}+\delta\right)+F\sin\lambda\left(\frac{l}{2}+\delta\right)=\frac{d_{31}}{\lambda}\cdot\frac{V_0-V}{h};$$

$$D\cos\lambda l-F\sin\lambda l=-\frac{d_{31}}{\lambda}\cdot\frac{V_0}{h}.$$

Значення вихідного потенціалу $\frac{V}{h}$, що входить в записані вище рівняння, можна отримати, використовуючи додаткову умову (12), що приводить до рівності:

$$\frac{V}{h}=\frac{V_0}{h}\cdot\frac{k_{31}^2}{1-k_{31}^2}\cdot\frac{1}{\Delta(\lambda l)}\cdot\frac{\sin\lambda\delta}{(\lambda\delta)}\cdot\frac{\cos\lambda(l-\delta)-\cos\lambda\frac{l}{2}}{\cos\lambda l}, \quad (15)$$

де $k_{31}^2=\frac{d_{31}^2}{S_{11}^E\cdot\varepsilon_{33}^T}-$ поздовжній коефіцієнт електромеханічного зв'язку:

$$\Delta=\cos\lambda l+\frac{k_{31}^2}{1-k_{31}^2}\cdot\frac{\sin\lambda l}{(\lambda\delta)}\cdot\cos\lambda(l-\delta). \quad (16)$$

Розв'язок системи алгебраїчних рівнянь (15) з використанням отриманого рівняння (16), має наступний вигляд:

$$A=-\frac{d_{31}}{\lambda}\frac{V_0}{h}\frac{1}{\Delta(\lambda l)}\left\{1+\frac{\sin\lambda\delta}{(\lambda\delta)}\cdot\left[\frac{k_{31}^2}{1-k_{31}^2}\cos\lambda\delta-2(\lambda\delta)\sin\lambda\frac{l}{2}\right]\right\};$$

$$B=-\frac{d_{31}}{\lambda}\frac{V_0}{h}\frac{1}{\Delta(\lambda l)}\left\{1+\frac{\sin\lambda\delta}{(\lambda\delta)}\sin\lambda\frac{l}{2}\left[\frac{k_{31}^2}{1-k_{31}^2}\sin\lambda\left(\frac{l}{2}-\delta\right)-2(\lambda\delta)\right]-\cos\lambda\delta\cdot\cos\lambda\left(\frac{l}{2}-\delta\right)\right\}$$

$$C=-\frac{d_{31}}{\lambda}\frac{V_0}{h}\frac{1}{\Delta(\lambda l)}\frac{\sin\lambda\delta}{(\lambda\delta)}\sin\lambda\left(\frac{l}{2}-\delta\right)\cdot\left[\frac{k_{31}^2}{1-k_{31}^2}\cos\lambda\frac{l}{2}+(\lambda\delta)\cos\lambda\delta\right] \quad (17)$$

$$D=-\frac{d_{31}}{\lambda}\frac{V_0}{h}\frac{1}{\Delta(\lambda l)}\left\{1+\frac{\sin\lambda\delta}{(\lambda\delta)}\cdot\left[\frac{k_{31}^2}{1-k_{31}^2}(\cos\lambda\delta-\sin\lambda l\cdot\sin\lambda\delta)-2(\lambda\delta)\sin\lambda\frac{l}{2}(1+\cos\lambda l)\right]\right\}$$

$$F=2\frac{d_{31}}{\lambda}\frac{V_0}{h}\cdot\frac{\sin\lambda\delta\cdot\cos\lambda\frac{l}{2}}{\Delta(\lambda l)}\left[(\lambda\delta)\cos\lambda l+\frac{k_{31}^2}{1-k_{31}^2}\cos\lambda\frac{l}{2}\sin\lambda\delta\right].$$

Прирівнявши $\Delta(\lambda l)$ до нуля, отримаємо трансцендентне рівняння для знаходження резонансних частот:

$$\cos z + \frac{k_{31}^2}{1-k_{31}^2} \cdot \frac{\sin z\bar{\delta}}{(z\bar{\delta})} \cdot \cos\left[z \cdot (1-\bar{\delta})\right] = 0 \quad , \tag{18}$$

де $z = \lambda l$, $\bar{\delta} = \frac{\delta}{l}$.

При $\bar{\delta} = 0$ отримуємо відоме частотне рівняння для поздовжніх коливань стрижня з суцільними електродами:

$$\cos z = 0 \quad , \tag{19}$$

де $$(\lambda l)_m^{(спл.)} = z_m^{(спл.)} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot \pi \quad , \qquad m = 0,1,2,... \tag{20}$$

Корені рівняння (19) знаходилися числовим шляхом для $\bar{\delta} = 0.15$, матеріалу кераміки $ЦТБС-3$ з $k_{31}^2 = 0.1042$ і представлені в таблиці 1. У цій таблиці для порівняння наведені також значення $(\lambda l)_m^{(спл.)}$, знайдені за допомогою (21).

Таблиця 1 – Власні частоти поздовжніх коливань

m	$Z_m^{(отдел.)}$	$Z_m^{(сплошн.)}$
1	1.59492	1.57079
2	4.77595	4.71239
3	7.93379	7.85398
4	11.06408	10.99557
5	14.17681	14.13717
6	17.29093	17.27876
7	20.42058	20.42035
8	23.56663	23.56194
9	26.71983	26.70354
10	29.86911	29.84513
11	33.00858	32.98672
12	36.14057	36.12832
13	39.27276	39.26991
14	42.41161	42.41150
15	45.55762	45.55301
16	48.70598	48.69469
17	51.85084	51.83628
18	54.98972	54.97787
19	58.12501	58.11946
20	61.26173	61.26106

Згідно методу низькочастотної томографії і використання отриманих в роботі [10] результатів по виявленню дефектів неоднорідності матеріалу стрижня, представимо наближено неоднорідність відрізком ряду Фур'є в наступному вигляді:

$$\frac{S_{11}^{E}(x)}{S_{11(0)}^{E}}=\begin{cases}1, & 0\le x<x_0-\delta,\\ 1+\varepsilon(x), & x_0-\delta\le x\le x_0+\delta,\\ 1, & x_0+\delta<x\le l\end{cases} = 1+\sum_{n=0}^{N} b_n\cdot\cos\left(n+\frac{1}{2}\right)\frac{\pi x}{l}, \qquad (21)$$

де b_n – невідомі поки що коефіцієнти ряду Фур'є.

Як було показано у вищезгаданій роботі, розглянута задача при дослідженні її методом низькочастотної томографії зводиться до відновлення неоднорідності шляхом порівняння частотних спектрів коливань п'єзокерамічного стрижня у випадку відокремлених електродів і частотного спектру коливань розглянутого стрижня з суцільним електродним покриттям.

В результаті проведеного експериментально дослідження для п'єзокерамічного стрижня довжиною 10 см, товщиною 0,2 см і шириною 1 см з матеріалу $ЦТБС-3$ $(\bar{\delta}=0.15)$ вдалося визначити перші шість резонансних частот у випадках відокремлених і суцільних електродів. Ці дані представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Власні частоти поздовжніх коливань неоднорідного стрижня, виміряні експериментальним шляхом

$Z_m^{(отдел.)}$	$Z_m^{(сплошн.)}$
1.58903	1.57079
4.73322	4.68981
7.79580	7.74109
10.63869	10.61698
13.88188	13.86972
14.40144	15.37192

Порівнюючи представлені в таблиці 2 частотні спектри, згідно з [3], отримуємо систему алгебраїчних рівнянь для знаходження невідомих коефіцієнтів ряду Фур'є b_n:

$$(z)^2_{m(отдел.)}-(z)^2_{m(спл.)}=\left(m+\frac{1}{2}\right)^2\frac{1}{2\pi}\cdot\sum_{n=0}^{N}(-1)^n\cdot b_n\cdot\alpha_{mn}+$$

$$+\frac{(-1)^m}{2\pi}\left(m+\frac{1}{2}\right)\cdot\sum_{k=0}^{K}{}'(-1)^k\left[\left(k+\frac{1}{2}\right)\sum_{n=0}^{N}(-1)^n b_n\gamma_{mn}^{(k)}\right]; \qquad (22)$$

$m=0,2,3,...,5$, $N=5$, $n=0,2,3,...,5$, $K=5$, $k=0,2,...,5$,

де введені позначення

$$\alpha_{mn}=\frac{2}{n+1/2}-\frac{1}{n+2m+3/2}-\frac{1}{n-2m-1/2},$$

$$\gamma_{mn}^{(k)}=\frac{1}{n-m+k+1/2}+\frac{1}{n+m-k+1/2}-\frac{1}{m+k+n+3/2}-\frac{1}{n-m-k-1/2}, \qquad (23)$$

$\gamma_{mn}^{(k)}=\alpha_{mn}$ при $k=m$.

Як і в [10, 11], значення коефіцієнтів розкладання можна знайти не тільки з повної алгебраїчної системи (22), а і з рівнянь діагонального вигляду:

$$(z)^2_{m\ \ (отделен)} - (z)^2_{m\ \ (сплошн.)} = \left(m + \frac{1}{2}\right)^2 \frac{1}{2\pi} \cdot \sum_{n=1}^{N} (-1)^n \cdot b_n \alpha_{mn} \qquad (24)$$

Томографічне відновлення неоднорідності з урахуванням коефіцієнтів розкладання b_n, отриманих із системи (24), зображують графічно (рисунок 2).

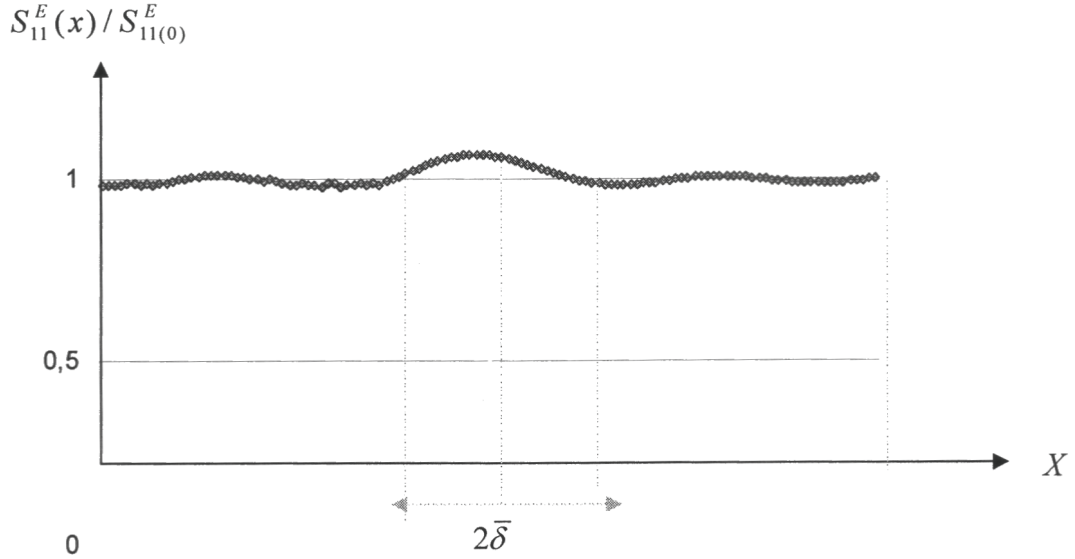


Рисунок 2 – Графічне зображення томографічного відновлення неоднорідності

Висновки

1. Як приклад обмеженої оберненої крайової задачі теорії коливань наведено розв'язок задачі про поздовжні коливання п'єзокерамічного стрижня з товщинною поляризацією. Механічна неоднорідність матеріалу стрижня обумовлена тим, що певна ділянка стрижня відокремлена від робочого електродного покриття діелектричними проміжками.

2. Для перших нормальних мод знайдені власні частоти коливань розглянутого стрижня при нульових механічних граничних умовах.

3. Знайдені частотні спектри порівняні зі спектром поздовжніх коливань п'єзокерамічного стрижня з суцільними електродами.

4. Для п'єзокерамічного стрижня певних параметрів, зробленого з матеріалу $ЦТБС-3$, вдалось визначити шість резонансних частот як у випадку суцільних, так і у випадку відокремлених електродів.

5. Згідно методу низькочастотної томографії, представлено дані про місцезнаходження і приблизна форма неоднорідності.

6. На основі проведеного дослідження можна зробити висновок про те, що результати експериментальних вимірів з високою точністю співпадають з теоретичними розрахунками (таблиця 1). Це дає можливість стверджувати, що методи низькочастотної томографії дозволяють

визначити місцезнаходження і характер неоднорідності пружних властивостей тонкостінних елементів у випадку, коли відомі їх перші нормальні моди коливань.

Література

1. *Юрченко М.Є.* Резонансний метод визначення локальної неоднорідності пружних властивостей при повздовжніх та згиних коливаннях стержня //Акуст. вісн. – 2002. – 5, N 4. – С. 51-60.
2. *Юрченко М.Є.* Резонансний метод визначення локальної неоднорідності пружних властивостей стержня //Вісник Київського ун-та, фізіко-матем. науки, 2001. – N 3. – С. 152-161.
3. *Тихонов А.Н., Арсенин В.Я.* Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1986. – 287 с.
4. *Марченко В.А.* Операторы Штурма-Лиувилля и их приложения. – Киев: наукова думка, 1978. – 332 с.
5. *Жарий О.Ю., Улитко А.Ф.* Введение в механику нестационарных колебаний и волн. – Киев: Выща школа, 1989. – 183 с.
6. *Потетюнко Э.Н., Черкесов Л.В., Шубин Д.С., Щербак Е.Н.* Свободные колебания и обратные спектральные задачи. – М.: Вузовская книга, 2001. – 288 с.
7. *Романов В.Г.* О численном методе решения одной обратной задачи для гиперболического уравнения //Сибирский матем. ж. – 1996. – N 3. – С. 633-655.
8. *Testardi L.R., Norton S.J.* Acoustic dimensional resonance tomography: some exampples in one-dimensional system //J. Appl. Phys. – 1986. – 96, N 1. – P. 55-58.
9. *Testardi L.R., Norton S.J., Hsich T.* Dimensional resonance tomography //J. Appl. Phys. – 1984. – 56, N 2. – P. 68-81.
10. *Ватульян А.О.* Математические модели и обратные задачи //Сорос. образоват. ж.- 1998. – N 11. – С. 143-148.
11. *Жарий О.Ю., Улитко А.Ф.* Введение в механику нестационарных колебаний и волн. – Киев: Выща школа, 1989. – 183 с.
12. *Ильинский Н.Б.* Обратные краевые задачи и их приложения //Сорос. образоват. ж. – 1997. – N 4. – С. 105-110.

УДК 621.91:658.512

Чередніков О.М., канд. техн. наук, Борисов О.О., аспірант

ВПЛИВ ВИМІРЮВАЛЬНИХ РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ НА ТОЧНІСТЬ ЗАМИКАЮЧОЇ ЛАНКИ

Вступ

В сучасних умовах комп'ютеризації та широкому використанні інформаційних технологій при конструкторсько-технологічному підготовленні виробництва загальносвітовою практикою стає представлення виробів і деталей у вигляді тривимірних моделей [1, 2]. При використанні тривимірних моделей як основи для автоматизованого створення технології, між конструкторськими і технологічними підрозділами встановлюється інтерактивний взаємозв'язок, який заебезпечує паралельну роботу та вісоку продуктивність інженерної праці в єдиному інформаційному просторі в порівнянні з використанням комплектів традиційної конструкторської документації.

На сьогоднішній день автоматизовані системи проектування надають можливість конструктору створювати математичні моделі деталей і виробів у вигляді параметричних тривимірних моделей з можливостю задання номінальних значень конструкторських розмірів (конструкторські розмірні ланцюги КРЛ) та технологічних вимог (технологічні розмірні ланцюги ТРЛ). Серед таких систем можна відзначити відомі на світовому ринку програмні продукти Catia,Unigraphics, Pro/Engineer, SolidWorks, T-FLEX CAD.

Постановка задачі

Актуальним завданням є отримання ефективного технологічного процесу складання виробу та механічної обробки деталей на основі тривимірного образу. Важливість комплексного підходу підтвержує втілення концепції єдиного інформаційного простору в CALS-технологіях.

Довгий час плоске (двовимірне) представлення вважалося оптимальним як для конструкторів, так і для технологів. Проте, бурхливий розвиток математичної теорії просторового моделювання і обчислювальної техніки, на якій дана теорія була втілена у вигляді прикладного програмного забезпечення, привели до того перелому в свідомості проектувальників, який ми спостерігаємо сьогодні у всьому світі. Цей перелом визначено переходом від двомірних креслеників до тривимірних моделей. Але розмірний аналіз складальних одиниць та технологічних процесів в реальних інженерних розрахунках традиційно виконується на лінійних (рисунок 1.а), або плоских (рисунок 1.б) розмірних ланцюгах. При необхідності визначення параметрів просторових розмірних ланцюгів інженеру доводиться виконувати складні і трудомісткі проецирування на

площини *XOY, YOZ, ZOX* (рисунок 1.в) та розраховувати взаємопов'язані ланцюги [3, 4, 6].

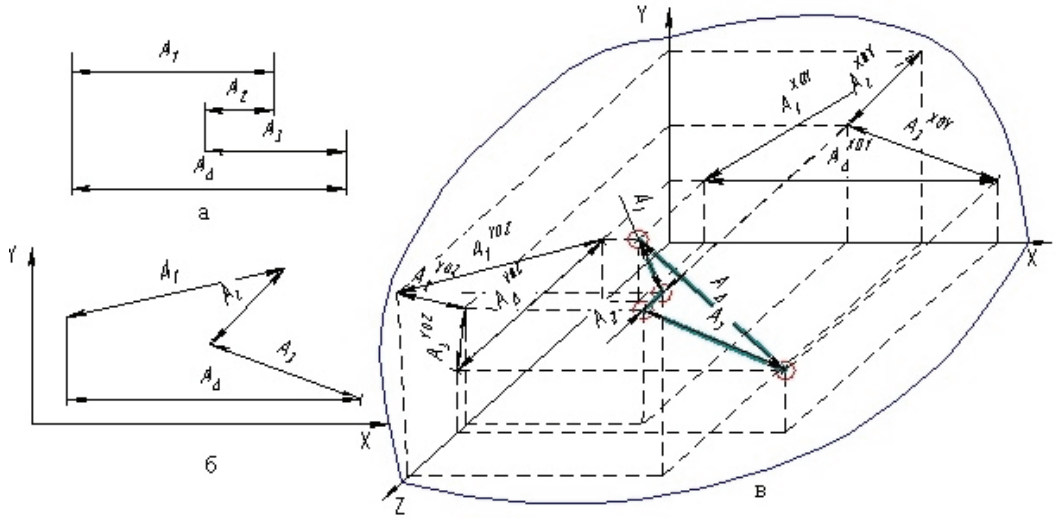


Рисунок 1 – Приклади розмірних ланцюгів: а) лінійний, б) плоский, в) просторовий

Методи та результати

Головна перевага тривимірного моделювання полягає в тому, що усередині математичного опису форми моделі містяться дані про структуру виробу в цілому і окремих деталей як набору поверхонь або елементів форми, що надає нові можливості по розвитку математичних методів теорії базування, просторових розмірних ланцюгів (рисунок 2) і багатьох інших областей, розвиток яких досяг, здавалося б, максимальних висот при використанні двомірного представлення деталі.

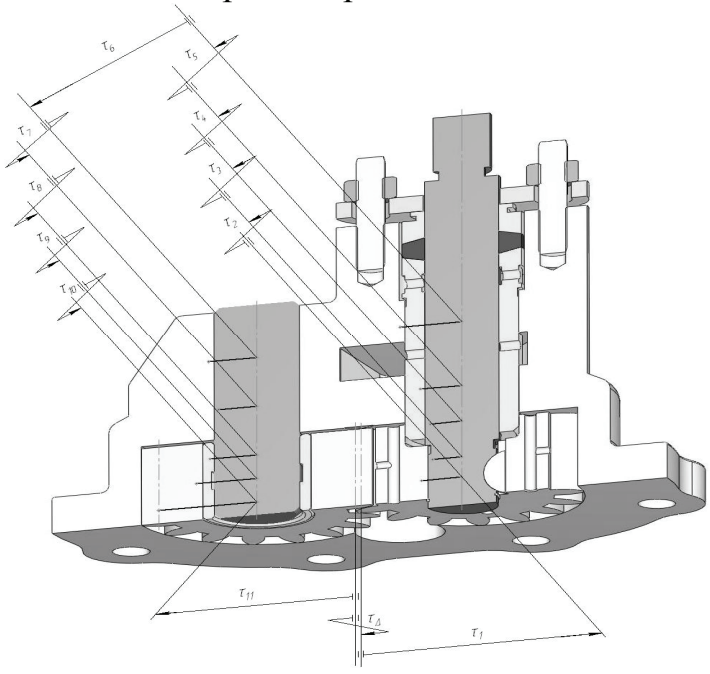


Рисунок 2– Тривимірна модель складальної одиниці та її розмірні ланцюги

Важливим фактором, що описує тривимірну модель, є розмірні зв'язки між поверхнями деталей. Аналіз розмірних зв'язків

використовується при дослідженні систем конструкторського, технологічного та метрологічного призначення. Універсальність теорії розмірного аналізу забезпечує формальний підхід та враховує статистичні характеристики їх функціонування. Ефективно дослідити закони розподілу параметрів замикаючої ланки дозволяє математичне моделювання в поєднанні з плануванням експерименту. Аналізуючи імовірнісний характер системи з певною вірогідністю, можна стверджувати про якість процесу та визначити найбільш економічні шляхи досягнення поставленої мети [2].

Для дослідження була створена тривимірна модель, на якій виявлені розмірні зв'язки. Розсіювання номіналів складових ланок імітувалося за допомогою генератора випадкових величин за нормальним законом розподілу (рисунок 3), необхідна кількість реалізацій встановлювалась умовно в залежності від розробленої матриці планування екстремальних експериментів за планом повного факторного експерименту ПФЕ 2н з наданням можливості подальшого переходу до нелінійної моделі з використанням центрального рототабельного комбінаційного планування другого порядку ЦРКП [5].

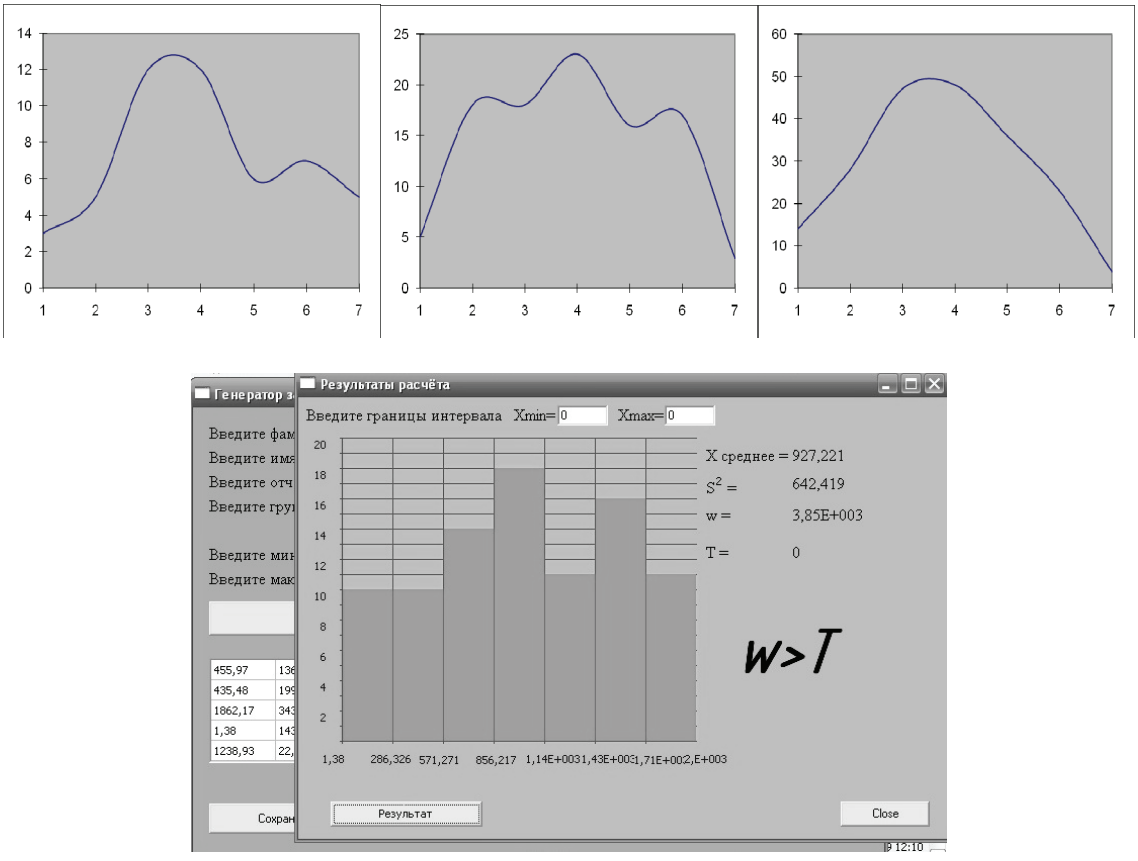


Рисунок 3– Результати роботи генератора випадкових чисел

Моделювання здійснювалось з врахуванням варіювання чинників в межах, що найчастіше вживані в конструкціях вимірювальних приладів та технологічному оснащенні: кількість ланок, квалітет точності замикаючої ланки та номінальні значення складових ланок (таблиця 1).

Таблиця 1 – Фактори та рівні варіювання

Фактори	Позначення фактора	Нижній рівень	Нульовий рівень	Верхній рівень
Кількість ланок	m	3	5	7
Передаточне відношення	C_i	-1	0	+1
Номінальне значення	A_i	20	40	60
Квалітет точності	W_i	14	10	6
Кількість реалізацій	N	25	275	525

Згідно матриці планування експерименту, проведено віртуальне складання умовного виробу. Параметром, що досліджується, була величина поля розсіювання замикаючої ланки та відповідність закону нормального розподілу. Розрахунки коефіцієнтів регресійної моделі проводились за допомогою програмного продукту STATISTICA 7 з перевіркою їх значущості за допомогою t-критерія Ст'юдента та F-критерія Фішера (рисунок 4).

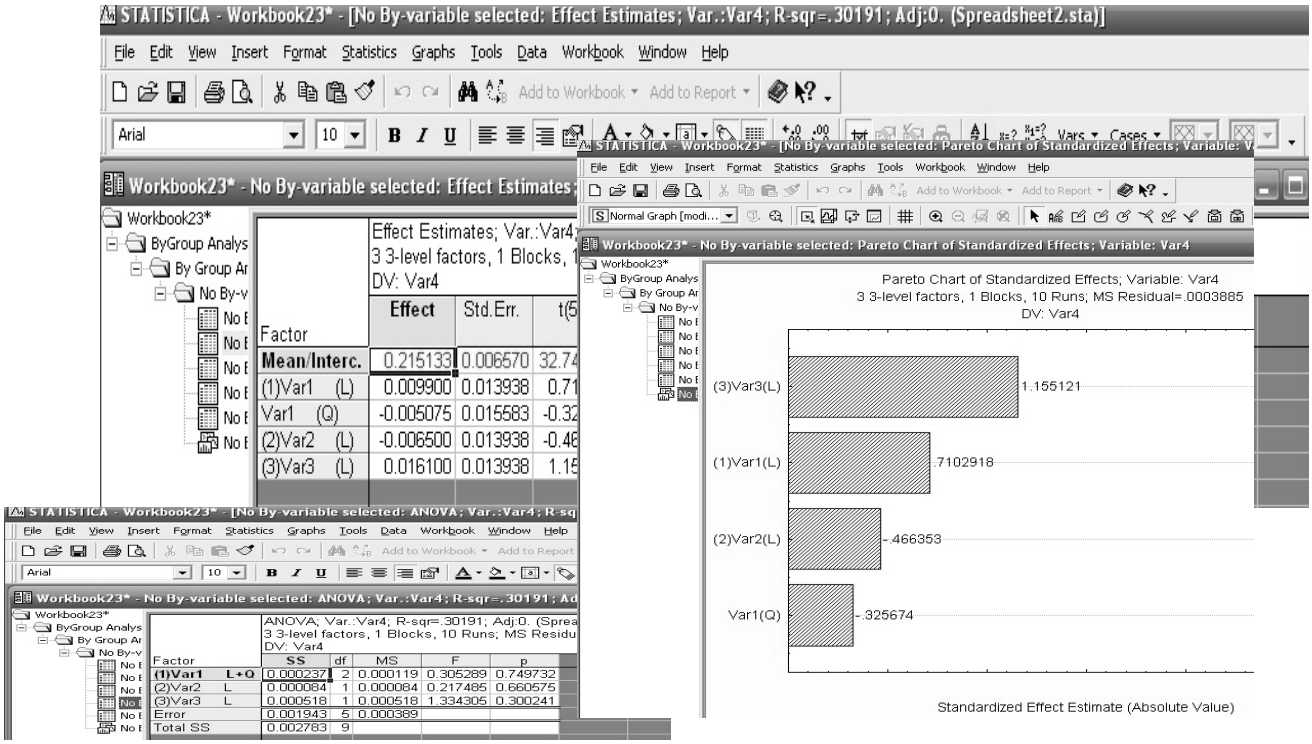


Рисунок 4 – Таблиці дисперсійного аналізу та карти Парето

Теоретичні розробки в створенні інтерактивного режиму співпраці інженерно-технічних працівників, що задіяні в конструкторсько-технологічному підготовленні виробництва, втілені в PLM, підвищують ефективність виробництва, та забезпечують розвиток комп'ютерних мереж в масштабі підприємства, дозволяють зробити перші кроки на шляху до створення повністю електронних моделей не тільки окремих деталей, але і складних виробів та технологічних систем, і їх виготовлення.

Висновки

Таким чином, можна зробити висновки про підвищену роль аналізу просторових розмірних ланцюгів для методології оптимального конструкторського та технологічного проектування у разі представлення деталі у вигляді тривимірної математичної моделі. Придатність розроблених моделей для використання у вигляді алгоритмів і програм дозволяє вбудовувати їх як розрахункові модулі в комп'ютерні системи тривимірного конструкторсько-технологічного проектування. Вважаємо за необхідне в подальшому розробку універсальних алгоритмів імітаційного моделювання та прикладного програмного забезпечення розрахунку розмірних ланцюгів для наскрізного автоматизованого проектування «виріб – технологія – вимірювання» з урахуванням чинників, що суттєво впливають на точність замикаючої ланки просторових розмірних ланцюгів незалежно від їх призначення.

Література

1. *Хокс Б.* Автоматизированное проектирование и производство. – М.: Мир, 1991. – 796 с.

2. *Павленко П.М.* Автоматизовані ситеми технічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: Монографія. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 280 с.

3. *Бондаренко С.Г., Чередников О.Н., Губий П.П., Игнатцев Т.М.* Розмерный анализ конструкций /Спарвочник. – К.: Техніка, 1989. – 150 с.

4. *Бондаренко С.Г.* Основи технології машинобудування. Навчальний посібник. – Львів: «Магнолія2006», 2007. – 500 с.

5. *Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий – М.: Наука, 1971. – 280 с.

6. Цепи размерные. Методика расчета плоских размерных цепей при переменных передаточных отношениях. Методические рекомендации МР – 35-85. – М.: ВНИИНМАШ, 1982. – 46 с.

УДК 005.311.2:004.94

ПАВЛЕНКО П.М., Д-Р ТЕХН. НАУК, ЗАДОНЦЕВ Ю.В., АСПІРАНТ,

Національний авіаційний університет

ЧЕРЕДНІКОВ О.М., КАНД. ТЕХН. НАУК,

Чернігівський державний технологічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОБНИЧОГО ОБЛАДНАННЯ

Вступ

Значна частина виробничого обладнання вітчизняних промислових підприємств у найближчі роки використає свій ресурс або вже працює за межею свого проектного ресурсу, що є основною причиною поломок, простоїв та виробничих аварій. Найбільш дієвим засобом зниження виробничих витрат і запобігань збоїв у роботі підприємств є вдосконалення технічного обслуговування та ремонтів основних фондів. Для забезпечення ефективної та надійної експлуатації обладнання потрібен регулярний контроль та аналіз його технічного стану, який включає збір та обробку відповідних параметрів, що характеризують стан обладнання. При цьому кількість таких параметрів може досягати кількох десятків, а з врахуванням факторів зовнішнього середовища − кількох сотень.

Незважаючи на існуючі методи контролю стану виробничого обладнання, у наш час немає методів, які б дозволяли на основі зафіксованих значень окремих параметрів обладнання отримувати об’єктивну оцінку поточного стану обладнання й прогнозувати розвиток цього стану. Це пов’язано не тільки з великою множиною режимів та нелінійним характером функціонування обладнання, а й з відмінностями між фізичною природою параметрів, які спостерігаються, вимірюються та характеризують стан обладнання.

Постановка задачі

Автоматизовані системи управління виробничими фондами − EAM-системи (Enterprise Asset Management) впроваджені на підприємствах промислово розвинутих країн світу. Використання їх українськими підприємствами почалось із 2000-х років. Системи забезпечують ведення баз даних характеристик обладнання, його ремонтів, обслуговування тощо.

Одначе, у цих системах відсутні засоби аналізу та прогнозування технічного стану обладнання, а також інструменти обробки значень параметрів, які характеризують технічний стан. Ці параметри представлені слабоформалізованими даними, а їх опис та моделювання і є об’єктом цього дослідження.

Методи та результати

Проведемо формалізований опис процесів основного етапу життєвого циклу обладнання − експлуатації. Так, кожний конкретний стан обладнання має фіксовані взаємозв'язки між його структурними компонентами, які встановлюються як у процесі функціонування цього об'єкту (знос), так і в результаті дії на нього людини (ремонт, відновлення та інше) та навколишнього середовища (природне старіння матеріалів, окислення й таке інше). Особливості станів обладнання проявляються в формі сукупності різнорідних фізичних ефектів. Саме ці ефекти є відмінними ознаками, які характеризують та ідентифікують стан об'єкту, що досліджується. Тому виявлення структури і характеру взаємозв'язків між параметрами, які реєструються, та параметрами, що спостерігаються з позицій системного підходу, відіграють визначну роль для розуміння механізмів ідентифікації станів досліджуваних об'єктів та їх послідовних змін.

Визначення цієї проблеми можливе шляхом побудови та дослідження моделей процесів життєвого циклу обладнання. При цьому потрібно використовувати сукупність параметрів і характеристик, які представляють собою неформалізовані значення, кожного конкретного об'єкту фахівцями певної прикладної галузі (наприклад, металооброблювальні верстати, різноманітні контрольно-вимірювальні прилади, транспортні засоби та інше обладнання). На основі цих емпіричних даних провести перевірку моделі на її адекватність реальному виробничому обладнанню.

Але побудова моделі змін станів обладнання на основі рівнянь фізико-хімічних законів різних процесів, що відбуваються в матеріалах і конструкціях обладнання, є дуже складним процесом. Вони мають різноманітну та складну природу і, як правило, не можуть бути представлені інтегральними та диференціальними рівняннями.

Разом з тим, з погляду об'єктно-орієнтованого підходу [1], всі досліджувані об'єкти (виробниче обладнання) представляють собою сутності, які мають життєвий цикл. Тобто, ці об'єкти проектуються, виробляються, здаються в експлуатацію, модифікуються та з часом змінюють свої параметри. У кінці життєвого циклу обладнання списується, демонтується та утилізується.

Для оцінки та прогнозування технічного стану обладнання використовуються ретроспективні дані, які фіксуються на протязі всього їх життєвого циклу. Оскільки відсутні інформаційні технології моніторингу виробничого обладнання, то потрібні дані виявляються та фіксуються під час проведення оглядів, випробувань, вимірювань та ремонтів.

Фактор часу має суттєвий вплив на технічний стан. Дія часу є безперервною. Але обстеження обладнання та фіксування значень параметрів, що характеризують його стан, відбувається не безперервно, а періодично, у дискретні моменти часу. Таким чином, будь-яку упорядковану послідовність станів обладнання $\{p_0, p_1, ..., p_k, ...\}$ потрібно

пов’язувати зі зміною часу і називати «подієвим» часом [2], оскільки при дослідженні фіксуються дискретно змінні значення параметрів, які характеризують технічний стан обладнання. Тому, у моделі безперервний час може бути замінений послідовністю зафіксованих значень параметрів.

У процесі експлуатації обладнання та його компоненти витримують різноманітні статичні та динамічні навантаження. При цьому не всі фактори, які діють на обладнання, можуть бути проконтрольовані та виміряні через те, що є значна невизначеність у поведінці як самого обладнання, так і його структурних компонентів (наприклад, станина, двигун, шпиндель та ін.). Ці обставини значно ускладнюють отримання оцінки поточного стану обладнання, яке спостерігається, та прогнозування його змін у майбутньому.

Неконтрольовані фактори в теорії дослідження операцій розділяються на три групи: фіксовані, випадкові та невизначені [2, 3].

Фіксовані неконтрольовані фактори − це фактори, значення яких точно відомі. Так, для різних приладів, пристроїв і багатьох верстатів відомий час напрацювання на відмову. Але при різних режимах експлуатації та під впливом навколишнього середовища цей час може бути скороченим або, навпаки, збільшеним при порівнянні зі значенням, вказаним у технічній документації на це виробниче обладнання. У цьому випадку час виходу обладнання з ладу є неконтрольованим фактором.

Випадкові неконтрольовані фактори являють собою випадкові величини, функції розподілення яких відомі. Невизначені неконтрольовані фактори є детермінованими або випадковими величинами, в яких відома тільки область можливих значень або клас можливих законів розподілення.

Таким чином, вирішення завдання з оцінки стану виробничого обладнання ускладнено внаслідок найбільш типових причин. А саме:

- велика розмірність вектора параметрів, що характеризує стан обладнання;
- динамічний і стохастичний характер навантажень на обладнання та процесів, що в ньому відбуваються;
- природне старіння і знос матеріалів, з яких побудоване обладнання;
- наявність у векторі параметрів, що характеризують стан об’єкту як кількісних, так і якісних змінних;
- необхідність врахування руйнуючого впливу на обладнання мінливого навколишнього середовища;
- складність конструкції та структури обладнання.

Крім того, у наш час відсутні системи (як автоматизовані, так і неавтоматизовані) регулярного контролю технічного стану виробничого обладнання та системи інформаційного моніторингу. Тому, під час аналізу та оцінки стану обладнання вихідні дані представляють в неформалізованому чи слабо формалізованому вигляді, з використанням інтервальних значень, бальних оцінок, номерів груп, класів обладнання та ін. Наявність у вихідних даних понять та відношень з несуворими

рамками, а також використання багатозначної шкали істинності дозволяють віднести ці дані до нечітких.

Під час аналізу нечіткої інформації важливим є інтерпретація нечітких даних, оскільки надалі вона знаходить своє відображення в отриманих оцінках етапів досліджуваних об'єктів, прогнозуванні та прийнятті рішень. Інтерпретація нечіткості дозволяє сформулювати правила виводу для нечіткої логіки та представити результати в зрозумілій формі.

Відповідно використаємо інтерпретацію понять «стан», «ситуація» та «подія» стосовно досліджуваних об'єктів.

Так, під станом $\{a\}$ або множиною станів обладнання $A = \{a_i \mid i = \overline{1,I}\}$ розуміють значення, величину, якість об'єкта або його частини, які було вибрано для спостереження і за якими спостереження ведеться систематично.

Множину ситуацій $S = \{s_j \mid j = \overline{1,J}\}$ приймемо за «передісторію» етапів, які були реалізовані або очікуються через певний проміжок часу $[t_1,\ t_0],\ 0 \le t_1 \le t_0 \le T$ за весь час експлуатації обладнання. Таким чином, «передісторії» можуть відображати минулий, теперішній та майбутній стан або множину станів обладнання на протязі всього часу його експлуатації.

Під подією $\{p\}$ і множиною подій $P = \{p_j \mid j = \overline{1,J}\}$ розуміють сукупність природних, техногенних, антропогенних впливів, які впливають на обладнання або його частину під час експлуатації.

Множину параметрів станів $a_i \in A$ виробничого обладнання представимо у вигляді математичного запису $G = \{g_n \mid n = \overline{1,N}\}$. Значення кожного з параметрів $g_n \in G$ може бути представлено у вигляді:

- текстового опису;
- бальних оцінок;
- інтервальних оцінок діапазонів значень;
- дійсних чисел, які встановлюються вимірювальними приладами;
- номерами чи індексами груп або класів обладнання.

Для формалізації опису значень, яких можуть набувати параметри $g_n \in G$, введемо множину лінгвістичних змінних $W = \{w_r^n \mid n = \overline{1,N};\ r = \overline{1,R_n}\}$, значеннями яких є терми із терм-множин $E = \{e_m \mid m = \overline{1,M}\}$, де M – потужність цієї множини. При цьому, кожному терму $e_m^n \in E$ ставиться у відповідність певна функція $f_{e_m}(d_n),\ \partial e\ d_n \in D,\ a\ D$ – базова шкала параметра $g_n \in G$. Тоді стан обладнання в будь-який момент часу $t \in [0,T]$ можна представити як $a_i^t = f(G^t)$.

Враховуючи вищезгадані поняття й трактування параметрів, що характеризують стан конкретного обладнання, можна зробити висновок,

що значення оцінок стану обладнання також представляються термами з множини лінгвістичних змінних $X = \{x_k \mid k = \overline{1,K}\}$. Значеннями змінних $x_k \in X$ є терми з терм-множини $Q = \{q_h \mid h = \overline{1,H}\}$. Кожному терму $q_h \in Q$ ставиться у відповідність певна функція − правило виводу $\psi(v_k),\ де\ v_k \in V_k,\ а\ V_k -$ базова шкала можливих значень змінних $x_k \in X.$ Тобто, терм-множина Q є множиною можливих якісних оцінок різних станів виробничого обладнання.

Для отримання поточної та прогнозованої оцінки станів обладнання використовуються правила їх виводу:

$$\psi(w) = \bigcup_{k=1}^{K} (якщо\ \langle G \rangle k_1,\ то\ \langle X \rangle k_2. \tag{1}$$

Таким чином, у загальному вигляді математична модель визначення оцінки стану виробничого обладнання буде такою:

$$Z = \langle A,\ S,\ P,\ G,\ W,\ X,\ Q,\ \psi(v) \rangle. \tag{2}$$

Для подальшої формалізації параметрів оцінки станів обладнання автори використовують методологію та інструментальні засоби ARIS, які дозволяють побудувати відповідні процесні діаграми та діаграми побудови нечітких даних автоматизованої підсистеми інформаційного моніторингу стану виробничого обладнання промислових підприємств.

Висновки

Отримано формалізований опис різнорідних параметрів та даних, які характеризують стан виробничого обладнання. Побудована узагальнена модель оцінки стану виробничого обладнання на етапі його експлуатації. Отримані результати дослідження використовуються для побудови підсистеми інформаційного моніторингу даних виробничого обладнання промислових підприємств.

Література

1. *Шлеер С., Мелор С.* Объектно-ориентированый анализ: моделирование мира в станах. – К.: Диалектика, 1993. – 229 с.
2. *Поспелов Д.А.* Многоагентные системы – настоящее и будущее //Информационные технологии и вычислительные системы. – 1998. – № 1. – С. 14-21.
3. *Хокс Б.* Автоматизированное проектирование и производство. – М.: Мир, 1991. – 796 с.
4. *Павленко П.М.* Автоматизовані ситеми технічної підготовки розширених виробницт. Методи побудови та управління: Монографія. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 280 с.

УДК 531.7

Борковський О.В. асистент
Національний авіаційний університет

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ АВІАЦІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ

Вступ

Комп'ютеризована система технічного зору широко застосовується в промисловості, дозволяючи значно підвищити продуктивність і якість виготовленої продукції.

Однією з основних завдань, які повинні бути вирішені вимірювальними роботами, є розпізнавання, визначення положення деталей на транспортері, вимірювання і контроль об'єктів, що перебувають у його робочій зоні. В промисловому виробництві основною інформаційно-вимірювальною системою для визначення параметрів авіаційних деталей є комп'ютеризована система технічного зору (КСТЗ). Широке застосування КСТЗ дозволяє вимірювальному роботу функціонувати в цехових умовах в режимі реального часу, а також забезпечує вилучений контроль за роботою маніпулятора.

Аналіз досліджень та публікацій

Комп'ютеризована система технічного зору під час контролю параметрів авіаційних деталей здатна обробляти не тільки плоскі, але й об'ємні (тривимірні) зображення шляхом аналізу кольоровості зображення або шкали чорно-білого. Як правило, у стінах промислового підприємства машинний зір виконує такі завдання, як перевірка якості складання, виявлення браку, контроль розмірів деталей, ідентифікація, придатність деталей, автоматичне складання, сортування, оптичне розпізнавання символів і керування технологічним процесом виробництва деталей [1-3].

Досвід застосування комп'теризованих робототехнічних систем показує, що істотне розширення їхніх функціональних можливостей і підвищення продуктивності може бути досягнуте за рахунок подальшого інтенсивного розвитку сенсорних пристроїв і підвищення рівня інтелекту. Сучасні системи дозволяють використовувати для керування такими системами різноманітні потоки зорової, тактильної, звукової, мовної й іншої інформації. Візуальна інформація сприймається й обробляється за допомогою так званих систем технічного зору, які можуть діяти в оптичному, ультразвуковому й радіохвильовому діапазонах Створені також системи аналізу візуальної інформації, що діють на основі проникаючих та іонізуючих випромінювань: рентгенівських, гамма-

променів та ін. Останнім часом розроблені також тактильні аналізатори візуальної інформації, що дозволяють шляхом «обмацування» об'єктів одержувати достовірні відомості про їхню форму.

В області автоматичної обробки візуальної інформації в оптичному діапазоні в цей час досягнуті більші успіхи, і зараз фахівцям добре відомі переваги використання систем технічного зору при виконанні широкого ряду виробничих операцій, контролю продукції й ін. Потреба в автоматичному візуальному контролі постійно збільшується, і зростає необхідність застосування відповідних аналізаторів, що володіють необхідною швидкодією й здатністю контролювати об'єкти зі складними структурами, що змінюються, [3-6]. Для задоволення цих вимог відповідні системи технічного зору повинні мати здатність обробляти напівтонові зображення й виконувати численні функції, необхідні для інтерпретації зображень.

Постановка задачі

Розробити комп’ютерізовану систему технічного зору для контролю авіаційних деталей в умовах масового виробництва, а також алгоритм моделювання та структуру системи.

Розв’язання задачі

Більшість відеокамер із Пзс-фотоматрицею на виході формують стандартний телевізійний електричний сигнал. Для введення зображення з фотоматриці в ПК електричний відеосигнал піддається дискретизації й квантуванню. Операцію дискретизації й квантування звичайно виконують такі пристрої, як фреймграббер, плати відео захвату й т.п., до складу яких входить швидкісний АЦП. У результаті в пам'яті ПК формується цифрове зображення, що представляє собою двовимірну матрицю цілочисельних ненегативних значень, пропорційних світловому потоку, що потрапив за час кадру (напівкадру) на відповідний елемент фотоматриці.

У зв’язку з тим, що масив візуальної інформації досить великий, його обробка можлива за допомогою комп’ютеризованих систем. Розроблена система комп’ютеризованого технічного зору (рисунок 1) складається з пристроїв освітлення сцени, відео сенсорів, схем аналогового перетворення сигналу, блоків, що забезпечують цифрове зображення, попередню цифрову обробку, та сегментацію зображення, спеціалізованого програмного забезпечення, ЕОМ та інше. Налаштування комп’ютеризованої системи технічного зору (КСТЗ) дуже сильно залежить від апаратури, з якої вона складається. Як обчислювальний блок використовувався персональний комп'ютер. КСТЗ має спеціальні обчислювальні засоби для обробки зображень,здатні виділяти достатній процесорний час для роботи інших процесів, що виконуються паралельно з обробкою відеоінформації. КСТЗ аналізує деяку ділянку робочого простору, і з появою в полі зору телекамери рухливого об'єкта обчислюються координати його місцезнаходження й швидкість руху. Причому, якщо

робота відбувається в невизначених умовах, виникає завдання обробки складного тла при непостійному освітленні через зміну погодних умов, а також часу доби.

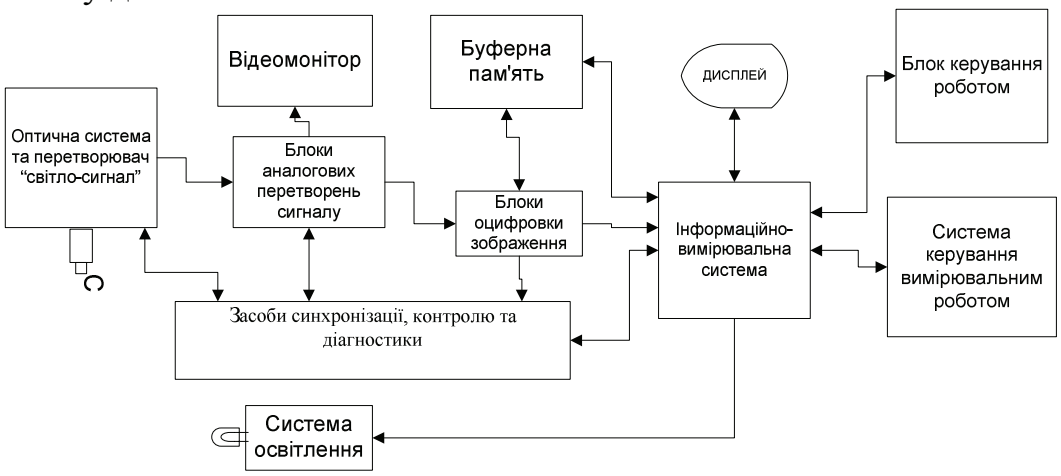


Рисунок 1 – Структура комп'ютеризованної системи технічного зору для контролю деталей

Щоб зменшити обсяг інформації, який повинен бути оброблений, вихідне растрове зображення перетворюється у векторне. Такий підхід також дозволяє зробити процес розпізнавання більш гнучким. При спостереженні об'єкта типу «прямокутний паралелепіпед» у поле зору КСТЗ попадає об'єкт вимірювання, що описується 9 ребрами. Якщо кожне ребро представити у вигляді вектора, а у пам'яті інформаційно-вимірювальної системи кожен вектор описується двома крапками, то сукупний обсяг інформації для подальшої обробки буде становити 2*x*9*x*4 байти=72 байта, що істотно менше розміру вихідного зображення (64000 байт). При якісному перетворенні не буде загублена інформація про положення й орієнтацію об'єкта щодо робота, тому що вона втримується в описі ребер об'єкта. Для подання об'єктів, які обмежені поверхнями 2-го порядку, необхідно виділяти ребра, задані відрізками кривих 2-го порядку, що призводить до збільшення часу.

Переважна більшість реальних об'єктів обмежена плоскими й круговими поверхнями. Для апроксимації прямих ділянок використане стандартне рівняння прямої, за допомогою якого описуються прямі з довільною орієнтацією:

$$A \cdot X + B \cdot Y + C = 0 \tag{1}$$

Для підрахунку значень параметрів рівняння використовується метод найменших квадратів (МНК), що приводить до системи рівнянь (2) при З=-1.

$$\begin{cases} A \cdot \sum X_i^2 + B \cdot \sum (X_i \cdot Y_i) = \sum X_i \\ A \cdot \sum (X_i \cdot Y_i) + B \cdot \sum Y_i^2 = \sum Y_i \end{cases} \tag{2}$$

Під час проекції на площину кругові поверхні вироджуються в криві другого порядку: еліпс, гіперболу, параболу. Тому для опису криволіній-

них ділянок було простіше використовувати відповідні параметри канонічних рівнянь.

Проте, для цього необхідно попередньо визначити тип кривої. Тому апроксимація криволінійних ділянок контуру проводиться за допомогою загального рівняння кривої другого порядку (3).

$$Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F = 0 \tag{3}$$

Підрахунок параметрів рівняння також проводиться по МНК, для чого використовується система рівнянь (4), отримана після необхідних перетворень.

$$\begin{cases} A\sum_{i=1}^{n} x_i^4 + B\sum_{i=1}^{n} x_i^2 y_i^2 + C\sum_{i=1}^{n} x_i^3 y_i + D\sum_{i=1}^{n} x_i^3 + E\sum_{i=1}^{n} x_i^2 y_i = \sum_{i=1}^{n} x_i^2 \\ A\sum_{i=1}^{n} x_i^2 y_i^2 + B\sum_{i=1}^{n} y_i^4 + C\sum_{i=1}^{n} x_i y_i^3 + D\sum_{i=1}^{n} x_i y_i^2 + E\sum_{i=1}^{n} y_i^3 = \sum_{i=1}^{n} y_i^2 \\ A\sum_{i=1}^{n} x_i^3 y_i + B\sum_{i=1}^{n} x_i y_i^3 + C\sum_{i=1}^{n} x_i^2 y_i^2 + D\sum_{i=1}^{n} x_i^2 y_i + E\sum_{i=1}^{n} x_i y_i^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i \\ A\sum_{i=1}^{n} x_i^3 + B\sum_{i=1}^{n} x_i y_i^2 + C\sum_{i=1}^{n} x_i^2 y_i + D\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + E\sum_{i=1}^{n} x_i y_i = \sum_{i=1}^{n} x_i \\ A\sum_{i=1}^{n} x_i^2 y_i + B\sum_{i=1}^{n} y_i^3 + C\sum_{i=1}^{n} x_i y_i^2 + D\sum_{i=1}^{n} x_i y_i + E\sum_{i=1}^{n} y_i^2 = \sum_{i=1}^{n} y_i \end{cases} \tag{4}$$

Необхідно відзначити, що з параметрів рівняння (3) можна одержати деякі величини, які визначають тип кривої і є інваріантними щодо переносу й повороту осей координат [3].

$$J_1 = A + B; \quad J_2 = \begin{vmatrix} A & C/2 \\ C/2 & B \end{vmatrix}; \quad J_3 = \begin{vmatrix} A & C/2 & D/2 \\ C/2 & B & E/2 \\ D/2 & E/2 & F \end{vmatrix}; \quad J_4 = \begin{vmatrix} B & E/2 \\ E/2 & F \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A & D/2 \\ D/2 & F \end{vmatrix} \tag{5}$$

Наприклад, при $J_2 > 0$, $J_3 \neq 0$ і $J_3/J_1 < 0$ апроксимуюча крива є еліпсом.

У випадку, коли A=B=C=0, рівняння (3) вироджується в класичне рівняння прямої (1). Іншими словами, рівняння (1) є часткою рівняння (3). Тому було розглянуте питання про можливість розробки загального підходу до апроксимації ділянок контуру за допомогою рівняння (3) незалежно від типу контурних ліній. Однак, експерименти показали, що даний підхід неприйнятний, тому що для цього необхідно щоб кількість крапок апроксимуючого відрізка була досить великою, і вони ідеально збігалися з крапками прямої. Тільки в цьому випадку значення параметрів A, B, C будуть близькі до нуля. Цього, як правило, не буває на реальних зображеннях, і тому більшість прямолінійних ділянок контуру апроксимується рівнянням кривої другого порядку.

Для правильного визначення типу кривої застосована стратегія, при якій всі ділянки контуру спочатку апроксимуються відрізками прямих. Далі підраховується середня відстань від крапок контуру до

апроксимуючої прямої. У випадку, якщо ця відстань більше, ніж припустиме значення, то якість апроксимації вважається неприйнятною, і дана ділянка апроксимується за допомогою кривої другого порядку. У результаті за допомогою рівнянь (1) і (3) вдається правильно апроксимувати до 90% ділянок контуру складного об'єкта.

Після первинної апроксимації виявляється ряд характерних дефектів,

1 − апроксимація тої самої ділянки декількома кривими через кінцеву товщину контуру; 2 − помилкове визначення типу кривої; 3 − розрив при апроксимації суцільного контуру; 4 − незв'язані кінці ділянок.

Без усунення цих недоліків неможливо одержати якісний опис контуру. Для вирішення цієї проблеми здійснюється інтерпретація результатів первинної апроксимації. У процесі інтерпретації спочатку виконується групування й об’єднання всіх ліній, що належать одній ділянці контуру. Використання стандартних алгоритмів оцінки взаємного розташування досліджуваних ділянок, заснованих на підрахунку деяких геометричних параметрів, не приводить до вирішення питання у випадку порівняння змішаних ділянок з прямих і кривих ліній.

Усунення дефекту 1 полягає в об'єднанні близько розташованих кривих [2].

Для усунення дефекту 2 розроблений алгоритм, робота якого заснована на оцінці виниклих відхилень при натягуванні крапок коротких ділянок на опис довгих, виходячи з того міркування, що довга ділянка апроксимована точніше. Дана процедура виконується незалежно від типу контурних ліній. Для оцінки якості роботи даного алгоритму підраховується середнє значення відстані від крапок контуру до апроксимуючої кривої. Важливо відзначити, що для підрахунку цих відхилень, так же як і для підрахунку нових параметрів апроксимації, відпадає необхідність повторної роботи з координатами окремих крапок контуру.

Дефект 3 у загальному випадку може проявлятися в трьох різних формах: кожна ділянка контуру апроксимується декількома лініями, які мають однакові параметри, але при цьому вони можуть перекривати або не перекривати один одного (мал. 2).

При усуненні цього дефекту різні ділянки A_iB_i поєднуються в одну ділянку AB. Об'єднання проводиться на підставі співвідношення (5).

$$\left|AB\right| \le \left|A_1B_1\right| + \left|A_2B_2\right| + L_0 \qquad (6)$$

У результаті кожна ділянка контуру об'єкта описується одною лінією.

Оскільки окремі ділянки контуру описують реальний об'єкт, необхідно знайти крапки перетинання знайдених ділянок і замкнути контурну лінію, усунувши тим самим дефект 4. Для цього необхідно уточнити кінцеві крапки виділених ділянок контуру й зістикувати їх. Уточнення кінцевих крапок проводиться виходячи з припущення, що кінцевими крапками кожної лінії повинні бути крапки її перетинання з іншими лініями, що утворять контур. Залежно від типу пересічних ліній

зазначені крапки перевіряють за допомогою рішення відповідних систем рівнянь.

У результаті виходить якісний опис контуру, в якому усунуті усі вище відзначені характерні дефекти первинної апроксимації.

У розроблених алгоритмів є кілька застосувань. Одним з них є можливість знаходження об'єкта відомої форми, що лежить зверху овалу. Оскільки об'єкт, що лежить зверху, не може бути перекритий іншими об'єктами, його контур виділяється цілком Обмеженням для даного алгоритму є наявність отворів.

Ще одним можливим застосуванням даних алгоритмів є розпізнавання об'ємних образів. Для ідентифікації типу спостережуваного об'єкта використовується база даних еталонних образів. У базі даних зберігаються типи об'єктів відповідно до числа граней і ребер у них (а також символічні правила визначення орієнтації, які являють собою відносини між геометричними параметрами образа й поточним положенням рухливої телекамери).

Ці відносини дозволяють за допомогою стереометричних залежностей знайти орієнтацію об'єкта щодо робота. Додавання нових характеристик об'єктів буде відбиватися тільки на розмірності баз даних і не буде порушувати загальну її структуру. Наприклад, таким параметром може служити кількість отворів у гранях об'єкта.

Висновки

Розроблена структура комп’ютеризованої системи технічного зору для вимірювання геометричних параметрів деталей. Реалізований алгоритм апроксимації растрового зображення кривими другого порядку. Ведеться робота над базою даних еталонних образів і алгоритмом руху рухливої телекамери для спостереження об'єкта.

Література

1. Интеллектуальные системы автоматического управления /Под ред. *Макарова И.М., Лохина В.М*. – М.: Физматлит, 2001. – 576 с.
2. *Бурдонов И.Б.* Обход неизвестного ориентированного графа конечным роботом //программирование. 2004. – № 4. – С. 11-34.
3. *Afec Y., Gafni E.* Distributed Algorithms for Unidirectional Networks //SIAM J. Comput. 1994. – V. 23, № 6. – P. 1152-1178.
4. *Анріанов Ю.Д., Глейзер Л.Я., Игнатьев М.Б.* и др. /Под общ. ред. *Макарова И.М., Чиганова В.А.* Управляющие системы промышленных роботов. – М.: Машиностроение, 1984. – 288 с. ил. – (Автоматические манипуляторы и робототехнические системы).
5. *Юревич Е.И.* Основи робототехники. – М.: Машиностроение, 1985. – 271 с.

УДК 531.7

ТИМОФІЄВА М.А., АСПІРАНТ

Національний авіаційний університет

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО РОБОТА

Вступ

У зв'язку з розширенням сфери використання систем управління робототехнічними комплексами задачі по забезпеченню високої якості, надійності, точності і швидкодії вимірювання набули актуальності [1]. Важливими питаннями при цьому є вибір оптимальної траєкторії руху й орієнтації датчика координатно-вимірювальної машини (КВМ), вимірювання об'єктів зі складною просторовою поверхнею з урахуванням їх особливостей і перешкод в умовах апріорної невизначеності та при наявності різного роду збурень [2-3].

Вищезазначені задачі викликають необхідність розробки алгоритмічних засобів автоматизованого програмування і оптимізації рухів вимірювального робота, які забезпечують адаптацію до збурень і перешкод. Необхідна можливість оперативного врахування додаткової інформації, яка поступає в процесі вимірювання, і відповідним чином реагування та коректування процесу вимірювання.

Методи та результати

Динаміка маніпуляторів вимірювального робота описується диференціальним рівнянням виду [4]:

$$A(q,\xi)\ddot{q} + b(q,\dot{q},\xi) = u, \quad t \in \left[t_0, t_T\right], \tag{1}$$

де $q = q(t)$ – n-вимірний вектор узагальнених координат в момент часу t;

$\dot{q}$, $\ddot{q}$ – відповідно швидкість і прискорення зміни q;

u – n-вимірний вектор керуючих сил чи моментів, які виробляються виконуючими приводами;

ξ – N-вимірний вектор параметрів (інерційні характеристики ланок і об'єкту маніпулювання, коефіцієнти сухого та в'язкого тертя та інше);

$t - t_0 = T$ – час руху;

$A(q,\xi),\ b(q,\dot{q},\xi)$ – матриця-функція і вектор-функція розмірності $n \times n$ і n, що задані відповідно.

Рух маніпулятора та дія приводів, що управляють, обмежені:

$$q(t) \in Q_q, \quad \dot{q}(t) \in Q_{\dot{q}} \text{ при всіх } t \in \left[t_0, t_T\right]; \tag{2}$$

$$u(t) \in Q_u \text{ при всіх } t \in \left[t_0, t_T\right], \tag{3}$$

де $Q_q,\ Q_{\dot q},\ Q_u$ – задані множини, вид яких визначається конструкцією робота.

Стан маніпулятора в момент часу t визначається вектором

$$x(t)=\begin{vmatrix} q(t) \\ \dot q(t) \end{vmatrix}.$$

Задача керування рухом полягає в тому, щоб перевести маніпулятор із заданого початкового положення x_0 у кінцевий стан x_1, тобто розв'язання рівняння динаміки повинно задовольняти граничним умовам [5]

$$\left.\begin{aligned} q(t_0)=q_0,\quad q(t_T)=q_1 \\ \dot q(t_0)=\alpha_0,\quad \dot q(t_T)=\alpha_1 \end{aligned}\right\}. \tag{4}$$

Таким чином, оптимальний закон управління вимірювальним роботом має вигляд:

$$u_p^0(t)=A\left[q_p^0(t),\xi\right]\dot q_p^0(t)+b\left[q_p^0(t),\dot q_p^0,\xi\right]. \tag{5}$$

Узагальненими координатами q_i є кути між ланками і довжини ланок.

По конфігурації $q(t)$ маніпулятора однозначно визначається положення $r(t)=\left|r_i(t)\right|_{i=1}^3$ його захвату. Оператор Φ, якій описує кінематику маніпулятора, визначаєтьсяи наступним чином:

$$\Phi[q(t)]=r(t),\quad t\in[t_0,t_T], \tag{6}$$

Множина $D=\Phi(Q_q)$ є областю досяжності маніпулятора. Нехай $M(q)$ – множина в $D\subset R^3$, яка займає маніпулятор у конфігурації q; $P\subset R^3$ – деякі об'єкти, які грають роль перешкод. Введемо предикат перешкод $\sigma(q)$, який інформує чи перетинає маніпулятор у конфігурації q перешкоди P

$$\sigma(q)=\left\{\begin{aligned} &1,\quad якщо\ \ P\cap M(q)\neq\varnothing \\ &0-у\ противному\ випадку \end{aligned}\right\}. \tag{7}$$

Тоді задача наведення захвату в задану точку формулюється наступним чином. Нехай в D задана цільова точка r_* і нехай $q(t_0)\in Q_q,\ \dot q(t_0)\in Q_{\dot q},\ \sigma[q(t_0)]=0$.

Необхідно побудувати обхід поверхні деталі $q_p(t)$ таким чином, щоб виконувалися граничні умови

$$\left.\begin{aligned} q_p(t_0)=q_0,\ \ \Phi\left[q_p t(t_T)\right]=r_* \\ \dot q(t_0)=\alpha_0,\ \dot q_p(t_T)=0 \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

і умови обходу перешкод

$$\sigma\left[q_p(t)\right]=0\ \ при\ всіх\ t\in[t_0,t_T]. \tag{9}$$

Розглянемо задачу відслідкування за захватом заданої території. За заданою траєкторією захвату $r_*(t)$ і початковим станом $x_p(t)$ маніпулятора необхідно побудувати обхід просторової деталі $q_p(t)$ таким чином, щоб

$$\Phi[q_p(t)] = r_*(t) \quad при\ всіх\ t \in [t_0, t_T] \tag{10}$$

та виконувалася умова обходу перешкод (9).

Конструктивні обмеження (2), (3) на узагальнені координати і зовнішні обмеження породжують значні труднощі під час розв'язання сформульованих задач. Не для всякої траєкторії захвату $r_*(t)$, яка повністю лежить в області досяжності D, існує відповідне неперервне вимірювання $q_p(t)$. Наявність обмеження заставляє відкинути ряд розв'язань рівняння (6) як недопустимі. Можуть виникати ускладнення під час фактичної побудови траєкторії руху вимірювальної головки.

Врахування природних обмежень і перешкод при алгоритмічному синтезі програмних рухів маніпуляторів породжує тупикові ситуації різних типів. Для вирішення даної проблеми пропонується застосувати наступну методологію прогнозування та обходу перешкод і тупикових ситуацій.

На першому етапі задачі позиціювання відбувається упакування робочої зони випуклими багатогранниками $D_1, ..., D_v$. Геометричній моделі робочої зони у вигляді об'єднання $D_1, ..., D_v$ ставиться у відповідність граф G_D, у якого вершина з номером i відповідає D_i, а ребра сполучають вершини i і j у тому випадку, якщо відповідні багатогранники D_i і D_j перетинаються. Збудований таким чином граф прогнозування G_D описує структуру робочої зони в D і є основою для організації прогнозування траєкторії руху вимірювального наконечника.

Наступним етапом є вибір шляху на графі прогнозування G_D. Нехай для визначеності $r(t_0) \in D_{i0}$, а $r_* \in D_{i*}$. Якщо $i_0 = i_*$, то прогнозування не потрібне, і відразу можна будувати траєкторію руху по тому чи іншому алгоритму. Якщо $i_0 \neq i_*$, то шлях $i_0, i_1 ..., i_n = i_*$. Таким чином, прогнозування визначає послідовність багатогранників $D_{i_0}, ..., D_{in}$, через які необхідно прямувати до точки r_*.

На третьому етапі за вибраним прогнозом будується каркас траєкторії вимірювання, тобто послідовність конфігурацій $q_0, ..., q_n$ таких, що $\Phi(q_0) = r(t_0), ..., \Phi(q_n) = r_*, \quad (q_i) \in D_i$. Якщо при переході із D_{ik} в D_{ik+1} через перешкоду виникла тупикова ситуація, то із графа прогнозування G_D виключається відповідне ребро і на новому графі будується новий план руху вимірювального наконечника. Таким чином, відбувається своєрідна адаптація графа прогнозування G_D до перешкод.

На останньому етапі по каркасу траєкторії вимірювання будується сама траєкторія вимірювання з урахуванням обмежень (2), (3).

Пошукова траєкторія вимірювання повинна задовольняти наступним вимогам виду (4) або (8). Вищезазначений метод прогнозування і будування каркасу траєкторії зводить граничні умови до єдиної умови:

$$q_p(t_0) = q_0; \quad q_p(t_T) = q_1 \tag{11}$$

чи до послідовності таких умов.

Можна вважати, що траєкторія руху задовольняє вимозі обходу перешкод (9), оскільки каркас, за яким будується траєкторія, задовольняє вимозі (9).

Конструктивні обмеження мають вигляд:

$$c_q \le q_p(t) \le \bar{c}_q; \tag{12}$$

$$c_{\dot{q}} \le \dot{q}_p(t) \le \bar{c}_{\dot{q}}. \tag{13}$$

Таким чином, задача синтезу траєкторії вимірювання зводиться до знаходження неперервної двічі диференційованої функції $q_p(t)$, яка задовольняє граничним умовам (11) і обмеженням (12), (13).

Сформульована задача має множину розв'язань. Для порівняння різних можливих траєкторій вимірювання і вибору серед них оптимальної необхідно ввести функціонал якості $K\left[q_p^0(\cdot)\right]$. Тоді оптимізація вимірювання полягає в побудові такого типу траєкторії руху $q_p^0(t)$, який мінімізує функціонал якості:

$$K\left[q_p^0(\cdot)\right] = \min K\left[q_p(\cdot)\right] \tag{14}$$

та задовольняє обмеженням (12), (13).

Виникає необхідність у синтезі оптимального управління по принципу зворотного зв'язку. Управління має вигляд:

$$u[q, \dot{q}] = A(q, \xi)\ddot{q}_p^0 + b(q, \dot{q}, \xi) \tag{15}$$

Управління забезпечує стійкість оптимальної траєкторії руху $q_p^0(t)$, тобто має ефект, що стабілізує, у відношенні до збурень початкових умов. Необхідно, щоб закон управління забезпечував асимптотичну стійкість траєкторії вимірювання. Стабілізуючий закон оптимального управління має вигляд

$$u[q, \dot{q}] = A(q, \xi)\left[\ddot{q}_p^0 + F_1(\dot{q} - \dot{q}_p^0) + F_2(q - q_p^0)\right] + b(q, \dot{q}, \xi), \tag{16}$$

де, F_1, F_2 – матричні коефіцієнти підсилювання в каналах зворотного зв'язку такі, що корені рівняння

$$det\left\| I\lambda^2 + F_1\lambda + F_2 \right\| = 0 \tag{17}$$

мають негативні дійсні частини.

Підставляючи вираз (16) у (1), отримаємо рівняння замкнутої системи:

$$\ddot{q} = \ddot{q}_p^0 + F_1(\dot{q} - \dot{q}_p^0) + F_2(q - q_p^0) \quad (18)$$

Із (18) слідує, що оптимальна траєкторія руху вимірювального робота – асимптотична стійка, тобто закон управління є оптимальним. Таким чином, гарантується стабілізація і фактичне здійснення оптимальної траєкторії руху вимірювальної головки.

Висновки

Розроблені алгоритмічні засоби автоматизованого програмування і оптимізації рухів вимірювального наконечника КВМ, які забезпечують адаптацію до збурень і перешкод.

Розглянуті методи оптимізації на рівні прогнозування і програмування траєкторії руху вимірювального робота та в процесі стабілізації. Представленні методи обходу просторової поверхні враховують їх властивості та передбачають вихід із тупикової ситуації.

Література

1. Интеллектуальные системы автоматического управления /Под ред. *Макарова И.М., Лохина В.М.* – М.: Физматлит, 2001. – 576 с.
2. *Бурдонов И.Б.* Обход неизвестного ориентированного графа конечным роботом //программирование. 2004. – № 4. – С. 11-34.
3. *Afec Y., Gafni E.* Distributed Algorithms for Unidirectional Networks //SIAM J. Comput. 1994. – V. 23, № 6. – P. 1152-1178.
4. *Анріанов Ю.Д., Глейзер Л.Я., Игнатьев М.Б.* и др. /Под общ. ред. *Макарова И.М., Чиганова В.А*. Управляющие системы промышленных роботов. – М.: Машиностроение, 1984. – 288 с. ил. – (Автоматические манипуляторы и робототехнические системы).
5. *Юревич Е.И.* Основи робототехники. – М.: Машиностроение, 1985. – 271 с.

УДК 621.822.3

Кальченко В.І., д-р техн. наук, Кальченко В.В., д-р техн. наук,
Рудик А.В., канд. техн. наук, Венжега В.І., ст. викладач

ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БАГАТОАГЕНТНИХ СИСТЕМ

Вступ

Сучасні автомобілі є складними технічними об’єктами і все активніше оснащуються контрольно-діагностичною апаратурою. З її допомогою оптимізуються робочі процеси в двигуні, підвищується безпека руху, спрощується експлуатація і ремонт. Можна провести чип-тюнінг і відкорегувати «характер» двигуна на свій розсуд. Комфортні умови пересування приносять водію масу задоволення.У зв'язку з інтенсивним використанням даних систем зросла і кількість неполадок як апаратних, так і програмних, оскільки вони є складними в архітектурному плані і працюють під управлінням операційних систем.

При усуненні несправностей одним з основних етапів є діагностика. Саме від результатів діагностики залежатиме складність, а відповідно термін і оцінка вартості ремонту. Тривалість і якість діагностики залежать від декількох причин: досвіду і кваліфікації фахівця, його загальної зайнятості, наявності у нього довідкової інформації по даному пристрою або програмному забезпеченню. Відсутність будь-якого з цих чинників може стати причиною зниження швидкості і ефективності діагностики. Таким чином, актуальним завданням є створення системи, яка б виконувала функції діагностики як системи підтримки ухвалення рішень, при цьому володіла б відповідними базами знань і базами даних про різні пристрої. Представляється можливим використання багатоагентних систем і побудова розподілених експертних систем на їх базі [1].

Методи та результати

Згідно з стандартом ГОСТ 20911-89 технічна діагностика визначається як галузь знань, що охоплює теорію, методи і засоби визначення стану технічних об’єктів [2].

Поточний контроль технічного стану здійснюється за допомогою бортових систем самодіагностики, що є складовою частиною контроллера. Про виникнення неполадки сигналізується візуально і заноситься в електронну пам'ять. Повне розкриття кодів самодіагностики і фактичних установок на параметри робочих процесів здійснюється на СТО, що мають відповідне обладнання для перевірки. Неполадки ідентифікуються шляхом

підключення тестерів або сканерів до спеціальної колодки самодіагностики, що є на автомобілі [3].

Проте, нерідко комп'ютерні висновки бувають позитивними навіть коли наявність неполадки видно і без діагностики (неритмічність роботи двигуна, падіння потужності, сторонній звук і так далі).

Надійність вбудованих засобів діагностики має бути вище надійності об'єктів, що діагностуються. В даний час на автомобілях ця вимога практично не виконується. Штатні засоби самодіагностики часто не витримують вказаний термін експлуатації і виходять з ладу раніше, ніж вузол, за технічним станом якого вони покликані стежити. Тому часто завдання самодіагностики зводяться до діагностики самих засобів діагностики і обмежуються перевіркою стану електричних ланцюгів датчиків і виконавчих органів рухомої автоматики і деяких функціональних систем.

Природно, що таке вузьке інформаційне поле не може забезпечити виявлення всього різноманіття можливих дефектів за визначенням. До того ж електричні неполадки можуть бути не причинами, а вже наслідком якихось інших неполадок, у тому числі і неелектричного походження. Наприклад, «дзвін» поршневих пальців може бути вказівкою не тільки на дуже раннє запалення, але і на знос деталей, що сполучаються з ними. Нестабільность іскрового розряду в свічці може бути наслідком розгерметизації робочого об'єму циліндра або неправильно приготовленої робочої суміші. Список подібних неоднозначностей може бути продовжений. Ознаки подібних дефектів в електричних сигналах практично не виявляються і тому не виявляються навіть вузькоспеціалізованими дорогими ділерськими тестерами і сканерами.

На відміну від звичайних розподілених систем, багатоагентні системи можуть навчатися і по-різному реагувати на різні ситуації [4]. Наприклад, агент може запам'ятати основні ознаки якої-небудь певної несправності і точніше і оперативно видавати рішення. Також агенти можуть мати «рівень довіри», який залежатиме від правильності рішень, які вони знаходили. У розподіленому варіанті система стає гнучкішою (вихід з ладу однієї ланки не припиняє роботу всієї системи) і при цьому ефективнішою (робота йде тільки з комп'ютером, на якому знаходиться потрібна інформація) .

Використання багатоагентної системи дозволить полегшити процес пошуку потрібного рішення, отже, і ефективність роботи експерта, що проводить ремонт. Крім того, експерт не займає всю систему цілком – він лише працює з потрібним йому розділом знань (агентом), решта всіх незадіяних розділів знаходиться в очікуванні готовності. Агенти також можуть самонавчатися. Тобто, якщо одного разу вирішення якої-небудь нестандартної проблеми було знайдене, наступного разу агент сам його запропонує для аналогічної ситуації. Дані, що знаходяться на комп'ютері, наражаються на небезпеку, наприклад, програмний збій системи, вірус, пошкодження устаткування. У випадку з розподіленою системою ця

небезпека набагато знижується, оскільки бази даних і знань зберігаються на різних комп'ютерах, об'єднаних в мережу. Якщо вийде з ладу один з них, це означатиме вихід тільки одного розділу або підсистеми, а система агентів в цілому залишиться працездатною. Для забезпечення роботи багатоагентної експертної системи, що розробляється, необхідне створення спеціального протоколу обміну даними, який призначений для формування запитів і перенаправлення їх залежно від умов. Крім того, протокол і агенти системи розробляються на мові JAVA і можуть базуватися на безкоштовних мультиплатформових серверах.

Розглянемо приклад функціонування багатоагентної експертної системи при діагностиці несправності двигуна автомобіля (рис.1.).

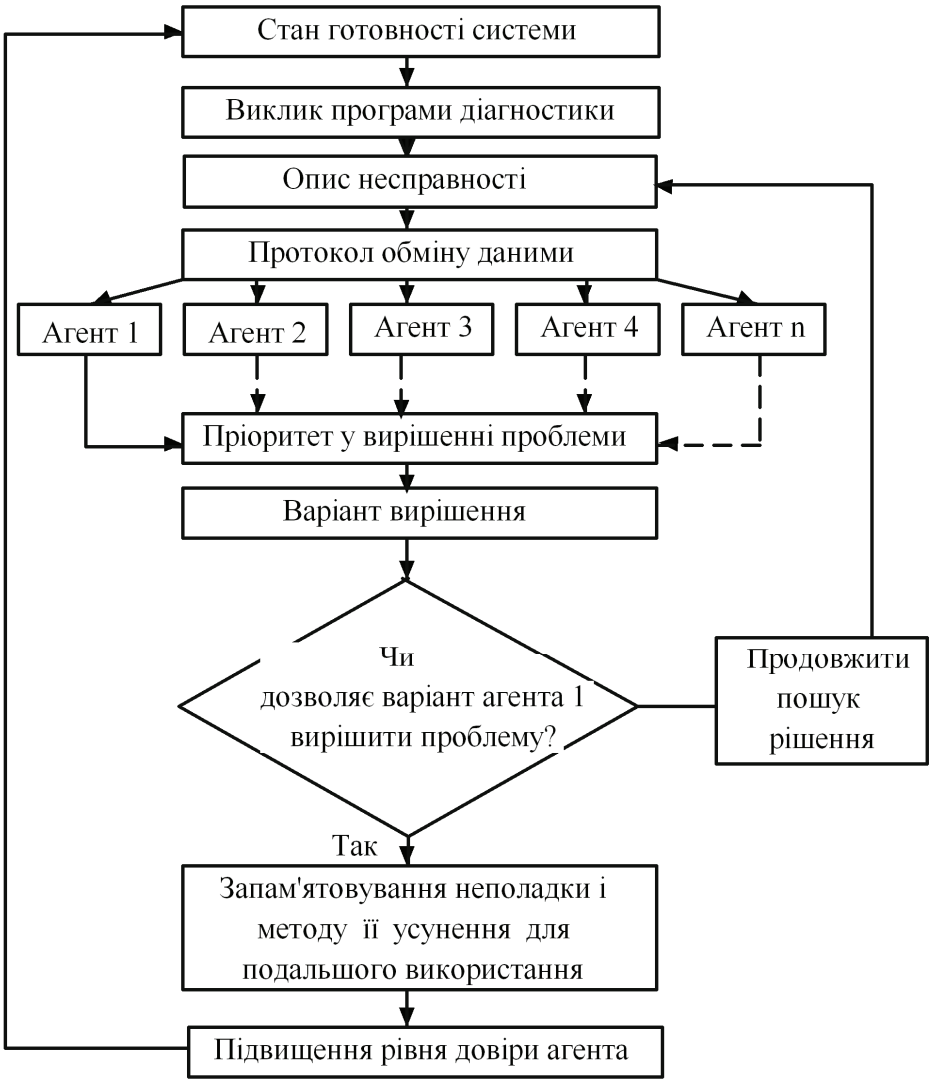


Рисунок 1 – Схема функціонування багатоагентної експертної системи

Експерт викликає програму діагностики. Потім він вибирає в програмі тип пристрою і вносить до програми опис несправності. З цієї миті в справу вступає протокол обміну даними. Спочатку він дає запит «автомобільний двигун» всім агентам мережі. На цей запит відгукується

певна кількість агентів, що мають такі знання. Потім йде запит з назвою фірми-виробника. Знову відгукуються певні агенти.

Допустимо, один з агентів має певні знання по запиту і система віддає йому пріоритет у вирішенні проблеми. Агент видає варіант рішення, але він не дозволяє усунути несправність. Оператор дає команду продовжувати пошук рішення і опис неполадки відправляється іншому агенту. Агент, грунтуючись на описі проблеми, видає свої варіанти рішення (або область, в якій слід шукати рішення). Експерт, грунтуючись на даних варіантах рішення, виконує усунення неполадки і заносить вирішення в систему діагностики. Тепер, коли наступного разу виникне несправність в такому ж двигуні, пріоритет в рішенні буде відданий саме тому агентові, який вирішив її минулого разу, оскільки його рівень довіри вищий, ніж у інших агентів. Крім того, даний агент може відправляти відповіді на запити про подібну проблему, грунтуючись і на описі несправності. Такі параметри вже залежать від конкретного налаштування агентів багатоагентної системи.

Основні переваги використання багатоагентної системи у сфері діагностики [4]:

а) збільшення швидкості пошуку рішення для діагностики і усунення несправностей;

б) максимально можлива кількість варіантів усунення несправностей завдяки тому, що різні агенти можуть запропонувати різні варіанти рішення;

в) самонавчаємість системи, що дозволяє надалі швидше і ефективно знаходити рішення;

г) підвищення стійкості системи, оскільки агенти в мережі автономні;

д) зручність і простота діагностики порівняно з традиційними засобами;

е) підвищення ефективності діагностики при будь-якому рівні досвіду фахівця.

Висновки

Таким чином, використання багатоагентних систем у сфері діагностики електронних пристроїв автомобіля якісно підвищить ефективність і продуктивність діагностики та усунення несправностей. Така система дозволить обробляти велику кількість запитів і буде потрібна у великих сервісних центрах, які приймають велику кількість пристроїв для ремонту. Крім того, передбачається, що система здатна навчатися, накопичуючи варіанти рішення, знайдені експертами організації, яка її використовуватиме.

Література

1. *M. Wooidridge and N.R. Jennings.* Agent Theories, Architectures, and Languages: A Survey. In: Intelligent Agents. ECAI-94 Workshop on Agent Theories, Architecture and

Languages. Amsterdam, The Netherlands, August 8-9, 1994 (Eds. M.J. Wooldridge and N.R. Jennings). Proceedings. Springer Veriag: 3-39, 1994.

2. *Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С., Мастикаш О.Л., Пельо Р.А.* Технічна експлуатація та надійність автомобілів: навчальний посібник /За загальною ред. Є.Ю. Форнальчика. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.

3. Стенд віброакустичної діагностики «Дельфин – 1М». Керівництво по експлуатації. Конструкція. Програмне забезпечення. Використання.

4. *Жариков Э.В., Малахов К.К.* Использование многоагентных систем для решения задач диагностики. /Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2008. – № 1(119). – С. 77-80.

5. *Agre P.* Computational Research on Interaction and Agency. – Artificial Intelligence. – 1995. – Vcrf.72 № 1/2. – P. 1-52.

УДК 621.923.42

Кальченко В.І., д-р техн. наук, Кальченко В.В., д-р техн. наук,
Єрошенко А.М., ст. викладач, Венжега В.І., ст. викладач

ЧАСОВИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ АВТОСЕРВІСНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Вступ

Успішне функціонування автосервісного підприємства в умовах ринку багато в чому залежить від максимальної інтенсифікації виробництва. Професором Колесовим І. М. була запропонована класифікація, обґрунтовані та вивчені деякі взаємодії п’яти видів зв’язків, що діють у виробничому процесі: розмірних, часових, інформаційних, економічних і зв’язків властивостей матеріалів. Інтенсивний розвиток виробництва потребує оптимізації технологічних і виробничого процесів ремонту, етапами якої є оптимізація всіх зв’язків виробництва.

Оптимізація часових зв’язків може бути здійснена шляхом використання нормативної бази часового аналізу, що ґрунтується на основних положеннях стандартів ДСТУ ISO 9001-2001. Однак, сучасна нормативна документація встановлює порядок розрахунків часових зв’язків процесу ремонту автомобілів без врахування їх імовірнісного характеру, що унеможливлює адекватність результатів.

Існування та взаємодія п’яти видів зв’язків ремонтного процесу зумовлюють його цілісність як системи. Для зберігання єдності системи, при оптимізації ремонту автомобілів, повинен здійснюватися комплексний підхід на нормативній основі. Створення комплексної моделі виробництва неможливе без глибокого аналізу всіх зв’язків.

Часовий аналіз у сукупності з аналізами інших зв’язків процесу ремонту дає можливість створення єдиного комплексного аналізу, на основі якого можна моделювати й оптимізувати ремонтне виробництво.

Стохастичний характер перебігу процесу ремонту автомобілів стає основною передумовою при аналізі часових зв’язків. Імовірнісний розрахунок дозволяє директивно регламентувати часові зв’язки технологічних процесів ремонту, що робить діяльність автосервісного підприємства більш стабільним і призводить до зменшення часу простою устаткування. Оптимізація часових зв’язків не усуває організаційні зриви процесу, але дозволяє простежити їх причини та врахувати ризики їх появи. Оцінивши можливість прояву різноманітних збоїв у ході процесу і визначивши ступінь їхнього впливу на коливання часу виконання робіт, часовий аналіз дає змогу призначити допуски на норми часу. Таким чином, з’являється можливість згладити усі «нерівності» перебігу виробничого

процесу і зробити планування та нормування більш гнучким і адекватним. Такий підхід до часових зв'язків прирівнює їх до матеріальних ресурсів ремонтного виробництва та робить їх об'єктом планування.

Основою методики аналізу часових зв'язків є нормативна база розмірного аналізу, оскільки вони подібні до розмірних. Найбільш адекватним, на думку авторів, є застосування імовірнісного способу розрахунку, який найточніше відповідає часовій оптимізації технологічного процесу.

Методи та результати

Розрахунок тривалості технологічного циклу ремонту автомобіля – типовий приклад розв'язання зворотної задачі часового аналізу. Зворотна задача потребує вихідного знання тривалості виконання ремонтних робіт та їх параметрів (допусків D, координат середин полів допусків Δ_o, граничних відхилень $\Delta_в$, $\Delta_н$), на основі яких буде визначена тривалість циклу.

В організації виробництва використовуються різноманітні види руху предметів праці – послідовний, паралельний і паралельно-послідовний – кожному з яких відповідає свій порядок розрахунку часових ланцюгів. Часовий аналіз дозволяє розробити подібний порядок розрахунку для кожного виду руху і не тільки для розв'язання зворотної, але і прямої задачі.

Як приклад розглянемо визначення тривалості ремонтного циклу автомобіля і його параметрів при паралельно-послідовному русі предметів праці засобами часового аналізу.

Паралельно-послідовний вид руху предметів праці передбачає такий порядок проведення ремонту, при якому досягається найбільша одночасність виконання операційних циклів, причому всі роботи виконуються на кожній операції безперервно (рис. 1) [1].

При паралельно-послідовному русі, як і при послідовному, досягається максимальне завантаження устаткування. Але в першому випадку тривалість циклу менше внаслідок наявності паралельного протікання кожної пари суміжних операційних циклів. [2, 3].

Для розрахунку тривалості технологічного циклу застосовується формула [3]:

$$T = N\sum_{i=1}^{p}\frac{T_{шк_i}}{C_i} - (N-r)\sum_{i=1}^{p-1}\left(\frac{T_{шк}}{C}\right)_{кор}, \qquad (1)$$

де p – кількість операцій у технологічному процесі;

$T_{шк_i}$ – штучно-калькуляційна норма часу на i-ту операцію;

$\left(\frac{T_{шк}}{C}\right)_{кор}$ – найменше відношення в кожній парі суміжних операційних циклів.

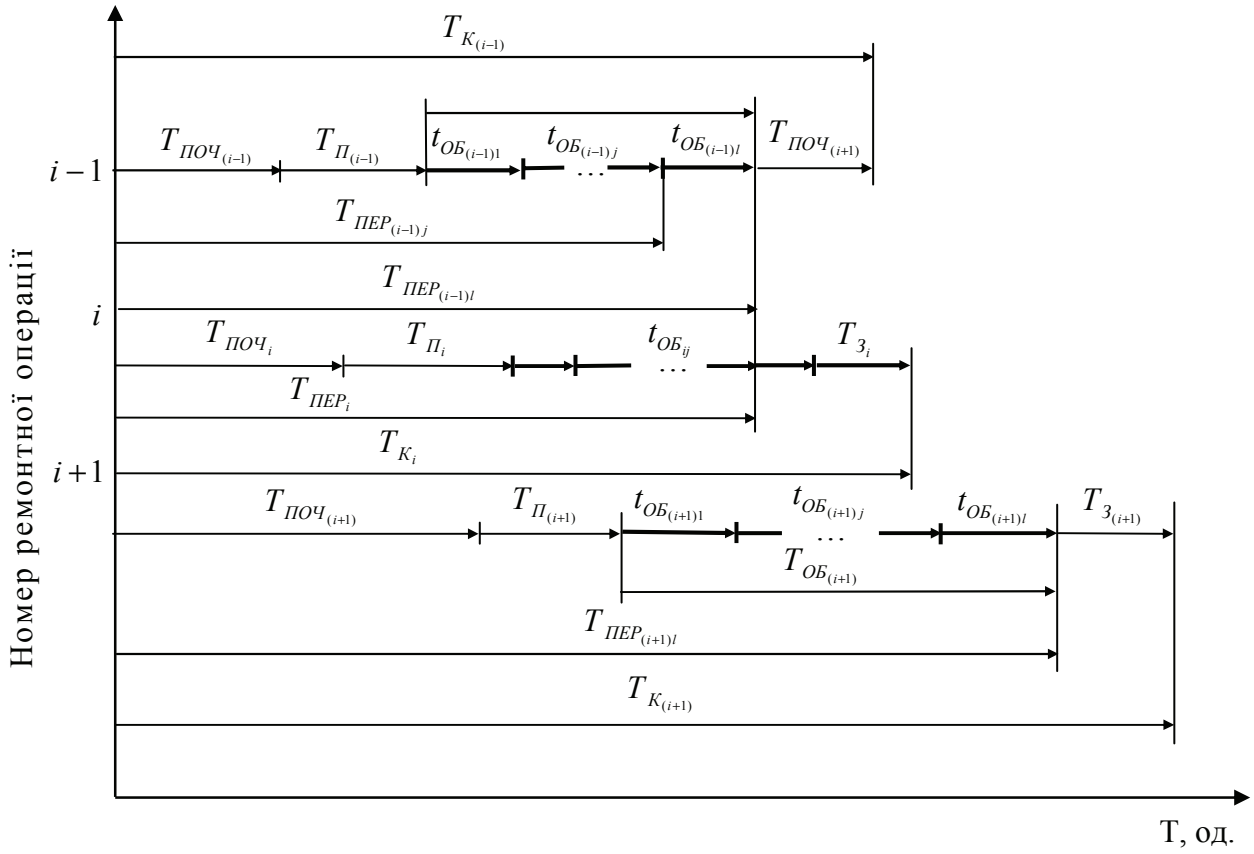


Рисунок 1 – Принципова схема паралельно-послідовного руху предметів праці

Приведена формула не дозволяє проведення структурного аналізу технологічного циклу і призначення допусків на всіх його рівнях. Цей недолік усувається за допомогою часового аналізу, що дозволяє послідовно розраховувати часові ланцюги на всіх етапах ремонту автомобіля, в результаті чого стає можливим аналіз структури технологічного циклу і призначення допусків на тривалості ремонтних робіт.

Перед тим, як перейти до опису порядку розрахунку часових ланцюгів, необхідно пояснити умовні позначення, що вживаються в розрахунку (див. рис.1).

$T_{поч}$ – час початку операції. Під цим часом розуміють терміни, у які повинно початися підготування робочого місця. Час початку першої операції рекомендується приймати рівним нулю, що дозволить відраховувати $T_{поч_i}$ від нульової точки.

$T_к$ – час закінчення операції. У ці терміни робоче місце буде цілком звільнено і його можна готувати до ремонту іншого автомобіля. $T_к$ подібно $T_{поч}$ відкладають від нульової точки, тобто від початку першої операції.

$T_з$ – час виконання заключних робіт після ремонту автомобіля. Терміни закінчення $T_з$ визначають час закінчення $T_к$;

$T_{пер_{ij}}$ – терміни передачі *j*-того автомобіля з *i*-тої на (*i*+1)-у операцію. Терміни $T_{пер_{il}}$ визначають закінчення часу ремонту і початку заключних

робіт. Терміни передачі останньої партії з останньої операції $T_{пер_{pl}}$ і будуть межами допуску тривалості ремонтного циклу.

Згадані вище тривалості робіт використовуються плановою і диспетчерськими службами для оперативного керування ремонтом в умовах автосервісного підприємства.

Порядок розрахунку часових ланцюгів представлено у вигляді блок-схеми, яка приведена на рисунку 2.

Блок введення 1 указує вихідні дані для розрахунку часових ланцюгів. Це норми штучного часу на кожній ремонтній операції $T_{шт_i}$ і їхні допуски $D_{шт_i}$, величини підготовчого T_{n_i} і заключного $T_{З_i}$ часу з відповідними допусками, автомобілів, що підлягають ремонту *N*, кількість операцій процесу *p* (*i*=1,*p*), кількість передаточних партій *l* (*j*=1,*l*), і кількість автомобілів, які одночасно ремонтуються *r*.

У циклі, що складається з блоків 2-6 розраховується тривалість ремонтної операції $t_{об_i}$ (блок 4) і тривалість ремонту $T_{об_i}$ (блок 5). Надалі всі блоки, що зображені подібно блокам 4 і 5, будуть використовувати методику розрахунку часового ланцюга, що відповідає обраному методу досягнення точності замикаючої ланки (метод повної або неповної взаємозамінності).

Блок присвоєння 7 показує, що розрахунок починається з першої операції, початок якої відраховується від нуля.

У блоці-підпрограмі 8 розраховується час закінчення *i*-тої ремонтної операції, тобто терміни, в які робоче місце буде цілком звільнене і готове до підготування перед ремонтом наступного автомобіля.

Блок 9 показує що розрахунок для кожної операції починається з першого автомобіля. А в блоці 10 розраховується проміжний параметр $T_{почт_{об_{ij}}}$ — час початку ремонту *j*-того автомобіля на *i*-тій операції.

Цикл із передумовою 11-14 спрямований на визначення термінів передачі кожного *j*-того автомобіля з *i*-тої операції $T_{пер_{ij}}$.

У зв'язку з тим, що при паралельно-послідовному русі можливі два різноманітних варіанти сполучення операційних циклів, блок-умова 15 вводить розгалуження в блок-схему.

Блок 16 визначає терміни початку (*i*+1)-ої операції у випадку $T_{шт_i} > T_{шт_{i+1}}$, а блок 17 — у випадку, коли $T_{шт_i} < T_{шт_{i+1}}$.

Блок 18 закінчує великий цикл, що почався з блока 8 і після переприсвоєння в блоці 19 продовжується розрахунок усіх термінів для наступної операції.

Після перебору всіх операцій циклом 8-18 і після позитивної відповіді на умову блока 18, тривалості циклу ремонту $T_ц$ присвоюється час передачі $T_{пер_{pl}}$ Відповідне присвоєння відбувається і з $T_ц$ параметрами.

Закінчується блок-схема виведенням усіх розрахованих термінів і їхніх параметрів.

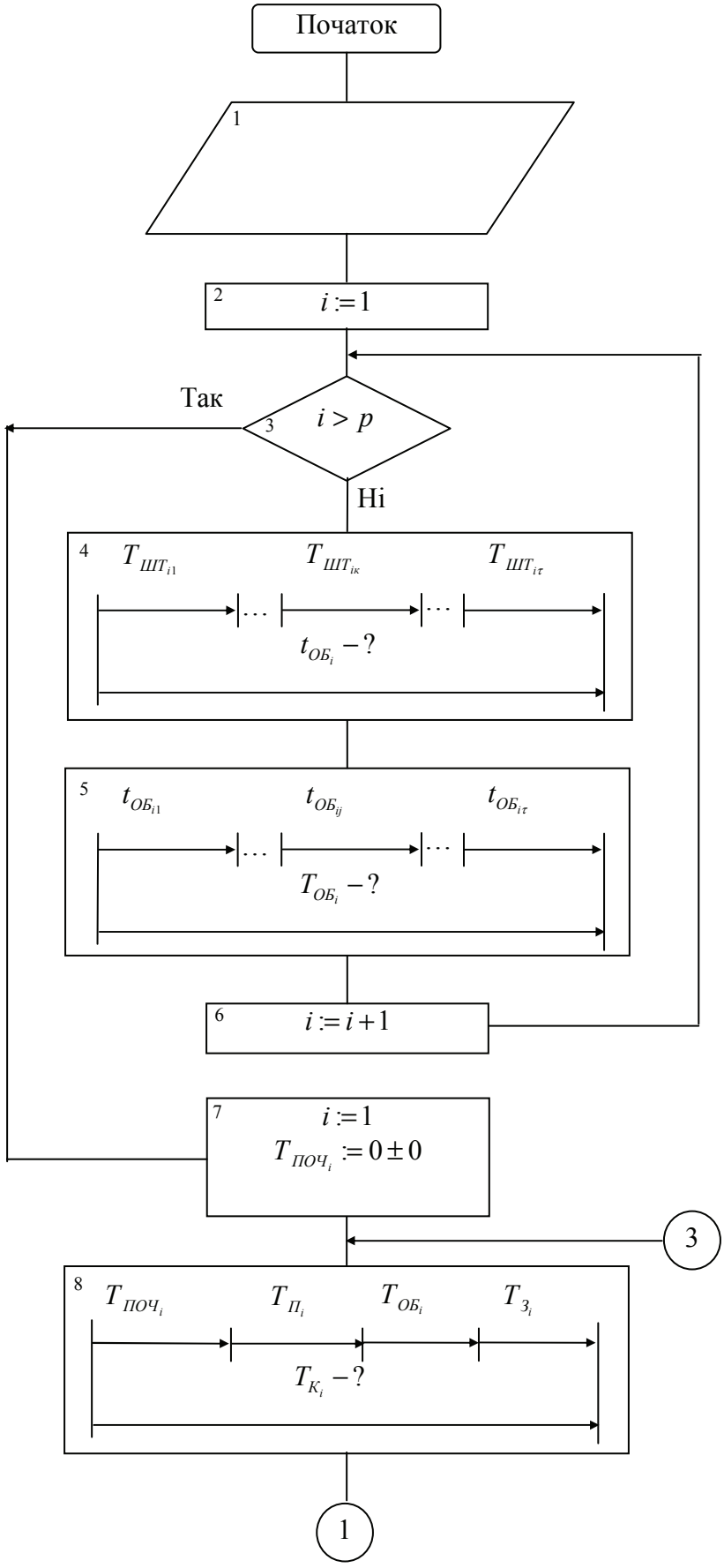


Рисунок 2 – Порядок розв'зання зворотної задачі при паралельно-послідованому русі предметів праці

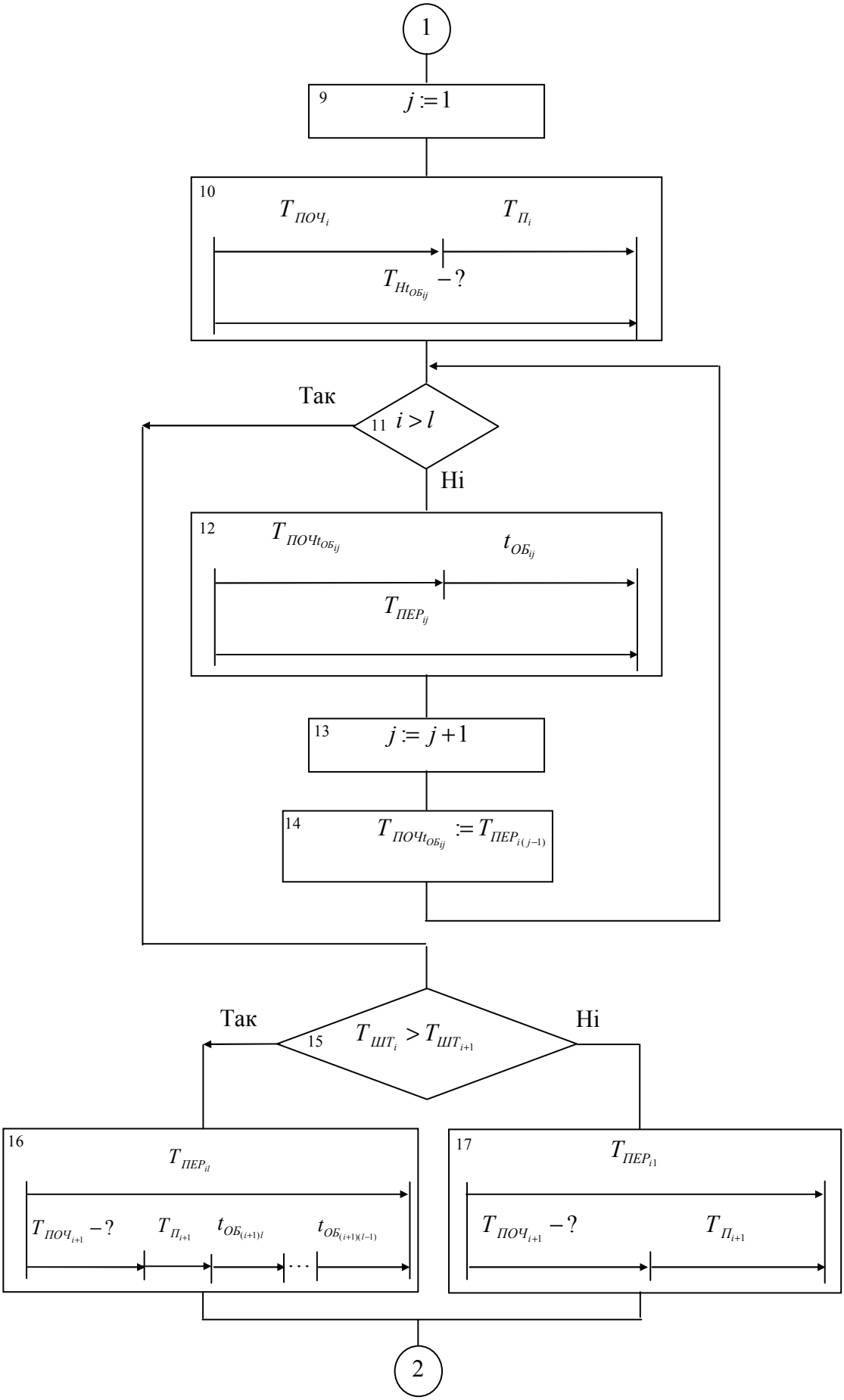


Рисунок 2 – (продовження)

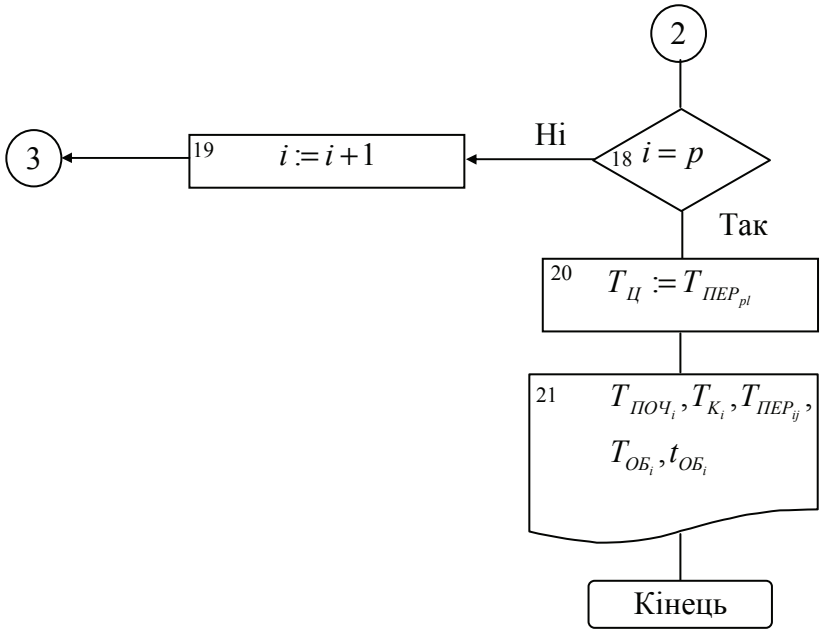


Рисунок 2 – (закінчення)

Висновки

1. Обґрунтована можливість застосування методики часового аналізу в процесі ремонту автомобілів в умовах автосервісного підприємства, що дозволяє призначати часові допуски на тривалості ремонтних робіт і проводити планування і нормування адекватно з реальним перебігом процесу.

2. Часовий аналіз процесу ремонту автомобілів дозволяє розкласти операційний цикл на складові, що стають складовими ланками відповідного часового ланцюга, і визначити їх часові параметри.

3. Представлення методики розрахунків у вигляді алгоритму спрощує формалізацію розрахунків і дозволяє її автоматизацію шляхом використання засобів ЕОМ.

Література

1. Организация, планирование и управление предприятием машиностроения /*И.М. Разумов, Л.А. Глаголева, М.И. Ипатов, В.П. Ермилов*. – М.: Машиностроение, 1982. – 544 с.
2. *Власов Б.В.* Выбор рациональных форм организации производства. – М.: Машиностроение, 1979. – 240 с.
3. *Калиберда Ю.Т.* Основы расчета длительности производственного цикла. – М.: Машиностроение, 1969. – 136 с.

УДК 662.75

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

Чернігівський державний технологічний університет

Міщенко М.В., канд. техн. наук,

Чернігівський державний інститут економіки і управління

Донець Т.А., інженер

Чернігівський радіо-механічний технікум

ВИКОРИСТАННЯ НАФТИ І СУПУТНІХ ГАЗІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНОГО ПАЛИВА

Вступ

Автомобільний транспорт сьогодні практично повністю працює на природному паливі. Більше 99 % палива, що використовується на транспорті, виробляється з природних вуглеводнів, зокрема, нафти і газу.

Природні і супутні нафтові гази, нафта і кам'яне вугілля – основні джерела вуглеводнів [1, 3]. Є два способи використання цих горючих копалин: один – у вигляді палива, тобто, як джерела енергії, інший – у вигляді сировини для подальшої переробки. Перший спосіб означає звичайне спалювання, другий – це органічний синтез. З вуглеводнів, виділених з нафти, природного газу і вугілля можна добути багато різних речовин і виробляти з них ще більше корисних матеріалів. Проте і сьогодні ці горючі матеріали використовуються головним чином як енергоносії.

Природний газ, нафта і вугілля належать до невідновлюваних природних ресурсів. Ця обставина змушує розвідувати нові родовища і разом з тим експлуатувати вже відкриті таким чином, щоб максимально вилучати з них копалини і раціонально, з найбільшою користю їх використовувати.

Не важко зрозуміти, що доцільніше піддати нафту, вугілля і газ хімічний переробці, ніж спалити їх у котельнях, двигунах, промислових і побутових печах тощо.

Нині значна частина горючих газів, продукти переробки нафти і кам'яного вугілля використовуються як цінна сировина в хімічній промисловості і, насамперед, в органічному синтезі для виробництва необхідних у народному господарстві речовин і матеріалів.

Аналіз досліджень і публікацій

Існують різні погляди на походження горючих копалин. Як вважають прихильники органічного (біогенного) походження, поклади утворилися з решток вимерлих рослинних і тваринних організмів, що

перетворилися на суміші вуглеводнів у товщі Землі під дією бактерій, високих тисків і температур.

Згідно з теорією мінерального (вулканічного) або абіогенного походження нафти, природного газу, вугілля, на первісній стадії формування планети метали сполучалися з вуглецем і утворювали карбіди. У результаті реакції карбідів з водою (водяною парою) у глибинах планети утворилися газуваті вуглеводні, зокрема, метан і ацетилен, а під впливом нагрівання, радіації та каталізаторів з них утворювалися інші сполуки, що містяться в нафті. У верхніх шарах літосфери рідкі нафтові компоненти випаровувалися, рідина загусала, перетворювалася на асфальт і далі на вугілля.

Теорію мінерального походження нафти вперше висловив Д.І. Менделєєв. А вже на початку XX ст. французький вчений П. Сабатьє змоделював описаний процес у лабораторії і добув суміш вуглеводнів, подібну до нафти.

Але загальноприйнятою все ж таки є теорія біогенного (органічного) походження. Про це свідчить елементний склад нафти і кам'яного вугілля, який наближується до елементного складу живих організмів.

Мета статті

Основною метою статті є визначення основних природних джерел вуглеводнів, ознайомлення з гіпотезами їх походження у природі, хімічним складом нафти та супутнього нафтового газу, аналіз методів і продуктів фракційної перегонки нафти, а також доцільність використання нафтопродуктів в якості палива для автомобілів.

Виклад основного матеріалу

Нафта – рідка горюча корисна копалина. Відносно невеликі запаси нафти є і в Україні: у Львівській, Сумській, Чернігівській, Полтавській, Івано-Франківській областях, на шельфі Чорного моря.

Нафта – маслянista рідина темно-бурого кольору з характерним запахом. Вона трохи легша за воду і практично не розчиняється у ній. Фізико-хімічні властивості нафти залежать від її родовища. Густина більшості видів нафти знаходиться в діапазоні 770-840 кг/м^3. Теплота згоряння нафти 43000-45500 кДж/кг.

Основну частину нафти і нафтопродуктів складають хімічні елементи Карбон (83-87 %), Гідроген (12-14 %), Сульфур (3-4 %), Нітроген (<1 %), Оксиген. У нафті виявлено в незначній кількості більшість відомих хімічних елементів.

За груповим хімічним складом нафта являє собою складну суміш вуглеводнів, сірчаних, кисневих та азотних сполук. У складі нафти є три групи вуглеводнів: парафінові, нафтенові та ароматичні (таблиця 1), в нафтопродуктах можуть бути ненасичені вуглеводні, які з'являються в процесі переробки нафти чи нафтопродуктів.

Парафінові вуглеводні (загальна формула C_nH_{2n+2}) із вмістом атомів вуглецю від 1 до 4 за нормальних умов є газоподібні, від 5 до 16 – рідкі, більше 16 – тверді речовини. Починаючи з бутану, вуглеводні, що мають однакову молекулярну масу й кількість вуглецевих і водневих атомів в молекулі, можуть мати різні структурні формули. Вуглеводні з ланцюговою структурою називаються нормальними і позначаються літерою *н*, з розгалуженою – ізомерами і позначаються префіксом *ізо-*. Фізичні та хімічні властивості вуглеводнів нормальної та розгалуженої структури не однакові. Чим складніша молекула, більша її молекулярна вага, тим більше ізомерів має речовина. Так, октан C_8H_{18} має 17 ізомерів, тетрадекан $C_{14}H_{30}$ – 2835 ізомерів.

Таблиця 1 – Приблизний груповий склад нафти

Нафта (родовище)	Вміст вуглеводнів, %		
	парафінові	нафтенові	ароматичні
Передкарпаття	47-49	26-35	18-25
Дніпро-Донецька впадина	28-66	22-53	12-33
Азербайджан: материк море	 28-56 35-56	 39-68 27-60	 2-17 1-20
Чечено-Інгушетія	51-61	16-41	8-28
Ставропольський край	51-65	20-37	12-15
Білорусь	60-71	13-27	11-21
Литва	73-74	22-23	4-5

Парафінові вуглеводні мають саму високу масову теплоту згоряння з усіх класів вуглеводнів, бо вони містять саму велику кількість водневих атомів. За нормальних умов парафінові вуглеводні хімічно стабільні, тому палива і оливи, які містять велику кількість парафінових вуглеводнів, стабільні при зберіганні При високих температурах стійкість до окислення киснем повітря у нормальних і ізо-парафінових вуглеводнів відрізняється: стійкішими є ізо-парафінові вуглеводні, і чим більше розгалужена їх молекула, тим більша стійкість до окислення при високих температурах. Тому н-парафінові вуглеводні, як менш стійкі до окислення при високих температурах, є небажаними компонентами бензинів, бо мають погані антидетонаційні властивості, тобто низькі октанові числа. Так, октанове число н-пентану становить 61,9; н-гексану – 26,0; н-гептану – 0,0. Високі октанові числа мають газові вуглеводні, які використовуються як паливо для газобалонних автомобілів та іншої техніки.

В дизельних паливах н-парафінові вуглеводні покращують самозаймання робочої суміші, тобто покращують Цетанові числа. Так, Цетанові числа для н-парафінових вуглеводнів складають: для н-октану – 63,8; н-

декану – 76,9; н-тетрадекану – 96,1; н-гексадекану – 100; н-октадекану – 102,6. Але поряд з високими Цетановими числами н-парафінові вуглеводні мають великий недолік: вони погіршують низькотемпературні властивості палив.

В оливних фракціях н-парафінові вуглеводні покращують в'язкісно-температурні властивості (оцінюються індексом в'язкості), але погіршують низькотемпературні показники.

Ізо-парафінові вуглеводні мають більш високі октанові числа порівняно з н-парафіновими однакової маси, наприклад, октанові числа для C_6H_{14} і C_7H_{16} різної будови становлять: для н-гексану – 26,0 і 2,3-диметилбутану – 94,3; а для н-гептану – 0,0 і 2,3-диметилпентану – 88,5. З ускладненням розгалуженості молекули октанове число вуглеводнів підвищується. Ізо-парафінові вуглеводні мають Цетанові числа менші порівняно з н-парафіновими вуглеводнями однакової маси, але вони покращують низькотемпературні властивості порівняно з н-парафіновими вуглеводнями.

Нафтенові вуглеводні (загальна формула C_nH_{2n}) є похідними циклопентану і циклогексану. Майже всі нафтенові вуглеводні мають бокові ланцюги. Вуглеводні, до складу яких входять декілька нафтенових кілець, називаються поліциклічними.

Нафтенові вуглеводні мають меншу теплоту згоряння порівняно з парафіновими, тому що містять меншу кількість водню в молекулі. Вони мають більш високі октанові числа порівняно з н-парафіновими, наприклад, октанові числа для н-гексану і циклогексану становлять 26,0 і 77,2 відповідно. Тому вони в бензині є більш бажаними компонентами, ніж н-парафінові вуглеводні.

Цетанові числа нафтенових вуглеводнів нижчі порівняно з Цетановими числами н-парафінових вуглеводнів, наприклад, Цетанові числа для н-гептану і метил циклогексану становлять 56,3 і 20,0, для н-гексадекану (н-цетану) і н-гексилциклогексану – 100,0 і 35,0 відповідно. Але більш низькі температури плавлення нафтенових вуглеводнів порівняно з н-парафіновими роблять їх цінними компонентами дизельних палив.

В оливних фракціях нафтенові вуглеводні підвищують в'язкість, а з довгими боковими ланцюгами – індекс в'язкості.

Ароматичні вуглеводні (загальна формула C_nH_{2n-x} , де x не менше 6), в основному, є похідними бензолу: толуол, ксилоли, нафталін, антрацен тощо. Ароматичні вуглеводні містять ще менше водню, ніж нафтенові, тому їх масова теплота згоряння ще нижча.

Ароматичні вуглеводні мають високу хімічну стабільність. Вони термостабільні, тому є бажаними компонентами бензинів з точки зору антидетонаційних властивостей. Так, октанове число для бензолу становить 108, толуолу – 100-103, ізо-пропилбензолу – 98,7. Але ароматичні вуглеводні мають підвищену здатність до утворення нагарів та лаків. В товарних бензинах їх повинно бути не більше 40...45 %.

Чим більше парафінових вуглеводнів в дизельному паливі, тим нижче його температура самозапалювання (вище Цетанове число), але гірші низькотемпературні властивості. В оливних фракціях парафінові вуглеводні знаходяться, як правило, у вигляді бокових ланцюгів ізомерної будови з нафтеновими чи ароматичними вуглеводнями, що надає оливам хороших в'язкісно-температурних властивостей (особливо це стосується сполучення парафінових бокових ланцюгів з нафтеновими вуглеводнями).

Ненасичені вуглеводні утворюються під час переробки нафти та нафтопродуктів. У паливах можуть знаходитися сполуки загальної формули C_nH_{2n}, які мають один подвійний зв'язок.

Таблиця 2 – Груповий хімічний склад газойлів та оливних фракцій нафти різних родовищ

Родовище нафти	Фракція, межі кипіння, °С	Вміст вуглеводнів, % ваг.		
		парафінові	нафтенові	ароматичні
Ромашкіно	200...300 350...500	53 12	20 46	27 42
Грозний (парафінова нафта)	200...300 350...500	60 23	23 64	17 13
Пенсильванія	200...300 350...500	40 30	47 50	13 20
Каліфорнія	200...300 350...500	0 0	65 60	35 40

З усіх властивостей ненасичених вуглеводнів слід виділити їх низьку хімічну стабільність. Завдяки подвійному зв'язку вони легко окислюються, полімерізуються, утворюючи смоли. Внаслідок більш високих октанових чисел порівняно з октановими числами н-парафінових вуглеводнів і можливості розширення сировинної бази для одержання бензинів вміст ненасичених вуглеводнів допускається в бензинах, які не підлягають зберіганню. Продукти з великим вмістом ненасичених вуглеводнів треба використовувати в найкоротший термін. Ненасичені вуглеводні є корисною сировиною для хімії і нафтохімії.

Властивості палив і олив залежать від хімічного та фракційного складу, тобто від того, які вуглеводні і в якій кількості містяться та їх температури кипіння. У бензинах є вуглеводні з числом атомів вуглецю від 4 до 12 (приблизно), в дизельних паливах – від 12 до 25, в оливах – від 20 до 70.

Кисневі сполуки, які містяться в паливах і оливах, являють собою органічні кислоти і асфальто-смолисті речовини. Органічні кислоти спричинюють корозію, передусім, кольорових металів. Основна доля кисню, що міститься в нафті і нафтопродуктах, знаходиться у вигляді

асфальто-смолистих речовин. Вони спричинюють підвищене утворення різних відкладень, тому вміст їх небажаний.

Сірчані сполуки у складі палив і олив можуть бути у вигляді сірки, сірководню, меркаптанів (активні сірчані сполуки), сульфідів, дисульфідів та інших (неактивні сірчані сполуки). Активні сірчані сполуки спричинюють сильну корозію металів. Неактивні сполуки, які містяться у паливах, самі корозії не спричинюють, її викликають продукти їх згоряння. Крім корозії, сірчані сполуки збільшують нагароутворення, знижують октанові числа в бензинах.

Азот знаходиться в паливах і оливах у вигляді асфальто-смолистих речовин.

Нафта і нафтопродукти не мають електропровідності, але під час тертя по металевих поверхнях утворюється статичний заряд електрики. Тому всі ємності, арматуру, в яких відбувається перекачування, зливання-наливання нафтопродуктів, слід заземляти.

Основні продукти переробки нафти

Сиру нафту зазвичай не використовують. Щоб добути з нафти технічно цінні продукти, її піддають переробці: вилучають розчинні мінеральні солі та інші домішки, зневоднюють, відокремлюють супутні гази.

Первинна переробка нафти полягає в її перегонці, тобто розділенні на різні продукти (фракції). Процес перегонки заснований на тому, що різні фракції (дистиляти) нафти мають різну температуру кипіння. Основні фракції нафти, деякі їхні властивості і застосування наведені в таблиці 3.

Кожна окрема фракція, яку добувають при перегонці нафти, є сумішшю відповідних вуглеводнів. Фракції, які киплять при високих температурах, складаються з молекул вуглеводнів з більшою кількістю атомів вуглецю.

Промислові установки перегонки нафти значно відрізняються за конструкцією і принципами дії від лабораторних. Перегонку здійснюють в установці, що складається з трубчастої печі, ректифікаційної колони і теплообмінної апаратури. У трубах печі нафта нагрівається до 350°С і у вигляді парів вуглеводнів з відповідною температурою кипіння охолоджується і розділяється на фракції.

Більшість продуктів переробки застосовуються для виробництва палива.

Таблиця 3 – Основні фракції перегонки нафти

Фракція	Розміри молекул	Інтервал температур кипіння вуглеводнів в °С	Застосування
Бензин	$C_5 – C_{11}$	Від 40 до 200	Моторне, авіаційне і автомобільне паливо;
Лігроїн	$C_8 – C_{14}$	Від 120 до 240	Паливо для тракторів, розчинник у лакофарбовій промисловості
Гас	$C_{12} – C_{18}$	Від 180 до 300	Пальне для реактивних і тракторних двигунів
Газойль	$C_{18} – C_{25}$	Від 270 до 350	Пальне для дизелів
Мазут	Від C_{20} і вище	Від 300 і вище	Мастила, парафін, вазелін

Супутні гази, які розчинені у нафті, містяться над нею і виділяються під час її добування. На поверхню нафта поступає під тиском цих газів і фонтанує. Супутній нафтовий газ відрізняється за складом від природного: у ньому міститься менше метану (30-50 % за об'ємом), але більше етану, пропану, бутану, пентану (7-20 % за об'ємом) і вищих вуглеводнів, ніж у природному газі.

Раніше супутній газ не знаходив застосування і під час добування нафти його спалювали факельним способом. Тепер його прагнуть вловлювати і використовувати як паливо і головним чином як хімічну сировину. Можливості використання супутнього газу навіть значно ширші, ніж природного, оскільки, крім метану, він містить багато інших вуглеводнів, тому хімічною переробкою цього газу можна добути більше речовин, ніж з природного газу.

При переробці супутнього нафтового газу спочатку відокремлюють рідкі легкокиплячі вуглеводні – пентан, гексан та ін. Вони разом утворюють так званий газовий бензин (газолін), який використовується як добавка до звичайних бензинів для кращого їх займання під час запуску двигуна.

Потім відокремлюється пропан-бутанова суміш, якою заповнюють балони під тиском. Зріджений газ використовується як газоподібне паливо. «Сухий газ», що залишився після відокремлення газового бензину і бутан-пропанової суміші, складається переважно з метану і використовується як паливо.

Для хімічної переробки з супутнього газу відокремлюють індивідуальні вуглеводні: етан, пропан, н-бутан тощо. Оскільки, насичені вуглеводні відносно хімічно інертні і мало придатні як сировина для хімічного синтезу, їх перетворюють за допомогою реакцій дегідрування в активніші – ненасичені вуглеводні, з яких потім синтезують каучуки і

пластмаси. Крім того, окисненням вуглеводнів добувають органічні кислоти, спирти та інші продукти.

З мазуту виробляють різні масла (в тому числі і автомобільні), добувають вазелін і парафін. Залишок мазуту після відгонки називають нафтовим пеком, або гудроном, який іде на виготовлення асфальту.

Висновки

Нафта і супутні гази є дуже цінною сировиною для народного господарства, а запаси її небезмежні.

Автомобільний транспорт є одним з найбільших споживачів нафтопродуктів.

Зараз розроблено багато шляхів заміни нафти іншими видами палива (спирти, біопаливо, водень, електрика та інші). Однак, на сьогоднішній день реальної альтернативи паливу для автомобілів з нафти поки що не існує.

В Україні в найближчому майбутньому нафта і природній газ залишаться основним видом сировини для вироблення пального для автомобілів і тому існуючі методи переробки нафти потребують уваги науки з метою їх удосконалення.

Література

1. *Полянський С.К., Коваленко В.М.* Експлуатаційні матеріали. – К: Либідь, 2003 р. – 437 с.
2. *Жуков С.* Природный газ – моторное топливо XXI века //Промышленность сегодня. – 2001. – N 2. – С. 12.
3. *Колосюк Д.С.* Використання та економія матеріалів і ресурсів на автомобільному транспорті. – К: Вища школа, 2004. – 206 с.

УДК 621. 9. 06

Сахно Ю.О., Д-Р ТЕХН. НАУК

Чернігівський державний технологічний університет

Сахно Є.Ю., Д-Р ТЕХН. НАУК, Шевченко Я.В., СТ. ВИКЛАДАЧ

Чернігівський державний інститут економіки і управління

КОМПЕНСАЦІЯ ЗМІЩЕННЯ КОЛІНЧАТОГО ВАЛУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ

Вступ

Під час роботи системи автоматичного регулювання положення колінчатого вала ДВС (двигуна внутрішнього згорання автомобіля) під навантаженням важливо вірно визначити несучу здатність гідростатичного підшипника, щоб не допустити металевого контакту між спряженими поверхнями. У цьому випадку рекомендовано використовувати систему регулювання положення вала у момент пікових навантажень (рис. 1.) [1].

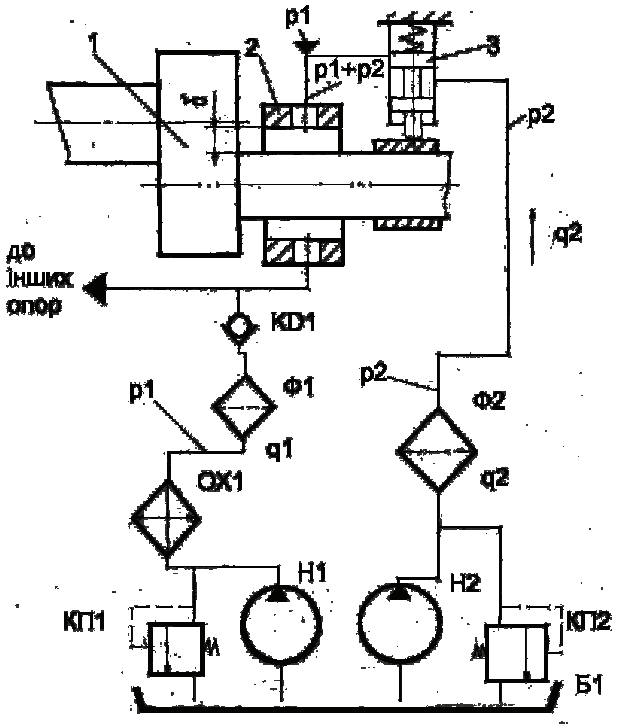


Рисунок 1 – Модернізована схема компенсації навантажень шийки колінвала

Технічна ідея нової схеми полягає в тому, щоб у момент зменшення зазору δ між колінчатим валом 1 і опорним вкладишем 2 через регулюючий золотник 3 увімкнулась в роботу система живлення вкладишів від додаткового насосу *Н2*. У такому випадку в зазорі $\boldsymbol{\delta}$ буде

формуватися витрата рідини $q1+q2$, де $q1$ – витрата рідини від насосу *H1*, $q2$ – витрата рідини від насосу *H2*.

Методи і результати

Несуча здатність гідростатичного підшипника визначається за відомим виразом [2]:

$$P = F\sum_{i=1}^{z} p_i \cos(\varphi_i - \gamma), \quad (1)$$

де F – еквівалентна площа несучого карману; p_i – тиск рідини у карманах; φ_i і γ – координати країв карманів і лінії дії зовнішнього навантаження.

Витрата рідини змащування з карманів підшипника визначається в аксіальному (2) і тангенціальному напрямках:

$$dQ_2 = \frac{p_i \cdot \delta^3 \cdot R \cdot d\varphi}{12 \cdot \mu \cdot l}, \quad (2)$$

де p_i – тиск у кармані; R – радіус підшипника; μ – динамічний коефіцієнт в'язкості; l – ширина перемички; φ – кутовий розмір кармана; δ – зазори між шийкою валу і вкладишем підшипника: $\delta = \delta_0(1-\varepsilon\cos\varphi)$, де $\varepsilon = \frac{e}{\delta_0}$ – відносний ексцентриситет, δ_0 – радіальний зазор; e – ексцентриситет.

З формули (2) бачимо, що основні параметри δ, p, q підшипника залежать один від одного. Змінивши один з цих параметрів, можливо отримати зміну режимів роботи системи і, відповідно, величини несучої здатності P гідростатичного підшипника.

Таким чином, у даному дослідженні поставлене наступне завдання:

– створити силу в гідропідшипнику, яка б сприймала зовнішнє навантаження $F_н$, яка вмикається короткочасно у навантажених і перевантажених режимах роботи ДВС автомобіля;

– визначити теоретичні значення параметрів δ, p, q і величину несучої здатності P гідростатичного підшипника та порівняти отримані значення з експериментальними значеннями, намагаючись їх відхилення звести до мінімуму.

Для цього скористаємося відомими методиками векторної алгебри [3], показавши параметри у вигляді векторів, які утворюють певні площі S_T і S_e (теоретичні і експериментальні значення) прийнявши загальну вихідну точку їх векторів O у початковий момент часу t_0 (рис.2).

Для більш повного визначення відхилень параметрів процесу компенсації зміщення колінчатого вала ДВС відділимо шість основних елементів: величину зміщення вала e (x_1), величину тиску p в опорі (x_2),

витрату рідини змащування q (x_3), величну зазору δ (x_4), радіальну несучу здатність P (x_5) і перепад тиску у щілині гідроопори Δp_0 (x_6).

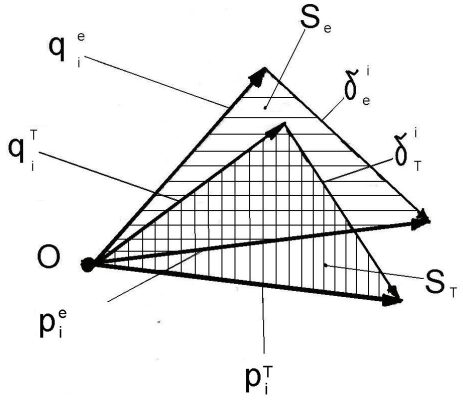
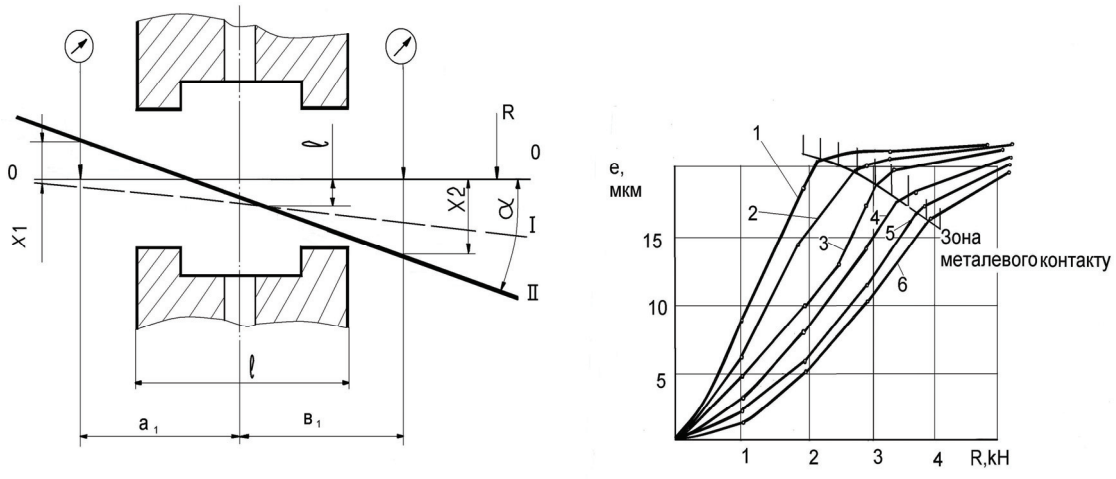


Рисунок 2 – Векторне представлення теоретичних і експериментальних значень параметрів

Перераховані величини визначимо теоретично і експериментально, використовуючи відомі дослідження гідроопор машин [2]. Величину витрати q визначаємо за формулою (2), прийнявши наступні значення параметрів: діаметр вала D = 0,08м, діаметральний зазор $\delta = 0{,}08 \cdot 10^{-3}$ м, тиск від насосу приймаємо 3 МПа, $l = 0{,}01$ м, а значення величини динамічної в'язкості μ для різного виду робочої рідини приймаємо у діапазоні $0{,}00612 \div 0{,}0196$ Па·с. Експериментальні значення витрати q отримані в роботі [4].

Розрахунковий тиск насосу $p_н$ приймаємо рівним експериментальному з урахуванням похибки його вимірювань. Значення відхилення валу e визначимо за допомогою рис. 3, де навантаження R змінилося від 0 до 4 кН.



а) б)

Рисунок 3 – Вимірювання величини зазору в опорі: а) схема вимірювання; б) результати досліджень: 1 – $p_н$ = 1МПа;2 – $p_н$ = 1,5МПа; 3 – $p_н$ = 2МПа; 4 – $p_н$ = 2,5МПа; 5 – $p_н$ = 3МПа; 6 – $p_н$ = 3,5МПа

Значення несучої здатності визначаємо виходячи з відомої формули [5], $P = 1{,}5 \cdot e/\Delta D^2 p_н$, при наступних значеннях параметрів: e = 0,007-0,014м, Δ = 0,08 м, $p_н$ = 3-3,5 МПа, D = 80 мм, а експериментальні значення приймемо виходячи з рис. 3, б. Перепад тиску дросельної щілини гідроопори приймаємо в межах $\Delta p_0 = (5 - 7{,}5)\cdot 10^5$ Па. Отримані результати розрахунку зводимо до таблиці 1.

Відомі графіки залежностей обертаючого моменту від кута повороту колінчатого валу ДВС автомобіля зі зміщенням на кут θ [6,7], тому для визначення сумарного обертаючого моменту використовують залежність $M_{кр} = T \cdot R$, де T – сила, що діє на шийку колінвала, де R – радіус прикладання сили. При цьому для чотирьохтактних двигунів з рівномірним інтервалом між запаленням кут обертаючого моменту буде $\theta = 720/i$, де i – число робочих циліндрів, дійсний обертаючий момент визначається як $M_Д = M_{кр.ср.} \cdot \eta_м$, де $M_{кр.\ ср.}$ – середнє значення крутного моменту від всіх циліндрів, $\eta_м$ – ККД двигуна.

Таблиця 1 – Розрахункові та експериментальні значення параметрів

Елементи / Робоча рідина	Тиск насосу, p, МПа		Витрати рідини Q, $м^3/с$		Зміщення вала в опорі e, мкм		Величина зазору в опорі δ, мкм		Радіальна несуча здатність R, кН		Перепад тиску на дроселі Δp_0, Па	
В'язкість при t 100°С	теор	експ	теор	експ	теор	експ	теор	експ	теор	експ	теор	експ
Циліндрове ГОСТ 1841-51, μ=9-13	3	3±0,2	$8{,}3\times 10^{-5}$	$8{,}16\times 10^{-5}$	14	14	26	26	5,04	3,5	$7{,}5\cdot 10^5$	$7{,}5\cdot 10^5$
Автотракторне АК 10 ГОСТ 1862-63, μ = 10	3,1	3,±0,2	$8{,}66\times 10^{-5}$	$8{,}22\times 10^{-5}$	13	13	27	27	4,63	3,0	$6\cdot 10^5$	$6\cdot 10^5$
Автотракторне АК 15, μ = 15	3,5	3,5±0,3	$9{,}0\times 10^{-5}$	$8{,}93\times 10^{-5}$	7	7	33	33	2,94	2,5	$5\cdot 10^5$	$5\cdot 10^5$

Для забезпечення надійної роботи двигуна та виключення металевого контакту між спряженими поверхнями необхідно забезпечити достатню величину змащувального шару, щоб виконувалась умова $h_{\min} > h_{кр}$ між мінімальним і критичним значенням зазору. Якщо розділити h_{min} на величину радіального зазору, то отримана величина буде мінімальною товщиною мастильного клину $\xi = \dfrac{h_{\min}}{0{,}5\Delta} = h_0$.

Базуючись на законі Ньютона, визначається сила тертя рідинного ковзання, за яким:

$$T = \frac{F \cdot \gamma \cdot M_{kp.cp.}}{f'_{mp.}}, \qquad (3)$$

де F – площа поверхні навантаження; γ – абсолютна в'язкість рідини; $M_{кр.ср.}$ – середнє значення крутного моменту всіх циліндрів.

А коефіцієнт рідинного тертя f'_{mp} визначається як:

$$f'_{mp} = \frac{T}{P} = \frac{\gamma \cdot M_{kp.cp.}}{h \cdot q_{cp}}, \qquad (4)$$

де $q_{ср}$ – витрата рідини змащування в опорі на 1см^2 площі; P – тиск рідини змащування в опорі.

Підставивши до формули (3) критичне значення шару рідини, що змащує, $h_{кр}$ = 0,002-0,004 мм, можливо визначити коефіцієнт рідинного тертя в момент перевантаження двигуна.

Висновки

Відхилення колінчатого вала під навантаженням супроводжується зменшенням витрат робочої рідини змащування до $q_{кр}$, яке необхідно збільшити за рахунок встановлення в систему додаткового насосу для забезпечення необхідної величини масляного клину в спряженні «шийка вала – вкладиш опори».

1. Проведені досліди показали, що модернізація системи змащування ДВС автомобіля забезпечує додаткову подачу робочої рідини змащування до корінних підшипників в момент підвищення зовнішніх навантажень на колінчатий вал двигуна.

2. Відповідно до виразу (3) і значень $h_{кр}$ і $f_{кр}$ визначають критичні витрати в опорі на 1 см^2, при яких виникає металевий контакт між спряженими поверхнями, і відповідно підбирають параметри для додаткового насосу системи змащування колінчатого вала ДВС автомобіля.

Література

1. *Сахно Ю.О.* //*Сахно Ю.О., Сахно Е.Ю., Шевченко Я.В., Бойко С.В.* Модернізація системи змащування підшипників колінчатого вала //Вісник ЧДТУ. – Чернігів: ЧДТУ, 2008. – № 34. – С. 95-99.

2. *Решетов Д.Н.* //Детали и механизмы металлорежущих станков /под ред. *Д.Н. Решетова.* – М.: Машиностроение, 1972. – 520 с.

3. *Корн Г.* //Справочник по математике для научных работников и инженеров /*Г. Корн, Т. Корн*. – М.: Наука, 1968. – 720 с.

4. *Сахно Є.Ю.* //*Сахно Е.Ю.* Теорія проектування системи зрівноваження шпиндельних вузлів токарних верстатів. Дис. На здобуття наукового ступеня доктор технічних наук. – Київ: НТУУ «КПІ», 2007. – 308 с.

5. *Пуш В.Э.* //Металлорежущие станки. Учебник для машиностроительных вузов /под ред. *В.Э. Пуша*. – М.: Машиностроение, 1985 – 256с.

6. *Алексеев В.П.* //Двигатели внутреннего сгорания: устройство и работа поршневых и комбинированых двигателей /*В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов и др*. Под общ. ред. А.С. Орлина. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.

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

УДК 621.822.172:621.7.079

ФЕДОРИНЕНКО Д.Ю., КАНД. ТЕХН. НАУК

ГЕОМЕТРІЯ РАДІАЛЬНОГО ЗАЗОРУ В РЕГУЛЬОВАНИХ ШПИНДЕЛЬНИХ ГІДРОСТАТИЧНИХ ПІДШИПНИКАХ

Вступ

Одними з основних характеристик шпиндельних гідростатичних підшипників (ГСП) є величини несучої здатності та жорсткості, які, в свою чергу, є функціями від величини радіального зазору в опорі. В процесі роботи зі знакозмінним навантаженням жорсткість ГСП постійно змінюється , що призводить до зміщення осі шпинделя і, як наслідок, зменшення точності механічної обробки на верстатах.

Шар рідини «згладжує» похибки виготовлення поясків шпинделя. Проте при малій товщині мастильного шару підвищуються вимоги до точності виготовлення елементів підшипника та збільшуються витрати енергії, рідини, що прокачується.

В роботі [1] розроблена математична модель, яка описує характер розподілу розміру мастильного шару по всій довжині кола гідростатичної втулки. Вона має вигляд лінійної комбінації тригонометричних рядів, що описують мастильний шар з лівого і правого боків підшипника. Слід зазначити, що запропонована математична модель не враховує експлуатаційні навантаження на шпиндель і призначена тільки для оцінювання геометричної форми отвору гідростатичної втулки.

В роботі [2] передаточна функція замкненого ГСП представлена у вигляді відношення зміни величини мастильної плівки до зміни величини зовнішнього навантаження на шпиндель. Аналіз отриманих в роботі результатів показує, що величина мастильного шару суттєво впливає на стійкість і динамічну податливість опор. Встановлено, що при збільшенні розмірів плівки запас стійкості зменшується, а при її зменшенні – має місце зменшення динамічної піддатливості опор.

Дослідження, які проведені в роботі [3], доводять, що при збільшенні мастильної плівки зменшується тривалість перехідного процесу і збільшується перерегулювання (внаслідок зменшення коефіцієнту демпфірування опор, який зворотно пропорційний кубу величини мастильної плівки).

Важливим також бачиться питання вибору оптимальної величини статичного 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.

Отже однією з основних характеристик, що впливає на точність обертання гідростатичного шпинделя, є величини статичного та динамічного радіального зазору в його опорних вузлах. Регулювання величиною мастильного шару в процесі механічної обробки дає можливість керувати вихідними показниками точності шпинделя на ГСП.

Задачею даної роботи є визначення функції регульованого радіального зазору в шпиндельних ГСП з урахуванням змінного стохастичного навантаження та неідеальної геометрії спряжених поверхонь тертя.

Результати досліджень

Як зазначалося, істотний вплив на вихідні параметри шпиндельного вузла чинить товщина мастильного прошарку в ГСП. Для випадку ексцентричного положення вала *2* (рис. 1) в гладкому циліндричному підшипнику *1* при відсутності перекосу та згину осі шпинделя радіальний зазор δ можна представити в полярній системі координат у вигляді

$$\delta = \delta_0 - e_0 \cdot \cos(\varphi - \varphi_0), \tag{1}$$

де δ_0 – радіальний статичний зазор в опорі;

e_0, φ_0 – абсолютний ексцентриситет та кут, що визначають положення центра шпинделя в опорі відповідно;

φ – кутова координата опорної поверхні шпинделя.

Приймемо, що центр нерухомої декартової системи координат OXYZ розташований на лівій границі підшипника, вісь Z співпадає з геометричною віссю гідростатичної втулки (див. рис. 1). Ексцентричне положення опорної шийки вала відносно втулки буде визначатися рухомою системою координат $O_1X_1Y_1Z_1$, що утворена переносом початку координат на відстань e_0 під кутом φ_0, де вісь Z_1 співпадає з геометричною віссю шпинделя.

Перекіс у вертикальній площині будемо визначати кутом α нахилу осі шпинделя, у горизонтальній площині – кутом β (рис. 2). Тоді координати центра осі шпинделя в O-му і L-му (на рис. 1 співпадає з правою границею підшипника) перетинах запишуться як:

$$X_0 = e_0 \cos\varphi_0;\ Y_0 = e_0 \sin\varphi_0;$$
$$X_L = X_0 - Z_L \mathrm{tg}\beta;\ Y_L = Y_0 + Z_L \mathrm{tg}\alpha,$$

або в полярних координатах:

$$e_L = \sqrt{(e_0 \cos\varphi_0 - Z_L \mathrm{tg}\beta)^2 + (e_0 \sin\varphi_0 + Z_L \mathrm{tg}\alpha)^2};$$
$$\varphi_L = \mathrm{arctg}\frac{e_0 \sin\varphi_0 + Z_L \mathrm{tg}\alpha}{e_0 \cos\varphi_0 - Z_L \mathrm{tg}\beta}. \tag{2}$$

Таким чином, з урахуванням (2) радіальний зазор в довільному перетині, ортогональному до геометричної осі шпинделя, буде

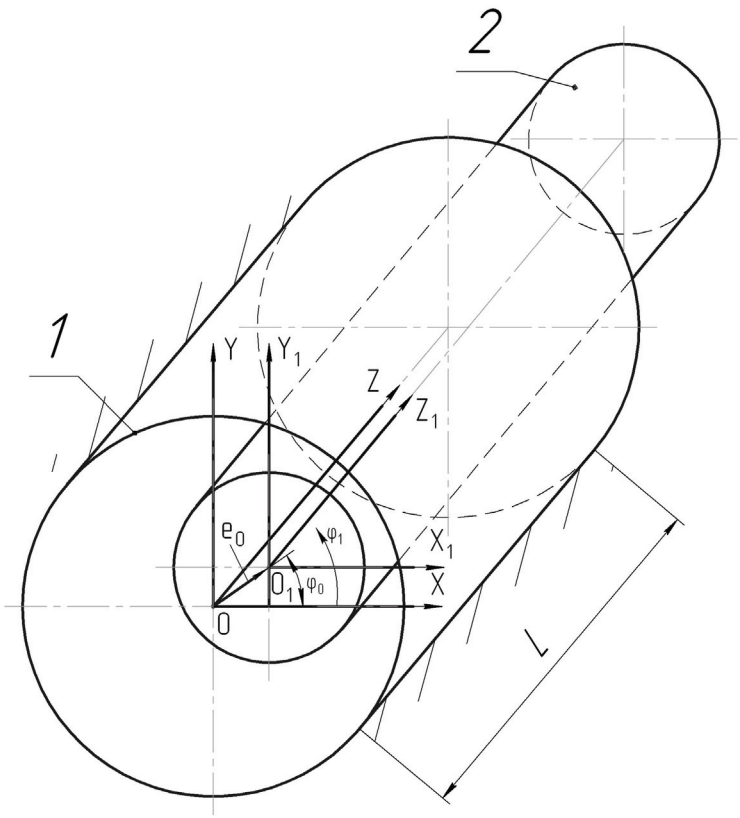
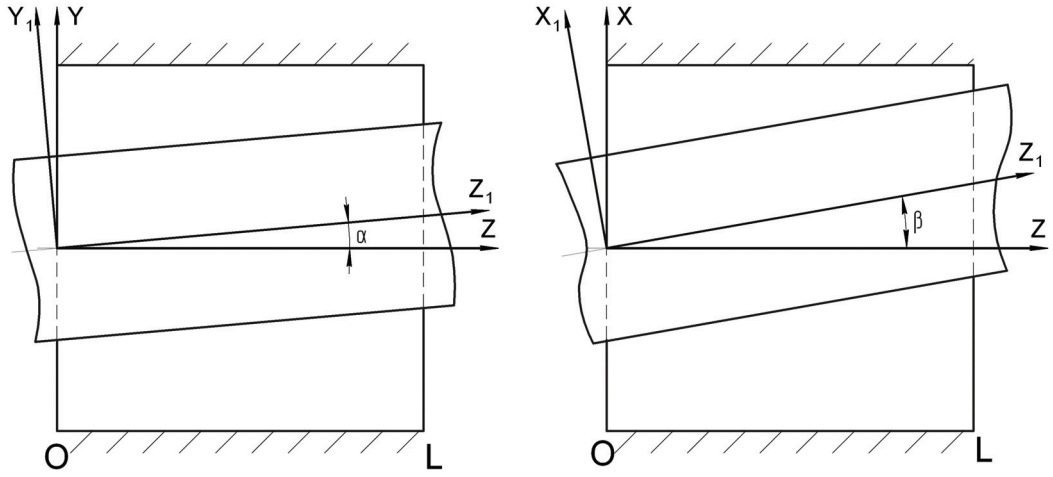


Рисунок 1 – До визначення функції радіального зазору в ГСП



вертикальна площина *горизонтальна площина*

Рисунок 2 – До визначення перекосу в опорі

$$\delta = \delta_0 - \sqrt{\left(e_0 \cos\varphi_0 - Z_L \mathrm{tg}\beta\right)^2 + \left(e_0 \sin\varphi_0 + Z_L \mathrm{tg}\alpha\right)^2} \times$$
$$\times \cos\left(\varphi - \mathrm{arctg}\frac{e_0 \sin\varphi_0 + Z_L \mathrm{tg}\alpha}{e_0 \cos\varphi_0 - Z_L \mathrm{tg}\beta}\right) \quad (3).$$

Нескладно бачити, що за відсутності перекосу, тобто при $\alpha=\beta=0$, вираз (3) повністю співпадає з формулою (1).

Геометрія радіального зазору залежить від багатьох факторів (рис. 3), які пов′язані як з конструктивними особливостями будови підшипника, так і технологічними та експлуатаційними похибками.

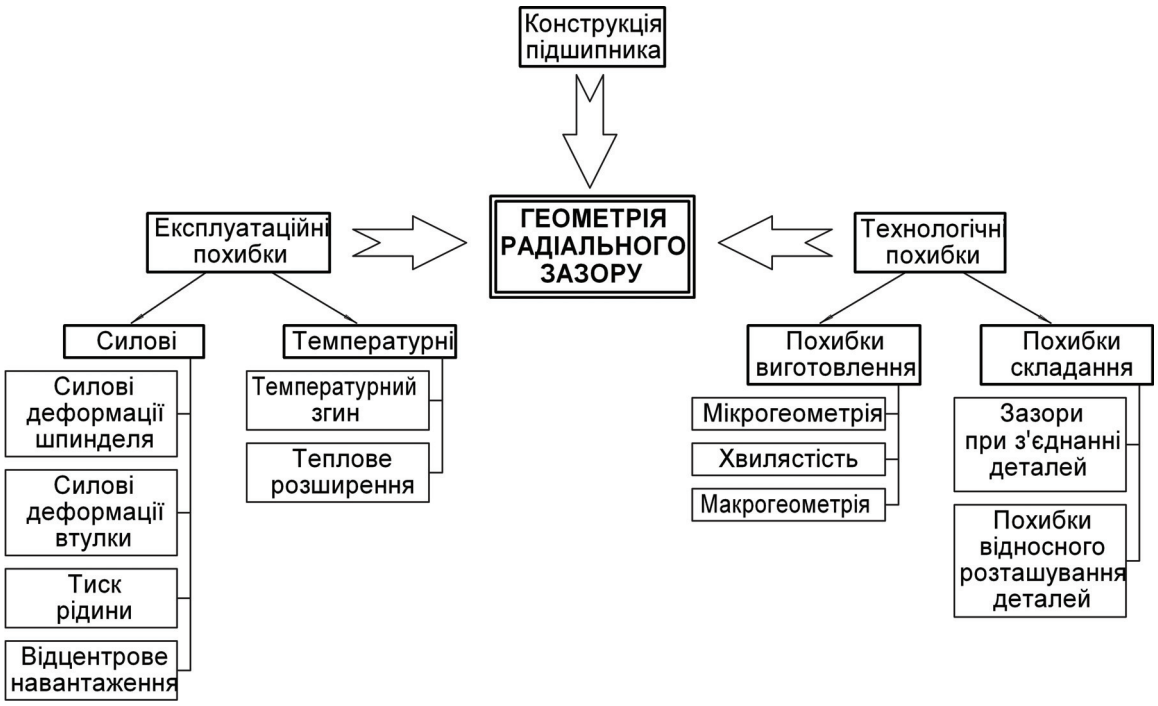


Рисунок 3 – Фактори, що впливають на геометрію радіального зазору в ГСП

Так, похибки виготовлення та складання опорного вузла, які нормуються відповідними допусками та посадками, суттєво впливають на режим тертя в підшипнику та реакцію його масляного шару (рис. 4). Шпиндель завдяки скінченній жорсткості деформується, що призводить до зміни епюр тисків і істотно впливає на його навантажувальну здатність. Окрім того, на високих швидкостях обертання під дією відцентрових сил змінюється діаметр опорної частини шпинделя. Значний вплив на динамічні характеристики ГСП чинять температурні деформації спряжених поверхонь. Тенденція підвищення тиску в системах живлення ГСП обумовлює необхідність врахування деформацій опорних частин під дією високого тиску рідини.

Таким чином, мінімальна величина статичного зазору повинна задовольняти виразу

$$\delta_{\min} \geq \Delta_{\grave{o}\hat{a}\tilde{o}} + \Delta_{\tilde{n}\ddot{a}} + \Delta_{\grave{o}\ddot{a}} + h,$$

де Δ_{mex} – технологічні похибки виготовлення та складання пари тертя;

$\Delta_{сд}$ – похибки, пов′язані з силовими (моментними) деформаціями пари тертя;

$\Delta_{тд}$ – температурні деформації пари тертя;

h – товщина адсорбційного шару мастила [4].

Для обраного об′єкту аналізу – нової конструкції регульованого радіального гідростатичного підшипника [5], що впроваджена у виробництво на торцекруглошліфувальному верстаті ЗТ161, з урахуванням параметрів системи живлення (тиск в карманах до 4 МПа), максимальної робочої частоти обертання шліфувального шпинделя (1270 хв$^{-1}$) та величини регульованого діаметрального зазору в ГСП (40-100 мкм) температурні деформації, деформації, обумовлені високими значеннями

тиску рідини та швидкостей обертання шпинделя, не чинять істотного впливу на характеристики підшипника і ними, в першому наближенні, можна знехтувати.

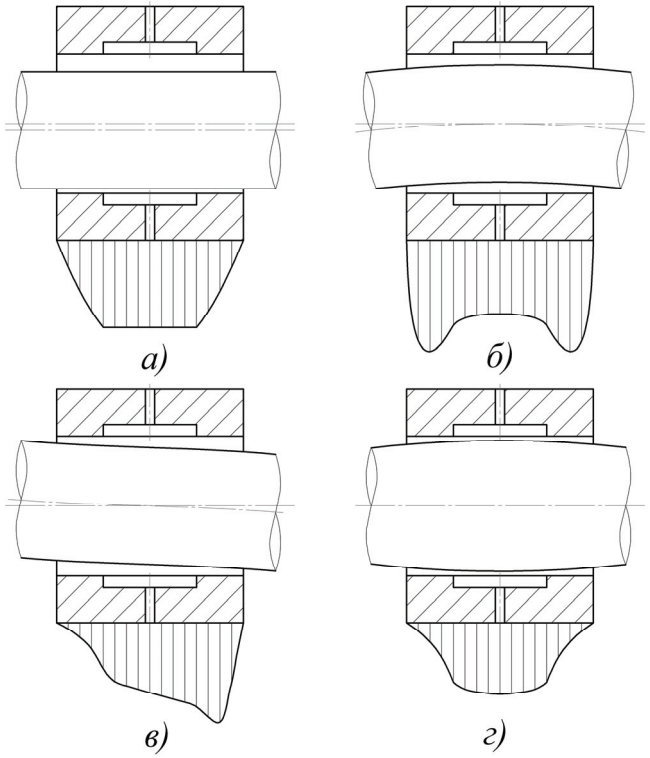


Рисунок 4 – Вплив геометрії опорної шийки шпинделя на реакцію масляного шару: а) ексцентриситет; б) згин; в) перекіс; г) бочкоподібність

Отже в загальному випадку радіальний зазор в регульованому ГСП може бути описаний рівнянням

$$\delta = \delta_0 + \overline{h}^{\,\varphi}_{i\partial}(z) + \overline{h}^{\,\hat{a}\partial}_{i\partial}(z) - \sqrt{(e_0\cos\varphi_0 - z\cdot\mathrm{tg}\beta)^2 + (e_0\sin\varphi_0 + z\cdot\mathrm{tg}\alpha)^2}\times$$
$$\times\cos\left(\varphi - \mathrm{arctg}\frac{e_0\sin\varphi_0 + z\cdot\mathrm{tg}\alpha}{e_0\cos\varphi_0 - z\cdot\mathrm{tg}\beta}\right) + \overline{\Delta}^{\varphi}_{\tilde{a}.\hat{a}.}(\varphi) + \overline{\Delta}^{\varphi}_{\tilde{a}.\hat{a}.}(z) + \overline{\Delta}^{\hat{a}\partial}_{\tilde{a}.\hat{a}.}(\varphi) +$$
$$+ \overline{\Delta}^{\hat{a}\partial}_{\tilde{a}.\hat{a}.}(z) + \overline{\Delta}^{c\partial}_{\tilde{a}.\hat{a}.}(\varphi) + \overline{\Delta}^{\tilde{n}\partial}_{\tilde{a}.\hat{a}.}(z), \qquad (4)$$

де $\overline{h}^{\,\varphi}_{i\partial}(z), \overline{h}^{\,\hat{a}\partial}_{i\partial}(z)$ – пружні деформації шпинделя і втулки в аксіальному напрямку відповідно;

$\overline{\Delta}^{\varphi}_{\tilde{a}.\hat{a}.}(\varphi)$, $\overline{\Delta}^{\hat{a}\partial}_{\tilde{a}.\hat{a}.}(\varphi)$ – геометричні відхилення шпинделя і втулки в тангенціальному напрямку відповідно;

$\overline{\Delta}^{\varphi}_{\tilde{a}.\hat{a}.}(z)$, $\overline{\Delta}^{\hat{a}\partial}_{\tilde{a}.\hat{a}.}(z)$ – геометричні відхилення шпинделя і втулки в аксіальному напрямку відповідно;

$\overline{\Delta}^{c\partial}_{\tilde{a}.\hat{a}.}(\varphi)$, $\overline{\Delta}^{\tilde{n}\partial}_{\tilde{a}.\hat{a}.}(z)$ – геометричні відхилення у рухомому з′єднанні «гідростатична втулка - конічна втулка» в тангенціальному і аксіальному напрямках відповідно.

В загальному випадку складові формули (4), за виключенням статичного радіального зазору δ_0, є випадковими величинами. Перекіс опорних поверхонь ГСП відбувається, насамперед, під дією статичних

складових збурюючих зовнішніх навантажень, тоді доданок у виразі (4), обумовлений перекосом, з деяким наближенням, можна покласти детермінованим.

Складові функції зазору, обумовлені пружними деформаціями елементів ГСП $\overline{h}_{ið}^{ø}(z), \overline{h}_{ið}^{âò}(z)$, залежать від випадкових значень жорсткості в радіальному напрямку підшипника. Враховуючи характер навантаження та робочі режими шліфувального шпинделя, зробимо припущення про малість випадкових флуктуацій радіальної жорсткості в напрямку регулювання зазору, тобто переміщення деформованого середовища будуть визначатися виключно детермінованими показниками статичної та динамічної жорсткості ГСП.

Похибки, пов′язані з геометричними відхиленнями поверхонь деталей підшипника $\overline{\Delta}_{ã.â.}^{ø}(\varphi)$, $\overline{\Delta}_{ã.â.}^{âò}(\varphi)$, $\overline{\Delta}_{ã.â.}^{ø}(z)$, $\overline{\Delta}_{ã.â.}^{âò}(z)$, $\overline{\Delta}_{ã.â.}^{cò}(\varphi)$, $\overline{\Delta}_{ã.â.}^{ñò}(z)$, є суттєво випадковими, для яких справедливим є припущення про нормальність закону розподілу ймовірностей в межах партії оброблюваних деталей.

Розглянемо більш докладно підходи до визначення окремих складових функції радіального зазору, які наведені у виразі (4). Найбільш істотний вплив на динамічну складову радіального зазору в ГСП чинять пружні деформації шпинделя та гідростатичної втулки в процесі механічної обробки, тому надалі основну увагу приділимо саме цим складовим.

Так, згин осі шпинделя під дією зовнішнього навантаження і реакцій мастильного шару в опорах призводить до зміни величини радіального зазору в підшипнику. Внаслідок існуючого перекосу осей виникає асиметрія епюри тиску відносно центра опори (рис. 4), що, в свою чергу, призводить до формування одночасно з силовою і моментної складової реакції мастильного шару. Тому необхідно оцінити вплив деформацій зігнутої осі на динамічні характеристики шпиндельного вузла з регульованими ГСП.

Для аналізу пружно-деформаційних характеристик шпиндельних вузлів найчастіше застосовують чисельні алгоритми на основі методів початкових параметрів та скінченних елементів.

Найбільш зручний для лінійного динамічного аналізу шпиндельних вузлів метод початкових параметрів в матричній формі, що дозволяє звести розрахунок складної ланцюгової системи до багатократно повторюваного циклу алгебраїчних операцій, що відповідають переходу від однієї ділянки системи до іншої, і дає можливість застосування ЕОМ. Докладно методика аналізу шпиндельних вузлів методом початкових параметрів в матричній формі розглянута в роботі [6].

На основі зазначеної методики була побудована розрахункова схема шпиндельного вузла модернізованого шліфувального верстата 3Т161 у вигляді пружної східчастої балки на пружно-демпфіруючих опорах.

Рисунок 5 – Форми зігнутої осі опорної частини шпинделя в передньому ГСП при навантаженні одиничною силою

За результатами розрахунку на ЕОМ побудовані форми коливань зігнутої осі шпинделя по довжині переднього ГСП шліфувального шпинделя (рис. 5), з яких видно, що форма коливань на частоті f=21,2 Гц (відповідає максимальній робочий швидкості обертання шпинделя, крива 2 на рис. 5) має лінійну характеристику і практично не відрізняється від статичної форми зігнутою осі (при f=0 Гц, крива 1 на рис. 5). Отже можна зробити висновок, що в робочому частотному діапазоні в передньому ГСП відбувається зміщення (перекіс) геометричної осі шпинделя без згину. На частотах, близьких до першої критичної швидкості вала (f=159,2 Гц), відбувається викривлення пружної лінії по довжині підшипника (див. криву 3 на рис. 5), що обумовлює доцільність врахування силового згину шпинделя в функції радіального зазору.

Враховуючи вищесказане, для досліджуваної конструкції радіального ГСП можна обмежитись врахуванням тільки перекосу геометричної осі шпинделя в гідростатичній втулці. Припущення щодо нехтування випадковими флуктуаціями радіальної жорсткості шпинделя адекватно відтворює механіку деформованого середовища, оскільки переміщення в напрямку регулювання зазору, як видно з рис. 5, визначаються саме усталеною величиною статичної жорсткості.

Найбільш істотний вплив на геометрію радіального зазору в регульованому ГСП чинять саме деформації гідростатичної втулки, що мають місце в процесі компенсації зовнішнього навантаження на шпиндельний вузол верстата.

В процесі регулювання радіального зазору, в результаті осьового зміщення гідростатичної втулки, в конічному з'єднанні виникає нормальне розподілене по поверхні навантаження $N\ (x, y, z)$, складова якого по осі y – Ny переміщує пелюстки опори з несучими карманами в радіальному напрямку (рис. 6). Цьому переміщенню протидіє тиск рідини $p\ (\rho, \varphi, z)$, розподілений по внутрішній поверхні пелюстків гідростатичної втулки. Нормальне навантаження на гідростатичну втулку з урахуванням реального (неідеального) геометричного профілю та відмінних фізико-механічних властивостей контактуючих поверхонь має нелінійну характеристику. Завдяки нелінійному відгуку рідинного середовища на процес регулювання зазору виникають силові і моментні складові реакції шару мастила як в аксіальному P^a, M^a, так і в тангенціальному P^m, M^m напрямку підшипника.

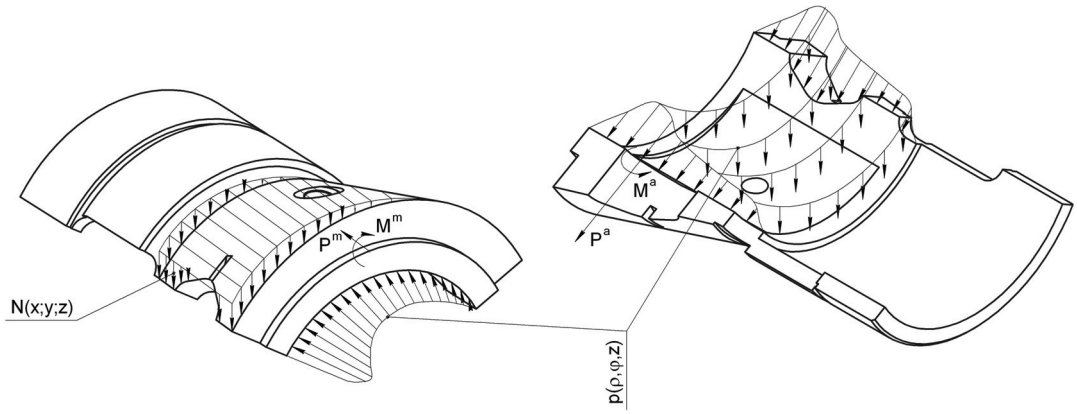


Рисунок 6 – До визначення навантаження опорної частини гідростатичної втулки

Отже, для визначення деформацій гідростатичної втулки в напрямку регулювання зазору необхідно розглянути в загальному випадку згин в аксіальному та кручення пелюстків в тангенціальному напрямках.

Завдяки розтискній конструкції опори кожний пелюсток може деформуватися окремо від інших. Якщо розглянути рухомий елемент опори – пелюсток з несучим карманом, то його можна уявити у вигляді жорстко закріпленої балки змінного перерізу, при навантаженні якого зовнішніми силовими факторами виникає прогин в площині ZOY на величину *y(z)* (рис. 7).

Введемо ряд припущень, які дозволяють здійснити перехід до лінійної постановки задачі.

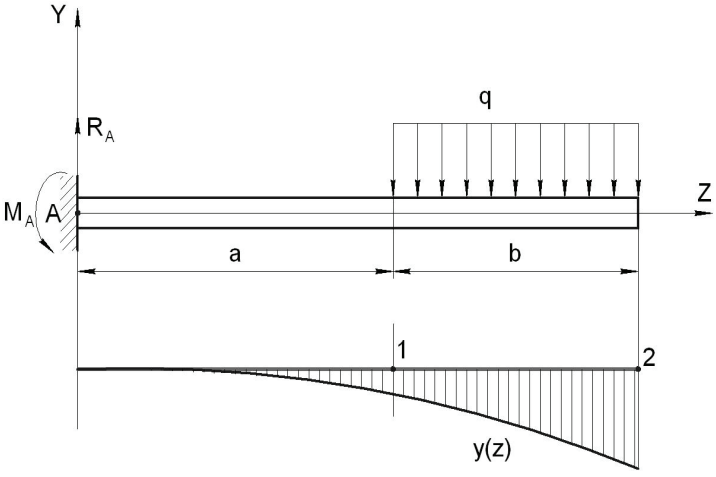


Рисунок 7 - Розрахункова схема та епюра переміщень пелюстка з лінеаризованим навантаженням

Силою ваги пелюстка внаслідок її незначного впливу на деформації нехтуємо. Не враховуємо також осьові навантаження (наприклад, в різевому з′єднанні), які призводять до деформацій стискання-розтягування гідростатичної втулки, і, внаслідок ортогональності до напрямку регулювання, не чинять істотного впливу на величину зазору. В першому наближенні вважаємо геометрію контактуючих поверхонь пелюстка з конічною втулкою ідеальною, тоді впливом згинальних деформацій в тангенціальному напрямку на регульований зазор можна знехтувати.

Розглянемо деформації згину в площині YOZ (див. рис. 7), тоді реакцію мастильного прошарку можна уявити у вигляді рівномірно розподіленого навантаження, відніманням якого з проекції нормального

навантаження на вісь OY отримаємо сумарне розподілене лінійне навантаження q на ділянці пелюстка гідростатичної втулки.

Тоді рівняння пружної лінії деформованого пелюстка можна дістати, наприклад, на основі методу початкових параметрів у вигляді

$$\omega(z) = \omega_0 + \Theta_0 z + \frac{1}{EI(z)}\left(M_0 \frac{z^2}{2!} + Q_0 \frac{z^3}{3!} - q\frac{(z-a)^4}{4!} \right), \quad (5)$$

де ω_0, Θ_0, M_0, Q_0 – початкові параметри (прогин, кут повороту, згинаючий момент, поперечна сила відповідно).

Осьовий момент інерції $I(z)$ для довільного перетину пелюстка може бути обчислений за залежністю [7] (рис. 8)

$$I(z) = \frac{R^4 - r^4}{8}\left(2\gamma + \sin 2\gamma - \frac{32\sin^2\gamma}{9\gamma} \right).$$

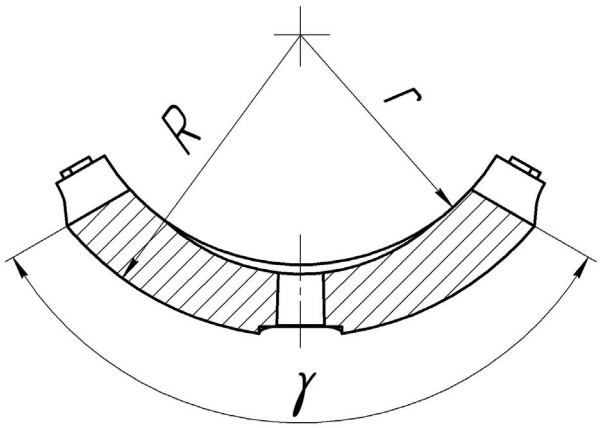


Рисунок 8 – До визначення осьового моменту інерції

Статичні початкові параметри визначаються з умов рівноваги:

$$M_0 = M_a = -qb\left(L - \frac{b}{2} \right), \quad Q_0 = R_a = qb,$$

де $L=a+b$.

Геометричні початкові параметри з урахуванням збігання початку координат з жорстким закріпленням балки дорівнюють нулю ($\omega_0=\Theta_0=0$).

Підставляючи визначені початкові умови до рівняння (5), після нескладних перетворень отримаємо аналітичний вираз для переміщень пелюстка в напрямку регулювання радіального зазору в підшипнику

$$\omega(z) = \frac{q}{EI(z)}\left(b\frac{z^3}{3!} - b\left(L - \frac{b}{2} \right)\frac{z^2}{2!} - \frac{(z-L+b)^4}{4!} \right). \quad (6)$$

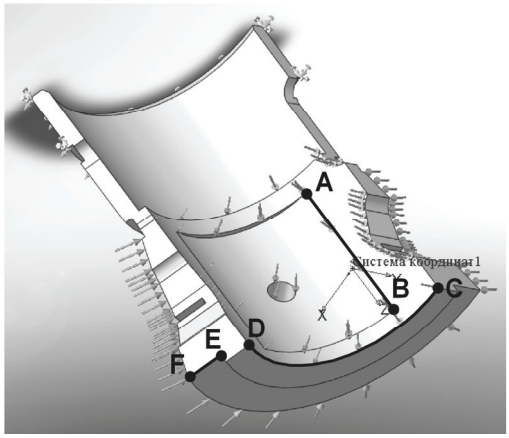


Рисунок 9 – Пружно-деформаційна модель пелюстка в системі CosmosWorks

З рівняння (6) видно, що пелюсток вигинається за параболічною кривою четвертого порядку, проте прогин на опорній ділянці підшипника (межи 1-2 на епюрі переміщень, див. рис. 7) може бути апроксимований лінійною залежністю.

З метою аналізу адекватності зроблених припущень щодо лінійності зовнішнього навантаження та спрощень розрахункової схеми здійснимо нелінійний аналіз пружно-деформаційної моделі гідростатичної втулки методом скінченних елементів засобами CAE системи

CosmosWorks 2008. Об′єктом аналізу є 3D модель пелюстка гідростатичної втулки (рис. 9) з обмеженнями та навантаженням ідентичних до рис. 6.

На основі запропонованого підходу до аналізу пружно-деформаційних характеристик ГСП можна отримати напруження та переміщення в будь-який точці (кривої, перетину, грані) 3D моделі з урахуванням довільного просторового навантаження.

В результаті проведеного чисельного експерименту визначені деформації пелюстка в аксіальному напрямку (рис. 10) при регулюванні зазору по довжині кромки А – В (див. рис. 9).

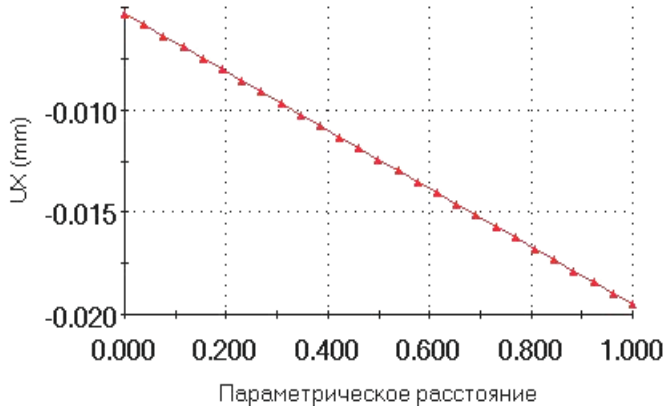
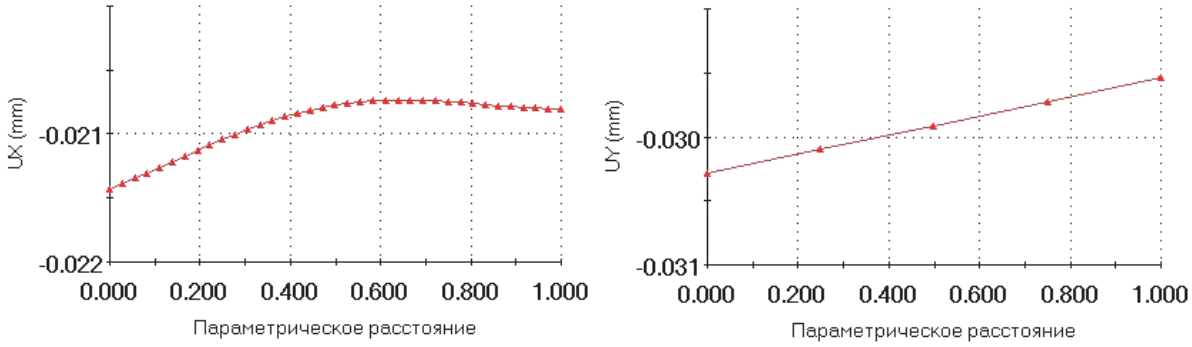


Рисунок 10 – Переміщення кромки А – В гідростатичної втулки в напрямку регулювання зазору

З наведеного графіка видно, що згин пелюстків відбувається за лінійним законом, близьким до залежностей, отриманих аналітичним шляхом.

Оцінку впливу кручення пелюстків в тангенціальному напрямку на регульовані параметри ГСП здійснювали на основі аналізу переміщень кромок С – D, Е – F (див. рис. 11) гідростатичної втулки при нелінійному розподілі зовнішнього навантаження.



а) б)

Рисунок 11 – Переміщення кромок С – D (а) і Е – F (б) пелюстка в напрямку регулювання зазору при нелінійному зовнішньому навантаженні

Як видно з графіків на рис. 11, деформації кручення пелюстків при розрахунковому навантаженні не перевищують 1 мкм, отже припущення про лінійність розподілу сумарного навантаження на пелюсток адекватно відтворює механіку деформованої гідростатичної втулки.

На основі вищевикладеного можна зробити висновок, що величина регульованого радіального зазору δ визначається деформаціями гідростатичної втулки в аксіальному напрямку, які на довжині опорної частини ГСП мають практично лінійну характеристику і аналітично

визначаються залежністю (6). Деформації гідростатичної втулки в тангенціальному напрямку на два порядки менше відповідних деформацій в аксіальному напрямку і ними, в першому наближенні, можна знехтувати.

Висновки

Отримана узагальнена аналітична залежність для визначення просторової геометрії радіального зазору в регульованих шпиндельних ГСП з урахуванням змінного стохастичного навантаження та неідеальної геометрії спряжених поверхонь тертя.

Запропоновані підходи до аналізу пружно-деформаційних складових похибок функції радіального зазору дозволяють кількісно та якісно оцінювати вплив силових деформацій на статичні параметри ГСП.

Встановлено, що найбільш істотний вплив на динамічну складову радіального зазору в регульованому ГСП чинять саме деформації гідростатичної втулки (до 70 % в загальному балансі похибок).

Розглянута методика щодо визначення функції регульованого радіального зазору може бути використана для широкої номенклатури гідростатичних опорних вузлів технологічного обладнання.

Література

1. *Дем'яненко С.К.* Розробка методології конструювання гідростатично-гідродинамічних шпиндельних опор металорізальних верстатів з підвищеними показниками жорсткості: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.03.01 «Процеси механічної обробки, верстати та інструменти» /*С.К. Дем'яненко* – Київ, 2002. – 20 с.
2. Динамические характеристики гидростатических опор /*Г.Х. Ингерт, Б.Г. Лурье* //Станки и инструмент. – 1972. – № 9. – С. 5-7.
3. Переходные процессы в гидростатических опорах /*Г.Х. Ингерт* //Станки и инструмент. – 1986. – № 5. – С. 24-25.
4. Подшипники скольжения /[*Н. Типей, В.Н. Константинеску* и др.]; под ред. *Н. Типей*. – Бухарест: АН РНР, 1964. – 458 с.
5. Пат. 82425 UA, МПК F16C 27/00, F16C 33/04. Спосіб регулювання зазора в гідростатичному підшипнику /*Сахно Ю.О., Федориненко Д.Ю., Бойко С.В., Волик В.С.*; власник Черніг. держ. технол. ун-т. - № а 2006 07254; заявл. 30.06.2006; опубл. 10.01.2008, Бюл. № 1.
6. 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.
7. *Писаренко Г.С.* Опір матеріалів /*Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Є.С.* – К.: Вища школа, 2004. – 655 с.

УДК 621.9.06-82

ВОЛИК В.С., АСИСТЕНТ

ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ГІДРАВЛІЧНИХ КОЛИВАНЬ У СИСТЕМІ ЖИВЛЕННЯ ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОР

Вступ

Розвиток науки і техніки обумовлює поліпшення споживчих характеристик виробів та зниження собівартості їх виготовлення. Для забезпечення цих якостей машинобудівної продукції на ключові ролі виходять такі фактори, як точність та продуктивність механічної обробки, які вимагають розробки нових засобів для поліпшення динамічних характеристик металообробного обладнання.

Одним з критичних факторів, які перешкоджають підвищенню продуктивності при збереженні необхідної точності обробки, є вібрації технологічної системи. Підвищення вібростійкості верстату є важливою задачею сучасного машинобудування.

Одним з найефективніших засобів підвищення вібростійкості технологічної системи є удосконалення системи демпфірування, яке забезпечується використанням в якості шпиндельних опор гідростатичних підшипників.

Використання гідростатичних підшипників дає можливість підвищення демпфірування коливань. Зокрема, виділяють три його складові [1]:

– демпфірування в несучому шарі при періодичному зближенні поверхонь;

– демпфірування в несучому шарі при відносному ковзанні поверхонь, що змащуються;

– демпфірування в системі живлення, обумовлене наявністю гідравлічних опорів, які гальмують динамічний рух в’язкої рідини.

Поліпшенню останньої складової демпфірування шляхом введення в напірну магістраль пасивного гасителя пульсацій присвячена дана стаття.

Роботи багатьох вчених, таких як Шорін В.П., Коробочкін Б.Л., Андренко П.М., Шатохін С.Н. та інших, присвячені вивченню причин виникнення пульсацій тиску рідини, методів їх гасіння в гідравлічних системах, а також динамічним дослідженням гідравлічних систем.

Робота [2] присвячена загальному огляду засобів зниження пульсації тиску рідини в трубопроводах авіаційної техніки, умови роботи якої наближені до умов роботи систем живлення шпиндельних гідростатичних опор (ГСО) прецизійного металообробного обладнання. Однак при цьому не враховувалась специфіка роботи саме таких систем живлення, тому робота не в повній мірі описує означені вище питання.

В роботі [3] детально розглянуто динаміку верстатних гідроприводів. Тут запропонований метод зниження гідравлічних коливань в гідроприводі шляхом включення в напірну магістраль додаткових об'ємів (гідроакумуляторів), однак такий спосіб не є достатньо ефективним для системи живлення прецизійних шпиндельних ГСО, оскільки пов'язаний із втратою жорсткості приводу.

В роботі [4] розроблені математичні моделі гідроагрегатів з пасивними гасителями пульсацій тиску та досліджено вплив параметрів робочої рідини та конструктивних параметрів гасителів пульсацій на ефективність гасіння коливань тиску. Проте, як і в роботі [2], розрахунки виконувались для гідроагрегатів, які відрізняються від системи живлення ГСО.

Робота [5] присвячена встановленню впливу пульсацій тиску рідини в системі живлення шпиндельних ГСО прецизійного верстату на биття переднього кінця шпинделя, пропонуються можливі шляхи зниження рівня пульсацій, однак не приведено обґрунтування практичної реалізації цих рішень.

Таким чином, в роботах згаданих авторів розглядаються окремо питання впливу гідравлічних коливань на динаміку гідроприводу та засоби їх зниження, моделювання гідроприводів з гасителями пульсацій, або питання впливу пульсацій на робочі параметри шпиндельного вузла. Однак у жодній з робіт не розглядається ефективність використання гасителів пульсації тиску у системі живлення шпиндельних ГСО прецизійних верстатів.

Метою роботи є експериментальне дослідження впливу гасителя пульсації тиску нової конструкції в системі живлення шпиндельних ГСО на рівень пульсацій робочої рідини в карманах опор при різних режимах роботи прецизійного токарно-гвинторізного верстату.

Методи та результати

На кафедрі інтегрованих технологій машинобудування і автомобілів ЧДТУ був спроектований та виготовлений пасивний гаситель пульсації тиску нового зразка для підвищення ефективності гасіння пульсацій тиску робочої рідини (рисунок 1) [6].

Гаситель пульсації складається із вхідного патрубка 1, корпуса 2, контргайки 3, насадки 4, кришки 5, вихідного патрубка з перфорованою трубкою 6, первинної камери 7, вторинної камери 8, перфорованої перегородки 9, торцевого зазору 10 і ущільнюючого кільця 11.

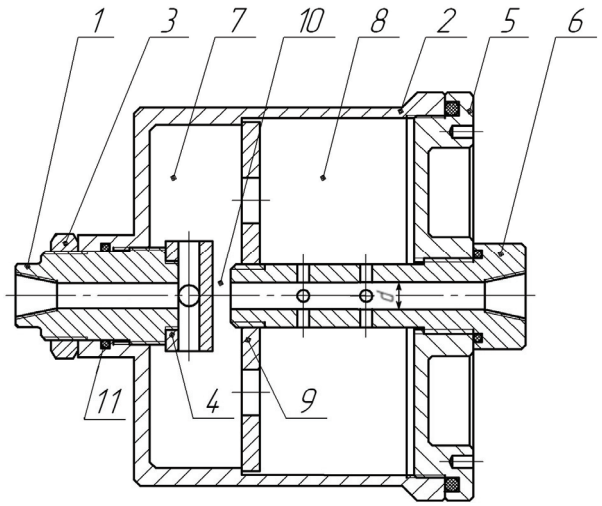


Рисунок 1 – Пасивний гаситель пульсації тиску

Гаситель пульсації працює наступним чином.

Потік рідини із вхідного патрубка 1 надходить в осьовий канал насадки 4, з якого через кілька радіальних отворів рідина входить у первинну камеру 7, де потоки змішуються. Потім потік розділяється на дві складові, одна з яких надходить в осьовий отвір перфорованої трубки 6 через торцевий зазор 10, інша – через отвори перфорованої перегородки 9 надходить у вторинну камеру 8 і через радіальні отвори також надходить у перфоровану трубку 6. При цьому площа осьового отвору перфорованої трубки 6 дорівнює сумі площ радіальних отворів у ній з метою вирівнювання опорів протіканню кожного з двох потоків робочої рідини.

Гасіння пульсації в торцевому зазорі 10 здійснюється після проходження рідини через радіальні канали в насадці 4 і після змішування потоків у первинній камері 7, внаслідок чого рідина приходить у торцевий зазор 10 зі зниженим тиском. Завдяки цьому втрати тиску будуть меншими.

Гасіння пульсації проходить у чотири етапи:

– при поділі потоку в насадці 4;

– при проходженні торцевого зазору 10;

– при проходженні потоку через первинну камеру 7, перфоровану перегородку 9 і вторинну камеру 8;

– при змішуванні потоків в осьовому отворі перфорованої трубки 6, один з яких надходить із торцевого зазору 10, інший – із вторинної камери 8 через радіальні отвори.

У такий спосіб на виході з перфорованої трубки у вихідному патрубку 6 виходить потік зі зниженим рівнем пульсації тиску.

Для регулювання процесу гасіння пульсації є можливість регулювання величини торцевого зазору і, як наслідок, можливість змінювати опір руху робочої рідини, що здійснюється шляхом переміщення вхідного патрубка 1 відносно корпуса 2 за допомогою різевого з’єднання. Вихід рідини з первинної камери 7 через різеве

з'єднання патрубка 1 зупиняється кільцем 11. Фіксація відносного положення вхідного патрубка 1 і корпуса 2 здійснюється контргайкою 3.

Експериментальне дослідження ефективності гасителя пульсації виконувалось на стенді, побудованому на базі прецизійного токарно-гвинторізного верстату моделі УТ16А, шпиндель якого встановлений на ГСО. Гаситель пульсації був включений до напірної магістралі системи живлення шпиндельних опор. Часова розгортка пульсацій тиску в карманах опор за різних режимів роботи верстату знімалася за допомогою тензометричних датчиків тиску та за допомогою цифрового осцилографа зберігалася в пам'яті ЕОМ.

Експеримент проводився згідно повного факторного плану (ПФЕ) 2^3, який дозволяє побудувати лінійну модель процесу [7].

Фактори, які використовувались в експерименті:

– частота обертання шпинделя n, значення фактора в натуральних величинах – n=500 хв$^{-1}$, 2500 хв$^{-1}$;

– статичний дисбаланс D – 742 г·мм, 5321 г·мм;

– постійна складова тиску в нижньому кармані передньої радіальної ГСО p – 0,5 МПа, 1,0 МПа.

На основі розробленої матриці планування ПФЕ 2^3 (таблиця 1) експеримент проводився за двох умов: з використанням гасителя пульсації та без його використання.

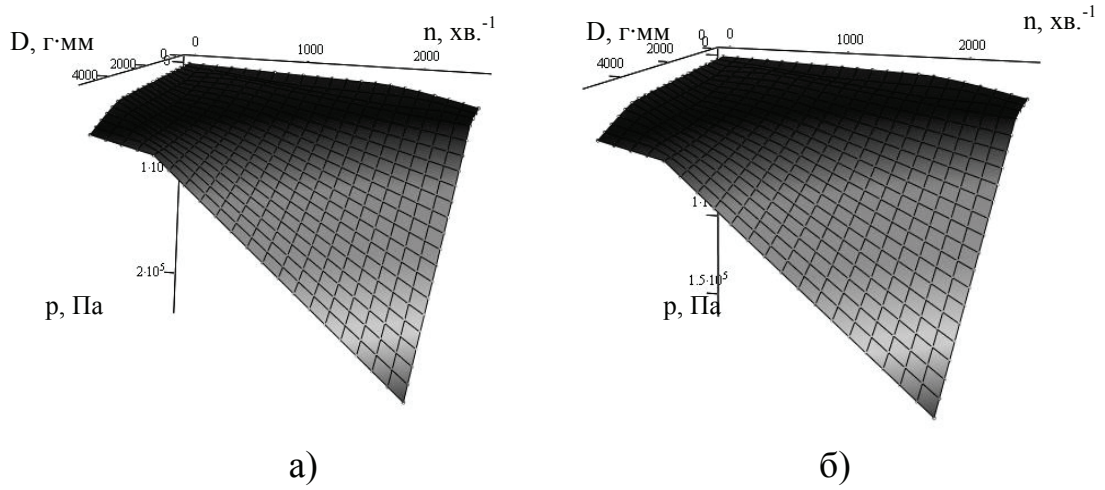
Таблиця 1 – Матриця планування ПФЕ 2^3

№	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	Y
1	–	–	–	+	+	+	–	Y_1
2	+	–	–	–	–	+	+	Y_2
3	–	+	–	–	+	–	+	Y_3
4	+	+	–	+	–	–	–	Y_4
5	–	–	+	+	–	–	+	Y_5
6	+	–	+	–	+	–	–	Y_6
7	–	+	+	–	–	+	–	Y_7
8	+	+	+	+	+	+	+	Y_8

В результаті планування експерименту було отримано поліном 1-го порядку

$$Y = B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 + B_3 \cdot X_3 + B_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 +$$
$$+ B_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + B_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + B_{123} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 .$$

За даним поліномом у системі MathCAD були отримані поверхні відгуку, за допомогою яких можна, задавшись значеннями факторів, визначити параметр оптимізації (рисунок 2).

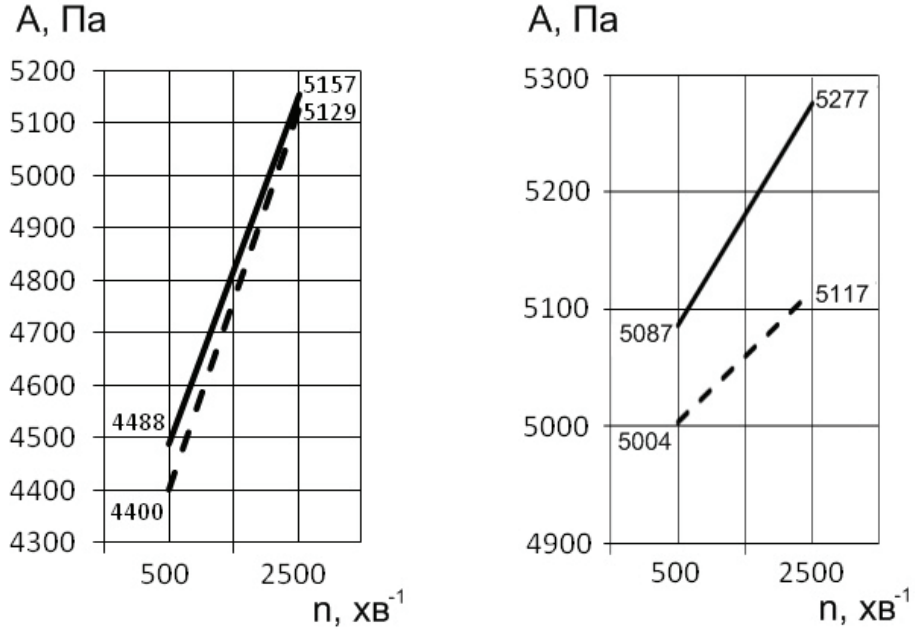


а) б)

а) при р=0,5 МПа; б) при р=1,0 МПа

Рисунок 2 – Поверхні відгуку для експерименту з гасителем пульсацій тиску

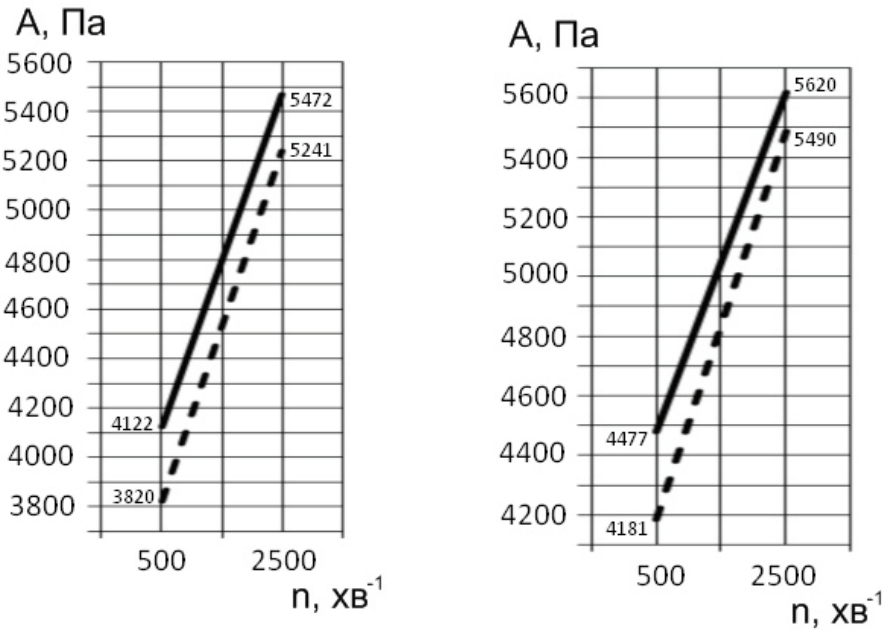
За результатами вимірювань пульсацій тиску були побудовані графіки залежності амплітуд коливань тиску від частоти обертання шпинделя при різних величинах дисбалансів і тиску джерела живлення (рисунок 3). Суцільними лініями показані амплітуди коливань без гасителя пульсації, штриховими – з гасителем.



а) б)

а) D=742 г·мм, р=1,0 МПа; б) D=5321 г·мм, р=1,0 МПа
в) D=742 г·мм, р=0,5 МПа; г) D=5321 г·мм, р=0,5 МПа

Рисунок 3 – Графіки залежності амплітуди коливань тиску від частоти обертання шпинделя



в) *г)*

Продовження рисунка 3

Була розрахована ефективність E_i гасіння коливань тиску для кожного набору факторів за формулою

$$E_i = \frac{A_i^1 - A_i^2}{A_i^1},$$

де A_i^1 – амплітуда коливань тиску в кармані опори без гасителя пульсації тиску;

A_i^2 – амплітуда коливань тиску в кармані опори з гасителем пульсації тиску.

Результати розрахунків зведені в таблицю 2.

Таблиця 2 – Ефективність використання гасителя пульсації

		D=741 г·мм	D=5321 г·мм
n=500 хв$^{-1}$	p=0,5 МПа	7,1 %	6,6 %
	p=1 МПа	2,0 %	1,6 %
n=2500 хв$^{-1}$	p=0,5 МПа	4,2 %	2,3 %
	p=1 МПа	0,5 %	3,0 %

Висновки

Розрахувавши ефективність використання пасивного гасителя пульсації тиску при різних частотах обертання, величинах дисбалансів та тиску джерела живлення, можна зробити висновок, що використання описаного гасителя пульсації дає ефект при будь-якому з наборів факторів, проте, більша ефективність спостерігається при нижчих частотах обертання шпинделя та менших значеннях тиску джерела живлення.

Установка гасителя до напірної магістралі системи живлення шпиндельних гідростатичних опор дасть змогу поліпшити динамічну якість верстату.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Пуш А.В.* Шпиндельные узлы: качество и надежность /*А.В. Пуш.* – М.: Машиностроение, 1992. – 288 с.
2. *Шорин В.П.* Устранение колебаний в авиационных трубопроводах /*В.П. Шорин.* – М.: Машиностроение, 1980. – 156 с.
3. *Коробочкин Б.Л.* Динамика гидравлических систем станков /*Б.Л. Коробочкин*. – М.: Машиностроение, 1976. – 240 с.
4. *Андренко П.М., Дмитрієнко О.В.* Математичні моделі і розрахункові дослідження гідравлічних гасителів і підсилювачів пульсацій тиску //Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків, 2004. – № 5(11). – С. 88-93.
5. *Шатохин С.Н., Секацкий В.С.* Влияние пульсации давления масла в гидростатических шпиндельных опорах станка на точность обработки //Станки и инструмент. – 1985. – № 12. – С. 9.
6. Регульовані гідростатичні підшипники для шпиндельних вузлів: Монографія /*Ю.О. Сахно, Д.Ю. Федориненко, С.В. Бойко, В.С. Волик.* – Ніжин: ТОВ «Видавництво»Аспект-Поліграф», 2009. – 172 с.
7. *Душинський В.В*. Основи наукових досліджень. Теорія та практикум з програмним забезпеченням: Навч. посібник /*В.В. Душинський* – К.: НТУУ «КПІ», 2000. – 408 с.

УДК 621. 822. 3

ХОМЕНКО І.М., КАНД. ТЕХН. НАУК,

ПРО КОРЕГУВАННЯ ТИСКУ КОМПРЕСІЙНИХ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Вступ

Поршневі кільця відносяться до найбільш важливих деталей у двигунах внутрішнього згоряння. Вони забезпечують герметизацію камери згоряння, пускові властивості двигуна, витрати палива і мастила, токсичність відпрацьованих газів і багато інших експлуатаційних показників.

У дизельних автомобільних двигунів названі функції, як правило, виконують три компресійні і два мастилознімальні кільця, у карбюраторних – переважно комплект з трьох кілець: верхнього компресійного, середнього – компресійно-мастилознімального і нижнього – мастилознімального.

Найбільш важкими є умови роботи першого компресійного кільця (високі тиск і сили тертя, великі теплові потоки, дія агресивних хімічних з'єднань тощо.) Перше компресійне кільце сприймає основну частину тиску газів, який при згорянні робочої суміші у циліндрі карбюраторного двигуна становить 5,5-6,0 мПа, у циліндрі дизельного двигуна – до 15 мПа. Температура верхнього компресійного кільця становить 200-270 ^{o}C. Через поршневі кільця від поршня до циліндру відводиться основна кількість тепла (40-60 %, у тому числі через верхнє компресійне кільце – дві третини від указаної кількості) [1].

Роботоспроможність і ресурс першого компресійного кільця визначаються багатьма причинами, проте, серед них найважливішою є епюра тиску кільця на стінки циліндра [2].

Під час монтажу в ідеально круглий циліндр кільце повинно щільно прилягати до його стінок.

Наявність замка (щілина у місці стику кільця) сприяє найбільш інтенсивному прориву газів з надпоршневого простору саме в зоні замка, тому тиск кільця на стінки циліндра по його колу неоднаковий. Під час зношування кільця тиск зменшується, перш за все, у зоні замка кільця. Цьому також сприяють: зменшення швидкості ковзання кільця при наближенні до верхньої мертвої точки (ВМТ), видавлювання, а при зміні напрямку руху поршня і розрив плівки мастила. Виникає напівсухе/сухе тертя, яке викликає прискорене зношування кільця й циліндра. Наступає час, коли між зовнішньою поверхнею кільця поблизу замка і стінкою циліндра з'являються просвіти, що призводить до зростання прориву у

картер повітря (робочої суміші) під час пуску двигуна або робочих газів під час його роботи.

Для збільшення терміну роботи двигуна потрібно мати у нового верхнього компресійного кільця поблизу замка підвищений тиск на стінки циліндра. Такі кільця називають кільцями з корегованим тиском. Наприклад, корегування тиску компресійного кільця на стінки циліндра зрізаним рядом Фур'є (відсутні синусові складові) запропоновано Б.Я. Гінцбургом [2]. Епюра тиску при цьому має грушоподібну або каплеподібну форму, а максимальний тиск біля замка у 1,4-1,6 рази більший за середній тиск по колу циліндра. Була також запропонована для тракторних двигунів епюра тиску так званої кулачкоподібної форми (корегування тиску за експоненціальним законом) [3].

Аналіз даних для тракторних дизельних двигунів, який наведено у роботі [3], показав, що після демонтажу з циліндра переміщення точок осьової лінії кільця з рівномірним тиском і з епюрою тиску грушоподібної форми (зрізаний ряд Фур'є) мало відрізняються. Виняток становить кільце з епюрою тиску кулачкоподібної форми. Переміщення точок осьової лінії кільця в останньому випадку приблизно в 1,5…2,2 рази менше в порівнянні з переміщенням у кілець з рівномірним тиском і тиском з епюрою грушоподібної форми. Це обумовлено більш пологим розподілом і дещо меншими значеннями тиску біля замка у кілець з епюрою тиску кулачкоподібної форми. Крім того, у кілець з епюрою тиску кулачкоподібної форми переміщення точок осьової лінії кільця зростає поступово з наближенням до замка, що може надати можливість подовжити роботу кільця до спрацювання його кінців біля замка до стану, коли має місце їх відставання від стінки циліндра, що спостерігається в практиці експлуатації серійних компресійних кілець.

Методи та результати

У зв'язку з наведеним вище аналізом доцільно використання для автомобільних двигунів (особливо дизельних) корегуючої тиск кільця функції за експоненціальним законом. Останній виражається наступною формулою [3]:

$$p = 0{,}25\, p_0 \pi^2 \left[1 + 0{,}5 e^{a\varphi} (a\varphi - 1)\right], \qquad (1)$$

де a – константа, яка відшукується, виходячи з необхідного закону розподілу тиску; φ – кутова координата, яка відраховується від середини кільця, протилежної замку; p_0 – середній тиск кільця, який визначають через його пружність.

Робочу форму кільцю можна придати, приклавши, як показано на рисунку 1, сили F_1, або F_2. У першому випадку (1*а*) кільце стискують силами F_1 по діаметру кільця до робочого зазору в замку, а в другому – (1*б*) визначають сили F_2 за допомогою гнучкої стальної стрічки, яка охоплює кільце.

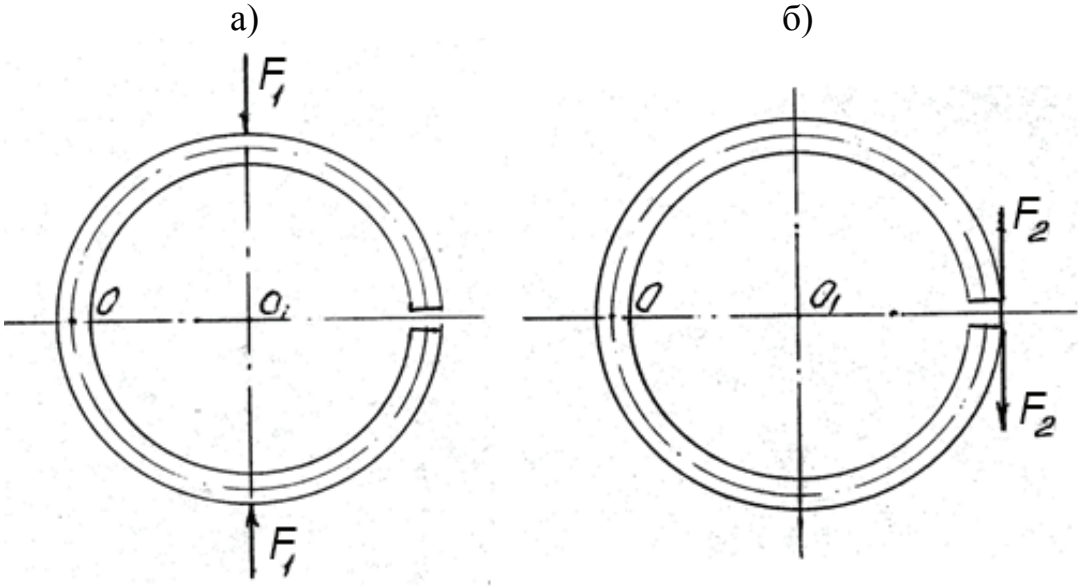


Рисунок 1 – Схема визначення сил пружності поршневого кільця

Перехід від пружності до середнього тиску кільця здійснюється за формулами [1]:

$$p_0 = 0{,}76\frac{F_1}{bD} = \frac{F_2}{bD}, \qquad (2)$$

де D – зовнішній діаметр кільця у робочому стані.

Формули (2) отримані за припущень однаковості згинаючого моменту в перерізі кільця протилежному замку як від зосереджених сил (F_1 або F_2), так і від рівномірно розподіленого тиску по робочій поверхні кільця.

Епюра тиску кільця за експоненціальним законом вибиралась таким чином, щоб вона відповідала умовам спрацювання робочої поверхні кільця. У порівнянні з епюрами тиску грушоподібної форми й відповідного їй згинаючого моменту і зносу з максимумом у перерізі, протилежному замку, необхідно добиватись більш рівномірного наростання тиску біля замка й зміщення максимуму згинаючого моменту в напрямку мінімального зносу кільця. Значною мірою вказаним умовам задовольняє функція (1) при значенні параметра $a = 1/\pi$. Тоді функція (1) набуває вигляду:

$$p = 0{,}25\,p_0\pi^2\left[1 + 0{,}5e^{\frac{\varphi}{\pi}\left(\frac{\varphi}{\pi}-1\right)}\right]. \qquad (3)$$

На рис. 2 наведено розподіл тиску кільця за експоненціальним законом при різних значеннях параметра «*a*». Змінюючи значення параметра «*a*», можна отримати кулачкоподібну (а), грушоподібну (б), епюри тиску (б – відповідає зрізаному ряду Фур'є), або рівномірний розподіл тиску (в).

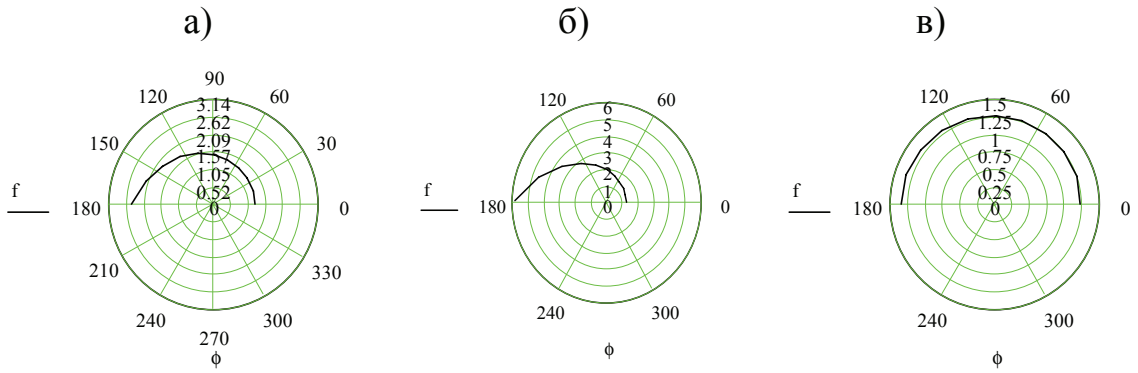


Рисунок 2 – Розподіл тиску кільця на стінки циліндра за експоненціальним законом (а – а=1/π, б – а=0.5, в – а=0.125)

Відносні значення тиску кільця біля замка (по відношенню до середнього тиску кільця на стінки циліндра) для кілець з рівномірним тиском, а також тиском з епюрами кулачкоподібної й грушоподібної форм мають співвідношення: $p(\pi)/p_0=1:2,5:2,8$.

В таблицях 1 і 2 наведено порівняльні результати розрахунків розподілу тиску й згинаючого моменту в перерізах поршневих кілець.

Таблиця 1 – Розподіл тиску поршневих кілець по колу при різних законах тиску

Відношення при знач. φ		1. Форма епюри тиску		
		Рівномірн.	Грушоп.	Кулачкоп.
$\frac{p}{p_0}$	0,00	1,00	1,05	1,230
	0,25π	1,00	1,097	1,278
	0,50π	1,00	0,896	1,450
	0,75π	1,00	0,570	1,813
	π	1,00	2,860	2,465

Таблиця 2 – Згинаючий момент в перерізах кілець при різних законах тиску

2. Відносний згин. момент при φ		3. Форма епюри тиску		
		Рівномірн.	4. Грушоп.	Кулачкоп.
$\frac{2M_\varphi}{p_0 brr_0}$	0,00	4,000	3,485	1,450
	0,25π	3,414	3,034	1,970
	0,50π	2,000	2,066	1,490
	0,75π	0,588	0,921	0,530
	π	0,000	0,000	0,000

Було знайдено кут φ, при якому згинаючий момент для кілець з епюрою тиску кулачкоподібної форми має максимальне значення: $\varphi=44,5^0$ *(0,777* радіан). При цьому згинаючий момент $M_{max}=0,986p_0brr_0$ *(b,r.*r_0 – відповідно висота, радіус зовнішнього кола і осьової лінії кільця*)*.

Порівняння значень M_{max} показує, що воно найменше у кілець з епюрою тиску кулачкоподібної форми. Крім того, якщо M_{max} для кілець з

рівномірним тиском або з епюрою тиску грушоподібної форми має місце в перерізі, де $\varphi=0$, то у кілець з кулачкоподібною епюрою тиску максимальний згинаючий момент відповідає перерізу кільця, де знос по радіальній товщині кільця мінімальний.

Із таблиці 2 видно, що у кілець з епюрою тиску кулачкоподібної форми максимальний згинаючий момент у 1,6 разів менший у порівнянні з відповідним моментом у кільця з епюрою тиску грушоподібної форми.

Щоб отримати необхідний закон тиску кільця на стінки циліндра, потрібно у вільному (недеформованому) стані придати кільцю відповідну геометричну форму для того, щоб під час монтажу у циліндр кільце набуло круглу форму й разом з тим був забезпечений вибраний розподіл тиску кільця на стінки циліндра.

Для кілець, розподіл тиску, в яких він має епюру кулачкоподібної форми, переміщення точок осьової лінії відносно її положення при розташуванні кільця у циліндрі визначається наступною формулою ($A=\frac{p_0 b r r_0^3}{2EI}$) [3]:

$$u(\phi)=\frac{Ae^{\pi\cdot a}}{4\left(1+a^2\right)^3}\left\{\begin{array}{l}4a\cos\varphi+0{,}5(\sin\varphi-\varphi\cos\varphi)\times\\ \times\left[\begin{array}{l}1-a^4+\\ \pi a\left(1+a^2\right)^2\end{array}\right]+0{,}5\left(\pi\left(1+a^2\right)-2a\right)\left(1+a^2\right)\varphi\sin\varphi\end{array}\right\}+$$

$$+\frac{Ae^{a\varphi}}{4\left(1+a^2\right)^3}\left\{\begin{array}{l}\varphi\left(1+a^2\right)+\\ +\left[\left(1-a^2\right)\sin 2\varphi-4a\sin^2\varphi\right]\end{array}\right\}+\frac{A}{4\left(1+a^2\right)^3}\left[\left(1+a^2\right)\sin\varphi+4a\cos\varphi-4\sin\varphi\right] \quad (4)$$

В таблиці 3 наведено відносне, а в таблиці 4 – абсолютне (в мм) переміщення точок осьової лінії кільця для автомобільного двигуна СМД.

При цьому для розрахунків взято $E=1\cdot10^6$ *кГ*/см^2 (чавун), висота *в=3 мм* і товщина компресійного кільця *t=5 мм*

Таблиця 3 – Відносне переміщення точок осьової лінії поршневого кільця –и(φ)/А.

φ, рад.	5. Форма епюри тиску		
	Рівномірн.	Грушепод.	Кулачкопод.
0,00	0,000	0,000	0,886
0,25π	1,141	1,085	1,542
0,50π	3,571	3,301	1,750
0,75π	5,080	4,890	1,860
π	4,000	4,143	1,850

Таблиця 4 – Переміщення точок осьової лінії кільця для автомобільного двигуна, мм

Двигун	Епюра тиску	φ, рад.				
		0.00	π/4	π/2	3π/4	π
СМД $p_0 = 1{,}4 \cdot 10^5$Па, $r = 6{,}0см$	Кулачкоп.	0,42	0,73	0,83	0,87	0,87
	Рівном.	0,00	0,91	2,84	4,03	3,18
	Грушоп.	0,00	0,86	2,62	3,88	3,29

Наведені в таблиці 3 значення переміщень точок осьової лінії поршневих кілець з рівномірним тиском і з епюрою тиску грушоподібної форми при $\varphi = \pi$ (біля замка) для автомобільного двигуна СМД менші у порівнянні з відповідними максимальними переміщеннями при $\varphi = 0{,}75\pi$. Тобто, уже в самих законах рівномірного тиску й тиску з грушоподібною епюрою закладені передумови для відставання кінців кілець біля замка в процесі їх зношування в циліндрах двигунів внутрішнього згоряння.

Висновки

Роботоспроможність і ресурс першого компресійного кільця двигуна внутрішнього згоряння визначаються багатьма факторами, проте, серед них важливим є епюра тиску кільця на стінки циліндра

Розподіл тиску кільця по його робочій поверхні (епюра тиску) є функціональним параметром, який залежить від конструкції кільця і має особливості врахування у кожному конкретному випадку.

Для автомобільних дизельних двигунів доцільно використовувати корегування тиску кільця за експоненціальним законом, при якому епюра тиску має кулачкоподібну форму і ряд переваг порівняно з епюрою тиску грушоподібної форми.

Література

1. *Вихерт М.М.* (*Под редакц. проф. Степанова Ю.А.*). Конструкция и расчет автотракторных двигателей /*М.М. Вихерт, Р.П. Доброгаев и др.* – М.: Машгиз, 1957. – 604 с.
2. *Гинцбург Б.Я.* Теория поршневых колец /*Б.Я. Гинцбург*. – М.: Машиностроение, 1979. – 271 с.
3. *Хоменко І.М.* Технологічні критерії граничного зносу машин: Монографія.– Чернігів: ЧДТУ, 2005.– 191 с.

УДК 629.192

РУДИК А.В. , КАНД. ТЕХН. НАУК

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

Вступ

До плоских поверхонь деталей автомобілів висуваються жорсткі вимоги, особливо до якості їх обробки, а саме до шорсткості, структури поверхні, похибок розмірів, форми та інші. Так, на поверхнях деталей вузлів шестеренних та шиберних насосів, що використовують на мобільних установках, необхідно забезпечити відхилення від площинності не більше від 0,01 мм та показники шорсткості в межах 0,63 мкм. Поява структурних змін (припали, тріщини та інше) на технологічних операціях обробки плоских поверхонь шиберів скорочує термін використання через циклічні навантаження, а зазори між ними та ротором збільшують втрати рідини та визначають спроможність поверхонь працювати визначений термін [1].

Подібні вимоги висуваються до плоских поверхонь поршневих пальців, хрестовин з метою кращого врівноваження механізмів [1]. Ефективна обробка торців пружин муфти зчеплення сприяє рівномірному навантаженню.

Аналіз досліджень та публікацій

Якість плоских поверхонь виробів забезпечують як при виготовлені деталей, так і під час проведення ремонтних робіт, Цим питанням приділяли увагу ряд авторів, у тому числі вчені нашого університету [3-5].

Запропоновано [2] загальний математичний апарат для визначення похибок обробки поверхонь на верстатах та розглянуто обробку торців на значно простішому за кінематикою токарному верстаті.

У роботі [3] розглянуті питання забезпечення якості криволінійних поверхонь деталі при керованій кутовій орієнтації інструменту. Однак, розглянуто схеми обробки поверхонь без встановлення детальних взаємозв’язків технологічних та кінцевих параметрів якості.

У роботах [4, 5] доведено, що при формоутворенні торцем на верстаті 3342АДО торцева поверхня деталі формується, головним чином, найбільшим радіусом калібрувальної ділянки круга. З метою підвищення точності розмірів та взаємного положення торців деталей запропоновано використовувати корекцію кутів орієнтації шліфувальної бабки.

Однак, питання впливу технологічних показників наладки верстату на формування показників якості плоских поверхонь деталей автомобілів остаточно не вирішено. Забезпечення високої продуктивності обробки та необхідної якості є задачею актуальною.

Методи та результати

Метою даної роботи є забезпечення вимогам креслень, що висуваються до плоских поверхонь деталей автомобілів, технологічних похибок розмірів та взаємного розташування при однопрохідному шліфуванні на двох сторонньому верстаті моделі 3342АДО. Дана мета досягається встановленням взаємних зв'язків вихідних похибок з параметрами налагодження верстата.

Радіус-вектор точок торцевої поверхні деталі 4 з врахуванням функції формоутворення верстату 3342 АДО (рис. 1) та формотворної кромки 5 шліфувального круга 2 [4] визначається рівнянням:

$$\vec{r_0}(\theta_Б,\theta) = A^1(-R_Б)\cdot A^6(\theta_Б)\cdot A^3(-Z_c)\cdot A^1(-X_c)\cdot A^2(-Y_c)\cdot A^4(-\gamma)\cdot A^5(-\nu)\cdot$$
$$A^1(X_c)\cdot A^6(\theta)\cdot A^1(R_{\max})\cdot A^3(Z_{\max})\cdot \vec{e}^4, \qquad (1)$$

де $A^1,..., A^6$ – матриці перетворення систем координат, які моделюють зсуви і повороти уздовж і навколо координатних осей [2];

θ, $\theta_Б$– параметри поверхні деталі, які відповідають за кутове і радіальне положення точки;

X_c, Y_c, Z_c – розміри, що визначають положення центру сферичного пальця щодо барабана подачі 3 і робочої площини круга;

γ,ν – кути орієнтації шліфувальної бабки в горизонтальній і вертикальній площинах;

$R_Б$ – радіальний розмір розташування осей заготовок в барабані подачі;

R_{max}, Z_{max} – розміри, що характеризують положення формотворної кромки 5 круга 2;

$e^4 = (0,0,0,1)^T$ – радіус-вектор початку систем координат.

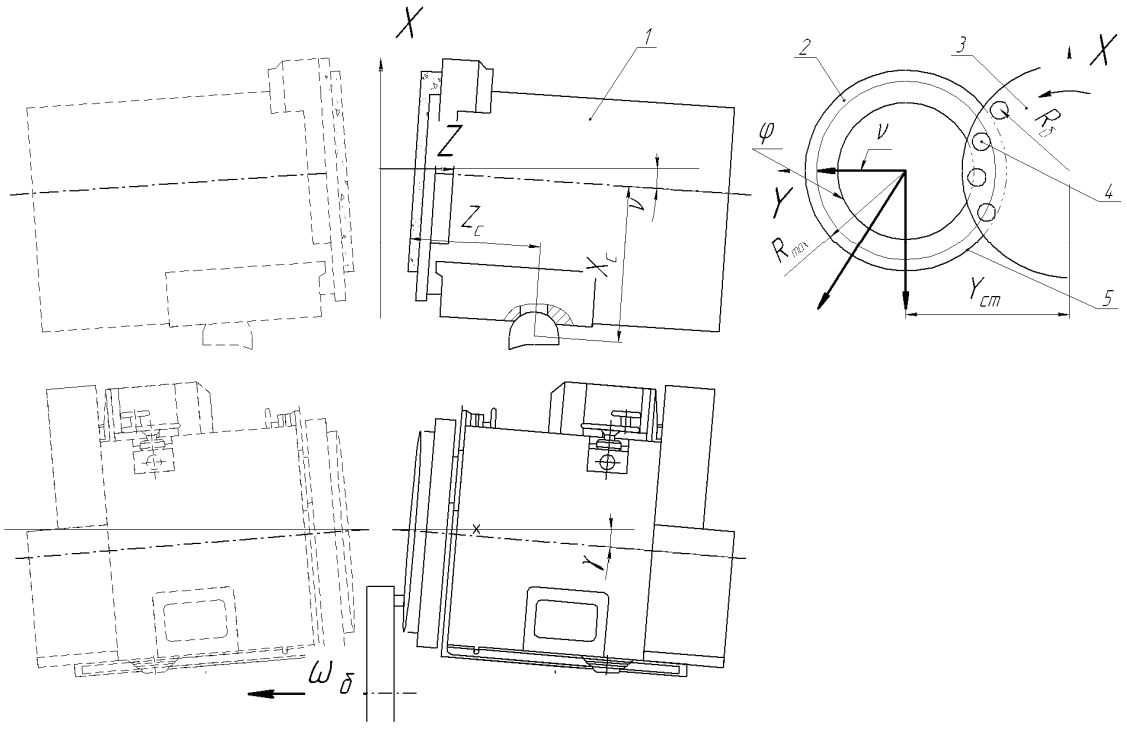


Рисунок 1 – Схема верстату 3342АДО

Радіус-вектор, що визначає похибку положення базової середньоквадратичної площини (база для вимірювань) щодо реальної обробленої поверхні торця, заходиться за рівнянням

$$\Delta\vec{r}_{б}(\theta_{Б},\theta)=\varepsilon_{б}\cdot\vec{r}_{0}(\theta_{Б},\theta). \quad (2)$$

Вихідні параметри геометричної точності обробки, які визначають положення середньоквадратичної базової поверхні щодо обробленої поверхні торця, можуть бути описаними лише за допомогою кутів орієнтації $\alpha_б$, $\beta_б$ навколо осей XY відповідно. Тоді

$$\varepsilon_{б}=\begin{bmatrix}0 & 0 & \beta_{б} & \delta_{бx}\\ 0 & 0 & -\alpha_{б} & \delta_{бy}\\ -\beta_{б} & \alpha_{б} & 0 & \delta_{бz}\\ 0 & 0 & 0 & 0\end{bmatrix}. \quad (3)$$

Елементи матриці $\varepsilon_б$ $\delta_{xб}=\delta_{yб}=0$ та кутову орієнтацію $\gamma_б$ навколо осі деталі не враховуємо, бо ці розміри не впливають на зміну положення базової площини, а елемент $\delta_{zб}$, як і розмірні похибки, може бути легко відкоригованим на верстаті. Тоді матриця G матиме розмірність 4×2, та складатиметься з похідних .

$$G_1(\theta_{Б},\theta)=\partial\Delta\vec{r}_{б}(\theta_{Б},\theta)/\partial\alpha_{б};$$
$$G_2(\theta_{Б},\theta)=\partial\Delta\vec{r}_{б}(\theta_{Б},\theta)/\partial\beta_{б}. \quad (4)$$

При визначенні впливу технологічних параметрів на вихідні похибки формоутворення слід скласти скалярний добуток отриманого вектору G з вектором одиничної нормалі *n*.

$$f=G^{T}\cdot n. \quad (5)$$

Одиничний вектор нормалі до обробленої поверхні при обраному положенні систем координат верстата спрямований вздовж осі *Z*, тому

$$\vec{n}=\begin{bmatrix}0 & 0 & 1 & 0\end{bmatrix}^{T}. \quad (6)$$

Елементи матриць H та d визначають

$$h_{ki}=\iint_{s} f_{k}\cdot f\cdot dS \quad ; \quad (7)$$

$$d_{i}=\iint_{S} f_{k}\cdot\Delta r_{n}\cdot dS. \quad (8)$$

Визначати елементи площі *dS* плоскої поверхні деталі по криволінійних координатах обробки слід за допомогою якобіана

$$dS=\begin{vmatrix}\dfrac{\partial X_{\vec{r}_0(\theta_Б,\theta)}}{\partial\theta} & \dfrac{\partial X_{\vec{r}_0(\theta_Б,\theta)}}{\partial\theta_{б}}\\ \dfrac{\partial Y_{\vec{r}_0(\theta_Б,\theta)}}{\partial\theta} & \dfrac{\partial Y_{\vec{r}_0(\theta_Б,\theta)}}{\partial\theta_{б}}\end{vmatrix}\cdot\partial\theta_{б}\cdot\partial\theta. \quad (9)$$

Проекція похибки обробленої поверхні $\Delta r_n(\theta_б,\theta)$ на напрям нормалі

$$\Delta r_{n}(\theta_{Б},\theta)=\left[\vec{r}_{0}(\theta_{Б},\theta)-\vec{r}_{1}\right]\cdot\vec{n}=r_{0}(\theta_{Б},\theta)_{z}-r_{1z}. \quad (10)$$

Тоді вектор вихідних похибок знаходять з матричного рівняння

$$\Delta q(\theta_Б, \theta) = H^{-1} \cdot d \quad . \tag{11}$$

Крім безпосередніх похибок положення базової площини, що оцінюється кутом $\sqrt{\alpha_б^2 + \beta_б^2}$, можна визначити міру розсіювання через середньоквадратичне відхилення або дисперсію [2]:

$$\sigma^2 = \frac{1}{S} \cdot \iint_s \left[\Delta r_n(\theta_Б, \theta) - (f(\theta_Б, \theta) \cdot \Delta q(\theta_Б, \theta))\right]^2 dS \quad , \tag{12}$$

де значення $\Delta r_n(\theta_б, \theta)$, f та Δq визначають з виразів (5, 10,11).

Значення площі торцевої поверхні заготовки визначають інтегруванням з врахуванням (9)

$$S = \iint_S dS \quad . \tag{13}$$

Висновки

Дана робота дозволяє зіставляти результати виміру профілограм з очікуваними похибками форми обробки, давати математично обґрунтовані рекомендації по підвищенню точності вузлів та удосконаленню верстату. Так, наприклад, можна врахувати похибку базування деталі під час обробки у втулці барабану, якщо внести відповідну вхідну похибку до функції формоутворення.

Складені алгоритм та програма розрахунку показників якості у пакеті MathCAD. Результати роботи добре співвідносяться з роботами авторів [2, 3, 4] та можуть бути використаними для діагностики та дослідження обробки на верстаті 3342АДО.

Література

1. *Колчин А.И., Демидов В.П.* Расчет автомобильных и тракторных двигателей. – М., Высшая школа. 1991. – 432 с.
2. *Решетов Д.Н., Портман В.Т.* Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
3. *Кальченко В.В.* Разработка научных основ, способов и областей эффективного шлифования при перекрещенных осях абразивного инструмента и детали. /Автореф. дис. ... докт.техн.наук. Харьков, 2006. – 38 с.
4. *Венжега В.І.* Підвищення ефективності шліфування торців зі схрещеними осями деталі та круга із калібрувальною ділянкою. /Автореф. дис. ... канд.техн.наук. Харьков, 2008. – 25 с.
5. *Рудик А.В., Венжега В.І.* Формоутворення торців деталей автомобілів при двосторонньому шліфуванні // Вісник Чернігівського державного технологічного університету: Збірник – Чернігів: ЧДТУ, 2008. – Вип. 34.– С. 80-89.

УДК 658.286

Пасов Г.В., канд. техн. наук, Чуприна В. М., канд. техн. наук,
Венжега В.І., канд. техн. наук

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Вступ

Необхідність захисту довкілля від забруднення відпрацьованими газами і вимоги паливної економічності поставили перед конструкторами транспортних засобів проблему пошуку прогресивних рішень щодо конструкції і принципу роботи автомобільних двигунів. Одним з подібних напрямків є розробка перспективних двигунів для майбутнього автомобільного транспорту [1].

Мета статті

Основна мета статті – розглянути перспективні методи підвищення ефективності роботи автомобільних двигунів.

Виклад основного матеріалу

В якості альтернативи карбюраторному двигуну з'явились дизель, роторний двигун, газова турбіна, парова поршнева машина, парова турбіна, двигун “зовнішнього” згоряння (Стирлінга), інерційний двигун і деякі інші.

Дизельний двигун

Вважається, що в боротьбі за зменшення забруднення повітряного басейну дизельні двигуни можуть зіграти велику роль. Дизель, так само як і карбюраторний двигун, відноситься до класу двигунів внутрішнього згоряння, але відрізняється від нього значно вищими ступенями стиснення, що забезпечує самозаймання палива. Зважаючи на це, відпадає потреба в системах електричного запалення; замість карбюратора використовуються паливні форсунки, завдяки яким під великим тиском здійснюється впорскування палива у циліндри.

Роторний двигун

Роторний двигун, як і карбюраторний, працює на бензині, але має принципово іншу конструкцію основного силового агрегату. У двигуні даного типу відсутні циліндри і шатунно-кривошипна група. Замість поршнів, що виконують зворотно-поступальний рух, двигун має ротор.

Не вдаючись у деталі конструкційних техніко-економічних характеристик цього двигуна (менша маса, компактність, висока частота обертання, велика питома потужність, простота виробництва, відсутність

вібрацій, здатність працювати на паливі з низьким октановим числом тощо), відзначимо, що він дає ще менш токсичний викид у результаті меншого змісту оксидів азоту [2-4].

Давно запатентований німецьким механіком Ванкелем роторний двигун протягом багатьох років допрацьовувався у Німеччині, де у 1964 році було розпочато його невелике серійне виробництво. Японські промисловці, які придбали ліцензію на двигун Ванкеля, витратили деякий час на його вдосконалення і в середині 60-х років створили працездатну конструкцію. В 1967 році фірма «Тойо Когіо» почала серійний випуск автомобілів «Мацуда» з роторним двигуном і до 1980 року випустила мільйон таких автомобілів. З 1970 року автомобілі з роторними двигунами почали випускатися фірмою «Сітроєн» у Франції. Концерн «Дженерал моторс», який перекупив ліцензію у Японії, також проводив роботи над удосконаленням двигуна Ванкеля, проте, дещо пізніше американці відмовилися від продовження робіт. Також ці двигуни ставились на 5 модель «Жигулі» для спецслужб.

У зв'язку з енергетичною кризою виробництво автомобілів з роторними двигунами не одержало великого розвитку, за винятком вищезгаданої японської фірми, яка вклала в дослідження і організацію виробництва цих двигунів великі капітали і яка продовжує їх випуск, одночасно вдосконалюючи конструкцію.

Подальше поширення роторного двигуна стримує його головний недолік – менша економічність в порівнянні з традиційним поршневим.

Газотурбінний двигун

Протягом останніх років проводяться дослідження та експериментальне конструювання газотурбінних двигунів для автомобілів. Газові турбіни, як відомо, широко застосовуються у повітряному транспорті. Вони характеризуються малою масою, рекордною питомою потужністю, компактністю, малою кількістю рухомих частин, плавністю роботи та іншими якостями [5-8].

Багато конструкторів вважають газову турбіну більш перспективною для важких вантажних автомобілів і автобусів, хоча є випадки застосування також і для легкових автомобілів. Так, ще на виставці 1969 року в Чикаго фірма «Шевроле» демонструвала легковий автомобіль «Астра-111» з газотурбінним двигуном потужністю 230 кВт при масі турбіни 70 кг.

У 70-х роках компанія «Вільямс» (США) розробила газову турбіну для масового легкового автомобіля потужністю 60 кВт. До переваг цього двигуна слід віднести відсутність вібрації, низький рівень шуму, можливість роботи без системи водяного охолодження і достатньо чисті відпрацьовані гази. Тоді ж було опубліковано прогнози, згідно з якими в США у 1980 році намічався випуск 50 тис. автомобілів, обладнаних такими двигунами. Проте, ці сподівання не виправдалися – основна

причина цього полягає в меншій економічності газових турбін у порівнянні з карбюраторним двигуном, а особливо – з дизелем.

Недостатній ККД газової турбіни пов'язаний з відносно невисокою температурою робочого процесу. Підвищення цієї температури вимагає застосування дорогих жароміцних металів і складних конструкцій турбінних лопаток. Великий інтерес становили випробування в Швеції експериментального автомобіля з газовою турбіною, в конструкції якої використано жароміцну кераміку, однак на даний час газотурбінний двигун ще залишається складним по конструкції і дорогим.

Паровий двигун

Вимога збереження в чистоті повітряного басейну змусила деяких конструкторів знову повернутися до майже забутої ідеї створення парового автомобіля, що з'явився у Франції та ряді інших країн більш, ніж 100 років тому. Тихохідні, але працездатні парові «омнібуси» в Парижі їздили ще у 1873 році. Тоді ж було створено і легкові автомобілі з паровими двигунами. Один екземпляр такого чотиримісного автомобіля, побудованого французькою фірмою «Жардне-Серполле», можна бачити зараз в Національному музеї в Празі. Парова машина, розміщена під підлогою автомобіля, дозволяла йому розвивати швидкість 65 км/год. Парові автомобілі продовжували випускатися і працювати впродовж довгого часу навіть після створення двигуна внутрішнього згоряння і були остаточно зняті з виробництва на початку 30-х років [1, 9].

У США, Японії, Австралії та деяких європейських країнах зроблені спроби створення зразків сучасних парових автомобілів різних категорій. Їх конструкція включає водотрубний парогенератор, двигун – парову машину високого тиску, допоміжну машину низького тиску (для приведення в дію водяного насоса і вентилятора радіатора) і допоміжне устаткування. Після запуску автомобіль готовий до руху вже через 30-45 с, оскільки пара готується малими порціями. На одному з автомобілів марки «Понтіак», переобладнаного на паромобіль, пара має тиск 5,6 МПа (56 кг/см^2) і температуру 370 °С. Чотирициліндровий автомобіль розвиває швидкість до 160 км/год.

У США випущено чотирициліндровий автобус малої місткості з паросиловою установкою. Він розвиває потужність 50 кВт при 1000 хв$^{-1}$ (максимальний режим 2000 хв$^{-1}$). Максимальна швидкість становить 106 км/год. Витрата води – 21,3 л на 100 км пробігу.

В Австралії побачив світ паровий вантажний автомобіль вантажопідйомністю 5 т для руху зі швидкістю 88 км/год. Час на пуск складає 2 хв. 15 с. Паливом є гас. Витрата води на 100 км – 13 л.

Там же було сконструйовано експериментальний легковий автомобіль з паросиловою установкою. Парогенератор (котел) вміщує лише 2,2 л води і забезпечує підготовку пари для руху через 45 с після вмикання. Основний запас води міститься в окремому баку місткістю 22,7 л. Робочий тиск пари складає 1,4-8,5 МПа (14–85 кг/см^2).

Двоциліндрова парова машина при 4000 хв$^{-1}$ розвиває потужність 33 кВт. Автомобіль може розвивати швидкість до 152 км/год. Витрата палива (гасу або спирту) складає 9,5-11,3 л на 100 км пробігу. Маса силової установки 158 кг.

Паралельно з випуском малогабаритних поршневих автомобілів, зроблено спроби використання в якості двигуна парової турбіни. Створено, зокрема, парову турбіну потужністю 60 кВт для легкового автомобіля.

У США проводилося випробування парової турбіни з одним колесом діаметром 140 мм на автобусі. При тиску пари 63,3 кг/см^2 і температурі 510 °С турбіна розвивала потужність 160 кВт при 60 тис. хв$^{-1}$.

Сам по собі паровий двигун екологічно абсолютно чистий. Він або дає викид водяної пари, або не дає ніякого. Якщо робочий цикл замкнений, відпрацьована пара конденсується і потім, у вигляді живильної води, знову поступає в котел. Однак атмосфера забруднюється відпрацьованими газами пальника котла.

Двигун Стирлінга

Останнім часом, при пошуку перспективних технічних рішень, відродився інтерес до двигуна зовнішнього згоряння, ідею якого запропонував Р. Стирлінг ще у 1816 році. Використавши його ідею, інженери голландської фірми «Філіпс» після 20 років праці створили цілком працездатну конструкцію такого двигуна.

Повітряні двигуни досить широко застосовувалися в XIX та на початку XX сторіччя в шахтах, на підніманні води, в друкарнях, в якості суднових машин та у ряді інших областей. Принцип дії таких двигунів був простим: дно великого циліндра з поршнем нагрівалося пальником, нагріте повітря піднімало поршень, виконуючи корисну роботу, а після випуску теплого повітря поршень опускався в початкове положення. Чергова порція нагрітого повітря знову піднімала його [5-8].

Сучасний двигун зовнішнього згоряння є герметично закритим циліндром, заповненим над поршнем стислим гелієм або воднем. У процесі згоряння палива газ через стінку циліндра нагрівається і опускає поршень. Відпрацьований газ прямує в камеру охолоджування, а поршень повертається в початкове положення. Після цього порція холодного газу надходить у камеру розширення (над поршнем) для нагрівання і робочого ходу.

Двигун зовнішнього згоряння може працювати на будь-якому паливі і дає мінімальне забруднення повітря оксидами вуглецю і вуглеводнями, оскільки пальник працює в стабільному режимі з оптимальним співвідношенням палива і повітря. Він є практично безшумним.

Вважають, що при використанні тепла, наприклад, розплавленого літію, такий двигун може взагалі обходитися без пального, що є важливим і реальним при роботі в межах міста. Фірма «Філіпс» розробила акумулятори тепла енергоємністю до 23 кВт-год. На даний час побудовано досить багато дослідних зразків двигуна Стирлінга потужністю від 7 до

265 кВт, призначених для автомобілів, автобусів, суден, а також стаціонарних.

До важких і ще не повністю розв'язаних проблем відносяться складність конструкції і необхідність забезпечення протягом терміну експлуатації двигуна повної герметичності для збереження робочого тіла (гелію або водню). Проблемою є також висока вартість двигуна. Тому двигун Стирлінга поки що не може конкурувати з двигунами внутрішнього згоряння.

Інерційний двигун

Інерційний двигун (маховик) є найдавнішим типом двигуна. Гончарний круг, вік якого становить більше 5 тисяч років, по суті є маховиком [8].

Ідея використання кінетичної енергії маховика для руху машини не є новою, проте, реалізацію вона одержала лише в середині XX століття, коли у Швейцарії було випущено 17 міських автобусів, що приводилися в рух саме за допомогою інерційних двигунів – так званих жиробусів (гіробусів). Жиробуси експлуатувалися протягом 16 років.

Основу двигуна на цих машинах становить маховик масою 1,5 т (10 % від маси жиробуса), який перед початком руху протягом 25 хвилин розкручувався електродвигуном до 3000 $хв^{-1}$ і «запасав» 9 кВт-год енергії. Після розкручування оборотний електродвигун, сполучений з маховиком, працював вже як динамо-машина і живив тягові двигуни жиробуса, який внаслідок цього міг розвивати швидкість до 50 км/год і проходити шлях до наступного заряджання (розкручування) до 5 км. Фактично швидкість жиробуса складала 20-25 км/год. На шляху 2,5 км він витрачав 60 % запасу енергії і вимагав підзарядки. Тому зарядні пристрої розміщувалися через 1,0-1,2 км, що відповідало і вимогам розміщення зупинок для пасажирів. Великою перевагою маховика є його екологічна чистота, відсутність токсичних викидів і шуму, а також високий ККД.

Найголовнішим недоліком даного двигуна слід визнати його малу енергоємність, і, як наслідок, незначний пробіг між заряджаннями. Проте, дослідження і експерименти над ним продовжуються. В США, наприклад, спроектовано супермаховик масою 100 кг, який, згідно з розрахунками, при 30000 $хв^{-1}$ може забезпечити пробіг легковому автомобілю у 160 км. Хоча реалізація такого проекту принципово важлива, слід вирішити немало складних науково-технічних задач і визначити економічну доцільність його масового впровадження.

Оригінальний легковий автомобіль розроблено і випущено наприкінці 70-х років в США. Ця машина є шестимісною з економічним двигуном потужністю 44 кВт. У багажнику змонтовано важкий сталевий маховик діаметром 950 мм і масою 231 кг. Обертаючись на магнітних підшипниках у вакуумі, маховик при 15000 $хв^{-1}$ розвиває потужність 100 кВт. Через електрогенератор ця потужність передається тяговому електродвигуну, а потім – на ведучі передні колеса. Початкове

розкручування маховика відбувається за рахунок зовнішньої електромережі. Цей автомобіль може працювати в наступних режимах: як звичайний – на двигуні внутрішнього згоряння при зупиненому маховику, і як електромобіль від маховика, що забезпечує запас ходу 36 км при швидкості 48 км/год; можливий також варіант і сумісної роботи машини в обох режимах: у межах населених пунктів водій може використовувати тільки енергію маховика, а за їх межами – економічний двигун внутрішнього згоряння, різко підвищуючи потужність силової установки за рахунок підключення енергії маховика при короткочасній необхідності прискорити розгін або підняти швидкість руху на крутому підйомі, при обгоні і в інших ситуаціях до 151 км/год.

Незважаючи на такий досить строкатий за принципом дії асортимент альтернативних автомобільних двигунів, не слід забувати, що переважна більшість світового автопарку укомплектована бензиновими двигунами і одним з напрямків подальшого підвищення ефективності їх роботи є пошук шляхів модернізації. На даний час дослідницькі і практичні роботи з удосконалення існуючих двигунів проводяться за наступними основними напрямами: поліпшення системи запалення, зміна процесів подачі палива в циліндри двигунів, влаштування додаткових приладів, що зменшують вміст шкідливих компонентів у відпрацьованих газах.

Система запалення чинить істотний вплив на процеси згоряння палива.

Безконтактне електронне запалення забезпечує більш потужний розряд на свічах і відрізняється більшою стабільністю роботи. Останнім часом система електронного запалення набуває все більшого поширення. На деяких новітніх моделях зарубіжних автомобілів ця система доповнюється мікро-ЕОМ, що автоматично змінює момент випередження запалення суміші залежно від навантаження на двигуні і швидкості руху, оптимізує витрату палива і склад відпрацьованих газів [9].

Для поліпшення процесу згоряння палива у циліндрах широко застосовується так зване форкамерне, або факельне, запалення. Сутність його полягає в тому, що у малій форкамері збагачена суміш підпалюється електричною іскрою, а потужний факел полум'я, що утворюється при цьому, запалює основну частину більш бідної робочої суміші в циліндрі, чим призводить до інтенсивнішого згоряння палива. Такі двигуни дозволяють зменшити викид всіх токсичних компонентів, включаючи оксиди азоту, і досягати при цьому 10% економії палива.

Зміна процесів подачі палива в циліндри досягається кількома способами. Перший з них – це спроба влаштування на двигуні двох карбюраторів замість одного. Вище наголошувалося, що при роботі двигуна у режимі холостого ходу вміст токсичних речовин у викиді збільшується. Задля зменшення їх кількості при роботі двигуна потрібно відрегулювати карбюратор на збіднену або бідну суміш (1 частина бензину приблизно на 20 частин повітря), але тоді двигун не розвиватиме необхідної потужності при роботі з навантаженням і не забезпечить

належної тяги і швидкості. Вихід з цього положення дає встановлення другого карбюратора, який регулюється на нормальну суміш (1 частина палива на 15 частин повітря) і живить двигун на робочих режимах. Потім були розроблені нові, складніші конструкції карбюраторів, здатних в одному блоці суміщати вказані функції і готувати необхідний склад робочої суміші на будь-який режим роботи двигуна.

Другий спосіб полягає у зміні клапанного механізму з метою більш тонкого розпилювання і кращого перемішування суміші під час надходження її до циліндрів. У ряді нових конструкцій передбачається регулювання висоти підйому клапанів впуску залежно від навантаження, що покращує процес заповнення циліндрів сумішшю і її згоряння.

Третій спосіб – це відмова від традиційного карбюратора і заміна його приладами (форсунками) для безпосереднього впорскування палива в трубопровід впускання або в циліндри. Ця система, вперше застосована в 1934 р. на спортивних автомобілях, забезпечує найкраще розпилювання палива і перемішування його з повітрям, а також рівномірний розподіл суміші по окремих циліндрах. При цьому способі не спостерігається осідання палива у вигляді крапель на стінках трубопроводу впускання.

Система безпосереднього впорскування особливо ефективна в поєднанні з електронним керуванням, яке автоматично дозує паливо залежно від режиму роботи двигуна. Встановлено не тільки зниження токсичності газів і економію палива, але і підвищення потужності двигунів на 10-20 %.

Деякі пристрої впорскування дозволяють утворювати в зоні запалювальної свічки легко запалювану від іскри збагачену суміш. Таке пошарове сумішеутворення забезпечує надійну роботу двигуна при результуючій збідненій суміші. Вказане пошарове розділення одержують різними конструкційними рішеннями, але найчастіше застосовується направлене впорскування палива в камеру згоряння. Система знаходить широке застосування на нових автомобілях.

Методи знешкодження відпрацьованих газів почали розроблятися ще в 30-х роках, але у практичний вжиток нейтралізатори надійшли лише 30 років по тому.

Нейтралізатор – невеликий прилад, призначений для зниження токсичності відпрацьованих газів шляхом допалювання продуктів неповного згоряння і розкладання оксидів азоту на складові елементи – азот і кисень.

Спочатку вважалося, що такі прилади мають бути дешевими і простими у виготовленні та експлуатації. У Каліфорнії (США) в 1959 році було навіть прийнято штатний закон, що встановлював терміни комплектації всіх діючих автомобілів цими приладами. Подібні пропозиції пізніше розроблялись і у ряді інших штатів США, а також у деяких країнах Європи, проте, їх реалізація виявився непростою й істотно підвищила вартість автомобілів та експлуатаційні витрати.

Розрізняють два типи нейтралізаторів: термічні та каталітичні.

У термореакторі, встановлюваному за випускним трубопроводом, здійснюється процес допалювання оксиду вуглецю CO і перетворення його на вуглекислий газ CO_2, а також спалювання незгорілих у циліндрі вуглеводнів і альдегідів. Для інтенсифікації процесу допалювання в камеру термореактора подається додаткове повітря. Реакція окислення проходить при температурі 500-600 °C і знижує наявність вуглеводнів приблизно в 2 рази, а оксидів вуглецю – в 2-3 рази.

На нових автомобілях термореактори стали вмонтовувати у випускну систему двигуна з відповідними змінами в цій частині конструкції двигуна. Каталітичні нейтралізатори, крім окислення C і CH, можуть здійснювати ще і розкладання оксидів азоту NO_x.

Процес окислення C і CH є безполуменевим і протікає при проходженні відпрацьованих газів через шар носія (наприклад, керамічних гранул) каталізатора. Найкращим каталізатором виявилася платина, але цей дорогий і дефіцитний матеріал не може широко застосовуватися. Дослідженнями встановлено, що платину певним чином можуть замінити паладій, радій, рутеній, а також оксиди міді, хрому, нікелю, діоксид марганцю тощо [10, 12].

Ефективність дії каталітичного нейтралізатора істотно залежить від температури в реакторі. Низькотемпературні реактори працюють при 100-300 °C, а високотемпературні – при 300-600 °C і більше. На перших моделях від високої температури корпус реактора досить швидко прогоряв і вимагав заміни. Пізніше дефект було усунено ціною ускладнення і дорожчання реактора.

Роботи зі створення нових типів і конструкцій нейтралізаторів продовжуються у багатьох країнах, але вимоги надійності і довговічності привели поки лише до ускладнення подібних приладів.

Ще один з варіантів полягає у зниженні токсичності відпрацьованих газів у результаті їх рециркуляції, тобто повторного засмоктування в циліндри (разом з порцією нової горючої суміші) з метою опалювання C та CH і зниження кількості оксидів азоту безпосередньо в циліндрах двигуна. Однак використання даного процесу веде до деякого погіршення характеристик двигуна, якщо навіть вже не вести мову про ускладнення його конструкції.

Висновки

Найбільш перспективними на сьогодні є дизельні, роторні та газотурбінні двигуни.

Література

1. *Савенко В.Я., Гайдукевич В.А.* Транспорт і шляхи сполучення: Підручник. – 2-ге видання. – К.: Арістей, 2007. – 256 с.
2. *Левковець П.Р., Зеркалов Д.В., Мельниченко О.І., Казаченко О.Г.* Управління автомобільним транспортом: Навчальний посібник /За ред. *Зеркалова Д.В.* – К.: Арістей, 2006. – 416 с.

3. *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.
4. Історія розвитку автомобіля //*Солтус А.П.* Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля. – К.: Арістей, 2006. – С. 7-11.
5. *Спектра В.Н.* Країні потрібен новий рухомий склад (розвиток транспорту) //Всеукраїнська технічна газета. – 2007. – № 5-6. – С. 6.
6. *Кошарний М.Ф.* Основи механіки та енергетики автомобіля. – К.: Арістей, 1992. – С. 3-12.
7. *Литвинов А.С.* Автомобиль: Теория експлуатационных свойств. – М.: Наука, 1984. – С. 5-7.
8. История механики: с конца XVIII века до середины XX века. /Под ред. *Григорьяна А.В.* – М.: Наука, 1972. – 358 с.
9. Очерки истории техники в России с древнейших времен до 60-х годов XX века. /Под ред. *Остольского В.И.* – М.: Наука, 1978. – 375 с.
10. Очерки истории техники в России (1861 – 1917). /Под ред. *Розентренера Б.А.* – М.: Наука, 1973. – 404 с.
11. *Пікашова Т.Д., Шашкова Л.О.* Основи історії науки і техники. – К.: ІЗМН, 1997. – 400 с.
12. Основные этапы развития отечественного автомобилестроения //*Анохин А.П.* Отечественные автомобили. – М.: Наука, 1968. – С. 5-10.

УДК 371.315.7

Пасов Г.В., канд. техн. наук, Чуприна В.М., канд. техн. наук,
Кирієнко С.Ю., студент

КЕРУВАННЯ АНІМАЦІЙНОЮ 3D-МОДЕЛЛЮ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА М10П

Вступ

Необхідною складовою набуття професійної технічної освіти є розуміння принципів дії вивчаємих механізмів та обладнання. Використання ЕОМ та віртуального світу дозволяє значно спростити виконання цієї задачі.

Аналіз досліджень та публікацій

Проаналізуємо, як цю задачу вирішували до цього, спираючись на останні наукові праці [1-8]. Традиційно при засвоєнні будь-якої навчальної дисципліни студент повинен вивчати її на лекціях, лабораторних та практичних заняттях. Але при цьому в якості методичного матеріалу використовуються, як правило, ілюстрації зовнішнього виду, будови та конструкції різноманітних механізмів у вигляді двовимірних елементів. Наприклад, використовуючи [5-7], студенти вивчають призначення, будову, кінематику промислового робота моделі М10П, а також різноманітні його вузли. Але представлені ілюстрації механізмів не передають в повній мірі можливості їх роботи, що призводить до схематичного чи принципового уявлення про можливості цього обладнання без розуміння конкретних технічних способів вирішення поставлених перед конструктором задач. Крім цього, використання ЕОМ, окрім поглиблення розуміння, дозволяє пришвидшити процес навчання, оскільки інформація при такому переході з текстово-графічної стає здебільшого графічною, а як відомо людина краще засвоює саме зорову тобто графічну, інформацію.

В [1] наведено можливість використання розроблених програмних продуктів «VERSTAT» та «START» при вивченні фрезерних та свердлильних верстатів. Але представлена інформація є двовимірною, тоді як перехід до трьохвимірного простору з анімацією дозволяє сприймати її такою, як вона виглядає в конкретних технічних вирішеннях, а не тільки схематично чи принципіально.

На кафедрі «Інтегровані технології машинобудування і автомобілі» в програмному продукті «Анімація – М20П» [2] виконано перехід до тривимірного простору. Дана розробка дозволяє побачити роботу окремих вузлів та в цілому промислового робота моделі М20П.40.01 у вигляді відео роликів. Таке подання інформації наочніше, але тоді навчання зводиться

до простого перегляду порції жорстко визначеної інформації з конкретного ракурсу, без можливості її зміни.

Використання керування інтерактивною анімаційною 3D-моделлю знімає ці бар'єри і дозволяє бачити роботу будь-якої частини комплексу з будь-якого ракурсу в бажаний момент часу циклу роботи.

Мета статті

Основна мета статті – демонстрація можливостей та перспектив даного програмного продукту та викладення принципів його роботи.

Виклад основного матеріалу

Даний програмний продукт «Virt3DM М10П» направлений на поглиблення та одночасне спрощення вивчення промислового робота (ПР) М10П у навчальній дисципліні «Промислові роботи», яка викладається кафедрою «Інтегровані технології машинобудування і автомобілі».

При розробці цього продукту були використані програми 3Ds Max та КОМПАС-3D. Весь проект знаходиться в одному файлі PR-M10P.max, який необхідно відкрити в програмі 3Ds Max 2009 для демонстрації.

ПР М10П призначений для обслуговування металорізальних верстатів, зокрема, для автоматичного завантаження-розвантаження заготовок та деталей типу вал до верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Особливістю цього ПР є рух робочого органу маніпулятора в сферичній системі координат. Конструкція робота забезпечує позиціонування робочого органу по шести координатних осях.

В якості прикладу, ПР М10П може працювати разом з верстатом 16К20Ф3 та багатопозиційним столом-накопичувачем по схемі, зображеній на рисунку 1.

Загальний вигляд ПР М10П приведений на рисунку 2. Промисловий робот складається з основи 1, вузла механічної руки 2, уніфікованих поворотних блоків 3, кисті руки 6, перехідної втулки 7, подовжувача 9 і змінних захватів 8, а також пристрою керування (на рисунку не показано). Основа 1 містить у собі механізм повороту руки у вертикальній площині (рух «В»). Вузол 2 руки складається з: 1) механізму 4 горизонтального (рух «Z») чи вертикального (рух «X») лінійного переміщення (найменування даного переміщення залежить від попередньої установки руки маніпулятора щодо координатних осей X і Z – горизонтально або вертикально); 2) механізму 5 повороту у вертикальній (рух «А») чи горизонтальній («С»). площинах. 3) Блоку 6 повороту кисті відносно поздовжньої осі (рух «α»).

Розглянемо спочатку принцип керування роботом. В програмному продукті розроблений своєрідний аналог пульта керування (рисунок 3, п. 3), який складається з панелей керування кожним із ланцюгів механізмів маніпулятора (рисунок 3, п. 1, 2), та деякими іншими важливими параметрами, такими як місцеві розрізи для доступу до закритих всередині корпусу деталей.

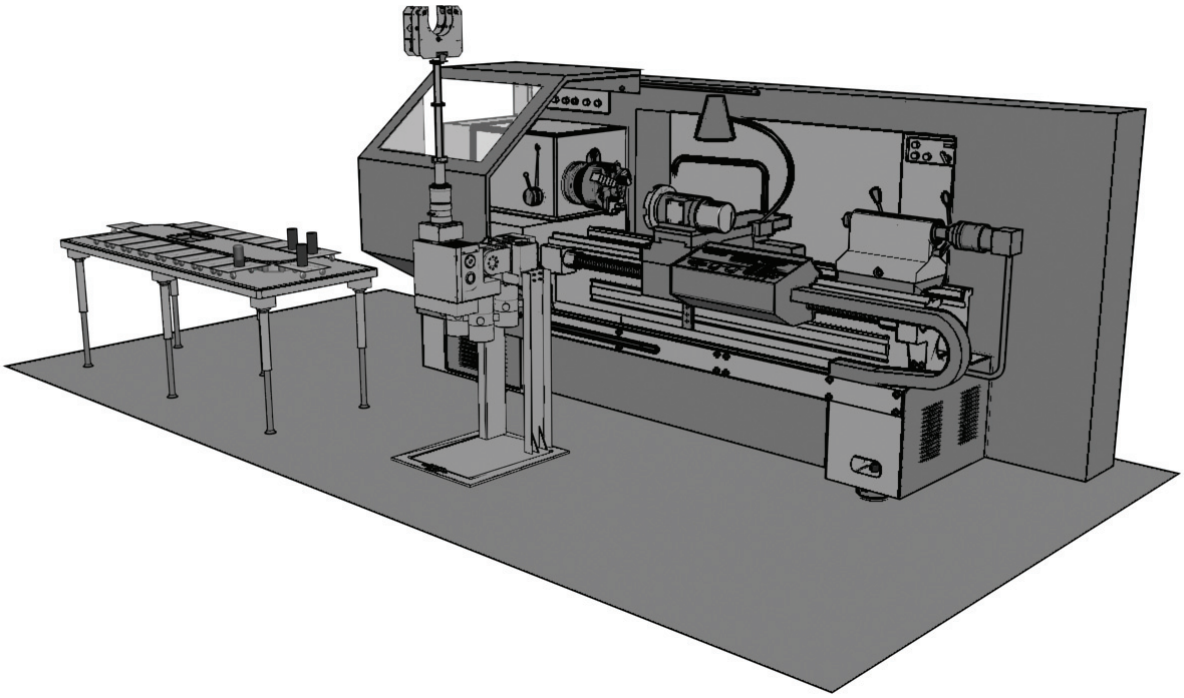


Рисунок 1 – РТК комплекс у складі верстата 16К20Ф3, ПР М10П та багатопозиційного столу-накопичувача

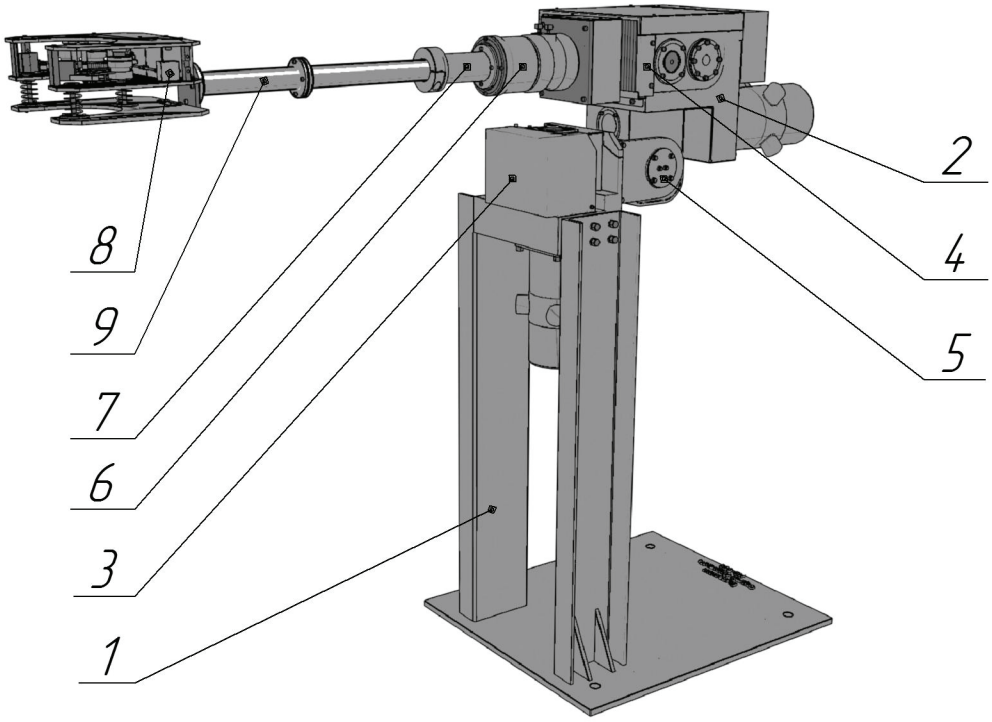
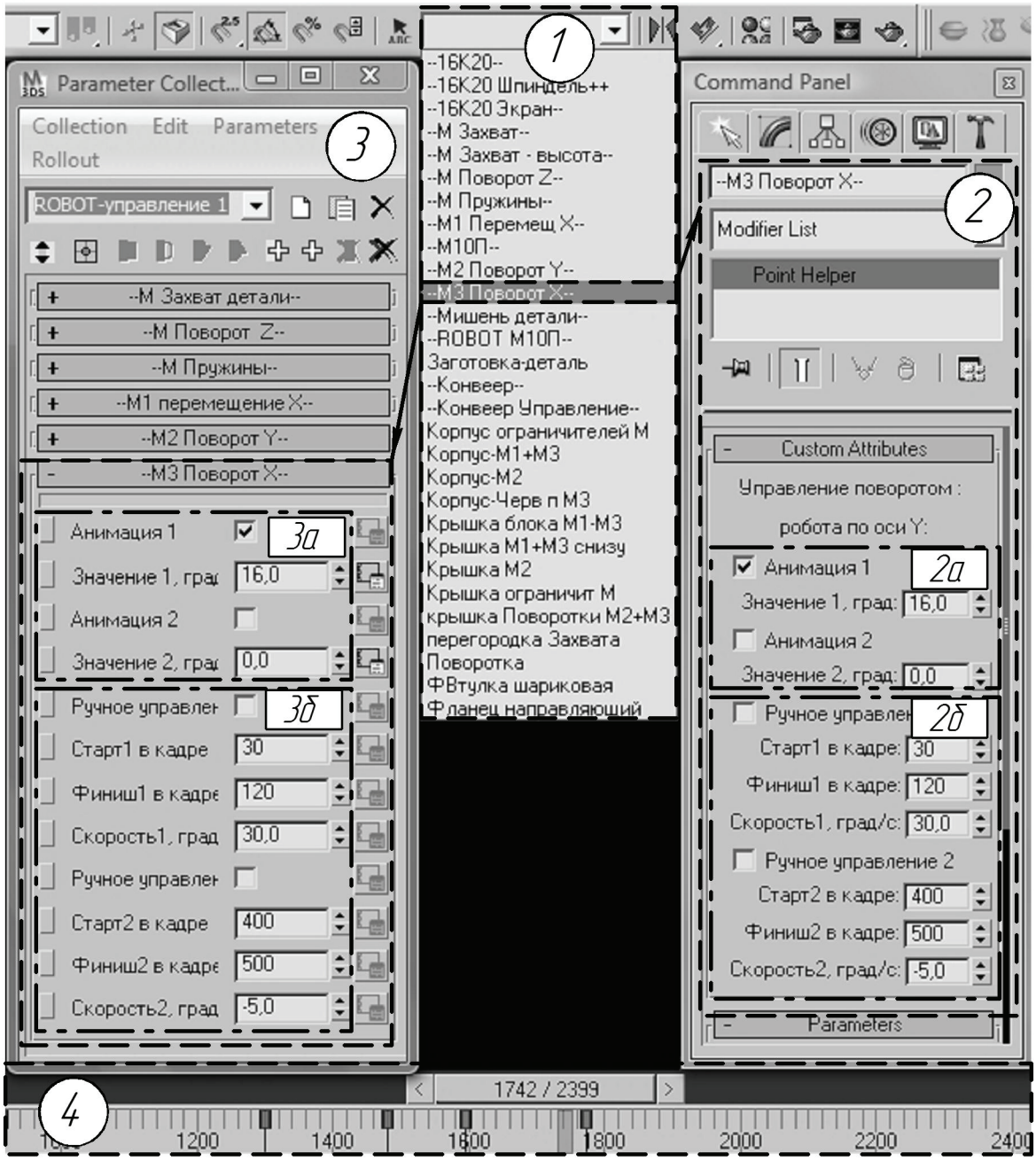


Рисунок 2 – Загальний вигляд маніпулятора



1)перелік панелей керування; 2) поточна панель керування; 3) пульт керування; 4) шкала часу в кадрах (1 кадр=1/30 секунди).

Рисунок 3 – Засоби керування роботом

Керування здійснюється методом зміни керуючого параметру (наприклад, значення переміщення чи кута повороту) в ключові моменти часу циклу роботи. На рисунку 3 представлений вигляд переліку керуючих панелей (об'єктів) 1, поточної вибраної панелі керування 2, та пульта керування 3, який містить у собі всі керуючі панелі. Перелік параметрів на пульті керування і аналогічних панелях ідентичний. На шкалі часу 4 встановлюється поточний час (кадр) циклу роботи, в якому будуть записуватися дії. Наявність на ній вертикальних рисок (кадрів) вказує на зміну значення якогось з керуючих параметрів вибраної панелі керування в момент часу, якому відповідає положення ключа.

В процесі запису керуючої програми контролюються різні параметри. При використанні керуючих параметрів з заголовком «Анимация» (2а та 3а) контролюються тільки допустимі переміщення (кутові чи лінійні), а при використанні керуючих параметрів з заголовками «Ручное управление» (2б та 3б) також контролюються допустимі швидкості рухів, які можна задати в полі «Скорость, град/с» чи «Скорость, мм/с».

Використовуючи такий метод керування та навігацію у вікні перегляду, розглянемо окремі ланцюги робота.

На рисунку 4 зображено результат роботи ланцюга переміщення руки маніпулятора по осі X чи Z в крайніх положеннях та сам механізм зсередини. Переміщення здійснюється за допомогою регульованого електродвигуна М1 постійного струму типу 4ДПУ, який встановлений у вузлі руки, через приводний зубчастий пас 1 з передавальним відношенням 2/3 (*Z9=16, Z10 = 24*), пари конічних зубчастих коліс 2 (*Z11 = 15, Z12=30)* на багатопрохідну кулькогвинтову передачу 3 з ходом *t = 60* мм. Разом з гайкою передачі по кульковій направляючій переміщується кронштейн із встановленим на ньому блоком повороту 6 (рисунку 2). Для запобігання довільного опускання кронштейна, при вимкненні живлення, вал конічної шестерні *Z11* (рисунок 4) з'єднаний з електромагнітним гальмом 4.

На рисунку 5 зображено ПР в процесі виконання ним руху «В» в крайніх та декількох проміжних положеннях, та сам механізм у збільшеному вигляді. Механізм містить у собі регульований електродвигун М2 постійного струму типу 4ДПУ, який через зубчасто-пасову передачу 1 (*Z1 = 16, Z2 = 26)* приводить в обертання однозахідний черв'як 2 (*Z3 =1)* і зчеплене з ним черв'ячне колесо 3 (*Z4 = 55)*. Черв'ячне колесо встановлене на вихідному валу, який жорстко зв'язаний з механізмом руки маніпулятора. На протилежному кінці цього вала закріплений диск з упорами 4, які впливають на шляхові перемикачі в схемі керування рухом повороту В.

На рисунку 6 зображено результат руху А в крайніх та декількох проміжних положеннях. Технічне виконання блоку повністю аналогічне блоку повороту В, представленого на рисунку 5.

Обертання блоку повороту кисті руки навколо поздовжньої осі (рух «α») відбувається за допомогою напівобертового пневмодвигуна.

На рисунку 7 зображено захват для утримання заготовок та деталей роботом в двох положеннях. Робота захвату виконується завдяки стиснутому повітрю, яке подається в одну з двох камер пневмоциліндра, викликаючи тим самим рух штока вправо чи вліво, і відповідно розтискання чи затискання заготовки кулачками захвату.

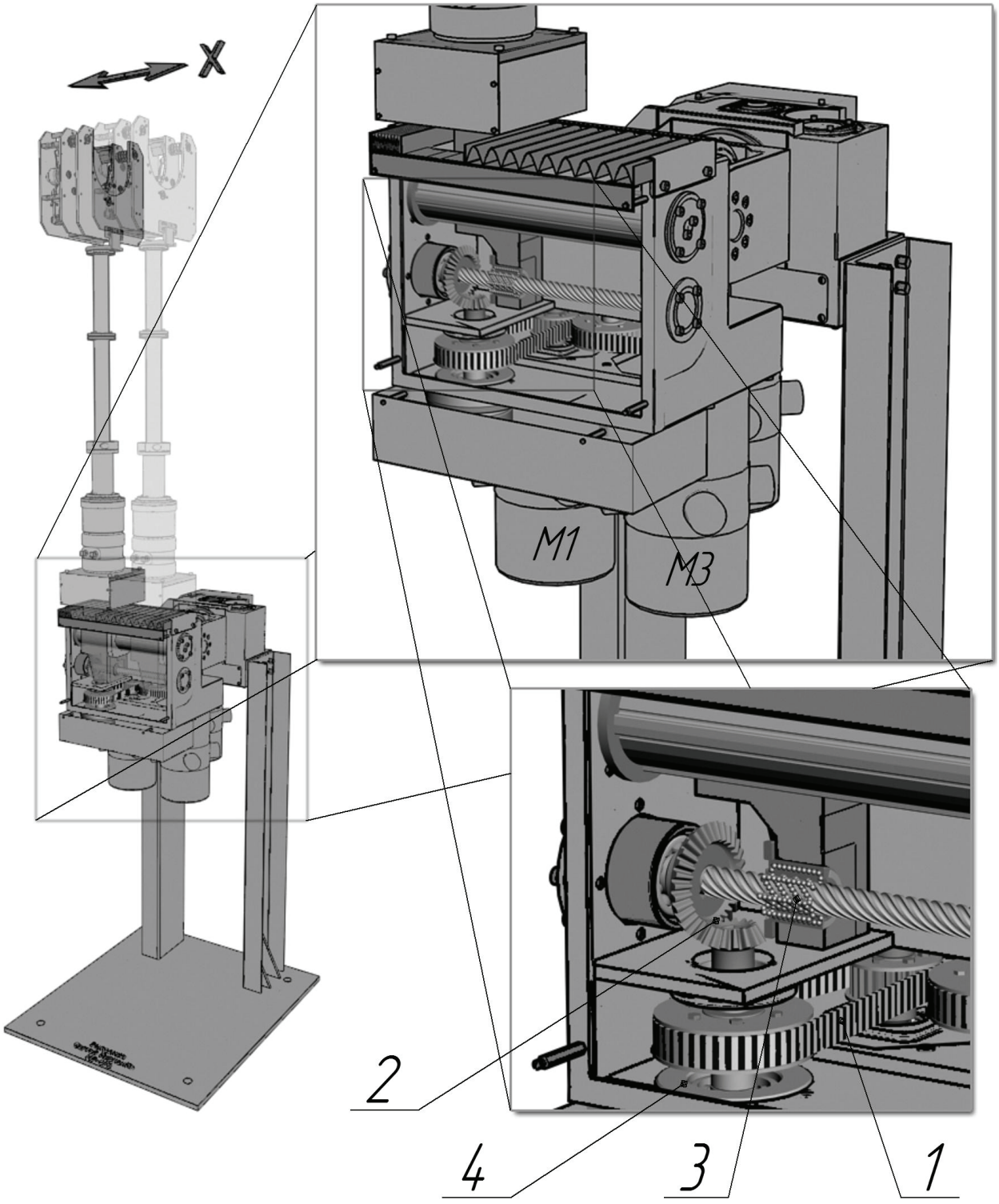


Рисунок 4 – Переміщення по осях X чи Z руки робота

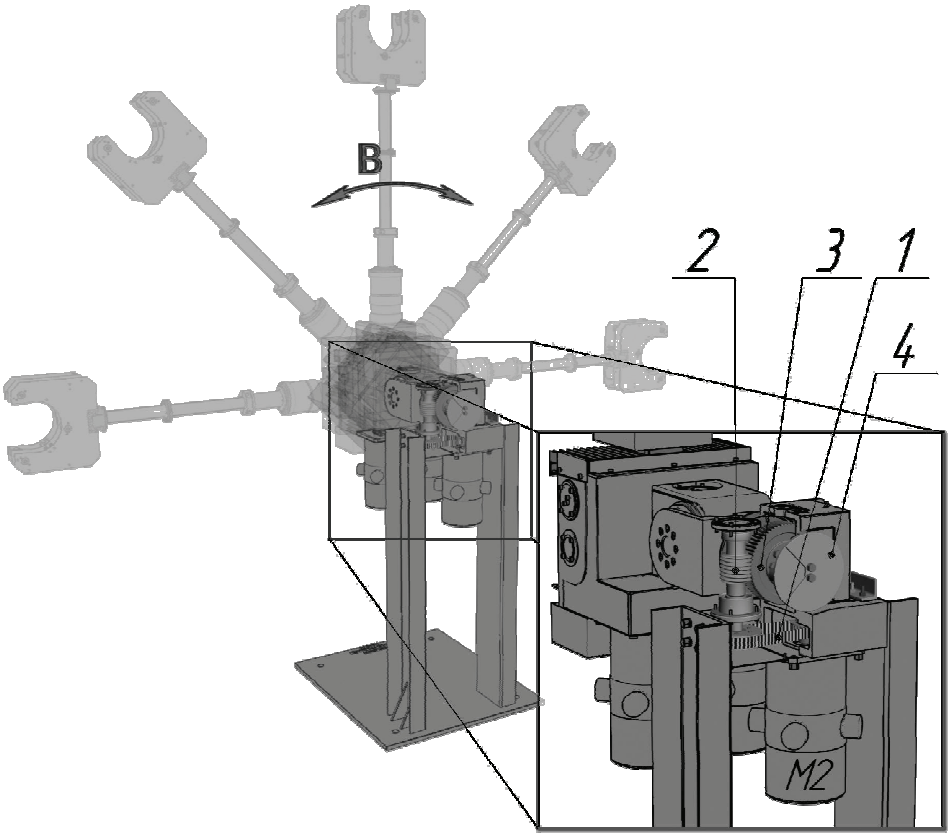


Рисунок 5 – Рух «В» маніпулятора

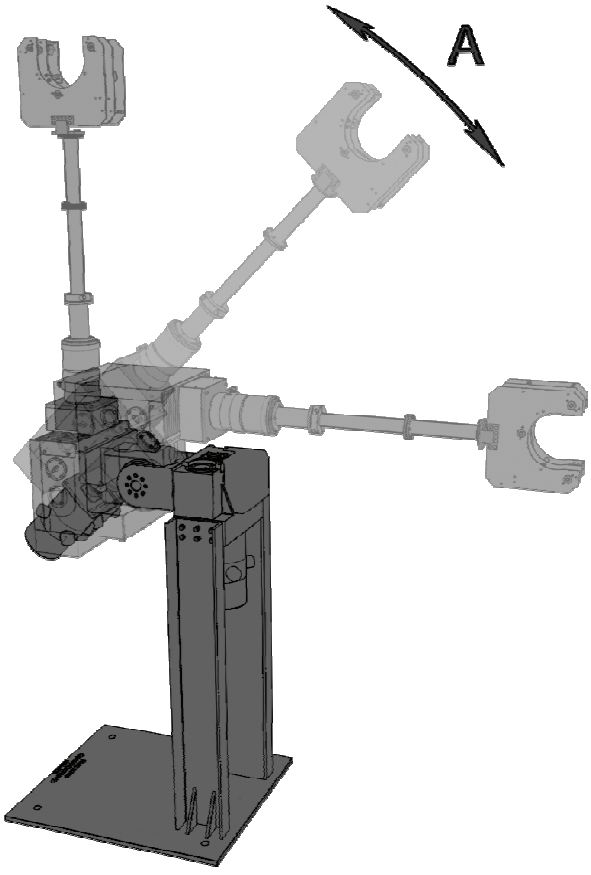
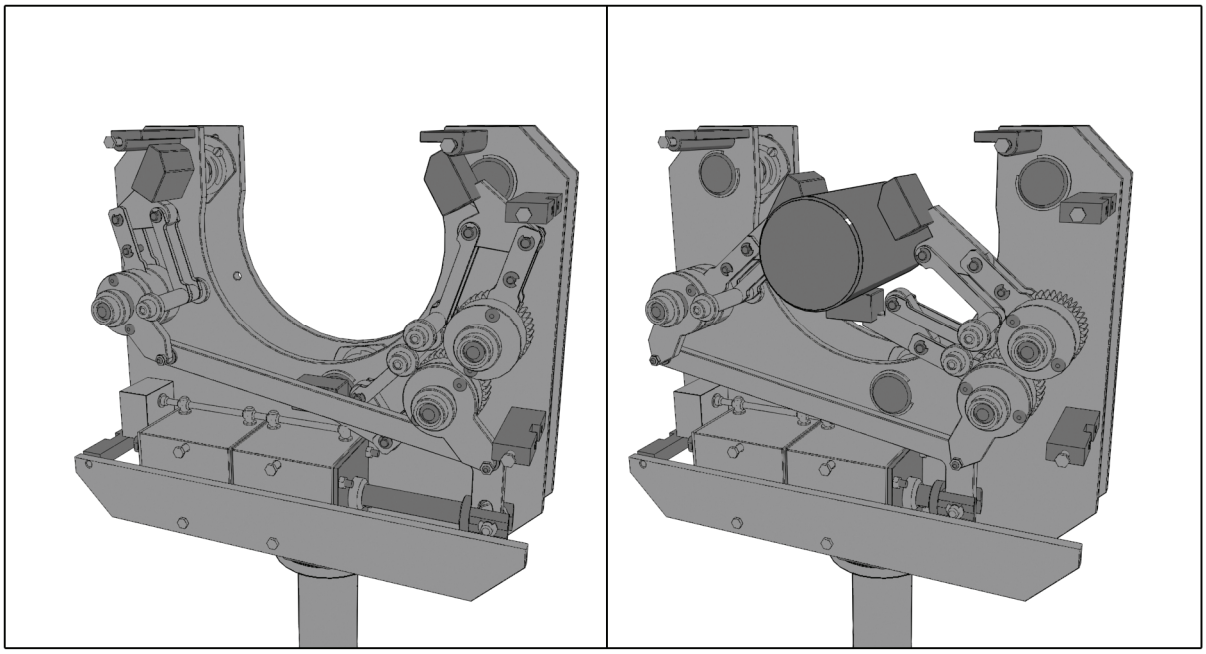


Рисунок 6 – Рух «А» маніпулятора



а) б)

а) початкове положення кулачків захвату; б) кулачки захвату затиснули заготовку

Рисунок 7 – Затискання заготовки в русі

Висновки

Створенна віртуальна 3D-модель ПР М10П значно полегшує процес вивчення свого справжнього прототипу. Така модель може бути використана для наочного вивчення внутрішньої будови та принципу дії робота. Програмний продукт «Virt3DM М10П» та середовище програми 3Ds Max дозволяє відтворити будь-яку частину циклу роботи справжнього робота в часі, керуючись дійсними параметрами, такими як швидкість руху чи подача. В подальшому його можна розширити та удосконалювати (наприклад, написати додатковий модуль для конвертації керуючої програми для справжнього ПР М10П в набір команд для його 3D-моделі, що дозволить відпрацювати керуючу програму віртуально, просто відкривши текстовий файл з її кодом в середовищі програмного продукту).

Література

1. *Пасов Г.В., Дьяконов К.В., Кит Р.С., Хажанець О.В., Шурубенко С.А.* Використання ЄОМ в навчальному процесі /Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2007. – № 30. – С. 45-54.
2. *Пасов Г.В., Ратозей О.В., Лоскутов С.В.* Анімаційне моделювання роботи окремих вузлів промислового робота /Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2008. – №36. – С. 82-87.
3. Нові технології навчання: Наук.-метод. зб. /Кол. Авт. – К.: Наук.-метод. центр вищої освіти, 2006. – Вип. 42. – 230 с.
4. Нові технології навчання: Наук.-метод. зб. /Кол. Авт. – К.: Наук.-метод. центр вищої освіти, 2006. – Вип. 43. – 203 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін «Промислові роботи» та «Розрахунок і конструювання верстатів та верстатних комплексів». Частина 1.

Для студентів за напрямом підготовки 0902 «Інженерна механіка» усіх форм навчання /Укл.: *Пасов Г.В*. – Чернігів: ЧДТУ, 2003. – 58 с.
6. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін «Промислові роботи» та «Розрахунок і конструювання верстатів та верстатних комплексів». Частина 2. Для студентів за напрямом підготовки 0902 «Інженерна механіка» усіх форм навчання /Укл.: *Пасов Г.В.* – Чернігів: ЧДТУ, 2003. – 100 с.
7. Альбом «Промислові роботи» до лабораторних робіт з дисциплін «Промислові роботи» та «Розрахунок і конструювання верстатів та верстатних комплексів» для студентів за напрямом підготовки 0902 «Інженерна механіка» усіх форм навчання /Укл.: *Пасов Г.В.* – Чернігів: ЧДТУ, 2003. – 53 с.
8. Маров М. Н. Энциклопедия 3ds max 8 (+CD). – СПб.: Питер, 2006. – 1392 с.: ил.

УДК677.053.27

Акимов О.О., канд. техн. наук, Сіньков К.С., студент магістратури

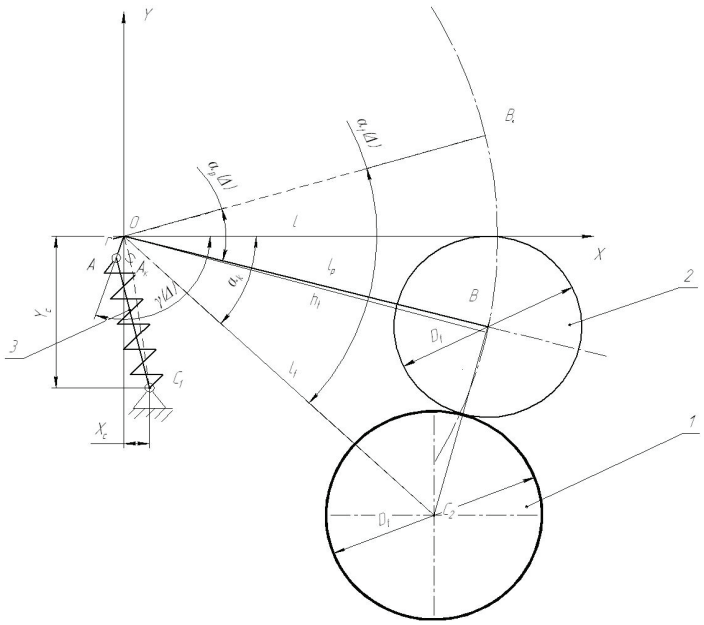
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ НАМОТУВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ТЕКСТУРУЮЧО-ВИТЯЖНОЇ МАШИНИ ТВ-2 НА ЙОГО КІНЕТОСТАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Вступ

Працездатність приймально-намотувальних механізмів текстуруючо-витяжних машин є важливим фактором, що впливає на якість пакувань. Одним з основних факторів, що впливають на їх якість, є величина та закон зміни сили притискування пакування до фрикційного циліндру за весь цикл намотування. В роботах [1, 2, 3] наведені алгоритми розрахунків намотувальних механізмів контактного намотування ниток, але розрахунки механізмів зі знакоперемінним моментом відсутні.

Методи та результати

Розрахункова схема намотувального механізму наведена на рисунку 1.



1 – фрикційний циліндр; 2 – тіло намотування; 3 – механізм компенсації сили тяжіння

Рисунок 1 – Розрахункова схема намотувального механізму

Знання впливу параметрів механізму на його кінетостатичні характеристики є необхідною умовою проектування сучасних механізмів, що забезпечують високі швидкості намотування текстурованих ниток, одержання якісного пакування.

Особливістю приймально-намотувальних механізмів текстуруючо-витяжних машин є наявність пружин, які створюють перемінну силу: на початку процесу намотування – притискування бобінотримача до фрикційного циліндру, а через певний проміжок часу напрацювання пакування – компенсація сили ваги пакування з бобінотримачем.

Маса пакування в довільний момент часу визначається за формулою:

$$m(\Delta) = \pi\rho L_n \left[\left(\frac{D(\Delta)}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_b}{2} \right)^2 \right], \quad (1)$$

де $D(\Delta) = D_b + 2\Delta$ – діаметр пакування в заданий момент часу;

Δ – напрацьований шар волокна;

D_b – діаметр бобіни (D_b =0,08 м);

L_n – довжина, на яку здійснюється намотування (L_n=0,25м);

ρ – щільність намотування (ρ=550кг/м^3).

Залежність кута, на який відхиляється вісь бобінотримача за час напрацювання пакування визначиться наступним чином:

$$\alpha(\Delta) = \arccos\left[\left(\frac{1}{2L_f L_p} \right) \cdot \left[{L_p}^2 + {L_f}^2 - \left(\frac{D_f + D(\Delta)}{2} \right)^2 \right] \right], \quad (2)$$

Довжина перпендикуляру до лінії C_2B в довільний момент часу:

$$h(\Delta) = \left| \frac{X_f Y - Y_f X(\Delta)}{\sqrt{\left(Y(\Delta) - Y_f \right)^2 + \left(X(\Delta) - X_f \right)^2}} \right|. \quad (3)$$

Гравітаційний момент, що виникає під дією ваги бобінотримача та збільшується при напрацюванні пакування:

$$Mg(\Delta) = X(\Delta) g \cdot \left(m(\Delta) + m_b \right), \quad (4)$$

де g – прискорення вільного падіння (g=9.81м/с^2);

m_b – маса бобінотримача.

Всього для компенсації зростаючого гравітаційного моменту передбачено 4 штовхачі, які розміщені на відстані 70 мм по осі *OY*.

Довжина перпендикуляра проведеного до лінії C_1A з очки O

$$hp(\Delta) = \left| \frac{Xa_t Yc - Ya_t Xc}{\sqrt{(Ya(\Delta) - Yc)^2 + (Xa(\Delta) - Xc)^2}} \right|, \tag{5}$$

де Xc, Yc – відстані по осі OX та по осі OY від початку координат до точки закріплення пружини.

Сила, з якою пружина підтискає бобінотримач до циліндра,

$$Pp(\Delta) = Cp \cdot (L_0 - L(\Delta)a), \tag{6}$$

де C_p – жорсткість пружини, н/м;

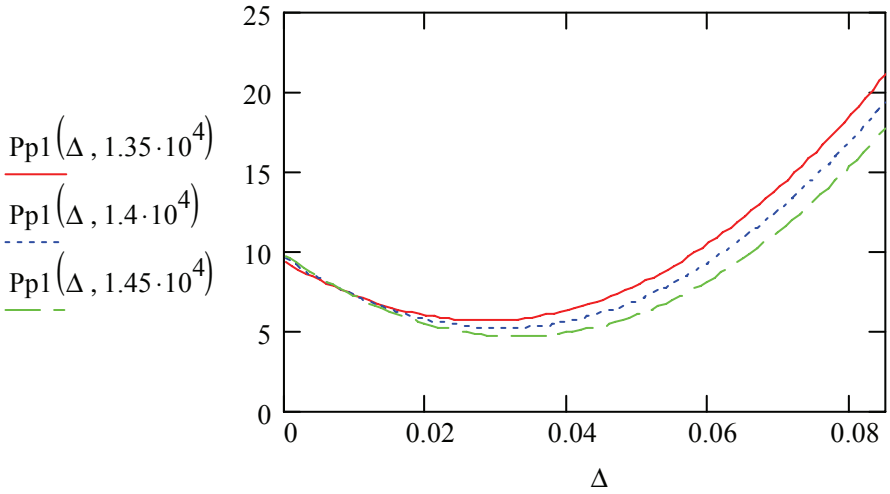
L_0 – довжина вільної пружини, м.

Результуючу силу можна визначити за формулою:

$$P_p(\Delta) = \frac{Mg(\Delta) + Mp(\Delta)}{h(\Delta)}. \tag{7}$$

Розрахунки виконувалися за допомогою пакета Mathcad 14.

Графік зміни закону результуючої сили від товщини тіла намотування при різних жорсткостях компенсуючої пружини представлено на рисунку 2.



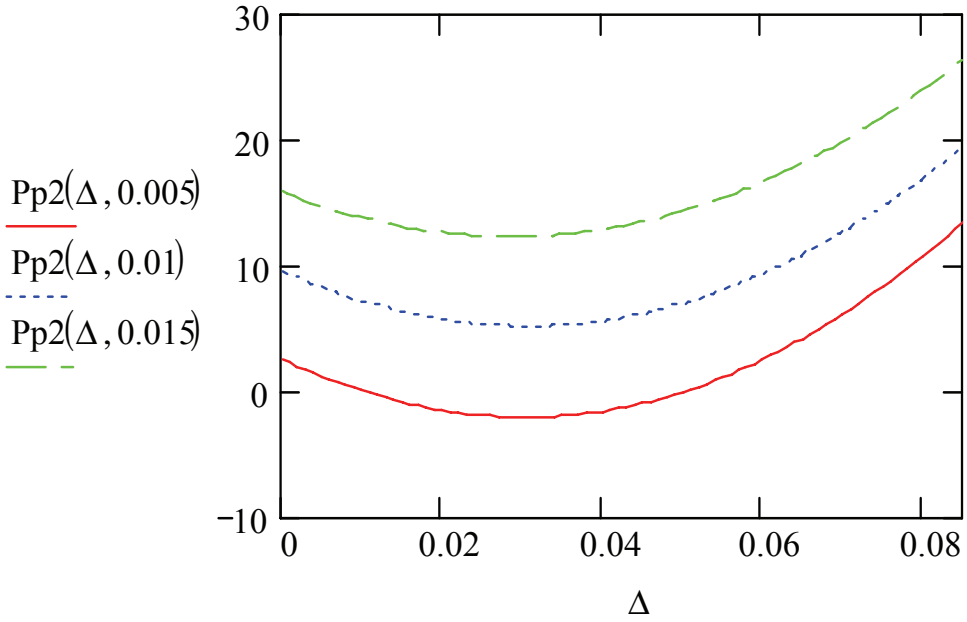
Вісь абсцис – Δ (товщина шару намотування, м); вісь ординат – значення сили в Ньютонах; значення жорсткості наведено в дужках, Н/м

Рисунок 2 – Залежність сили притискання від жорсткості пружини

З графіку видно, що жорсткість пружини має значний вплив на результуючу силу, при збільшенні жорсткості пружини ми спостерігаємо, що спочатку пружина знаходиться в стисненому стані, підтискає вісь для найменшого значення гравітаційного моменту, потім вона розтягується і пройшовши певну ділянку, починає компенсувати гравітаційний момент.

Також ми можемо спостерігати, що значення C_p = 1,4·10^4 *Н/м* є найоптимальнішим, оскільки забезпечує кінцевий результат результуючої сили притискування величиною 19,5 *Н*.

Нижче наведено графік закону зміни результуючої сили при різних величинах зміщення точки закріплення пружини по осі *OX*, від товщини тіла намотування.



Вісь абсцис – Δ (товщина шару намотування, м); вісь ординат – значення сили в Ньютонах; значення координати Хс наведено в дужках, м

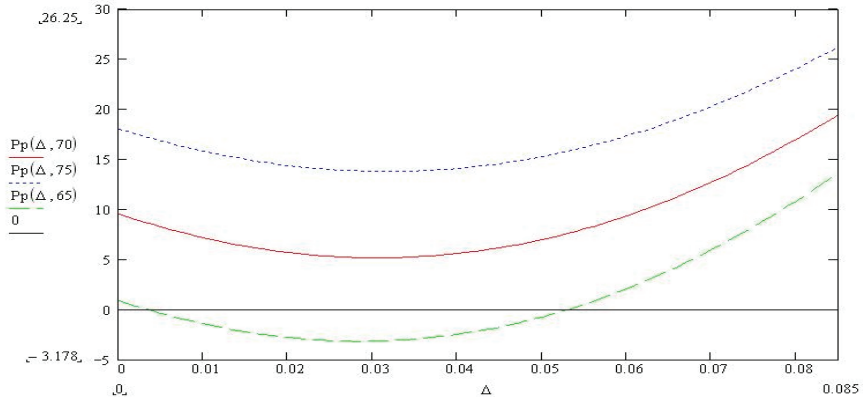
Рисунок 3 – Графік зміни сили притискання від координати Хс

З графіку видно, що відстань X_c має значний вплив на результуючу силу, оскільки дослідження було проведене при сталій довжині пружини, тому ця відстань напряму впливала на силу притискання, отже, і на результуючу силу *Рр*.

При віддаленні точки закріплення пружини (*Хс*=0,015 м) ми спостерігаємо падіння сили притискання, що, в свою чергу, призводить до збільшення впливу гравітаційного моменту, при цих же параметрах нам необхідно міняти довжину пружини і це є нераціональним. При наближенні точки кріплення пружини ми спостерігаємо, що сила, яку вона створює, є надмірною.

Тому в ході аналізу було обрано найоптимальніше значення (*Хс*=0,01 м).

На рисунку нижче зображено графіки зміни сили притискування від кута *β*.



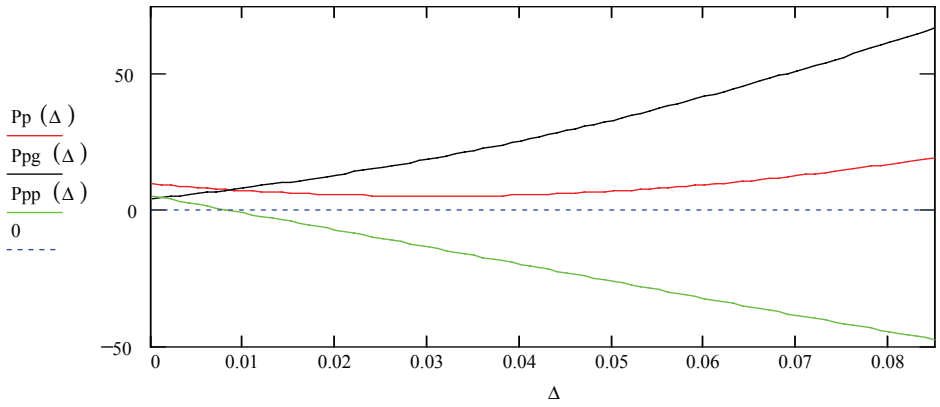
Вісь абсцис – Δ (товщина шару намотування, м); вісь ординат – значення сили в Ньютонах; значення кутів β в градусах

Рисунок 4 – Залежність сили притискання від кута β

З графіку видно, що кут β також має значний вплив на результуючу силу, дослідження було проведене при сталій довжині пружини, тому даний кут напряму впливає на силу притискання, а тому і на результуючу силу *Pp*.

При збільшенні кута β (β=75°) ми спостерігаємо падіння сили притискування, що, в свою чергу, призводить до збільшення впливу гравітаційного моменту. При зменшенні цього кута ми спостерігаємо, що сила, яку вона створює, є надмірною.

Тому в ході аналізу було обрано найоптимальніше значення (*β*=70°). При вищезазначених параметрах ми отримали наступні закони зміни сил.



Вісь абсцис – Δ (товщина шару намотування); вісь ординат – значення сили в Ньютонах; $Pp_g(Δ)$ – графік зміни гравітаційної сили; $P_{pp}(Δ)$ – графік зміни сили притискання пружини

Рисунок 5 – Залежність сили притискування від товщини тіла намотування

Результуюча сила *Pp* при максимальній товщині намотування (*Δ*=0,085м) становить 19,5*H*, що є оптимальною величиною.

Висновки

Одержаний алгоритм визначення впливу параметрів намотувального механізму контактного типу на величину сили притискування бобінотримача до фрикційного циліндру за весь цикл намотування пакування дозволяє визначити оптимальні значення параметрів механізму притискування для забезпечення необхідного закону сили притискування при різних технологічних режимах.

Параметри механізму, одержані в результаті дослідження, забезпечують силу притискування меншу за $20H$ за весь період намотування, що є оптимальним.

Література

1. *Прошков А.Ф.* Машины для производства химических волокон. Конструкция, расчет и проектирование – М.: Машиностроение, 1974. – 472 с.
2. *Прошков А.Ф.* Расчет и конструрование машин для производства химических волокон – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 402 с.
3. *Матюшев И.И., Климов В.А.* Высокоскоростные приемно-намоточные механизмы для химических нитей – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 228 с.

УДК 620.197:577.4

Сиза О.І., д-р техн. наук, Старчак В.Г., д-р техн. наук,
Вервейко О.О., асистент, Костенко І.А., канд. техн. наук

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ СТАЦІОНАРНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ НА КОРОЗІЙНЕ РУЙНУВАННЯ МЕТАЛІВ

Вступ

Попередження корозії металів під впливом стаціонарних електричних полів в середовищах електролітів відіграє особливо важливу роль у протикорозійному захисті устаткування в електрохімічних виробництвах, що використовують електричну енергію постійного струму (і її безпосередній перехід у хімічну без проміжного перетворення енергії в тепло). При цьому кородують зроблені зі сталі травильні ванни, корпуси електролизерів, трубопроводи, устаткування для виготовлення, транспортування, зберігання, фільтрації розчинів, металеві шини, електроди. Продукти корозії забруднюють електроліти, знижуючи вихід кінцевого продукту. При загальній напрузі на електролізері 50...500 В і незначних відстанях між електродами (0,01...0,05 м) виникають електричні поля з напруженістю (Е) у тисячі й більше В/м [1-3].

Дані про вплив електричних полів постійних струмів на хімічний опір матеріалів корозії необхідні при розробці й експлуатації найрізноманітніших електротехнічних приладів, пристроїв і систем [4-10], повітряних і кабельних ліній постійного струму, електролизерів, систем електрохімічного захисту металів від корозії, магнітогідродинамічних, електрогідродинамічних і електрогазодинамічних приладів різного призначення, геофізичних систем, які застосовують при електровозвідуванні корисних копалин, різних пристроїв заземлення та ін. Незважаючи на це, відомості про вплив стаціонарних електричних полів на корозійні процеси нами не знайдені у вітчизняній і закордонній літературі.

Мета даної роботи: розробка методу для оцінювання впливу стаціонарних електричних полів на корозійні процеси в розчинах електролітів.

Теоретичні аспекти і результати роботи

Відомо, що протікання слабкопровідних рідин по трубопроводах або каналах супроводжується їхньою статичною електризацією, обумовленою деформацією подвійного електричного шару на омиваній поверхні [1]. При низькій питомій електричній провідності рідини товщина дифузійної частини зовнішньої обкладки подвійного електричного шару, що утворюється на її поверхні, значно зростає й стає порівнянною з товщиною

гідродинамічного прикордонного шару. При цьому частина зарядів зовнішньої обкладки захоплюється потоком в об'єм рідини, приводячи до її статичної електризації (кількісною характеристикою інтенсивності заряду рідини є так званий електрокінетичний потенціал, що характеризує стрибок потенціалу між нерухомою поверхнею й границею прикордонного гідродинамічного шару).

При досить високій концентрації заряджених часток можливе утворення іскрових розрядів у пароповітряних порожнинах рідкого середовища, здатних викликати пожежу або вибух горючих рідин. Тому аналіз стаціонарних електричних полів, що виникають при статичній електризації рідин, становить значний інтерес під час розробки засобів захисту від небезпечних проявів статичної електризації слабкопровідних рідин.

Кулонівська взаємодія між нерухомими електричними зарядженими частками або тілами здійснюється за допомогою створюваного ними електростатичного поля. Воно являє собою стаціонарне (тобто не змінюється з часом) електричне поле нерухомих електричних зарядів. Це поле є особливим випадком електромагнітного поля, за допомогою якого здійснюється взаємодія між електричними зарядженими частками, що рухаються в загальному випадку довільним чином щодо системи відліку [11-13].

На рис. 1 зображені симетричні ділянки різнойменно заряджених площин. Силові лінії поля позитивно зарядженої площини показані суцільними прямими, негативно зарядженої – пунктиром.

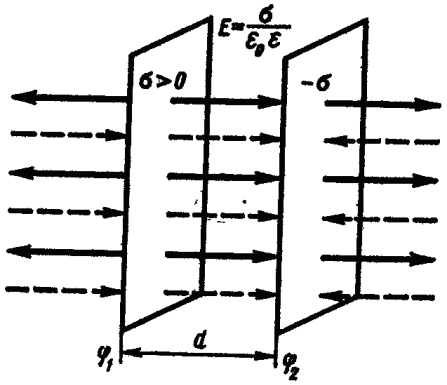


Рисунок 1 – Електростатичне поле між двома паралельними площинами, зарядженими різнойменно з чисельно рівною поверхневою щільністю зарядів $\sigma>0$ й $-\sigma$

Як видно, ліворуч від позитивно зарядженої площини електричні поля взаємно знищуються, тому що їхні вектори напруженості чисельно рівні й спрямовані в протилежні сторони. Між площинами обидва вектори мають однакові напрямки, і тому тут результуюча напруженість E чисельно дорівнює їх сумі [13]:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0\varepsilon} + \frac{\sigma}{2\varepsilon_0\varepsilon} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon}.$$

Вектор електричного зсуву чисельно дорівнює

$$D = \varepsilon_0 \varepsilon E = \sigma.$$

Можна визначити різницю потенціалів площин:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_0^d \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} dx = \frac{\sigma d}{\varepsilon_0 \varepsilon}.$$

У першому наближенні можна вважати, що під час відсутності зовнішнього електричного поля електричні поля електронів провідності й позитивних йонів металу (“атомних залишків”) взаємно компенсують один одного.

Якщо незаряджений провідник помістити в зовнішнє електростатичне поле, то під впливом електричних сил вільні електрони будуть переміщуватися в ньому в напрямку, протилежному вектору напруженості поля. У результаті цього на двох протилежних кінцях провідника з'являться різнойменні заряди: негативний на тому кінці, де виявилися зайві електрони, позитивний – на тому, де електронів не вистачає. Тобто відбувається так звана електризація через вплив (або електростатична індукція).

Індуковані (наведені) на провіднику заряди зникають, коли провідник видаляють з електричного поля.

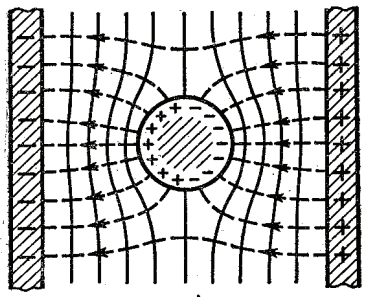


Рисунок 2 – Зсув зарядів у провіднику під дією зовнішнього електричного поля

З наведеного рисунка видно, що електричні заряди з'явилися на провіднику внаслідок зсуву їх під дією зовнішнього електричного поля. Таким чином, вектор електричного зсуву D чисельно дорівнює поверхневій щільності зміщених зарядів.

Для визначення впливу стаціонарних електричних полів на корозійні процеси розглядають окремі випадки, коли існує наближена математична аналогія між електричним полем постійних струмів, що протікають у провідному середовищі між якою-небудь системою електродів, і електростатичним полем електродної системи тієї ж форми. Однак механізм утворення й структура стаціонарних електричних полів настільки специфічні, що для їхнього аналізу необхідні в більшості випадків спеціальні методи [15-17]. Різноманіття форм стаціонарних електричних полів виключає можливість однакового детального розгляду в даному дослідженні всіх класів цих полів і всіх використовуваних методів їхнього вивчення.

Електричні поля постійних струмів й електростатичні поля володіють як деякими загальними властивостями, що притаманні будь-яким постійним електричним полям, так і особливостями, характерними тільки для полів одного із зазначених типів. Найбільш загальна властивість електричних полів, порушуваних як постійними струмами, так і нерухомими зарядами, обумовлена ідентичністю їхнього прояву у формі силового впливу на заряджені частки. Відповідно до одного з основних положень (постулатів) теорії постійних електричних полів цей вплив не залежить від швидкості руху часток і зберігається незмінним при заміні будь-якого статичного розподілу нерухомих зарядів таким же стаціонарним розподілом вільних зарядів, що рухаються. Загальною властивістю постійних електричних полів є також їхня потенційність.

Основна відмінність стаціонарних електричних полів від електростатичних полів обумовлена тим, що існування всякого стаціонарного електричного поля супроводжується витратою енергії сторонніх джерел і виділенням цієї енергії у формі теплових втрат. Так, при протіканні постійного струму із щільністю $\boldsymbol{j}$ в однорідному середовищі з питомою електричною провідністю $\boldsymbol{\gamma}$ виникають питомі теплові (джоулеві) втрати [13]

$$\rho = j^2/\gamma,$$

а при проходженні струму через контакт двох різних провідників відбувається (залежно від напрямку струму) виділення або поглинання теплоти (ефект Пельтьє).

На противагу цьому, в електростатичному полі яких-небудь перетворень енергії не відбувається. На відміну від електростатичних полів, які можуть існувати лише в непровідному (діелектричному) середовищі, стаціонарні електричні поля мають місце як у провідних, так і непровідних середовищах.

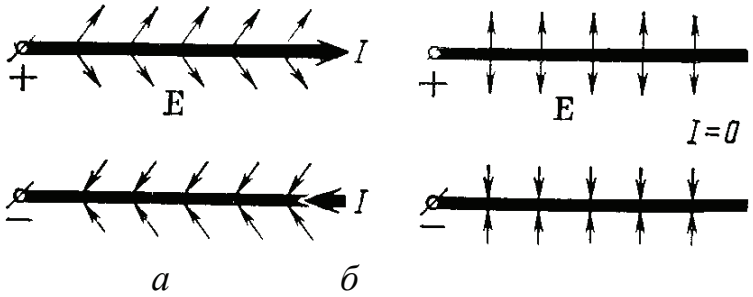


Рисунок 3 – Розподіл силових ліній поблизу двопровідної лінії постійного струму: а – навантажена лінія (стаціонарне електричне поле); б – розімкнута лінія (електростатичне поле)

Стаціонарні електричні поля в непровідних середовищах, що оточує провідники з постійним струмом, найбільш близькі по природі до електростатичних полів, тому що в цих середовищах не відбувається якого-небудь переміщення вільних носіїв заряду. У зв'язку з цим поля зазначеного класу характеризуються тими ж електрофізичними параметрами й рівняннями, що й електростатичні поля. Це дозволяє

встановити їхню пряму (фізичну) аналогію з електростатичними полями тих же електродних систем. Однак межі її застосовуваності визначають можливість установлення аналогії граничних умов, яким задовольняють ті й інші поля. Зіставляючи ці умови, можна встановити, що основна їхня відмінність обумовлена нееквіпотенціальністю поверхні провідників при протіканні по них постійного струму [18].

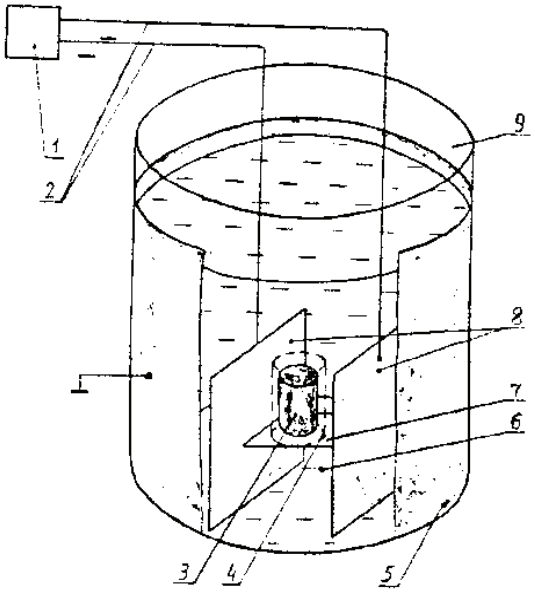
Можливості використання електростатичного наближення при аналізі стаціонарних електричних полів у провідних середовищах (зокрема, електролітах) є, як правило, більш обмеженими, ніж при розгляді полів у непровідних областях поза провідниками з постійним струмом. Це пов’язано з більш складним розподілом потенціалу уздовж поверхні електродів, занурених у провідне середовище, обумовленим не тільки омічним спаданням напруги при протіканні по них постійного струму, але й впливом електрохімічної поляризації. Однак при розгляді масивних провідників невеликої довжини, виготовлених з металу з низькою питомою поляризуємістю, можна в ряді випадків зневажити поверхневою зміною потенціалу й перейти до аналізу стаціонарного електричного поля в електростатичному наближенні.

Між деякими стаціонарними електричними полями в провідних середовищах й електростатичних полях може бути встановлена математична аналогія, заснована на подібності стосовних до них рівнянь і граничних умов. При цьому аналогами можуть бути величини, зазначені в таблиці 1.2 [19].

Таблиця 1 – Аналоги основних величин стаціонарного електричного і електростатичного полів

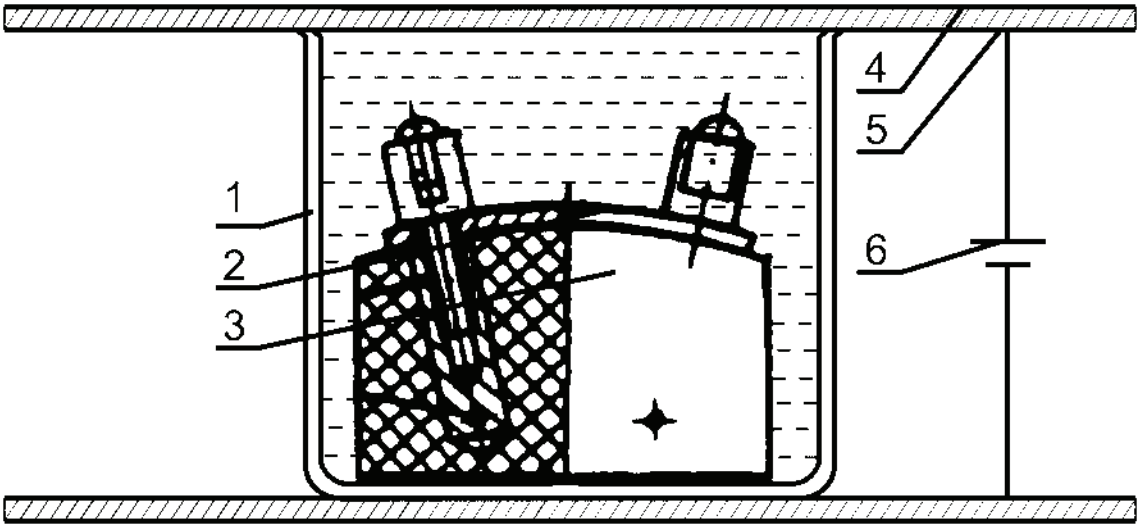
Величина, що характеризує стаціонарне електричне поле в провідному середовищі	***Величина, що характеризує електростатичне поле в діелектричному середовищі***
Питома електрична провідність середовища	Діелектрична проникність середовища
Потенціал стаціонарного електричного поля	Потенціал електростатичного поля
Напруженість стаціонарного електричного поля	Напруженість електростатичного поля
Щільність струму	Електричний зсув
Об'ємна щільність розподілу джерел струму	Об'ємна щільність розподілу нерухомих вільних зарядів

З урахуванням вище наведених даних, для вивчення впливу електромагнітних (**ЕМП**) та стаціонарних електричних (**СЕП**) полів на корозійну стійкість металів в електролітах було розроблено прилади (рис. 4).



а

1 – джерело випромінювання, 2 – ізольовані провідники, 3 – зразок, 4 – внутрішній та 5 – зовнішній екрани, 6 – середовище, 7 – підставка з діелектрика, 8 – ізольовані електроди, 9 – склянка [20]



б

1 – скляний корпус, 2 – зразок, 3 – текстолітовий утримувач, 4 – екран, 5 – струмопровідні пластини, 6 – джерело струму

Рисунок 4 – Установка для дослідження корозійної стійкості металів у ЕМП під дією електричної складової (а) і у СЕП (б)

Відповідно до теоретичних положень й опису методів реєстрації електричних полів [21] можна зробити висновок, що якщо розміри пластин, використовуваних для створення електричного поля, значно перевищують відстань між ними, то між пластинами (за винятком областей поблизу краю пластин) поле виявляється однорідним, отже, напруженість у різних точках однакова за модулем і за напрямком. Виходячи з того, що

напруженість поля дорівнює падінню напруги на одиниці довжини ліній поля, буде справедливо співвідношення:

$$E = U / d,$$

де E – напруженість електричного струму, В/м; U – різниця потенціалів між пластинами, В; d – відстань між ними, м.

З урахуванням розмірів досліджуваних на корозійну стійкість зразків циліндричної форми (діаметр 0,014 м, висота 0,02 м, площа робочої поверхні 0,0011869 м^2) вибираємо відстань між пластинами 0,025 м, а самі пластини квадратної форми з довжиною сторони 0,1 м, площа кожної пластини дорівнює 0,01 м^2. Збудження, що будуть вносити сталеві зразки в електричне поле, створюване пластинами, буде мізерне через значно меншу площу зразка в порівнянні з площею пластин.

Розроблений пристрій для дослідження корозійної стійкості сталі в середовищах з pH = 0...2 при дії електричного поля (рис. 4 *а*) складається зі скляної посудини, стінки якої екрановані алюмінієвою фольгою (щоб уникнути впливу зовнішніх електричних полів). Посудина заповнюється робочим середовищем. У посудині знаходяться два електроди, виконані з покритого мідною фольгою текстоліту й з'єднані пластиною, на якій розташовано зразок. Уся конструкція вкрита кислотостійким лаком. До пластин через кабель підключається джерело сигналу радіочастоти широкого діапазону дії, що моделює ЕМП (його електричну складову). З огляду на провідність металів і робочого середовища, є можливість використати модифікований метод зонда (фактично вимір електродного потенціалу заліза). Для цієї мети передбачений вихід кабелю з'єднання зі зразком. Сталевий зразок є робочим електродом, а винесений назовні хлоридсрібний – електрод порівняння. Вимір відбувається за допомогою високоомного вольтметра. Це дає можливість досліджувати кінетику зміни електродного потенціалу металу, що перебуває під впливом електричного поля в агресивному середовищі.

Установка для дослідження корозійної стійкості (рис. 4 *а*) дає стабільні результати з визначення швидкості корозії металів під дією електричної складової ЕМП. Проведені нами порівняльні вимірювання з використанням високочастотної кондуктометрії [22] підтвердили коректність розробленого нами приладу конденсаторного типу для дослідження швидкості корозії в електричному полі. Розкид даних за корозійними дослідженнями ±5…7 %; за напруженістю $E \leq 5$ % (при E 1...10 В/м); $i \leq 10$ % (при E 10^2…10^3 В/м).

СЕП створювали між двома металевими пластинами (15×15 см) з відстанню між ними в 5 см (рис. 4 *б*). Зразок (57×12×2,5 мм) у текстолітовому утримувачу перебував у міжелектродному просторі. СЕП (+) і СЕП (-) одержували при зміні полярності електродів (металевих пластин). $E_{СЕП}$=10…1000 В/м.

Визначення швидкості корозії сталей 20 і 45 проводили електрохімічними методами (потенціостат П- 5827- М) у розчині HCl.

Виявлено (табл. 2, рис. 5), що СЕП значно впливає на швидкість корозії сталі 20 і сталі 45 в 0,1М HCl. На сталі 20 СЕП (+) збільшує струми хімічної корозії (i_x) і електорохімічної (i_c,) у 1,1 та 1,8 рази відповідно. Відношення частки електрохімічного й хімічного механізму D_c/D_x збільшується: з 5:1 – без СЕП до 9:1 – у СЕП (+). З рис. 5 видно, що на забруднених неметалічними включеннями поверхнях сталей 20 і 45 швидкість корозії у СЕП (+) зростає у порівнянні з показниками при відсутності СЕП.

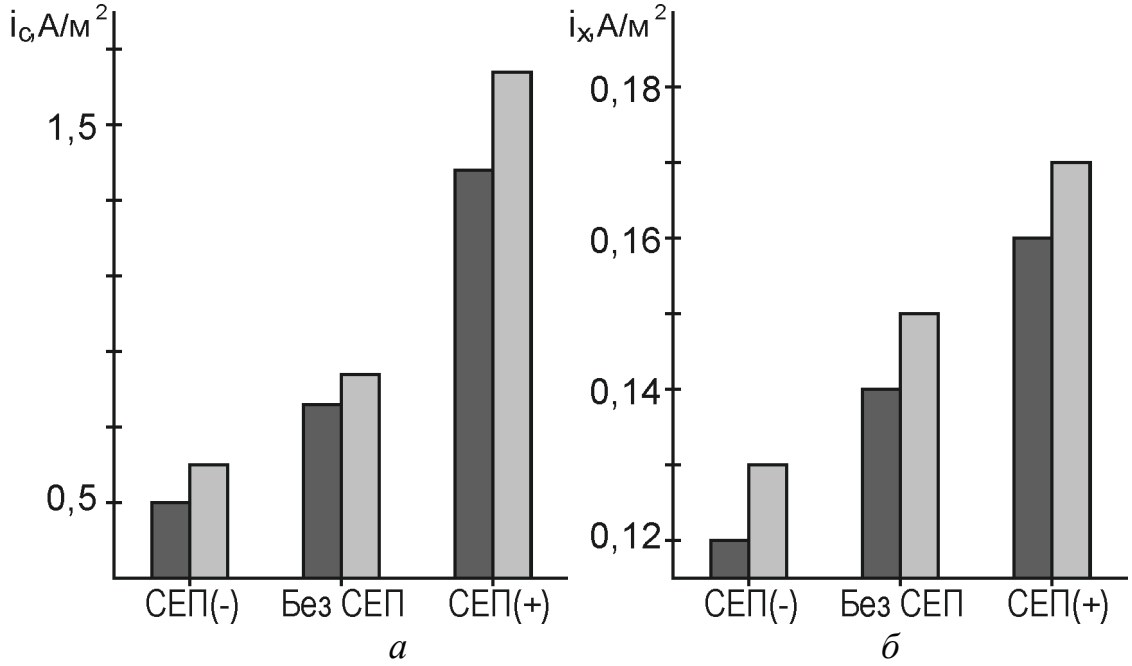


Рисунок 5 – Швидкість корозії сталей 20, 45 у СЕП ($E=\pm10^3$ В/м): а– електрохімічної i_c; б – хімічної i_x;
Ст20; Ст45

*Таблиця 2 – Вплив ЕМП (електична складова – **ЕП**) та СЕП на швидкість корозії сталі 20 в 0,1 М HCl*

Поле	E, В/м	f, кГц	i_c	i_x	D_c	D_x
ЕП	10	10	0,89	0,07	0,92	0,08
ЕП	10	100	0,63	0,05	0,92	0,08
ЕП	100	10	0,51	0,06	0,89	0,11
ЕП	100	100	0,44	0,07	0,86	0,14
Без ЕМП	–	–	0,76	0,14	0,84	0,16
СЕП (+)	–	–	1,41	0,16	0,90	0,10
СЕП (-)	–	–	0,50	0,12	0,80	0,20

СЕП (-) зменшує i_x, i_c в 1,2; 1,5 рази на сталі 20. Відношення D_c/D_x зменшується до 4:1, що вказує на пригнічення дії електрохімічної корозії порівняно з СЕП (+). Очевидно, у СЕП (-) має місце своєрідний ефект катодного захисту, що знижує швидкість електрохімічної корозії в 1,5

рази. Аналогічні дані отримані на сталі 45: СЕП (+) збільшує i_c, i_x в 1,9; 1,1 рази, співвідношення D_c/D_x зростає від 5:1 (без СЕП) до 10:1 у СЕП (+).

В електричному полі зі зростанням напруженості E (10…100 В/м) і частоти f (10…100 кГц) знижується i_c та i_x у 1,7…3,4 і 1,6…2,2 рази в порівнянні зі швидкістю парціальних процесів корозії сталі 20 без ЕМП. Відношення D_c/D_x знижується в 1,1 рази (від 13:1 до 11,5:1) і не змінюється при E=10 В/м незалежно від f. Зі збільшенням E до 100 В/м и f 10...100 кГц воно зменшується в 1,6...2,2 рази, досягаючи значень 8:1 (10 кГц) і 6:1 (100 кГц).

Отже, в електричному полі підвищення корозійної стійкості пов'язано як зі зниженням швидкості парціальних процесів (особливо i_c), так і зі зменшенням D_c із 0,93 (без ЕМП) до 0,86 (f=100 кГц, E=100 В/м).

Позитивний вплив ЕП більше, ніж СЕП (-) як по i_c, i_x (зниження i_c – в 1,5 та 1,7...3,4 рази, i_x – в 1,2 й 1,6…2,2 рази, відносно до СЕП (-) і ЕП), так і по зменшенню внеску D_c (D_c/D_x знижується відповідно в 1,2 й 1,6...2,2 рази в СЕП (-) і ЕП у порівнянні з D_c/D_x без ЕМП, СЕП.

Таким чином, використання розробленого методу дозволило експериментально визначити вплив стаціонарних електричних полів на корозійні процеси у розчинах електролітів.

Висновки

Теоретично обґрунтовано та експериментально встановлено вплив стаціонарних електричних полів (СЕП) різної полярності на корозійну стійкість сталей 20 і 45 у розчині HCl. Показано, що СЕП (+) збільшує швидкість електрохімічної корозії сталей в 1,8-1,9 разів, а СЕП (-) зменшує в 1,5 рази.

Література

1. Механіка руйнувань матеріалів і міцність конструкцій /Під ред. акад. *В.В. Панасюка.* – Львів: Каменяр, 1999. – Т. 1. – 352 с., Т. 2. – 346 с., Т. 3. – 286 с.
2. Технология электрохимических производств /Под ред. *В.Н. Сучкова.* – М.: Высш. шк., 1977.– 435 с.
3. Практикум по прикладной электрохимии /Под ред *Н.Т. Кудрявцева, П.М. Вячеславова*.– Л.: Химия,1980.– 268 с.
4. З*аймовский А.С., Усов В.В.* Металлы и сплавы в электротехнике.– Л.: Госэнергоиздат, 1971. – 316 с.
5. *Давыдов Б.И., Тихончук В.С., Антипов В.В.* Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 176 с.
6. *Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М.* Электротехнические материалы. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 304 с.
7. Материаловедение и проблемы энергетики /Под ред. *Г. Либовица, М. Уиттингэма* – М.: Мир, 1982. – 576 с.
8. *Василюк П.М.* Використання електромагнітних явищ в технологіях //Вісник Технол. ун-ту «Поділля». – 2001. – № 1. – С. 148-151.
9. *Штофа Ян.* Электротехнические материалы в вопросах и ответах. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 200 с.

10. *Измалков В.И.* Экологическая безопасность, методология прогнозирования антропогенных загрязнений и основы построения химического мониторинга ОС.-С.-П.:НИЦ эколог. безопасн., 1994. – 131 с.
11. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля. – М.: Физматгиз, 1980. – 420 с.
12. Электростатика сред с пространственной дисперсией /*М.А. Воротынцев*, *А.А. Корнышев.* – М.: Наука, 1993. – 240 с.
13. *Иоссель Ю.Я.* Электрические поля постоянных токов. – Л.: Энергоатомиздат., 1986. – 160 с.
14. *Старчак В.Г.* Дослідження малоциклової корозійної і водневої втоми сталі // Методичні вказівки до ЛР з курсу «Корозія та захист від корозії». – Чернігів: ЧТІ, 1996. – 8 с.
15. *Гогосов В.В., Никифорович Е.И., Толмачев В.В.* Электризация слабопроводящей жидкости, текущей по металлической трубе //Магнитная гидродинамика. – 1979. – № 2. – С. 59-62.
16. *Иоссель Ю.Я., Кленов Г.Э.* Математические методы расчета электрохимической коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1984. – 272 с.
17. Методы расчета электростатических полей /*Н.Н. Миролюбов, М.В. Костенко, М.Л. Левинштейн* и др. – М.: Высш. шк., 1983. – 415 с.
18. *Апфельбаум М.С., Полянский В.А*. Об образовании объемного заряда в слабопроводящих средах// Магнитная гидродинамика.–1982.–№ 1.– С. 57.
19. *Кикоин И.В.* Таблицы физических величин.– М.: МГУ, 1976. – 163 с.
20. *Коссенко И.А.* Противокоррозионная защита стали от материальных и энергетических загрязнений: Автореф. дис. канд. техн.наук: 05.17.14 /Нац. техн. ун-т Укр. «КПИ». – К., 2001. – 22 с.
21. *Козлов В.И.* Общий физический практикум. Электричество и магнетизм. – М.: Изд-во МГУ, 1987.– 270 с.
22. *Антропов Л.И.* Теоретическая электрохимия. – М.: Высш. шк., 1984.–519 с.

УДК 678.643

Сиза О.І., д-р техн. наук, Корольов О.О., канд. техн. наук,
Корольова В.Р., канд. хім. наук, Кравченко А.О., студент,
Бурий М.М., студент

ВПЛИВ КОЛИВАНЬ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПРОТИКОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ВІДХОДІВ ОЛІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Вступ

В останні роки розробка і виробництво інгібіторів на території України зосередилось у декількох наукових центрах, серед яких знаходиться і Чернігівський державний технологічний університет. У якості сировини при розробці інгібіторів використовують переважно відходи виробництва. В свою чергу, структура сировинної бази безпосередньо впливає на склад інгібітора. Оскільки у східних регіонах зосереджена металургійна, хімічна і нафто-хімічна промисловість, тому діючою речовиною є гетероциклічні аміни: важки піридинові основи (ИКТ-1, Д-6, Д-4-3, ОР-2К і ін.) та похідні амідозоліну та інших гетероциклічних сполук (Нафтохім, Нафтохім-23, Вікор, ТАЛ-25-13Р, Олазол і ін.). Переважно це речовини 2-3 класу екологічної небезпеки.

У центральних та північних регіонах, в яких частка аграрних виробництв значно більша, використовують відходи тваринництва та переробки рослинної сировини (Мультикор, МГ-ЧДТУ, ФЕС). Відповідно це речовини екологічно безпечні.

Інгібітор ФЕС, розроблений на базі ЧДТУ [1], призначений для захисту маловуглецевих сталей у кислому та нейтральному водному середовищі. У складі цього інгібітора містяться солі жирних кислот, фосфоліпіди, амінокислоти, білки, смолисті речовини та природні барвники. Технологія виробництва ФЕС передбачає поглиблену переробку відходів жироолійного виробництва, що утворюються на стадії лужної рафінації. Намагання здешевити та спростити процес виготовлення інгібітора спонукали нас більш ретельно проаналізувати структуру та склад фаз на цій стадії переробки. В результаті було створено новий інгібітор ФЕС-М на основі водної фази відходів олійного виробництва. Відмінність від інгібітора ФЕС – наявність у складі залишкових натрієвих лугів та натрію хлориду. що дозволило зменшити кількість технологічних операцій обробки відходів.

Мета роботи полягала у дослідженні протикорозійних властивостей нового інгібітора ФЕС-М, виявленні оптимальних концентрацій інгібітора та з’ясуванні впливу підвищеної і низької температури при зберіганні на фізико-хімічні показники розчинів інгібітора у воді системи опалення.

Методи та результати

Фізико-хімічні властивості водного колоїдного розчину інгібітора ФЕС-М досліджували за зміною показника заломлення. Виміри проводили за допомогою рефрактометра моделі ИРФ-454Б. Діапазон вимірювання показника заломлення – 1,2-1,7; похибка при вимірюванні – $\pm 2 \cdot 10^{-4}$; варіація значень показника заломлення, не більше $1 \cdot 10^{-4}$; ціна поділки шкали – $1 \cdot 10^{-3}$. Розчини готували у чарунці з початковим об'ємом рідини 50 мл, перше вимірювання робили без додавання інгібітора, далі у розчин за допомогою мікропіпетки послідовно вводили по 0,5 мл інгібітора, перемішували і проводили виміри показника заломлення. Температура розчинів у ході експерименту знаходилась у межах 293±1 К, тому поправку на температуру не застосовували.

Ефективність протикорозійного захисту сталі Ст3 досліджували гравіметричним методом у воді системи опалення ЧДТУ (пом'якшена вода pH = 7,0-7,1; загальна твердість – від 37 до 70 мкг·екв/л). Використовували зразки із Ст3 у вигляді прямокутних пластинок розміром 50×22×3 мм. Після експозиції поверхню зразків звільняли від продуктів корозії, промивали проточною водою, висушували, знежирювали і зважували. Швидкість корозії K_m (г/м^2· год):

$$K_m = \Delta m / S\tau, \qquad (1)$$

де Δm – втрата маси зразка, г; S – площа зразка, м^2; τ – час корозії, год.

Ступінь захисту Z, % :

$$Z_m = [(K_m - K'_m) / K_m] \cdot 100, \% \qquad (2)$$

де штрих – з інгібітором.

За результатами попередніх наших досліджень було показано [2], що зміна показника заломлення при зростанні концентрації колоїдних розчинів інгібітора певним чином корелює з величиною критичної концентрації міцелоутворення (ККМ), коли різко змінюються фізико-хімічні властивості розчинів (на рисунку спостерігається злом) – починається інтенсивне утворення міцелярних структур в об'ємі розчину [3]. Автори [4] пов'язують з такими змінами і зростання захисних (протикорозійних, адсорбційних) властивостей розчинів. Регулювання рівня ККМ, при якому змінюються структура і форма міцел у розчинах ПАР, можливе шляхом впливу на гідрофобну взаємодію молекул ПАР у міцелі і (або) на їх електростатичне відштовхування. Факторами, здатними впливати на взаємодію молекул ПАР у міцелі, є: будова молекул ПАР, склад суміші ПАР, природа розчинника, вміст в розчині електролітів, неелектролітів, водонерозчинних органічних сполук.

Авторами даної статті було запропоновано використовувати експрес-метод для пошуку діапазону ефективних концентрацій колоїдних розчинів інгібіторів за вимірами показника заломлення. З рис. 1 видно, що характерні зміни показника заломлення розчину ФЕС-М у воді системи опалення спостерігаються при концентраціях: $C_{Ін}$ 3-4, 6-7, 9-10, що

корелює зі зміною ступеня протикорозійного захисту. Оптимальні властивості (Z= 98,6 %) спостерігаються при $C_{Ін}$ = 6 г/л (рис. 2).

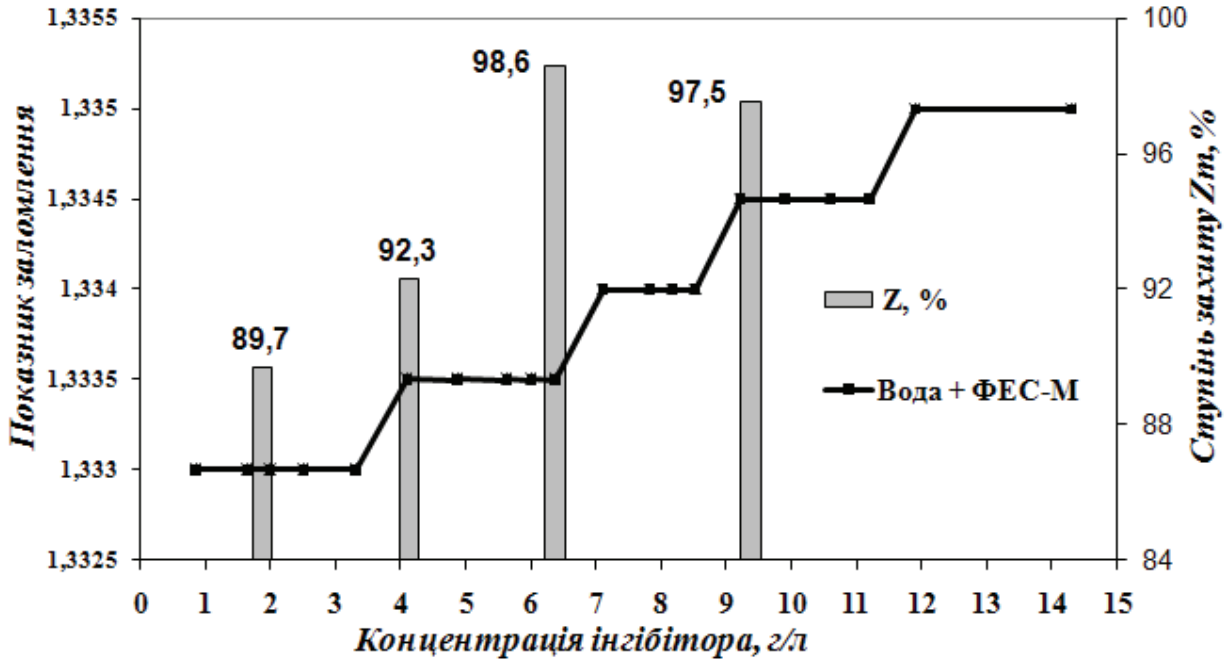


Рисунок 1 – Залежність показника заломлення і ступеня захисту від концентрації інгібітора

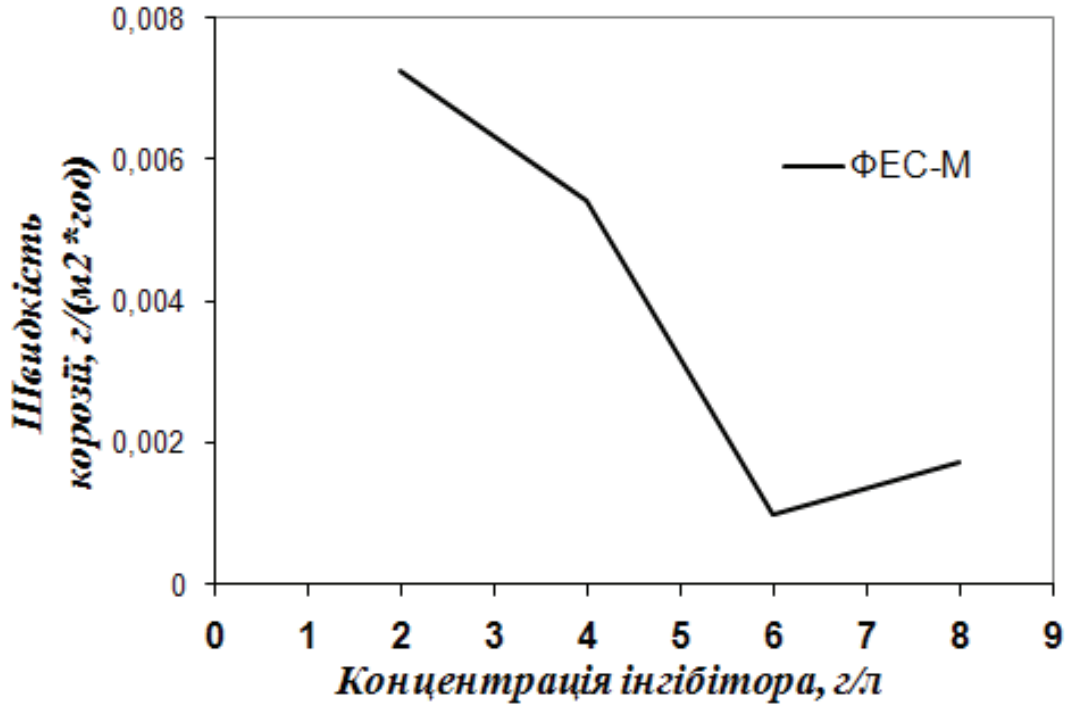


Рисунок 2 – Залежність швидкості корозії Ст3 у воді системи опалення від концентрації інгібітора

При водяному опаленні циркулююча нагріта вода охолоджується в опалювальних приладах і повертається в тепловий центр для наступного

нагрівання. Тому проведені дослідження впливу температури води на протикорозійні властивості досліджуваного інгібітора при його оптимальній концентрації (рис. 3).

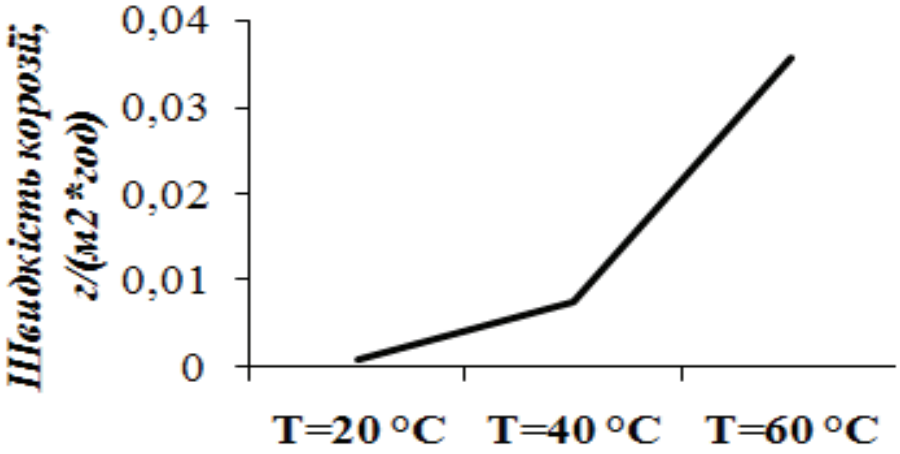


Рисунок 3 – Залежність швидкості корозії Ст3 від температури води системи опалення (Сін = 6 г/л)

Крім того, важливо було з'ясувати вплив не тільки підвищеної температури на фізико-хімічні показники колоїдних розчинів інгібітора, а й низької, що може мати місце при зберіганні та транспортуванні інгібітора. При підвищені температури швидкість корозії зростає, але ступінь захисту з інгібітором ФЕС-М має високі показники 91,55-98,58 % в широкому інтервалі температур – від 0 °С до 100 °С (рис. 4).

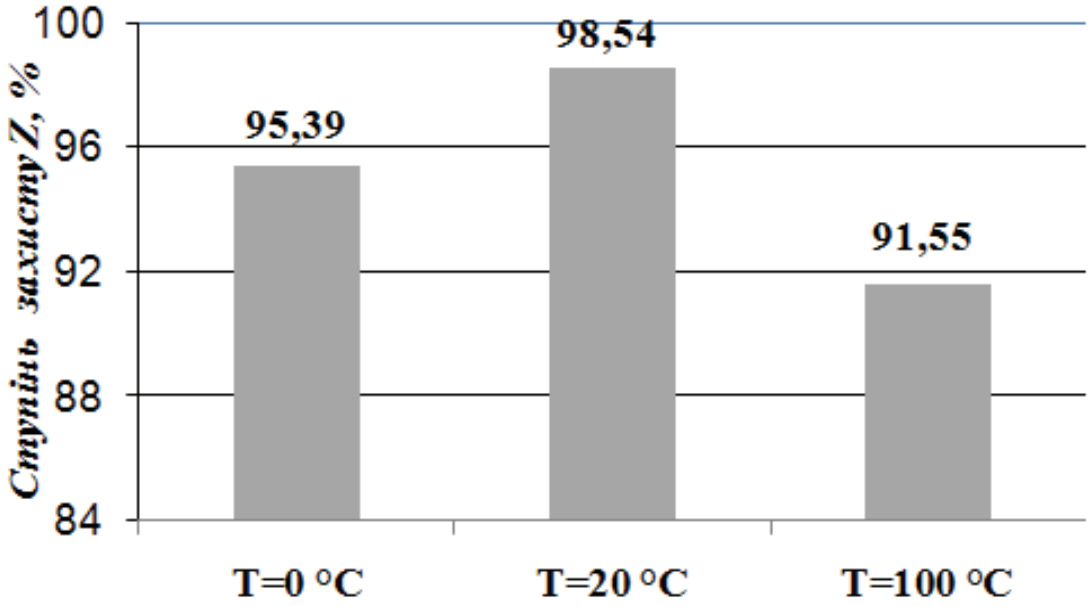


Рисунок 4 – Ступінь захисту Ст3 у воді системи опалення (Сін = 6 г/л)

Про те, що при цьому у колоїдних розчинах інгібітора відбуваються суттєві зміни фізико-хімічних властивостей, свідчать результати виміру показника заломлення (рис. 5) при різних температурах.

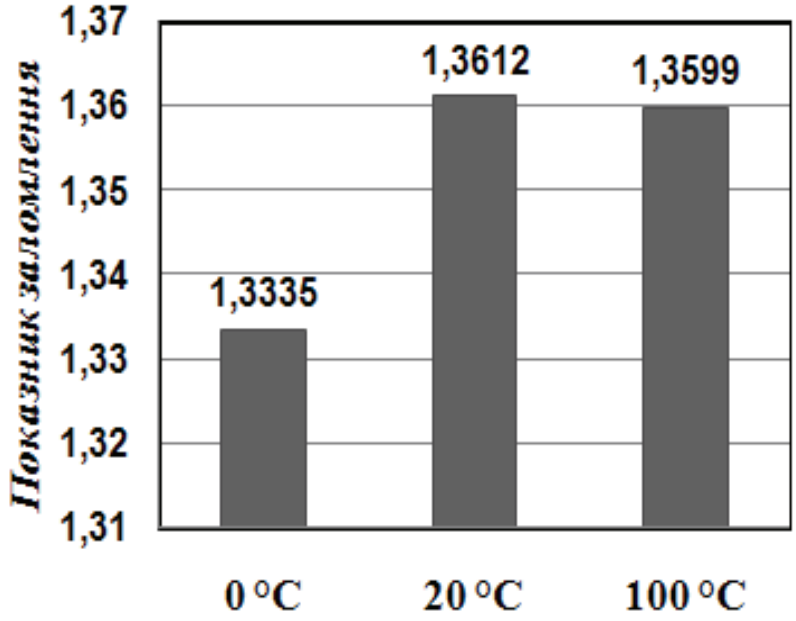
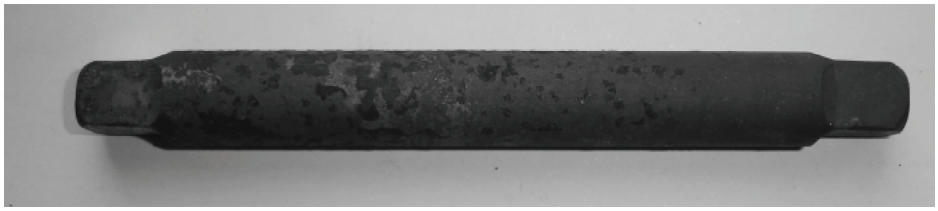
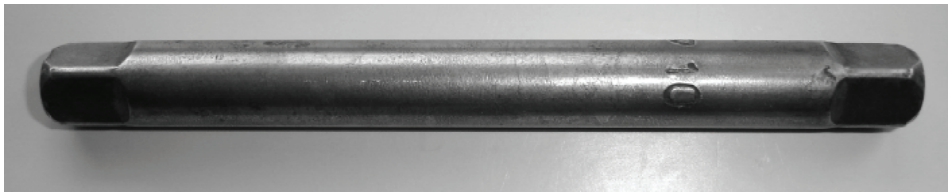


Рисунок 5 – Показник заломлення водного розчину інгібітора ФЕС-М (Сін = 6 г/л)

Представлені наукові розробки пройшли випробовування на підприємствах м. Чернігова для захисту від корозії обладнання і трубопроводів систем теплопостачання. При використанні інгібітора сталева поверхня деталей чиста, без ознак корозії (рис. 6*б*) на відміну від неінгібованого водного середовища. (рис. 6*а*)



а



б

Рисунок 6 – Фотографії деталей після операцій термічної обробки до хімічної очистки (а) і після хімічної очистки з використанням інгібітора ФЕС-М (б)

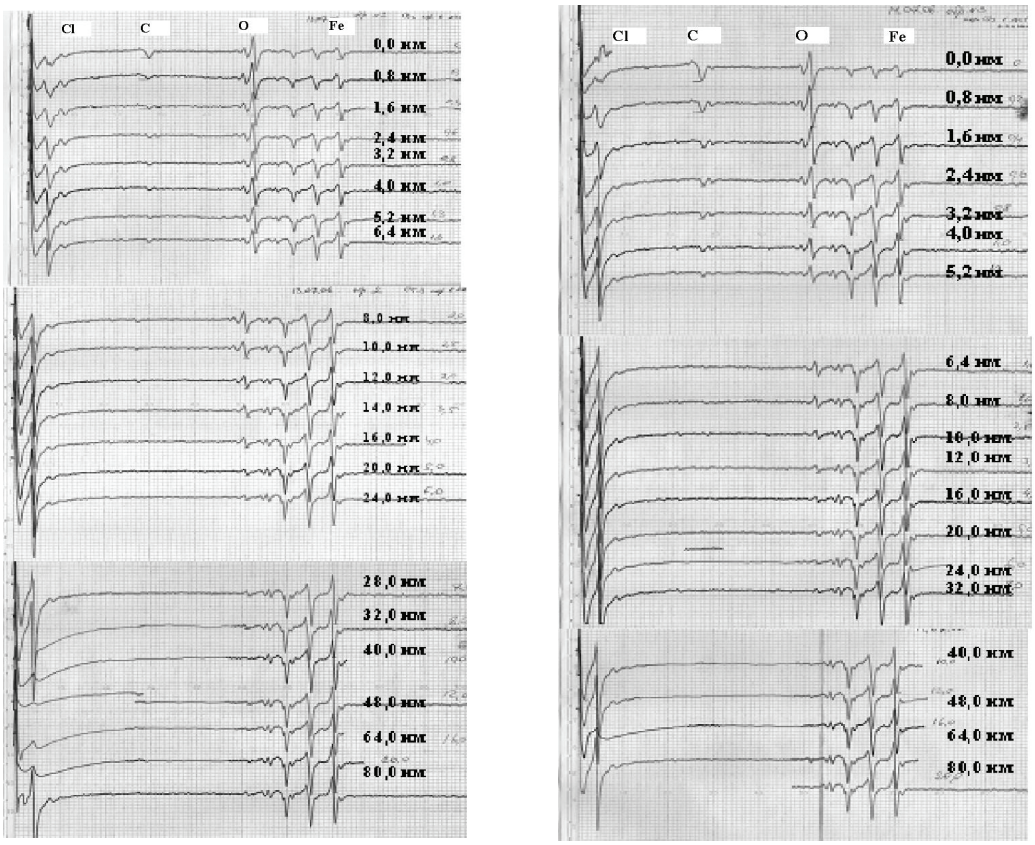
Механізм захисної дії досліджували на зразках Ст3 після витримки протягом 46-х годин в агресивному нейтральному (3 % NaCl) середовищі з

інгібітором і без нього. Після експозиції в агресивному середовищі зразки ретельно промивали дистильованою водою і висушували.

Контроль за вмістом і розподілом хімічних елементів в приповерхневому шарі металу (*Fe, C, O, Cl*) здійснювали методом Оже-електронної спектрометрії (мікрозондування та мікропрофілювання).

Найбільший вміст Феруму у приповерхневому шарі спостерігається на зразку, який пройшов обробку в інгібованому розчині (рис. 7). Вміст Феруму поступово зростає в обох випадках і стабілізується на глибині 30 нм.

Вміст Хлору і Оксигену за наявності інгібітора у 3 % NaCl зменшується і стабілізується на глибині 2,4 нм для *Cl* і 30 нм для *O*.



а *б*

Рисунок 7 – Оже-електронні спектри поверхні Ст3 після експозиції у 3 % NaCl без інгібітора (а) і з інгібітором (б), Сін = 6 г/л

У випадку інгібованого середовища вміст Карбону менший, ніж у неінгібованого і стабілізується на глибині 15-20 нм від поверхні. На відміну від зразка, який був у неінгібованому розчині, вміст Карбону не тільки зменшився, але тепер він складається з фону основного металу (Ст3) і Карбону молекул інгібітора. Стабілізація рівнів вмісту Феруму і Оксигену на глибинах 32÷40 нм свідчить про наявність щільної захисної плівки з молекул інгібітора, що сформувалась на оксидному шарі.

Висновки

Оптимальна концентрація інгібітора ФЕС-М при кімнатній температурі у нейтральних водних середовищах становить 6 г/л, а ступінь захисту Z=98,6 %. При підвищенні і зниженні температури під час зберігання і застосування захисні властивості інгібітора залишаються на достатньо високому рівні Z= 91-95 %.

Досліджуваний інгібітор дешевий у виробництві, екологічно безпечний у застосуванні, має широку сировинну базу і економічно вигідний за значних перепадів температури.

Література

1. Пат. 82921 України, МПК(2006), C23F 11/10, 23F 11/00. Інгібітор корозії сталі у водних середовищах / *Корольов О.О.*, заявник і власник Корольов О.О. – № а 2006 07201; заявл. 29.06.06 ; опубл. 10.01.08, Бюл. № 1.
2. *О. Сиза, О. Корольов, О. Савченко, І. Костенко, В. Челябієва* /Особливості протикорозійного захисту інгібіторами на основі відходів переробки рослинної сировини Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів: В 2-х т. /Спецвипуск журналу «Фізико-хімічна механіка матеріалів». –№ 7. –Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2008 – Т. 2.– С. 567-572.
3. *Сердюк А.И., Кучер Р.В.* Мицелярные переходы в растворах поверхностно-активных веществ. – К.: Наукова думка, 1987.– 208 с.
4. *Мельников В.Г.* Роль гидрофобных фрагментов в ингибиторном эффекте функциональных производных перфторполиэфиров //Защита металлов. – 2003. – Т. 39, № 3. – С. 229-247.

УДК 382.3.574

Челябієва В.М., канд. техн. наук, Гуменюк О.Л., канд. хім. наук,
Денисова Н.М., асистент

КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ЛАМП ПІД ЧАС ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ОСВІТЛЕННЯ

Вступ

Правильно організована система освітлення має велике значення в зниженні виробничого травматизму, створює нормальні умови для роботи органів зору, підвищує працездатність організму і, відповідно, продуктивність праці: при зорових роботах середньої важкості – на 5…6 %, при важкій зоровій роботі – на 15 %, а при роботі в межах зорового сприйняття – на 40 %. Особливо важливе значення має організація освітлення на робочому місці користувачів комп'ютерів, де майже 90 % інформації отримується за допомогою зору. Підраховано, що протягом трудового дня співробітник офісу близько 10 000 разів переводить погляд від документу до клавіатури або на монітор, тому неправильно організована освітленість значно знижує працездатність цієї категорії працівників [1-3].

Під час організації штучного освітлення у виробничих приміщеннях враховуються необхідний рівень освітленості, кольоропередача, розподіл яскравості, пульсація світла, осліплююча дія освітлювальних пристроїв. Вимоги до організації освітлення на виробництві в Україні визначені ДБН В. 2.5–28–2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення». ДБН В. 2.5–28–2006 нормують абсолютне значення освітленості (*Е, лк*) в залежності від розряду, підрозряду зорових робіт, контрасту об'єкту розрізнення з фоном і характеристики фону, а також якісні характеристики освітлення: показник осліпленості (*Р*), коефіцієнт пульсації ($К_п$, *%*), індекс кольоропередачі (R_a) [4].

Штучне освітлення слід максимально наближати до природного. Одним із заходів, який дозволяє цього досягти, є розміщення світильників рядами на стелі паралельно вікнам так, щоб напрямок штучного і природного освітлення співпадав. Згідно з ДБН В. 2.5–28–2006 для загального штучного освітлення приміщень слід використовувати розрядні джерела світла, віддаючи перевагу за однакової потужності джерелам світла з найбільшою світловою віддачею і терміном служби. Використання ламп розжарювання для загального освітлення допускається тільки у випадках неможливості або техніко-економічної недоцільності використання розрядних ламп. Застосування ксенонових ламп у приміщеннях не дозволяється [4, 5].

Для місцевого освітлення, крім розрядних джерел світла, рекомендується використовувати лампи розжарювання, в тому числі галогенні [4].

Основними вимогами, що ставляться до сучасного освітлення, є наступні: забезпечення найкращих умов зорової роботи, керування освітленням безпосередньо з робочого місця, енергоефективність, енергозбереження протягом усього періоду експлуатації, мінімізація шкоди навколишньому середовищу.

Таким чином, при виборі ламп для організації виробничого освітлення необхідно керуватись наступними критеріями: потужність, світловіддача, кольоропередача, строк служби, енергоекономічність та екологічність.

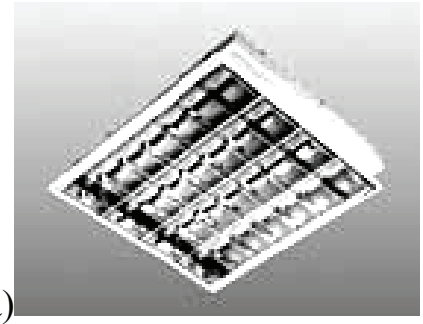
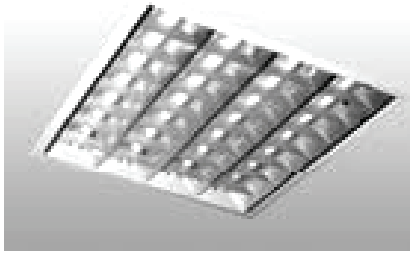
Мета роботи – провести аналіз світлотехнічних характеристик та енергоекономічності люмінесцентних, галогенних та світлодіодних ламп, які пропонує сучасний виробник, та визначити найбільш ефективні джерела штучного світла для виробничого освітлення.

Методи та результати

Газорозрядні люмінесцентні лампи набули широкого використання під час організації загального штучного освітлення завдяки наступним перевагам: світлова віддача до 50-90 лм/Вт (у ламп розжарювання 10-20 лм/Вт), невисокі витрати електроенергії, тривалий термін служби (до 20 000 годин), спектр світла наближений до денного світла. Площа поверхні трубчастих люмінесцентних ламп більше, ніж у ламп розжарювання, тому вони більш рівномірно розподіляють світло у приміщенні. Поряд з суттєвими перевагами люмінесцентні лампи мають певні недоліки: наповнені парами ртуті і потребують централізованої утилізації, чутливі до частого вмикання та вимикання, більш складні у монтажі – лінійні трубчасті люмінесцентні лампи підключаються до мережі за допомогою спеціального пуско-регулюючого апарату (ПРА). В перших моделях світильників типу ЛПО, які і сьогодні продовжують експлуатуватись на окремих виробництвах та у багатьох громадських приміщеннях, використовувався простий і дешевий електромагнітний ПРА. Недоліком використання такого пуско-регулюючого апарату є мікропульсація люмінесцентної лампи, яка хоч і не сприймається оком, але при тривалому впливі негативно позначається на людині: викликає стомлення зорового аналізатора, знижує працездатність [6-10]. Однолампові світильники з електромагнітним ПРА для лінійних люмінесцентних ламп рекомендується застосовувати лише в неробочих зонах виробничих приміщень, наприклад, підсобних. В багатоламповому світильнику використовується парне число ламп. Це дозволяє зменшити мерехтіння світла і, відповідно, негативний вплив на зір. Наприклад, в навчальних аудиторіях, торгівельних залах, інших громадських спорудах використовуються лише багатолампові світильники з електромагнітним ПРА. На виробництві та в приміщеннях з ПЕОМ світильники з

електромагнітним ПРА повинні бути підключені на різні фази трифазної мережі, щоб уникнути стробоскопічного ефекту[1] [4, 5].

Сучасні світильники для лінійних люмінесцентних ламп випускаються як з електромагнітним, так і з електронним ПРА. Електронний ПРА вмонтований і в цоколь компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ). Він надає лампам переваги з точки зору виробничої санітарії, тому що усуває шум і пульсацію. Використання світильників з електронним ПРА або КЛЛ запобігає виникненню стробоскопічного ефекту. Такі освітлювальні пристрої можуть застосовуватись як для загального, так и для місцевого освітлення, при виконанні будь-яких робіт, головне правильно підібрати освітлювальну установку. Наприклад, в кімнатах з ПЕОМ згідно [5] для загального освітлення необхідно застосовувати світильники з розсіювачами та дзеркальними екранними сітками або віддзверкалювачами (рис. 1). Сучасний ринок пропонує багатий асортимент світильників.

а)  б) 

а – світильник TBS 030 Philips, б – світильник ARS/R Світові технології

Рисунок 1 – Світильники розсіяного світла для внутрішнього освітлення обчислювальних центрів

Використання КЛЛ для місцевого освітлення на виробництві, в офісах, адміністративних та громадських спорудах замість ламп розжарювання має суттєві переваги не лише з точки зору виробничої санітарії, а й дозволяє скоротити витрати на електроенергію. Проаналізувавши основні характеристики КЛЛ та ламп розжарювання двох розповсюджених на ринку фірм виробників Philiyps та Iskra (табл. 1), бачимо, що КЛЛ при інших однакових показниках мають значно меншу потужність, більший світловий потік (на 300 лм) та довший термін служби. Недоліки: достатньо висока ціна, габаритні розміри (рис. 2) в 1,5-2 рази більше, ніж у лампи розжарювання. Розрахунок економічного ефекту, який може бути отриманий від заміни ламп розжарювання під час організації освітлення на КЛЛ, наведений в таблиці 2.

[1] **Стробоскопічний ефект –** явище перекручення зорового сприйняття, через що об'єкти, які рухаються в мигаючому світлі, можуть здаватися нерухомими. Виникає при збігу кратності частотних характеристик руху об’єктів і зміні світлового потоку в часі в освітлювальних установках з газорозрядними джерелами світла, які живляться змінним струмом.

а) б)

а – Tornado Philips, б – КЛС 24/ТБК-5 Iskra

Рисунок 2 – Зовнішній вигляд КЛЛ

Таблиця 1 – Основні характеристики ламп

Характеристика	Виробник			
	Philips (К.Н.Р.)		Iskra (Україна)	
	Розжарю-вання	КЛЛ Tornado	Розжарю-вання	КЛЛ КЛС 24/ТБК-5
Потужність, Вт	100	23 (відповідає 115 Вт лампи розжарювання)	100	24 (120 Вт лампи розжарювання)
Світловий потік, лм	1200	1550	1200	1500
Термін служби, год.	1000	8000	1000	6000
Ціна, грн.	$\approx 7^{50}$	≈ 56	$\approx 2^{50}$	≈ 24
Для всіх наведених ламп: тип цоколя Е 27, робоча напруга та частота 230 В і 50 Гц відповідно, діапазон температури світла 2700 К.				

Розрядні лампи дають можливість створювати світло різного спектрального складу. В залежності від спектру світла, яке випромінюється, розрізняють люмінесцентні лампи теплого білого світла (ЛТБ), білого світла (ЛБ), холодного білого світла (ЛХБ), денного світла (ЛД), денного світла з покращеною передачею кольору (ЛДЦ). Діапазон кольорової температури лампи може дати наближену характеристику світла, яке вона випромінює. Так, при температурі 2700 К в спектрі переважає жовте світло, при температурі вище 3500 К спектр світла наближається до денного. Умовно можна навести наступне співвідношення: 2700 К – тепле біле світло, 3300-3500 К – біле світло, 4000-4200 – холодне біле світло, 5000-6000 К – денне світло. В залежності від вимог до кольоророзрізнення під час зорової роботи існують спеціальні рекомендації для вибору люмінесцентних ламп за спектром випромінювання [4]. Наприклад, для робіт з високими вимогами до розрізнення кольору (контроль готової продукції на швейних фабриках, тканин на текстильних фабриках, сортування шкіри, підбір фарб для кольорового друку тощо) треба обрати лампу денного світла з покращеною кольоропередачею або, орієнтуючись за діапазоном температури світла, – лампу з температурою 5000-6000 К (зазначається на упаковці).

Таблиця 2 – Економічний ефект від використання КЛЛ

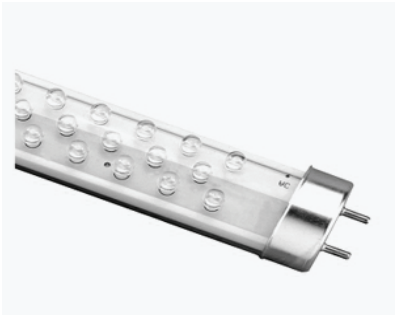
Показник	Лампа розжарювання		КЛЛ	
	Philips (К.Н.Р.)	Iskra (Україна)	Philips (К.Н.Р.)	Iskra (Україна)
Витрати на придбання ламп, грн.	за рік: 8 шт.* 7^{50} грн. = 60 ; за 6 років: 60 грн. * 6 = 360; за 8 років: 60 грн. * 8 = 480	за рік: 8 шт.* 2^{50} грн. = 20; за 6 років: 20 грн. * 6 = 120; за 8 років: 20 грн. * 8 =160	на 8 років: 8 шт.*56 грн. = 448	на 6 років: 8 шт. * 24 грн. = 192
Установлена потужність, кВт	8 шт. * 100 Вт/шт. = 0,8		8 шт. * 23 Вт/шт. = 0,184	8 шт. * 24 Вт/шт. = 0,192
Плата за енергію за рік, грн.	0,8кВт*1000год.*0,2436грн./кВт·год ≈ 195		≈ 45	≈ 48
Плата за енергію за 6 років, грн.	1170		270	288
Плата за енергію за 8 років, грн.	1560		360	розрахована на 6 років
В сумі витрати на енергію та лампи, грн.:				
–за 6 років	1920	1680	718	480
–за 8 років	2040	1720	808	–
Економія при використанні КЛЛ в порівнянні з лампами розжарювання, грн.:				
– фірми Philips	–		1202 за 6 років;	1440 за 6 років
	–		1232 за 8 років	–
– фірми Iskra	–		962 за 6 років;	1200 за 6 років
	–		912 за 8 років	–
Розрахунок проводили, виходячи з ціни на електроенергію 0,2436 грн. (станом на 01.09.2009), та на основі зроблених припущень: щоденно лампа працює приблизно 3 години, а на рік – 1000 годин; середня кількість ламп в приміщенні 8 штук; плата за електроенергію залишається незмінною 8 років; термін служби придбаної лампи відповідає зазначеному виробником.				

Інше джерело світла – галогенні лампи розжарювання. Вони характеризуються [6-10] високою світловою віддачею – до 25 лм/Вт, що в 2 рази вище, ніж у звичайних ламп розжарювання; тривалим терміном служби (до 4000 год.), компактні, виробляють більш насичене біле світло, ніж лампи розжарювання, бо мають температуру нагріву біля 3200 К; дозволяють керувати світловим пучком, направляти його з більшою

точністю; енергоекономічні, випускаються як високовольтними (220 В) так і низьковольтними (6, 12 і 36 В), що робить їх також більш безпечними в умовах підвищеної вологості. Недоліки галогенних ламп: в спектрі присутній надлишок ультрафіолетового випромінювання, тому лампа повинна мати захист від ультрафіолету; температура поверхні колби може досягати 500 ^{o}C, тому при користуванні галогенними лампами, слід додержуватись норм пожежної безпеки та не торкатись колби лампи, щоб уникнути опіків; навіть холодну галогенну лампу слід брати не голіруч, а чистими марлевими рукавичками, бо від пальців рук людини на колбі залишаються жирні плями, при вмиканні лампи жир під дією високої температури колби обвуглюється, чорні частинки вугілля поглинають тепло і сильно розжарюються, через місцевий перегрів колба може луснути; для низьковольтних галогенних ламп потрібно використовувати трансформатор, що знижує напругу з 220 В до потрібної.

Перспективний напрямок в плані енергозбереження – впровадження світлодіодних ламп. В Україні затверджена Державна цільова науково-технічна програма «Розробка і впровадження енергозберігаючих світлодіодних джерел світла та освітлювальних систем на їх основі» (постанова КМУ № 632 від 9.07.2008 р.). Переваги свтдлодіодних ламп суттєві: можуть створювати світловий потік у 330 лм/Вт, безпечні для навколишнього середовища, безшумні, не мерехтять, відсутнє ультрафіолетове випромінювання, діапазон робочої напруги від 80 до 230 В, тому при падінні напруги світлодіодні лампи продовжуватимуть працювати з меншою яскравістю, безпечні, прості в експлуатації, бо не потребують для вмикання ПРА, строк служби – до 40 000 годин [6-10] .

Світлодіодні лампи, які пропонуються ринком сьогодні, мають менший світловий потік, ніж люмінесцентні. Наприклад, світлодіодна лампа ES-RG001-1500 (рис. 3а) при потужності 18 Вт має світловий потік біля 866 лм, тоді як люмінесцентна лампа ЛБ потужністю 80 Вт – 5400 лм (обидві лампи мають довжину 1500 мм). Потрібно 6 світлодіодних ламп типу ES-RG001-1500, щоб досягти світлового потоку однієї лампи ЛБ-80, але витрачена потужність при цьому складе 108 Вт.

а)  б)

а – лампа ES-RG001-1500; б – лампа PAR30

Рисунок 3 – Світлодіодні лампи

Тобто, з точки зору досягнення необхідного рівня виробничого освітлення на сьогодні є неефективним використання світлодіодних ламп у системі загального штучного освітлення. Навпаки, обґрунтована заміна ламп розжарювання на світлодіодні у системі місцевого освітлення на робочих місцях, у житлових приміщеннях тощо. Наприклад, одна лампа розжарювання потужністю 100 Вт створює світловий потік ≈ 1200 лм. Якщо замінити її на 6 світлодіодних ламп типу PAR30 (рис. 3б) потужністю 3,8 Вт зі світловим потоком 190 лм, то отримаємо ≈ 1200 лм при витраченій потужності ≈ 23 Вт.

Висновки

Основні критерії, якими слід користуватися при виборі ламп для організації виробничого освітлення, – потужність, світловий потік (їх співвідношення характеризує енергоекономність лампи), термін служби, безпечність для працюючих та навколишнього середовища. Проаналізувавши за цими критеріями лампи, які пропонуються сьогодні виробником, можна стверджувати:

- газорозрядні люмінесцентні лампи з електронним ПРА – найбільш досконале джерело світла для створення системи загального штучного освітлення на виробництві;
- з огляду на безпечність, економність, термін служби та екологічність перспективним є використання світлодіодних ламп для місцевого освітлення робочих зон.

Література

1. Охорона праці /[*Кучерявий В.Г.,Павлюк Ю.Є., Кузик А.Д. та ін*.] – Львів: Афіша, 2007. – 368 с.
2. *Гандзюк М.П.* Основи охорони праці /*Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О.* – К.: Каравела, 2006. – 392 с.
3. *Жидецький В.Ц.* Основи охорони праці /*Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В*. – Львів: Афіша, 2000. – 350 с.
4. ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.
5. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин.
6. http:/www.svetoreserv.ru.
7. http:/www.mirsvetodiodov.com.ua.
8. http:/www.niikm.ru.
9. http:/www.esave.ru.
10. http:/www.illuminator.ru.

620.193:620.197+669.788

Буяльська Н.П., канд.техн. наук

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИКОРОЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙ НА ОСНОВІ НЕКОНДИЦІЙНИХ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Вступ

Протикорозійні матеріали, що випускаються вітчизняною промисловістю, в тому числі інгібітори (Ін), лише на 3-4 % задовольняють потреби виробництва. До того ж, чимало Ін не відповідає техніко-економічним, санітарно-гігієнічним вимогам. Дотепер, незважаючи на безліч поверхнево-активних речовин (ПАР), відомих як Ін корозії, лише обмежена їх частка використовується в промисловості. Основні причини – висока вартість і недостатня вивченість потенційно ефективних композицій на вторинних ресурсах, особливо щодо захисту від корозії під напруженням [1-6].

В практиці захисту від корозії найбільше використання знайшли нафтовідходи, відходи заводів синтетичного каучуку, відходи синтезу поліамінів, адипінової кислоти, диметилтерефталату, малеїнового і фталевого ангідриду, капролактаму, відходи на основі продуктів переробки чорноморських водоростей, відходи гідролізно-дріжджового виробництва, продукти реакції каталітичного перетворення моноетаноламіну; відходи на основі кубових залишків очистки коксового газу; продуктів переробки цукрового очерету та ін. [1-6]. Комбіновані Ін корозії металів в багатьох випадках мають ряд переваг перед індивідуальними сполуками, але механізм їх дії досліджений порівняно мало. Існують і суттєві недоліки Ін на основі відходів виробництва: нестабільність складу, залежність ефективності від багатьох зовнішніх факторів, потреба в додатковій, часто складній та дорогій переробці, невідповідність екологічним вимогам та ін. В цьому аспекті перспективним є використання в протикорозійному захисті некондиційних фармацевтичних препаратів для синергічних захисних композицій (СЗК), можливість якого була розглянута в попередніх роботах [7-10].

Мета даної роботи – створення СЗК на основі некондиційних фармацевтичних препаратів (НФП) з врахуванням їх електронної будови, адсорбційної активності, механізму дії з утворенням металохелатних комплексів, термодинамічних і кінетичних параметрів парціальних процесів корозії, впливу на опір до корозійно-механічних руйнувань, екологічної безпеки та дослідження дії розроблених композицій при різних температурах, ступенях деформації металу.

Методи та результати

Стійкість сталі 20 (ε = 0...0,6 %) до агресивної дії робочих середовищ вивчали гравіволюмометрією, електрохімічними (П-5827М), фізико-хімічними методами аналізу (фотоелектроколориметрією, ФЕК-60) та фізико-механічними випробуваннями з використанням стандартних методик, модифікованих нами, з диференціацією парціальних вкладів в загальний захисний ефект γ [5]. Дослідження проведені в розчинах органічних та неорганічних кислот різних робочих концентрацій (HCl, H_2SO_4, оксалатна кислота та ін) та $3\%\ NaCl$. В складі захисних композицій, крім НФП, використано також відходи ЧВО «Хімволокно» – К [6-10].

Вибір НФП, за активною складовою, здійснювали комплексним системним кореляційним аналізом «Захисні, адсорбційні властивості СЗК – хімічна будова активних складових відходів, електронна структура молекул синергістів та їх термодинамічні властивості» (MNDO-PM3). Проведені цим методом комп'ютерні розрахунки електронної структури Ін, їх термодинамічних характеристик дозволили обрати з ряду НФП найбільш ефективні. За більшістю показників захисту максимальний інгібуючий ефект мають НФП 1 і 2 та СЗК з їх добавкою (табл. 1, 2). Це зумовлено найбільшою електронною густиною на адсорбційних центрах: атомах азоту, сірки, фенільних та імідазольних угрупуваннях та ін.; меншими потенціалами іонізації, дипольними моментами, найбільшими значеннями ентальпії утворення молекули Ін (наприклад, ΔHf = 562,57 кДж/моль у НФП 1, тоді як у досліджуваного НФП 5 ΔHf = –29,65 кДж/моль).

Таблиця 1 – Швидкість корозії та ефективність захисту сталі 20 в при 20 ^0C в 6 % HCl + 0,5 г/л ОК

Ін	Km, г/м^2·год.	γ	$\gamma_{син}$	Z, %
-	2,700	-	-	-
0,5 г/л НФП 1	0,380	8,2	-	87,8
1 г/л НФП 1	0,375	8,3	-	88,0
2г/л НФП 1	0,376	8,4	-	88,1
3 г/л НФП 1	0,270	12,3	-	91,9
1 г/л К	0,770	3,8	-	73,2
5 г/л К	0,720	4,0	-	75,2
10 г/л К	0,650	4,5	-	77,8
15 г/л КУБ	0,690	4,2	-	76,2
1 г/л НФП 1+1 г/л К	0,295	11,0	1,00	90,9
1 г/л НФП 1+5 г/л К	0,230	15,0	1,31	93,3
1 г/л НФП 1+10 г/л К	0,200	18,0	1,54	94,4
3 г/л НФП 1+10 г/л К	0,200	18,0	1,14	94,4
3 г/л МБІ 1+15 г/л К	0,210	17,0	1,10	94,4

За результатами гравіволюмометричних досліджень визначені оптимальні концентрації складових компонентів в СЗК з НФП 1, який виявив найбільшу ефективність за показниками захисту від корозії та наводнювання – 10 г/л К + 1 г/л НФП 1. При цих концентраціях спостерігаються максимальні значення коефіцієнтів синергізму дії НФП 1 з відходами К.

Ефективність розроблених композицій підтверджена також даними електрохімічних досліджень (табл.2).

Таблиця 2 – Коефіцієнти інгібування корозії сталі 20 у 6% HCl

Інгібітори	γ_c	$\gamma_к$	γ_a	γ_1	γ_2	γ_3	γ_x
НФП 1	9,4	25,3	1,8	1,8	4,6	8,4	5,7
НФП 2	3,2	3,8	3,4	1,9	2,5	4,8	6,2
НФП 3	0,8	1,5	0,5	0,6	1,4	2,2	1,9
НФП 4	1,4	2,7	0,5	0,8	2,0	3,5	5,1
НФП 5	2,6	5,2	0,6	0,9	3,1	5,7	4,9
НФП1+К	10,5	6,6	18,8	4,5	3,1	12,6	12,5

Одержані дані дозволяють припустити, що дана композиція діє за блокувальним механізмом (найбільші значення γ_3). Для підтвердження механізму дії СЗК, НФП зняті *i, τ* – криві (при $\varphi_к$ = -0,5 В). Їх обробка в рамках рівнянь Решетнікова [1, 2, 5] показала, що механізм інгібування з НФП 1 та СЗК з його добавкою пов'язаний з блокувальним ефектом ($\Delta i = f(\lg\tau)$) на рівномірно неоднорідній поверхні. Адсорбція Ін на поверхні металу описується ізотермою Тьомкіна [1, 2].

Одержані такі кореляційні залежності для наступних композицій (Δi, мА/см^2): К + НФП 1 – $\Delta i = 11{,}5+5{,}0\ \lg\tau$, НФП 1 – $\Delta i = 11{,}3+4{,}8\ \lg\tau$. Коефіцієнт кореляції становить ρ = 0,95 ... 0,97. Таким чином, захисна дія розроблених композицій та синергічні ефекти зумовлені блокуванням поверхні металу металохелатними захисними плівками.

Розроблені композиції зберігають високу ефективність в широкому інтервалі температур (табл. 3): при зростанні температури, завдяки хемосорбційному механізму інгібування корозії сталі, ступінь захисту від корозії та наводнювання підвищуються.

Таблиця 3 – Залежність ступеня захисту проти корозії та наводнювання від температури 6% HCl+0,5 г/л ОК (СЗК- К+НФП 1)

Показники	20 °С	40 °С	50 °С	60 °С
Z, %	92,4	94,3	95,8	96,0
β, %	67,2	68,8	71,4	73,9

Синергічні композиції на основі НФП мають високі показники захисту від корозійно-механічних руйнувань. Для практики захисту сталі від агресивного середовища дуже важливою є умова захисту сталі від корозії під напруженням, бо в реальних експлуатаційних умовах

металоконструкції, як правило, знаходяться в напруженому стані. Тим більше, що багато промислових захисних композицій в таких випадках не ефективні взагалі. Показники захисту сталі від корозії (Z) та наводнювання (β) в залежності від ступеня деформації (ε) наведені в табл. 4.

Таблиця 4 – Ступінь захисту від корозії та наводнювання (сталь 20) з СЗК (К+НФП 1) в HCl+0,5 г/л ОК

Показники	ε, %			
	0	0,2	0,4	0,6
Z, %	97,2	97,8	98,0	97,0
β, %	74,3	75,1	74,9	73,5

Випробування на малоциклову втому (МЦВ) проводили на машині ІП-2 віднульовим чистим згином пластинчатих зразків сталей з частотою 50 цикл/хв.). Результати досліджень представлені в табл. 5.

Таблиця 5 – Малоциклова витривалість сталі в 6% HCl+ 0,5 г/л ОК (ε= 0,5 %)

СЗК	$C_{СЗК}$, г/л	$N_{СН}$	$\gamma^{N}_{СН}$
Без СЗК	–	4035	–
К+НФП 1	5	7490	1,86
	10	7790	1,93
	15	7790	1,93
К+НФП 2	5	7390	1,83
	10	7556	1,87
	15	7578	1,88

Оптимальна концентрація СЗК для захисту від МЦВ складає 10 г/л. Характерно, що підвищення концентрації захисної композиції вище цього значення суттєво не впливає на ступінь захисту, як і коливання кількісного вмісту відходів за основною складовою.

Випробуваннями на малоциклову втому в 3 % NaCl (після витримки зразків протягом 15 діб, для порівняння використовували зразки сталі без хімічної обробки) доведена післядія утворених на поверхні метало-захисних плівок.

Дуже важливим було дослідити чи залишається висока ефективність досліджених композицій при наявності іонів-деполяризаторів Fe^{3+} та Cu^{2+}. Відомо [4, 6], що присутність в розчині 4 % HCl 3 г/кг Fe^{3+} призводить до збільшення швидкості корозії (60 °С) більш, ніж в 7 разів – 22,8 і 168 г/м^2·год. відповідно). В присутності розробленої СЗК (10 г/л К + 1 г/л НФП 1) при наявності іонів-деполяризаторів швидкість корозії залишається на рівні, що відповідає розчину без додавання Fe^{3+} і становить (при 20 °С) 0,235 г/м^2·год для сталі 20 в 6 % HCl + 0,5 г/л ОК.

Висновки

Розроблені синергічні захисні композиції на основі НФП забезпечують високу ефективність дії при малих концентраціях в

широкому інтервалі температур; малотоксичні; мають добру розчинність, стійкість до осадження, не утворюють піни; залишаються ефективними при тривалому зберіганні, мають достатню післядію; захищають метал від наводнювання та корозійно-механічних руйнувань, яке в 90 % випадків є причиною техногенних аварій; проявляють високі захисні властивості у присутності іонів-деполяризаторів Fe^{3+} та Cu^{2+}.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Иванов Е.С.* Ингибиторы коррозии металлов в кислых средах. – М.: Металлургия, 1986. – 175 с.
2. *Решетников С.М.* Ингибиторы кислотной коррозии металлов. – Л.: Химия, 1986. – 141 с.
3. *Антропов Л.И., Макушин Е.М., Панасенко В.Ф.* Ингибиторы коррозии металлов – К.: Техніка, 1981. – 183 с.
4. *Лосев А.С.* Предпусковые очистки оборудования электростанций. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 104 с.
5. *Старчак В.Г.* Комплексная система контроля и оценки эффективности защиты сталей от коррозионно-механических разрушений в наводороживающих средах. – Чернигов: ВСНТО, 1983. – 69 с.
6. *Буяльська Н.П.* Розробка синергічних захисних композицій з використанням меркаптопохідних моно- і бігетероциклів для хімічної очистки теплоенергетичного обладнання: Автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.17.14/ ФМІ НАНУ ім. Г.В. Карпенка. – Львів, 2005. – 19 с.
7. *Буяльська Н.П.* Підвищення техніко-економічної та соціально-екологічної ефективності електрохімічних процесів очистки на ЧВО «Хімволокно» //Вісник Чернігівського державного технологічного університету: Зб.наук.пр.– Чернігів: ЧДТУ, 2007. – № 28. – С. 97-102.
8. *Старчак В.Г., Кузина Н.О., Багін В.К.* Про ефективність утилізації відходів для протикорозійного захисту //Фіз.-хім. механіка матер. – 1997. – Т. 33, № 2. – С. 746-751.
9. Наукові основи підвищення екологічної безпеки металоконструкцій модифікацією їх поверхні в протикорозійному захисті /*В.Г. Старчак, Н.П. Буяльська, С.Д. Цибуля* та ін. //Фіз.-хім. механіка матер. Спецвипуск № 4. – 2004. – Т. 2. – С. 738-741.
10. *Старчак В.Г., Цибуля С.Д., Олексієнко С.О., Іваненко К.М.* Соціально-екологічна та техніко-економічна ефективність застосування некондиційної фармацевтичної продукції для підвищення довговічності металоконструкцій в агресивних середовищах //Поводження з відходами виробництва і споживання, медико-екологічні і економічні аспекти. – Київ: Знання України, 2005. – С. 60-65.

УДК 678.643

САВЧЕНКО О.М., КАНД. ТЕХН. НАУК, СИЗА О.І., Д-Р ТЕХН. НАУК,
ГАЦЕНКО С.В., СТ. ВИКЛАДАЧ, ДМИТРУК І.М., СТУДЕНТ,
ГОНЗУР В.В., СТУДЕНТ

ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ МЕТАЛАМИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Вступ

Сучасні харчові продукти повинні відповідати вимогам чинного законодавства щодо гранично допустимих концентрацій токсичних елементів, особливо металів [1-3]. Джерелами забруднення харчових продуктів металами є вихідна сировина, друкарські фарби, харчові барвники, обладнання, металева тара або упаковка, в якій зберігаються готові продукти [4]. Консервні банки і кришки, виготовлені із залізної жесті і луджені оловом, широко використовуються для зберігання м'ясних, рибних і молочних продуктів. Надійність від забруднення може бути гарантована лише тоді, коли продукт містить малу кількість органічних кислот, нітратів, окисників чи відновників. В технології приготування консервованих продуктів часто використовують оцтову та лимонну кислоти як консерванти, які посилюють агресивність середовища. Стінки металевих банок і кришок покривають харчовим лаком для захисту їх від дії агресивних домішок їжі, хоч є дані про те, що сам лак може бути джерелом свинцю і спричинити забруднення [5]. Якщо щільність покриття порушено, то метал консервних банок або тари може реагувати з продуктом харчування. Така взаємодія має характер електрохімічної корозії: більш активний метал – залізо – виступає анодом у гальванічній парі, а менш активний – олово – катодом. Залізо розчиняється, переходить у розчин і забруднює продукт харчування, а на поверхні олова відбувається процес водневої або кисневої деполяризації в залежності від реакції середовища.

Токсичність металів значно зростає, якщо у їжі знаходяться нітрати, тоді можлива реакція відновлення нітратів до нітритів:

$$2H^+ + Me + NO_3^- \longrightarrow Me^{+n} + NO_2^- + H_2O$$

Резервуари, пристрої і посуд, які використовуються для приготування, транспортування і збереження харчових продуктів, повинні бути такими, щоб їх контакт не призводив до отруєння, небезпечного для здоров'я. Можна використовувати пластмасові упаковки. Посуд з нержавіючої сталі – хімічно стійкий, при використанні його домішки міді, нікелю і хрому дуже повільно переходять у продукти харчування. Але для виготовлення консервних банок і кришок використовують вуглецеві сталі, які при контакті з агресивним середовищем легко кородують,

забруднюючи продукт харчування залізом. Одним з методів зменшення забруднення консервованих продуктів металами може бути протикорозійне інгібування як продовольчої сировини, так і готового продукту. Сучасні інгібітори корозії досить ефективні, але більшість з них екологічно небезпечні: натрію нітрит, хромати, біхромати та ін. Використання їх у харчовій промисловості недопустиме. Існує потреба розробки інгібіторів корозії для харчової промисловості, а саме екологічно-безпечних композицій на основі продуктів рослинного походження.

У зв'язку з цим мета роботи полягала у розробці та дослідженні дії інгібуючих добавок на основі рослинної сировини, які дозволять забезпечити високий протикорозійний захист тари харчової промисловості в агресивних середовищах, зменшення забруднення металами продуктів харчування, не будуть погіршувати смакові якості харчових продуктів і будуть відповідати сучасним санітарно-гігієнічним і екологічним вимогам.

Методи та результати досліджень

Здатність токсичних металів переходити в харчові продукти під впливом органічних кислот можна оцінити за значенням констант стійкості комплексів металу і кислоти: чим більше значення константи стійкості, тим легше метал переходить у продукт (табл. 1).

Таблиця 1 – Значення лагорифмів констант стійкості комплексних йонів токсичних металів з кислотними залишками деяких органічних кислот

Метал	Ацетатні комплекси (CH_3-COO-)	Оксалатні комплекси $[(COO)_2]^{2-}$	Тартратні комплекси $[(CH(OH))_2(COO)_2]^{2-}$	Цитратні Комплекси $[(CH_2)^2C(OH)(COO)_3]^{3-}$
	Lg β1	Lg β1	Lg β1	Lg β1
Ba^{2+}	1,15	2,3	2,54	2,89
Cd^{2+}	1,93	4,0	-	5,36
Cu^{2+}	2,23	6,7	3,0	5,90
Hg^{2+}	5,55	-	-	10,90
Pb^{2+}	2,68	4,9	2,92	4,34
Zn^{2+}	1,57	4,85	3,31	4,98

З табл. 1 видно, що під дією оцтової кислоти в продукти найлегше переходить ртуть, потім свинець, а найгірше барій, тоді як щавелева кислота найактивніше переводить мідь, а потім свинець і цинк. Цитратна (лимонна) кислота – спочатку ртуть, потім мідь, кадмій, цинк, свинець. З

розглянутих кислот найактивніше діє лимонна кислота і переводить більшість металів у забруднення.

З метою пошуку ефективних і екологічно безпечних інгібіторів на основі сировини рослинного походження досліджено протикорозійну активність речовин водних витяжок із сільськогосподарських культур: зерен гірчиці ($Ін_1$), цибулі ($Ін_2$), капусти ($Ін_3$). Модельоване агресивне середовище – 1н розчини оцтової та лимонної кислоти.

Досліджувані природні речовини вводили в корозійне середовище у вигляді водної витяжки (20 мл витяжки на 1 л робочого розчину).

Корозійні випробування проводили на зразках сталі 20 та Ст3 гравіволюмометричним методом при температурі 273 К.

Статичні вагові дослідження проводили на зразках із Ст3 у вигляді прямокутних пластинок розміром 50,3×22,3×3,2 мм та циліндричних зразках сталі 20 (h = 27 мм, d = 13 мм). Поверхню зразків послідовно шліфували на дрібнозернистому папері марок Р 240 – Р 1200, промивали в проточній воді і знежирювали. Після експозиції поверхню зразків звільняли від продуктів корозії, промивали проточною водою, висушували, знежирювали і зважували.

Швидкість корозії оцінювали за формулою $K_m = (m_1 – m_2)/ S·t$,

де K_m – швидкість корозії, г/(м^2·год); m_1 – маса зразка до випробування, г; m_2 – маса зразка після випробування, г; S – площа поверхні зразка, м^2; t – тривалість дослідження, год.

Ефективність захисної дії інгібітора корозії оцінювали за ступенем захисту:

$Z_m = [(K_m – K'_m) / K_m] ·100$ %,

де K_m, K'_m – швидкість корозії за втратою маси металу без інгібітора та з інгібітором, відповідно, г/(м^2·год).

Стандартну обробку експериментальних даних проводили для рівня ймовірності 0,95 при числі вимірів n = 6.

Оцінка швидкості корозії і ступеня захисту сталі 20 і Ст3 за результатами гравіволюмометричних досліджень наведена в табл. 2 і на рисунках 1, 2. Без інгібітора швидкість корозії Ст3 і сталі 20 у розчинах оцтової та лимонної кислоти значна, особливо лимонної – зміни поверхні металу помітно візуально на другий день. Продукти корозії у вигляді бурого осаду випадають на дно посуду, а важкорозчинні сполуки, від темно-сірого до чорного кольору, вкривають поверхню металу. У середовищах з інгібіторами поверхня зразків залишається чистою протягом 240 годин дослідження. При введенні водних витяжок досліджуваних добавок швидкість корозії зменшується в 3,7-28,9 разів (табл. 2), а ступінь захисту сягає від 73 % до 96,5 %. Максимальні захисні властивості, за даними досліджень, спостерігаються при введенні в корозійне середовище фільтрованої водної витяжки з гірчиці: $Z_{кор}$ = 81 % та 96,5 % – в 1н розчині оцтової кислоти, Z_m = 91 % та 95,0 % – в 1н розчині лимонної кислоти (табл. 2, рис. 1, 2).

Таблиця 2 – Протикорозійна активність рослинних добавок у 0,1н розчині оцтової та лимонної кислот ($C_{добавки}$ = 20 мл/л)

Марка сталі	Km, г/(м^2·год)				Zm, %			Kv, мл/(м^2·год)		Zv
	–	Ін$_1$	Ін$_2$	Ін$_3$	Ін$_1$	Ін$_2$	Ін$_3$	–	Ін$_1$	Ін$_1$
Оцтова кислота										
Ст3	0,18	0,034	0,039	0,048	81,0	78,0	73,0			
Сталь 20	0,84	0,029	0,160	0,180	96,5	81,0	79,0	0,0027	0,0004	83,3
Лимонна кислота										
Ст3	2,22	0,120	0,270	0,300	95,0	88,0	86,0			
Сталь 20	0,93	0,090	0,150	0,160	91,0	85,0	83,0	0,0140	0,0050	96,0

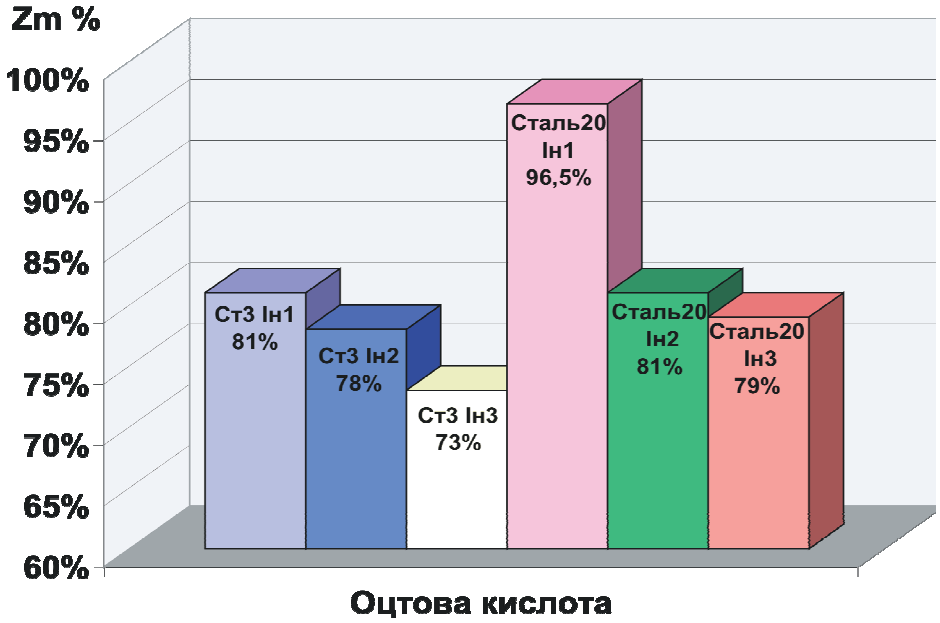


Рисунок 1 – Протикорозійна активність інгібуючих добавок в оцтовій кислоті

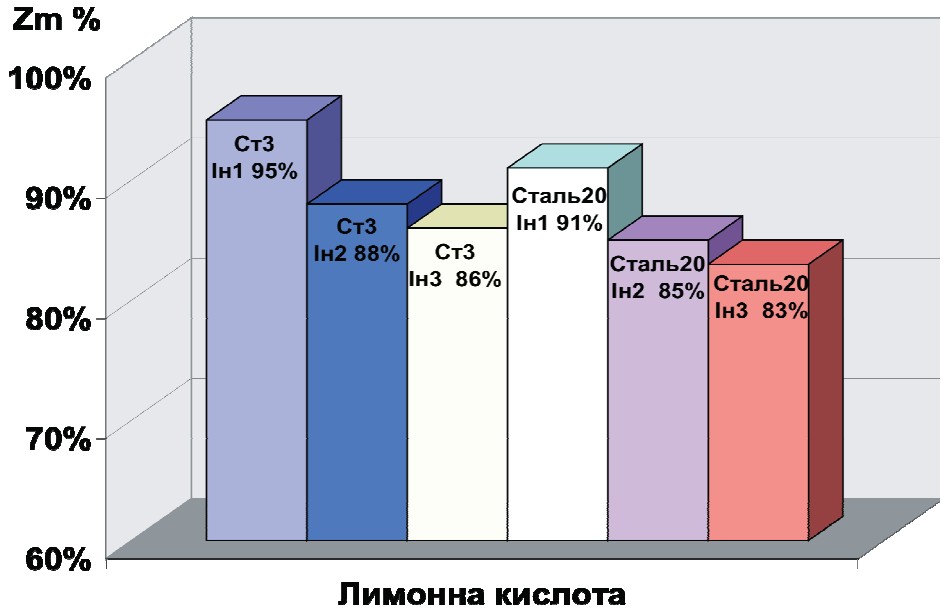
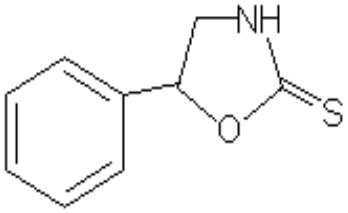
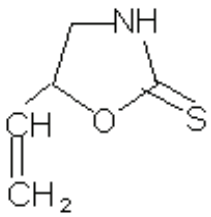


Рисунок 2 – Протикорозійна активність інгібуючих добавок в лимонній кислоті

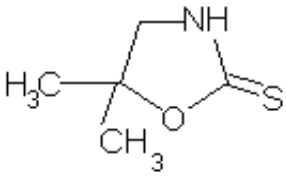
Сільськогосподарські культури – капуста, цибуля, гірчиця – містять сульфурвмісні алкалоїди з групи похідних тіоксазолідона: гоітрин, резединін, 5,5-диметил-2-тіоксазолідон [6, 7], що потенційно можуть бути інгібіторами корозії:



Резеденін



Гоітрин



5,5-диметил-2-тіооксазолідон

Взаємодія інгібуючих добавок з поверхнею металу може відбуватися на тих реакційних центрах, де сконцентрована найбільша електронна густина. Це Оксиген, Сульфур алкалоїдів із групи похідних тіоксазолідона.

Висновки

Рослинна сировина – гірчиця, капуста та цибуля – є джерелом ефективних, екологічних інгібіторів корозії вуглецевих сталей для харчової промисловості, які будуть підвищувати протикорозійну стійкість металевоної тари, резервуарів, пристроїв. Максимальні захисні властивості спостерігаються при застосуванні водної витяжки з гірчиці (ступінь захисту $Z_{кор}$ = 96,5 % та 91 % – в оцтовій кислоті, Z_m = 81 % та 95,0 % – в лимонній кислоті). Рослинні інгібітори можуть скласти успішну конкуренцію традиційним синтетичним інгібіторам.

Література

1. СанПиН 5061-89 Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов.
2. СанПиН 42-123-4089-86 Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах.
3. Закон України 771/97-ВР Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини.

4. *Рейли К.* Металические загрязнения пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 183 с.
5. МУ N 4395-87 Методические указания по гигиенической оценке лакированной консервной тары.
6. *Гаммерман А.Ф*. Курс фармакогнозии.– Л.: Медгиз, 1960. – 639 с.
7. *Максютина Н.П., Комисаренко Н.Ф., Прокопенко А.П.* и др. Растительные лекарственные средства /Под. ред. *Н.П. Максютиной*. – К.: Здоров'я. 1985. – 280 с.

УДК 620.193.2:620.194.23

КОСТЕНКО І.А., КАНД.ТЕХН.НАУК, ЦИБУЛЯ С.Д., КАНД.ТЕХН.НАУК,
МАРТИНЮК О.Г., КАНД.ТЕХН.НАУК

ВПЛИВ ВИКИДІВ АВТОТРАНСПОРТУ НА КОРОЗІЙНУ СТІЙКІСТЬ СТАЛІ В ПРИМІСЬКІЙ ЗОНІ М. ЧЕРНІГОВА

Вступ

Руйнування металів і сплавів у вологому повітрі при звичайній температурі відбувається внаслідок атмосферної корозії. Це найпоширеніший вид корозії. Приблизно 80 % металевих конструкцій експлуатується в атмосферних умовах. Атмосферна корозія металів носить, в основному, електрохімічний характер і протікає в тонких шарах вологи, які конденсуються на поверхні металу. Основними чинниками, які визначають швидкість корозії в атмосфері, є ступінь зволоженості поверхні кородуючих металів, температура та наявність забруднень [1-10].

В Чернігівській області близько 60 % від загального об'єму викидів забруднюючих речовин до атмосферного повітря припадає на пересувні джерела забруднення (автотранспорт). Серед забруднюючих речовин 82,5 % складають газоподібні та рідкі речовини, 17,5 % – тверді. Основний внесок за середньомісячними величинами перевищень гранично-допустимих концентрацій (ГДК) пріоритетних забруднюючих речовин дає діоксид азоту. В самому місті Чернігові та його приміській зоні спостерігається перевищення середньодобової ГДК за NO_2 в 2,5 рази. Значне забруднення атмосферного повітря, завдяки транзитному транспорту, відбувається також сульфітним ангідридом (SO_2) та сажоподібними суспендованими твердими частками [11-13].

Тому, важливе значення має вивчення корозійної стійкості конструкційних матеріалів в умовах агресивного впливу викидів від автотранспорту.

Методичні аспекти

Для досліджень були використані зразки з маловуглецевої сталі 20, конструкційної вуглецевої сталі 08кп та конструкційної ресорно-пружинної сталі 65Г. Їх хімічний стан наведено в [14]. Пов'язано це з тим, що ці сталі мають дуже широке застосування при виготовленні металоконструкцій для потреб промисловості та автотранспорту.

Корозійні дослідження проводились шляхом розміщення зразків цих сталей уздовж автомобільних магістралей Чернігів-Київ та Київ-Гомель. На першій трасі були вибрані ділянки: автомобільний міст р. Десна, с. Количівка, с. Іванівка, автомобільна розв'язка з другою трасою, вибраною для досліджень, біля с. Ягідне. Друга ділянка – ця ж розв'язка,

автомобільний міст р. Десна, с. Шестовиця, с. Київнка. Довжина цих ділянок приблизно однакова і складає близько 15 км. Їх вибір обґрунтовується тим, що на першій переважають потоки малотонажного транспорту, на другій – багатотонажний транспорт, в основному, транзитний. Для отримання більш точної картини зразки розміщувалися на різних відстанях від траси та на різних рівнях від полотна дороги. Такий підхід пов'язаний з неоднорідністю розсіювання викидів шкідливих речовин в районі траси і, відповідно, зміною їх концентрації в повітрі [11, 12]. Максимальна концентрація викидів спостерігається на відстанях до декількох десятків метрів від пересувного джерела з подальшим зменшенням до меж ГДК на відстанях 150-200 м від траси на відкритій місцевості і до 1 км у разі змін рельєфу тощо. Також на висоту підвісу зразків впливала неоднорідність їх зволоження в часі та просторі [4, 6, 7]. Для з'ясування повної картини корозійної стійкості конструкційних матеріалів період випробувань складав один рік [7]: серпень-вересень 2008 р., серпень-вересень 2009 р.

Оцінка корозійних руйнувань проводилась шляхом розрахунку масового показника швидкості корозії (K_m) після ретельного видалення з поверхні зразків продуктів неповного згоряння палива та корозії. Крім того, запропоновано визначення швидкості корозії проводити за відносним її показником (K_r), який визначається відношенням масового показника при натурних дослідженнях до масового показника швидкості атмосферної корозії, оціненого в лабораторних умовах. В лабораторії моделювалась індустріальна атмосфера з середньою температурою повітря $t_{сер}$=20 ^oC та критичною відносною вологістю повітря W=60 %. При відносній вологості повітря вище критичної швидкість атмосферної корозії різко збільшується [10]. Індустріальна атмосфера оцінювалась в 65 балів за Гадсоном.

Площу корозійних уражень визначали за допомогою прозорої пластини з нанесеною на неї вимірювальною сіткою як суму площ всіх ділянок корозії. Ступінь загального ураження поверхні металу (G, %) визначали за формулою, запропонованою в [15].

З метою визначення характеру корозійного руйнування та лінійних розмірів локальних корозійних уражень проводились металографічні дослідження з використанням мікроскопу.

Результати експериментів та їх обговорення

Перший етап випробувань полягав в оцінці ступеня загального корозійного ураження поверхні сталевих зразків на найбільш навантаженій автотранспортом ділянці, а саме в місці автомобільної розв'язки між трасами на нульовій відмітці від полотна дороги та в самих несприятливих кліматичних умовах ($t_{сер}$=24 ^oC, W=65-80 %). Одержані експериментальні дані наведені на рисунку 1. З нього видно, що найбільш нестійкою в умовах атмосферної корозії, ускладненої викидами

автотранспорту, є сталь 20. Вже за 10 діб вся поверхня зразка мала суцільні корозійні ураження. Більш стійкою в цих умовах виявилась сталь 65Г.

Відносно висока швидкість корозії обумовлюється коливаннями температури на протязі доби. При зниженні температури увечері і вночі відносна вологість повітря різко збільшується, що призводить до випадання роси на поверхні металу і збільшенню електрохімічної корозії. Її швидкість визначається не тільки вологістю повітря, а і, головним чином, наявністю в ньому забруднень. Викиди автотранспорту, які містять NO_2 та SO_2, при контакті з плівкою вологи на зразках утворюють розчини нітратної та сульфітної кислот. В атмосферному повітрі вже за 2-3 години SO_2 окиснюється до SO_3. Також, NO_2 легко окиснює сульфітний ангідрид у сульфатний ангідрид. І при контакті, знову ж таки, з плівкою вологи утворюється розчин сульфатної кислоти. Фактично корозія металу протікає в розчинах кислот. Так, на 7-8 годину ранку показник pH плівки на зразках коливався від 3 до 4.

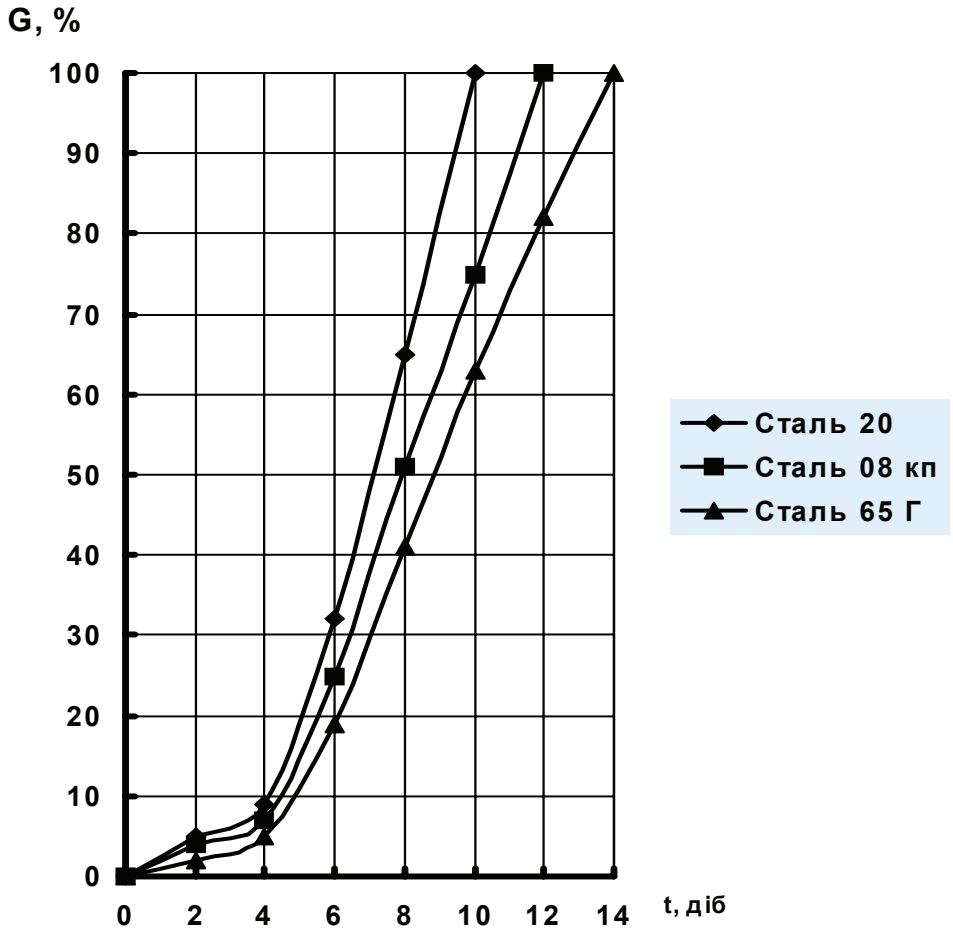


Рисунок 1 – Збільшення площі корозійного ураження зразків

На рисунку 2 представлена зміна швидкості відносної корозії зразків із сталі на тій же ділянці траси на протязі року. Видно значне зростання швидкості корозії зразків від 3,5 до 4,5 в перший місяць випробувань (серпень 2008 р.). В подальшому процес корозії уповільнюється і спостерігається дуже незначне її підвищення на протязі зимових місяців. Пояснюється це тим, що при замерзанні плівки вологи корозія практично припиняється. На швидкість атмосферної корозії впливають різкі температурні коливання. Підвищення корозійної агресивності середовища на початку весни при переході від позитивних до негативних температур пояснюється збільшенням швидкості електрохімічних процесів у зв'язку з переходом плівки вологи на поверхні металу з твердого агрегатного стану в рідкий. Хоча тими ж самими процесами можна пояснити також і зростання швидкості корозії і зимою через раптове збільшення температури, яке викликане як атмосферними процесами, так і локальним збільшенням температури в районі траси через теплові викиди автотранспорту.

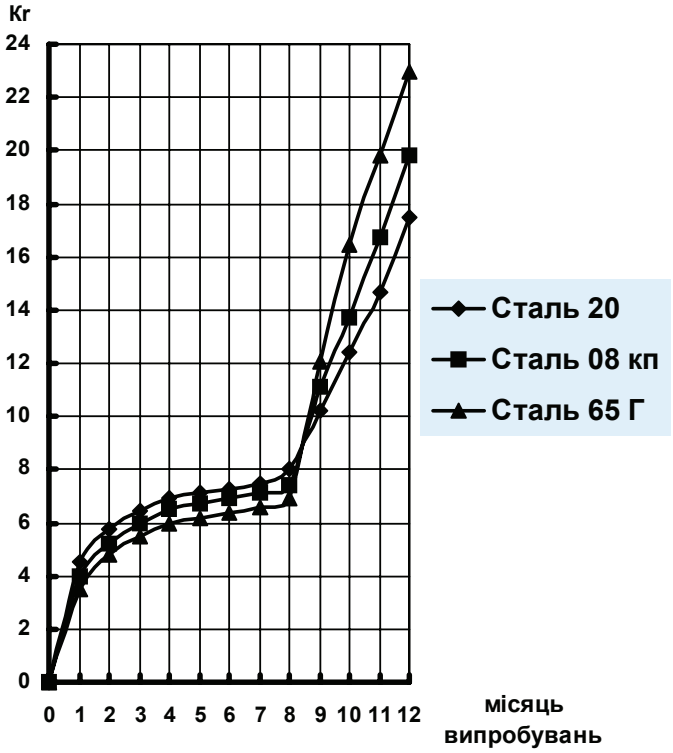


Рисунок 2 – Залежність відносної швидкості корозії сталі від часу випробувань

Весною та літом швидкість атмосферної корозії починає значно зростати (від 2,1 для сталі 20 до 3,3 для сталі 65 Г), причому найбільш нестійкою є сталь 65 Г.

В теплий період 2009 року із зростанням товщини плівки електроліту полегшується анодна реакція і ускладнюється киснева деполяризація по причині зменшення швидкості дифузії кисню до поверхні металу через плівку вологи та продукти корозії. Тому величина швидкості корозії

проходить через максимум і не є такою значною, як в попередньому теплому періоді 2008 року.

Під плівкою корозія протікає з катодно-анодно-омічним контролем. Співвідношення між його складовими залежить від товщини плівки, наявності продуктів корозії.

Необхідно знову підкреслити значний вплив домішок в повітрі на швидкість атмосферної корозії і врахувати, що $S0_2$, який потрапляє в повітря з вихлопними газами, є ще і депасиватором. Сажоподібні суспендовані тверді частки, що потрапляють на поверхню металу, сприяють адсорбції різних газів і додатковій конденсації вологи.

Такі агресивні умови на рівні траси прирівнюють до перебування зразків, що досліджувалися, в атмосфері з дуже сильним забрудненням категорії С5-І [2, 3].

Усереднені значення швидкості корозії за рік за масовим показником на різних ділянках трас наведені в таблицях 1-3. Причому, для однієї відстані верхне значення вказує на першу ділянку траси, нижнє – на другу. Як бачимо, все раніше згадане відноситься і до вивчення впливу викидів автотранспорту на швидкість атмосферної корозії в залежності від відстані та місця закріплення зразків уздовж дороги. Максимальне значення масового показника для всіх сталей спостерігається в безпосередній близькості від автомобільного полотна. Таке значення показників можна пояснити не тільки процесами, які протікають при контакті зразків з плівкою вологи (додатково забрудненою викидами автотранспорту), а і постійним руйнуванням плівки продуктів корозії, яка має певні захисні властивості через вплив додаткового чинника – механічного фактора. Цей фактор пов'язаний з постійним обдуванням зразків турбулентними потоками, які утворюють автомобілі, бомбардуванням поверхні зразків частками дорожнього покриття з під коліс транспорту, а також в зимовий період, через різке коливання температур, що спричиняє розтріскування плівки і додатково постійне зростання швидкості корозії.

Таблиця 1 – Масовий показник швидкості корозії сталі 20 за втратою маси після видалення продуктів корозії, 10^{-6} г/(см^2·год)

Висота закріплення зразків, м	Відстань від автотраси, м						
	0	5	10	50	100	200	1000
0	8,62	7,48	4,56	2,40	1,69	0,55	0,49
	8,54	7,39	4,18	2,26	1,60	0,51	0,48
0,5	7,30	7,15	4,0	2,28	1,35	0,54	0,38
	7,28	7,10	3,85	2,25	1,33	0,52	0,37
1,0	4,89	3,96	2,90	1,99	1,02	0,34	0,27
	4,80	3,84	2,58	1,60	0,94	0,32	0,27
2,0	4,81	3,84	2,16	1,64	0,91	0,33	0,25
	4,73	3,82	2,12	1,52	0,85	0,30	0,24

Зменшення швидкості корозії спостерігаються при зростанні висоти підвісу зразків над полотном траси та відстані від неї. Пояснюється це поступовим зменшенням агресивності середовища завдяки розсіюванню забруднюючих речовин від автотранспорту у повітрі. Найменші значення масового показника швидкості корозії спостерігаються на відстані 1 км від траси. Ці значення відповідають величинам, які визначені в лабораторних умовах. Так, для сталі 20 – $К_m$=0,29; сталі 08кп – $К_m$=0,24; сталі 65Г – $К_m$=0,21. Зростання швидкості корозійних процесів на малих висотах підвісу можна пояснити додатковим зволоженням зразків.

Таблиця 2 – Масовий показник швидкості корозії сталі 08кп за втратою маси після видалення продуктів корозії, 10^{-6} г/(см^2·год)

Висота закріплення зразків, м	Відстань від автотраси, м						
	0	5	10	50	100	200	1000
0	8,15	7,16	4,50	2,15	1,60	0,51	0,41
	8,10	7,09	4,47	2,11	1,45	0,50	0,40
0,5	7,21	7,10	4,24	2,13	1,29	0,50	0,40
	7,16	7,04	4,12	2,10	1,10	0,48	0,35
1,0	4,19	3,29	2,29	1,92	1,0	0,32	0,26
	4,05	3,23	2,25	1,90	0,98	0,31	0,25
2,0	4,15	3,07	2,01	1,63	0,75	0,32	0,19
	4,01	3,0	1,96	1,58	0,66	0,29	0,19

Таблиця 3 – Масовий показник швидкості корозії сталі 65Г за втратою маси після видалення продуктів корозії, 10^{-6} г/(см^2·год)

Висота закріплення зразків, м	Відстань від автотраси, м						
	0	5	10	50	100	200	1000
0	8,09	6,79	4,11	1,96	1,18	0,47	0,35
	8,0	6,14	4,01	1,89	1,13	0,42	0,35
0,5	6,13	6,0	4,02	1,87	1,09	0,46	0,31
	6,05	5,89	4,0	1,82	1,03	0,42	0,30
1,0	4,04	2,80	2,03	1,45	0,79	0,30	0,24
	3,85	2,72	1,99	1,42	0,72	0,30	0,24
2,0	3,68	2,64	1,83	1,50	0,72	0,28	0,15
	3,61	2,52	1,80	1,44	0,63	0,23	0,14

Приблизно однакова швидкість корозіїї сталі на різних ділянках автошляхів обумовлюється тим, що на першій ділянці більша кількість автомобілів, але потужність двигунів менша по відношенню до другої ділянки, де, навпаки, кількість автотранспорту менша, а завдяки, в основному, багатовантажному транспорту викиди потужніші.

Металографічні дослідження не виявили будь-яких значних ділянок пітингоутворення на поверхні зразків. В переважній більшості корозійні руйнування носили суцільний характер з деякою нерівномірністю.

Висновки

Таким чином, значний вплив на швидкість атмосферної корозії здійснює наявність самої плівки вологи на поверхні металу, а також велику роль відіграє потрапляння до цієї пліки агресивних компонентів від викидів автотранспорту. Розміщення зразків на різних відстанях від автотраси та висоті їх підвісу теж суттєво впливає на швидкість корозійних процесів.

Під час експлуатації виробів з досліджених сталей обов'язково треба передбачити їх захист від атмосферної корозії, наприклад, використанням захисних інгібітованих покрить.

Література

1. *ISO 8044:1999*. Corrosion of metals and alloys. Basic terms and definitions.
2. *ISO 9223:1992*. Corrosion of metals and alloys. Corrosivity of atmospheres. Classification.
3. *ISO 12944-2:1998.* Категории окружающей среды для погруженных и закопанных конструкций и атмосферной коррозии
4. *Колотыркин Я.М.* Металл и коррозия. – М.: Металлургия, 1985. – 88 с.
5. *Томашов Н.Д., Чернова Г.П.* Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы. – М.: Металлургия, 1986. – 359 с.
6. *Экилик В.В.* Теория коррозии и защиты металлов. – Ростов: Изд-во Ростовского гос. ун-та, 2004. – 67 с.
7. Коррозия и защита металлов. *Шлугер М.А., Ажогин Ф.Ф., Ефимов Е.А.* – М.: Металлургия, 1981. – 216 с.
8. *Антропов Л.И.* Теоретическая электрохимия. – М.: Высш. шк., 1984. – 519 с.
9. *Старчак В.Г.* Комплексная система контроля и оценки эффективности защиты конструкционных сталей от коррозионно-механических разрушений в наводороживающих средах. – Чернигов: ВСНТО, 1983. – 69 с.
10. *Мальцева Г.Н.* Коррозия и защита оборудования от коррозии – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2001. – 211 с.
11. Стан довкілля в Україні. Інформаційно-аналітичний огляд. – К.: Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, 2008. – 23 с.
12. *Клименко М.О.*Моніторинг довкілля. – К.: Академія, 2006.– 360 с.
13. *Джигирей В.С.* Екологія та охорона навколишнього природного середовища. – К.: Знання, 2004. – 310 с.
14. http://www.splav.kharkov.com/choose_type_class.php?type_id=3
15. Коррозионная активность фольги из терморасширенного графита в условиях атмосферной коррозии. */Белова М.Ю., Исаев О.Ю., Кузинова Т.М.* //Коррозия: материалы, защита. 2006. – № 7. – С. 38-42.

УДК 621.314.222.6

Денисов Ю.О., д-р техн. наук, Городній О. М., інженер, Зозуля О. М., студент магістратури

РОЗРАХУНОК ІНТЕГРАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ РОЗСІЮВАННЯ В СИЛОВИХ КЛЮЧАХ ШІП

Вступ

В умовах сучасного стрімкого розвитку промисловості, все більше уваги приділяється підвищенню потужностей перетворювачів. В результаті підвищення потужності, також підвищуються динамічні втрати в силовому ключі. В процесі дослідження ШІП виникла проблема у відсутності методики розрахунку, яка б враховувала втрати в силовому ключі. До цього силовий ключ вважався ідеальним, але такий підхід не дає повної оцінки втрат в перетворювачі, а як відомо, будь-які втрати знижують ККД.

Ця стаття присвячена розрахунку інтегральної потужності, що розсіюється на електронному ключі ШІП.

Основні принципи та припущення

Аналіз процесів припускає, що під електронним ключем розуміється транзисторний ключ на польовому транзисторі, оскільки, як показано в [1, 4], такий ключ має кращі характеристики з точки зору зниження комутаційних втрат потужності.

Принципова схема ШІП представлена на рисунку 1.

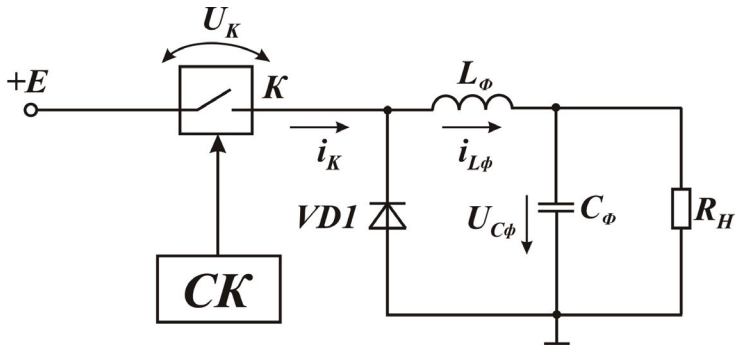


Рисунок 1– Принципова схема ШІП

Принцип роботи ШІП описаний в [1]. Детальний аналіз процесів, що протікають в ШІП при ідеальному ключі, в аналітичному вигляді був проведений в [3]. Однак такий підхід вимагає вирішення диференційних рівнянь високих порядків, а отже потребує значних витрат часу і не дає повністю оцінити втрати в ключі.

Перед виконанням розрахунків приймемо ряд припущень:

– реактивні елементи ідеальні (відсутня активна складова опору);

– час перемикання діода *VD1* вважаємо рівним нулю, оскільки час перемикання діода значно менший, ніж транзистора, що працює в електронному ключі;

– в якості моделі потужного МОН-транзистора була взята класична модель [3];

– з метою спрощення аналізу вважаємо вихідну характеристику транзистора, рисунок 2, лінійною залежністю.

$$I_{TP} = K \cdot U_{CB}, \tag{1}$$

де $K = tg\alpha$, α – кут нахилу дотичної до вихідної характеристики в точці, де напруга на затворі дорівнює своєму граничному значенню, рисунок 2.

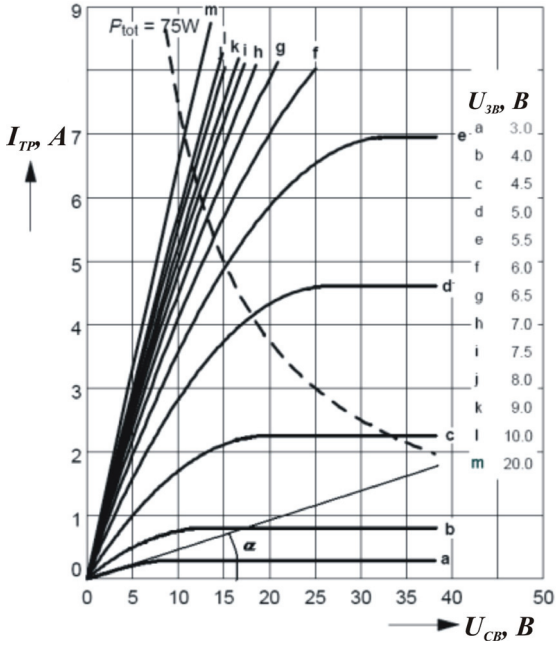


Рисунок 2 – Сімейство вихідних характеристик польового транзистора BUZ 90

Розрахунок буде проводитися для режиму безперервного струму.

Часові діаграми роботи в режимі безперервного струму показані на рисунку 3.

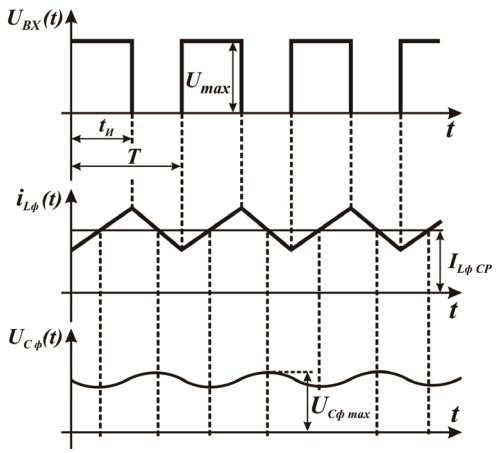


Рисунок 3 – Часові діаграми роботи в режимі безперервного струму

Розрахунок інтегральної потужності розсіювання в електронних ключах ШІП

В загальному випадку інтегральну потужність розсіювання можна розрахувати за допомогою виразу

$$P = \frac{1}{T} \cdot \int_{t_n}^{t_{n+1}} U_{\text{ÑÂ}}(t) \cdot i_{\hat{e}}(t) \cdot dt \quad , \tag{2}$$

де U_{CB} – напруга стік-виток, $i_к$ – струм через внутрішній опір транзистора.

Для розрахунку залежності струму $i_к$ і напруги U_{CB} скористаємося узагальненим векторно-матричним методом вузлових напруг [5].

Відповідно до методу необхідно скласти вираз

$$[Y] \cdot [U] = [I] \quad , \tag{3}$$

де $[Y]$ – матриця провідностей схеми, $[U]$ – вектор-стовпець шуканих напруг, $[I]$ – вектор-стовпець задаючих струмів.

Після чого з матричного рівняння знаходяться потрібні напруги.

Обраний повний період перемикання електронного ключа T можна розділити на наступні інтервали:

– інтервал включення (t_0-t_1);

– інтервал наростання струму (t_1-t_2);

– інтервал вимикання (t_2-T).

Далі розглянемо процеси, що протікають у перетворювачі на кожному окремому інтервалі з врахуванням паразитних параметрів МОН-транзистора в режимі, що встановився. Сумарну потужність з врахуванням прийнятих допущень можна розрахувати за допомогою виразу

$$P_{\Sigma} = P_{âêë.} + P_{í.ñ.} + P_{âêì} \quad . \tag{4}$$

Розрахунок інтегральної потужності розсіювання в електронних ключах ШІП на етапі включення

Еквівалентна схема ШІП для інтервалу включення з урахуванням моделі транзистора показана на рисунку 4.

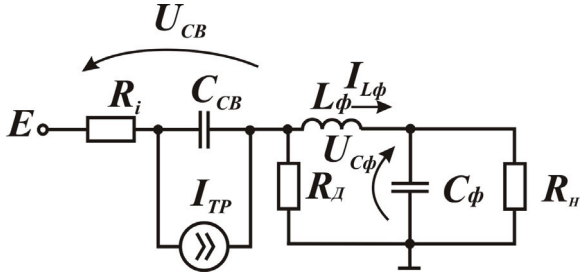


Рисунок 4 – Еквівалентна схема ШІП для інтервалу включення з урахуванням моделі МОН-транзистора

Діод *VD1* відкритий, вважаємо його активним опором $R_{Д.}$ Транзистор на рисунку 4 представлений внутрішнім опором R_i, паразитною ємністю

стік-виток $C_{СВ}$, і залежним джерелом струму $I_{ТР} = f(U_{СВ})$. Інші параметри транзистора є досить малими величинами, тому для спрощення аналізу їх не враховуємо.

Для зручності розрахунку перетворимо схему, показану на рисунку 4, у схему, рисунок 5, де також пронумеровані всі вузли й показані ненульові початкові умови реактивних елементів в режимі, що встановився. Де t_3 – час початку режиму, що встановився, $U_{СВ}(t_3)$ – напруга на ємності $C_{СВ}$ у момент початку включення транзистора, $L_ф i_{Lф}(t_3)$ – джерело напруги, що задає початковий струм в індуктивності $L_ф$ у момент початку включення транзистора, $U_{Cф}(t_3)$ – напруга на ємності $C_ф$ у момент початку включення транзистора.

Розрахунок початкових умов для режиму,що встановився наведений в [2].

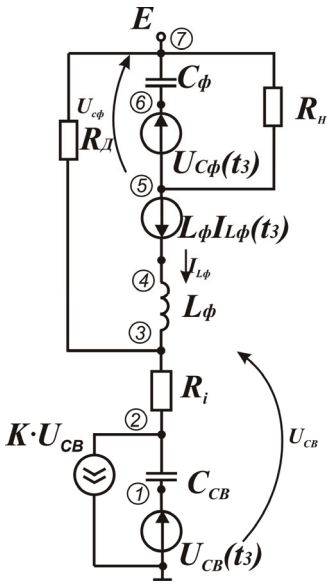


Рисунок 5 – Еквівалентна схема ШІП на інтервалі включення для розрахунку узагальненим векторно-матричним методом вузлових напруг

Відповідно до даної схеми складемо матрицю провідностей схеми

$$[Y] = \begin{bmatrix} pC_{СВ} + \frac{1}{R_i} & -\frac{1}{R_i} + K & 0 \\ -\frac{1}{R_i} & \frac{1}{R_i} + \frac{1}{pL_ф} + \frac{1}{R_д} & -\frac{1}{pL_ф} \\ 0 & -\frac{1}{pL_ф} & \frac{1}{pL_ф} + pC_ф + \frac{1}{R_н} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

вектор-стовпець шуканих напруг

$$[U] = \begin{bmatrix} U_2(p) \\ U_3(p) \\ U_5(p) \end{bmatrix}, \quad (6)$$

вектор-стовпець струмів, що задають,

$$[I]=\begin{bmatrix} U_{C_{\tilde{N}\hat{A}}}(t_3)\cdot C_{\tilde{N}\hat{A}} \\ \dfrac{i_{L_{\hat{o}}}(t_3)}{p}+\dfrac{E}{pR_{\ddot{A}}} \\ \dfrac{E}{pR_{\dot{I}}}+E\cdot C_{\hat{o}}-U_{C\hat{o}}(t_3)\cdot C_{\hat{o}}-\dfrac{i_{L_{\hat{o}}}(t_3)}{p} \end{bmatrix}. \qquad (7)$$

Відповідно до схеми, показаної на рисунку 5 , знаходимо струм $i_к$ і напругу U_{CB}, через вузлові напруги

$$U_{CB}(p)=U_3(p), \qquad (8)$$

$$i_{\hat{e}}(p)=\frac{U_3(p)-U_2(p)}{R_i}. \qquad (9)$$

Вирішивши матричне рівняння, одержуємо значення в p області, після чого, реалізувавши зворотне перетворення Лапласа, знаходимо значення струмів і напруг.

Тривалість інтервалу включення t_4 знаходимо, скориставшись умовою

$$\frac{dU_{CB}(t)}{dt}=0. \qquad (10)$$

Інтегральна потужність розсіювання розраховується за допомогою виразу

$$P_{\hat{a}\hat{e}\ddot{e}.}=\frac{1}{T}\cdot\int_{t_3}^{t_4}U_{\tilde{N}\hat{A}}(t)\cdot i_{\hat{e}}(t)\cdot dt. \qquad (11)$$

Розрахунок інтегральної потужності розсіювання в електронних ключах ШІП на етапі наростання струму

Еквівалентна схема ШІП для інтервалу наростання струму з урахуванням моделі транзистора показана на рисунку 6.

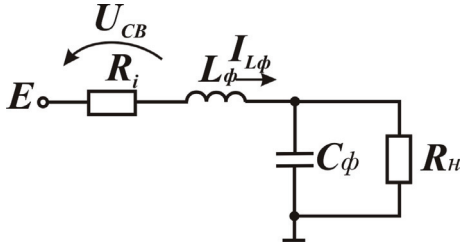


Рисунок 6 – Еквівалентна схема ШІП для інтервалу наростання струму з урахуванням моделі МОН-транзистора

Діод *VD1* закритий. Транзистор повністю відкритий на даному інтервалі, тому представлений внутрішнім опором R_i.

Для зручності розрахунку перетворимо схему, показану на рисунку 6, у схему, рисунок 7, де також пронумеровані всі вузли й показані ненульові початкові умови реактивних елементів. Де $L_ф i_{Lф}(t_4)$ – джерело напруги, що задає початковий струм в індуктивності $L_ф$ у момент початку етапу наростання струму, $U_{Cф}(t_4)$ – напруга на ємності $C_ф$ у момент початку етапу наростання струму. Початкові умови знаходяться з попереднього етапу.

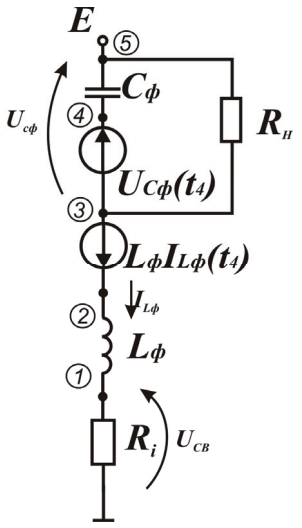


Рисунок 7 – Еквівалентна схема ШІП на інтервалі наростання струму для розрахунку узагальненим векторно-матричним методом вузлових напруг

Відповідно до даної схеми складемо матрицю провідностей схеми

$$[Y]=\begin{bmatrix} \frac{1}{R_i}+\frac{1}{pL_{ô}} & -\frac{1}{pL_{ô}} \\ -\frac{1}{pL_{ô}} & \frac{1}{pL_{ô}}+pC_{ô}+\frac{1}{R_{í}} \end{bmatrix}, \qquad (12)$$

вектор-стовпець шуканих напруг

$$[U]=\begin{bmatrix} U_1(p) \\ U_3(p) \end{bmatrix}, \qquad (13)$$

вектор-стовпець струмів, що задають,

$$[I]=\begin{bmatrix} \frac{i_{Lô}(t_4)}{p} \\ -U_{C_ô}(t_4)\cdot C_{ô}+\frac{E}{pR_{í}}-\frac{i_{Lô}(t_4)}{p}+Å\cdot C_{ô} \end{bmatrix}. \qquad (14)$$

Відповідно до схеми, показаної на рисунку 7 , знаходимо струм $i_к$ і напругу $U_{СВ}$, через вузлові напруги

$$U_{CB}(p) = U_1(p), \tag{15}$$

$$i_{\text{ê}}(p) = \frac{U_1(p)}{R_i}. \tag{16}$$

Вирішивши матричне рівняння, одержуємо значення в *p* області, після чого, реалізувавши зворотне перетворення Лапласа, знаходимо значення струмів і напруг.

Тривалість інтервалу включення t_5 знаходимо, скориставшись виразом

$$t_5 = t_{\text{з}} - t_4, \tag{17}$$

де t_i – тривалість керуючого імпульсу для транзистора.

Інтегральна потужність розсіювання розраховується за допомогою виразу:

$$P_{i\,.\text{ñ}.} = \frac{1}{T} \cdot \int_{t_4}^{t_5} U_{\tilde{N}\hat{A}}(t) \cdot i_{\text{ê}}(t) \cdot dt. \tag{18}$$

Розрахунок інтегральної потужності розсіювання в електронних ключах ШІП на етапі вимикання

Еквівалентна схема ШІП для інтервалу вимикання з урахуванням моделі транзистора показана на рисунку 8.

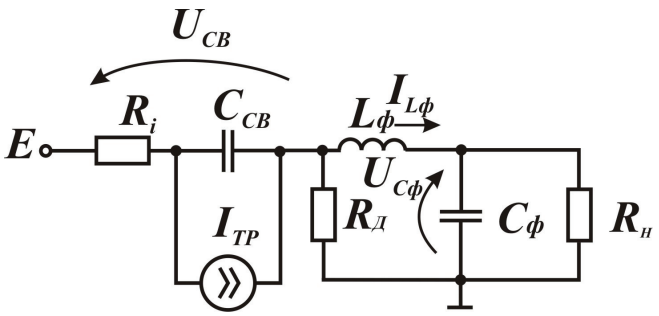


Рисунок 8 – Еквівалентна схема ШІП для інтервалу вимикання з урахуванням моделі МОН-транзистора

Діод *VD1* відкритий, вважаємо його активним опором $R_{Д.}$ Транзистор на рисунку 8 представлений внутрішнім опором R_i, паразитною ємністю стік-виток C_{CB} і залежним джерелом струму $I_{TP} = f(U_{CB})$. Інші параметри транзистора є досить малими величинами, тому для спрощення аналізу їх не враховуємо.

Для зручності розрахунку перетворимо схему, показану на рисунку 8, у схему, рисунок 9, де також пронумеровані всі вузли й показані ненульові початкові умови реактивних елементів в режимі, що встановився. Де $U_{CB}(t_5)$ – напруга на ємності C_{CB} у момент початку вимикання транзистора, $L_ф i_{Lф}(t_5)$ – джерело напруги, що задає початковий струм в індуктивності $L_ф$ у момент початку вимикання транзистора, $U_{Cф}(t_5)$

– напруга на ємності $C_ф$ у момент початку вимикання транзистора. Початкові умови знаходяться з попереднього етапу.

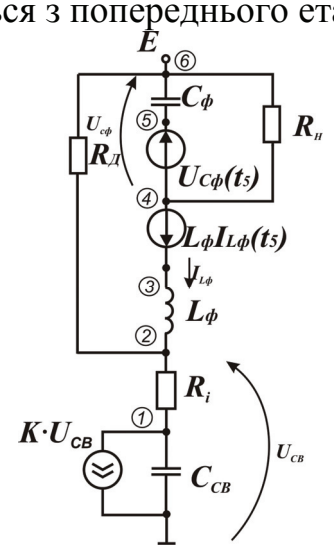


Рисунок 9 – Еквівалентна схема ШІП на інтервалі вимикання для розрахунку узагальненим векторно-матричним методом вузлових напруг

Відповідно до даної схеми складемо матрицю провідностей схеми

$$[Y]=\begin{bmatrix} pC_{\tilde{N}B}+\frac{1}{R_i} & -\frac{1}{R_i}+K & 0 \\ -\frac{1}{R_i} & \frac{1}{R_i}+\frac{1}{pL_{\hat{o}}}+\frac{1}{R_{\ddot{A}}} & -\frac{1}{pL_{\hat{o}}} \\ 0 & -\frac{1}{pL_{\hat{o}}} & \frac{1}{pL_{\hat{o}}}+pC_{\hat{o}}+\frac{1}{R_{\hat{I}}} \end{bmatrix}, \qquad (19)$$

вектор-стовпець шуканих напруг

$$[U]=\begin{bmatrix} U_1(p) \\ U_2(p) \\ U_4(p) \end{bmatrix}, \qquad (20)$$

вектор-стовпець струмів, що задають,

$$[I]=\begin{bmatrix} 0 \\ \frac{i_{L_{\hat{o}}}(t_5)}{p}+\frac{E}{pR_{\ddot{A}}} \\ \frac{E}{pR_i}+E\cdot C_{\hat{o}}-U_{C\hat{o}}(t_5)\cdot C_{\hat{o}}-\frac{i_{L\hat{o}}(t_5)}{p} \end{bmatrix}. \qquad (21)$$

Відповідно до схеми, показаної на рисунку 9 , знаходимо струм $i_к$ і напругу U_{CB} через вузлові напруги

$$U_{CB}(p) = U_2(p), \tag{22}$$

$$i_{ê}(p) = \frac{U_2(p) - U_1(p)}{R_i}. \tag{23}$$

Вирішивши матричне рівняння, одержуємо значення в p області, після чого, реалізувавши зворотне перетворення Лапласа, знаходимо значення струмів і напруг.

Тривалість інтервалу включення t_6 знаходимо, скориставшись умовою

$$t_6 = T - t_5, \tag{24}$$

де T – період роботи транзистора.

Інтегральна потужність розсіювання розраховується за допомогою виразу:

$$P_{âèì.} = \frac{1}{T} \cdot \int_{t_6}^{Ò} U_{ÑÂ}(t) \cdot i_{ê}(t) \cdot dt. \tag{25}$$

Аналіз інтегральної потужності розсіювання в електронному ключі ШІП

Розрахуємо інтегральну потужність розсіювання для класичного ШІП (рисунок 1). Параметри схеми наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри досліджуваної схеми ШІП і параметри моделі МОН-транзистора

Назва параметра	Позначення	Величина	Одиниці виміру
Частота роботи електронного ключа	f	100-1000	*кГц*
Період роботи електронного ключа	T	10-1	*Мкс*
Тривалість керуючого імпульсу	t_1	0.25	*Мкс*
Ємність фільтра	$C_Ф$	0.22	*мкФ*
Індуктивність фільтра	$L_Ф$	50	*мкГн*
Напруга живлення	E	30	*В*
Внутрішній опір транзистора	R_i	1.7	*Ом*
Ємність "стік-виток"	$C_{СВ}$	110	*нФ*
Коефіцієнт *К*	K	0.055	-
Опір навантаження	R_i	5	*Ом*

За допомогою методики, яка була наведена вище, були розраховані втрати потужності на транзисторному ключі для кожного інтервалу роботи при різних частотах (таблиця 2), а також була по цих даних побудована діаграма залежності розсіюваної потужності від частоти (рисунок 10).

Таблиця 2 – Втрати потужності на транзисторному ключі для кожного інтервалу роботи при різних частотах

№	Частота, *кГц*	$P_{ВКЛ}$, *Вт*	$P_{Н.С.}$, *Вт*	$P_{ВИМ}$, *Вт*	P_{Σ}, *Вт*
1	*100*	0.00094	0.8906	0.1791	1.0710
2	*250*	0.00234	2.2264	0.4476	2.6763
3	*500*	0.00469	4.4527	0.8953	5.3527
4	*750*	0.00703	6.6791	1.3429	8.0291
5	*1000*	0.00938	8.9055	1.7910	10.7059

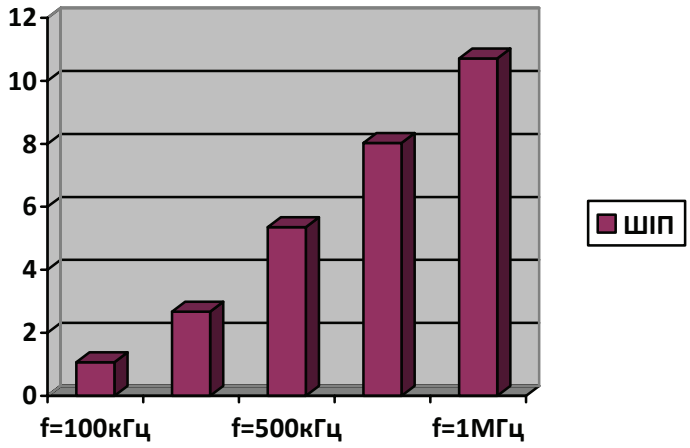


Рисунок 10 – Діаграма залежності втрат потужності на транзисторному ключі від частоти

Висновки

– представлена загальна методика розрахунку інтегральної потужності, що розсіюється на силовому ключі ШІП;

– встановлено вплив зміни частоти на величину інтегральної потужності розсіювання в силовому електронному ключі ШІП.

Література

1. *Белов Г.А.* – Динамика импульсных преобразователей. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2001. – 528 с.
2. *Денисов Ю.А., Городний А.Н., Савченко А.В.* Моделирование процессов коммутации в КРИП ПНТ с учётом паразитних параметров. //Техн. електродинаміка – Київ – 2008. – № 1. – С. 87-90.
3. *Денисов Ю.А.* – Стабилизаторы постоянного напряжения с широтно-импульсными и частотно-импульсными преобразователями. – К.: Институт электродинамики НАН Украины, 2001. – 146 с.
4. Схемотехника устройств на мощных полевых транзисторах. /Под ред. *В.П. Дьяконова*. – М.: Радио и связь, 1994. – 280 с.
5. *Сигорский В.П., Петренко А.И.* Алгоритмы анализа электронных схем. Изд.2-е, перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1976. – 608 с.: с ил.

УДК 621.316.722.076.12

Іванець С.А., к.т.н., Гусев О.О., аспірант, Чуб А.І., студент магістратури

МЕТОДИКА ВИБОРУ ЕЛЕМЕНТІВ ПАРАЛЕЛЬНОГО ФІЛЬТРО-КОМПЕНСУЮЧОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Вступ

В сучасному світі велику увагу надають якості споживаної електроенергії. Широко застосовуються пристрої компенсації реактивної потужності і неосновних гармонік. Такими пристроями є пасивні і активні фільтри, а також їх комбінації, які називають гібридними фільтрами [1]. Основна перевага активних фільтрів полягає в можливості компенсувати широкий спектр неосновних гармонік [1, 2]. Всі активні фільтри будуються на основі накопичувального елемента, перетворювача і зарядного пристрою. Схема, в якій як перетворювач і зарядний пристрій використовується чотирьохквадрантний перетворювач, отримала назву фільтро-компенсуючого перетворювача (ФКП). Не дивлячись на те, що в багатьох роботах [2, 3, 4, 5] наведені приклади успішної реалізації тієї або іншої системи управління ФКП, як правило, відсутні чіткі критерії вибору елементів системи управління і силової частини ФКП залежно від параметрів струму, що компенсується. Це призводить до того, що багато вище згаданих способів управління підходить тільки в тих випадках, коли форма споживаного навантаженням струму не змінюється у часі, що автоматично звужує область застосування таких компенсаторів [6, 7, 8].

Перед нами стоїть задача сформувати методику вибору елементів ФКП в залежності від параметрів струму навантаження, що компенсується.

Методи та результати

Ідея компенсації полягає в тому, що ФКП формує струм, який в сумі зі струмом навантаження дає ідеально синусоїдальний струм мережі (рисунок 1 а).

Система управління ФКП побудована по векторному способу управління. Спосіб полягає в тому, що у визначені моменти часу відбувається порівняння реального струму компенсатора з ідеальним струмом компенсатора, який необхідно сформувати (пунктирна лінія на рисунку 1 б). В залежності від знаку помилки та фази напруги вибирається вектор управління. При цьому під вектором розуміють стан кожного з ключів ФКП. Суцільною лінією показаний реальний струм компенсатора, який близький до бажаного, але не рівний йому. Очевидно, що чим більше вибірок, тим ближче реальна форма струму компенсатора до бажаної.

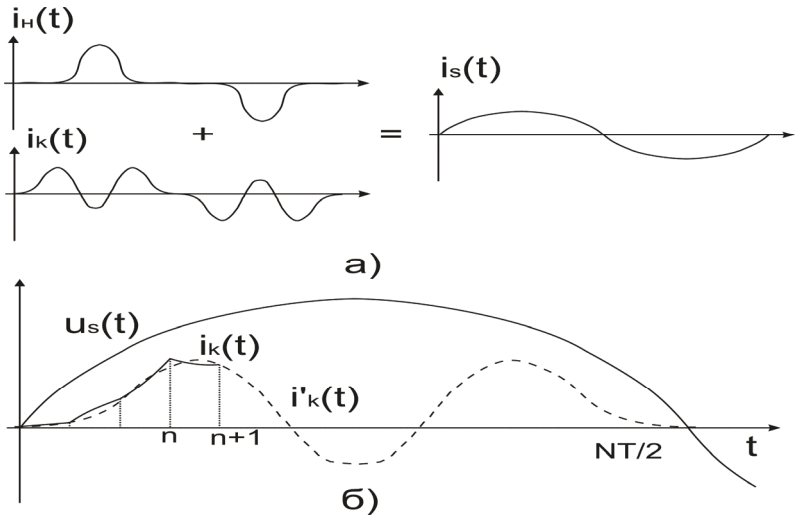


Рисунок 1 – Ідея компенсації реактивної складової струму навантаження

Розглянемо силову частину ФКП як незалежний пристрій і опишемо його диференційними рівняннями для всіх можливих станів комутації ключів у випадку використання векторного управління. При розгляді приймемо ряд припущень. 1. Транзистори і діоди вважатимемо ідеальними ключами: відсутні паразитні параметри, активний опір у відкритому стані рівний нулю. 2. Активний опір котушки рівний нулю, так же, як і тангенс кута втрат конденсатора. 3. Вважатимемо, що в сталому режимі напруга на конденсаторах змінюється несуттєво.

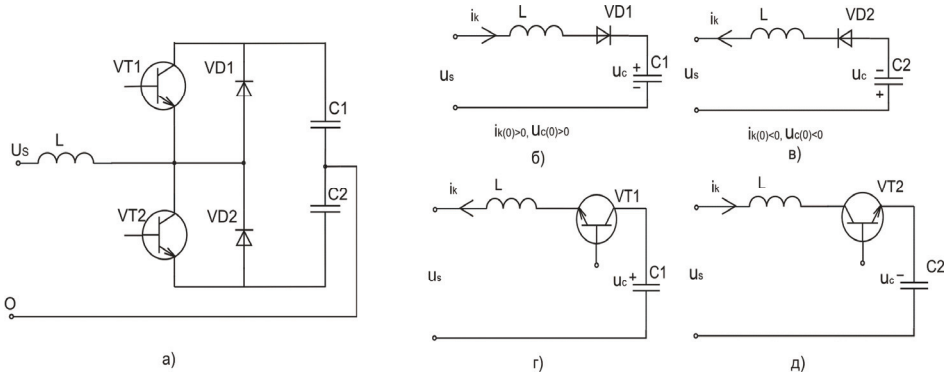


Рисунок 2 – Фільтро-компенсуючий перетворювач для однофазної мережі та його схеми заміщення

На рисунку 2а показаний ФКП для однофазної мережі. Режими роботи компенсатора визначаються станом ключів.

Оскільки ключів два, кожний з яких може бути в двох станах (відкритий або закритий), то потенційно можливі чотири режими роботи перетворювача. Очевидно, що режим, коли обидва транзистори відкрито, використовуватися не буде, оскільки це відповідає режиму короткого замикання. Схеми заміщення для режиму, коли обидва транзистори закрито, показані на рисунку 2б і 2в.

На рисунку 2б показана схема заміщення для випадку, коли струм компенсатора до комутації транзисторів був позитивно направлений, на

рисунку 2в – негативно. Рівняння, що описують ці схеми, однакові (початкові умови різні):

$$u_S(t) = L\frac{di_K(t)}{dt} + u_C(t), \qquad (1)$$

де

$$u_C(t) = u_C(0) + \frac{1}{C}\int_0^t i_K(t)dt.$$

У разі, коли відкритий верхній транзистор, залежно від початкових умов (напрям струму компенсатора), можливі два варіанти схеми заміщення. Якщо струм до комутації був позитивно направлений, то схема заміщення еквівалентна схемі на рисунку 2б, описується рівнянням (1). Якщо початкове значення струму негативне, то еквівалентна схема заміщення має вигляд, показаний на рисунку 2г. Рівняння, яким можна описати цю схему, також має простий вигляд (1). Тільки початкове значення струму буде або негативним, або нульовим. Абсолютно симетрична ситуація буде тоді, коли перший транзистор закритий, а відкритий другий. Якщо початкове значення струму компенсатора негативне, то слід використовувати схему 2в з відповідними початковими умовами. Якщо позитивне – тоді схема приймає вигляд, показаний на рисунку 2д. Рівняння не змінюється, початкове значення напруги на ємності – негативне. Таким чином, у всіх режимах струм компенсатора визначається одними і тими ж диференційними рівняннями. Режим роботи ключів визначає початкове значення напруги конденсатора в рівняннях. Якщо відкритий перший транзистор, то початкове значення напруги на ємності позитивне і визначається конденсатором С1, незалежно від напряму струму. Якщо відкритий другий транзистор – початкове значення напруги негативне, визначається конденсатором С2. Якщо обидва транзистори закриті, тоді початкове значення напруги на ємності визначається струмом компенсатора. Якщо до комутації струм був позитивним, тоді працює конденсатор С1, якщо негативним – тоді С2, відповідно, початкове значення напруги на ємності негативне. Вибираючи режим (вектор) роботи ключів, ми формуємо необхідну форму струму компенсатора (в ідеалі скільки завгодно складної форми). Як було показано вище, в загальному випадку, струм у ФКП можна описати системою рівнянь:

$$\begin{cases} u_S(t) = L\dfrac{di_K(t)}{dt} + u_C(t) \\ u_C(t) = u_C(0) + \dfrac{1}{C}\displaystyle\int_0^t i_K(t)dt \\ u_S(t) = U_m \sin(wt + \varphi(0)), \end{cases}$$

де $w = 2\pi f_c$ – частота роботи мережі,

$\varphi(0)$ – початкова фаза напруги мережі.

Будемо вважати $\varphi(0), i_K(0), u_C(0)$ відомими. Рішення такої системи відносно $i_K(t)$ буде мати вигляд:

$$\left[i_K(t) = \frac{wCU_m}{1-LCw^2}\cos(wt+\varphi(0)) + (i_K(0) - \frac{wCU_m}{1-LCw^2}\cos(\varphi(0)))\cos(\frac{1}{\sqrt{LC}}t) + \right.$$
$$\left. + (\sqrt{\frac{C}{L}}(\frac{U_m}{1-LCw^2}\sin(\varphi(0)) - u_C(0)))\sin(\frac{1}{\sqrt{LC}}t). \right.$$

Введемо позначення:

$\frac{1}{\sqrt{LC}} = w_K$ – власна резонансна частота компенсатора;

Тоді:

$$\left[i_K(t) = \frac{wCU_m}{1-\frac{w^2}{w_K^2}}\cos(wt+\varphi(0)) + (i_K(0) - \frac{wCU_m}{1-\frac{w^2}{w_K^2}}\cos(\varphi(0)))\cos(w_K \cdot t) + \right.$$
$$\left. + (\sqrt{\frac{C}{L}}(\frac{U_m}{1-\frac{w^2}{w_K^2}}\sin(\varphi(0)) - u_C(0)))\sin(w_K \cdot t). \right. \quad (2)$$

Маючи аналітичний вираз струму компенсатора залежно від початкових умов і режиму комутації, можемо аналізувати струм компенсатора на інтервалі часу між комутаціями. Оскільки кількість вибірок за період (інтервалів комутації) в реальній системі обмежена, для подальшого аналізу зручно перейти до відносного часу і ввести такі поняття як N – кількість інтервалів комутації, T – тривалість інтервалу комутації, n – поточний номер інтервалу комутації (рисунок 1 б).

Для того, щоб рівняння (2) описувало поведінку струму компенсатора на інтервалі часу від nT до $T(n+1)$, введемо позначення відносного часу $\bar{t} = \frac{t}{T}$, $t = (n+\varepsilon)T$, де ε – відносний параметр, який змінюється від 0 до 1. Тоді рівняння, яке описує поведінку струму на інтервалі часу між комутацією,:

$$\left[i_K(n+\varepsilon) = \frac{wCU_m}{1-\frac{w^2}{w_K^2}}\cos(wT\varepsilon+\varphi(n)) + (i_K(n) - \frac{wCU_m}{1-\frac{w^2}{w_K^2}}\cos(\varphi(n)))\cos(w_K T\varepsilon) + \right.$$
$$\left. + (\sqrt{\frac{C}{L}}(\frac{U_m}{1-\frac{w^2}{w_K^2}}\sin(\varphi(n)) - u_C(n)))\sin(w_K T\varepsilon), \right.$$

де $i_K(n), u_C(n), \varphi(n) = wnT$ – початкові умови для n-го інтервалу.

Використовуючи таку форму запису, при $\varepsilon = 1$, можливо отримати рекурентне співвідношення для струму:

$$\left[\begin{array}{l} i_K(n+1) = \dfrac{wCU_m}{1-\dfrac{w^2}{w_K^2}}\cos(wT+wnT) + (i_K(n) - \dfrac{wCU_m}{1-\dfrac{w^2}{w_K^2}}\cos(wnT))\cos(w_K T) + \\ \quad + (\sqrt{\dfrac{C}{L}}(\dfrac{U_m}{1-\dfrac{w^2}{w_K^2}}\sin(wnT) - u_C(n)))\sin(w_K T) \end{array} \right. \quad (3)$$

Маючи рекурентне співвідношення (3), можна записати і зміну струму за інтервал часу від nT до $T(n+1)$:

$$\left[\begin{array}{l} \Delta i_K(n) = \dfrac{wCU_m}{1-\dfrac{w^2}{w_K^2}}\cos(wT+wnT) + i_K(n)(\cos(w_K T)-1) - \dfrac{wCU_m}{1-\dfrac{w^2}{w_K^2}}\cos(wnT)\cos(w_K T) + \\ \quad + (\sqrt{\dfrac{C}{L}}(\dfrac{U_m}{1-\dfrac{w^2}{w_K^2}}\sin(wnT) - u_C(n)))\sin(w_K T) \end{array} \right.$$

Тоді швидкість зміни струму за час T буде мати вигляд:

$$\left[\begin{array}{l} \dfrac{\Delta i_K}{T}(n) = \dfrac{1}{T}(\dfrac{wCU_m}{1-\dfrac{w^2}{w_K^2}}\cos(wT+wnT) + i_K(n)(\cos(w_K T)-1) - \dfrac{wCU_m}{1-\dfrac{w^2}{w_K^2}}\cos(wnT)\times \\ \quad \times\cos(w_K T) + (\sqrt{\dfrac{C}{L}}(\dfrac{U_m}{1-\dfrac{w^2}{w_K^2}}\sin(wnT) - u_C(n)))\sin(w_K T)) \end{array} \right. \quad (4)$$

Слід зазначити, що ми не ставимо задачу знаходження аналітичного виразу $i_K = f(n)$. Цю задачу неможливо вирішити в загальному випадку, оскільки в рівнянні (4) присутній знакозмінний параметр $u_C(n)$. Знак напруги на ємності залежить від вектора стану транзисторів і не може бути зазделегіть відомим.

Для визначення значень індуктивності, ємності накопичувального конденсатора і частоти комутації необхідно визначити амплітуду струму компенсатора і його швидкість зміни, яка визначає межу в спектрі струму навантаження, який можливо скомпенсувати. Амплітуда струму компенсатора визначається амплітудою пульсації реактивної потужності

$$I_m = \frac{\Delta P}{U_m}. \quad (5)$$

Швидкість зміни струму компенсатора повинна бути не менше максимального значення похідної реактивного струму навантаження, який необхідно скомпенсувати:

$$\max(\frac{di_k(t)}{dt}) = I_m' \le \frac{\Delta i_K}{T}.$$

Аналіз ускладнюється тим, що амплітуда зміни струму на інтервалі часу від nT до $T(n+1)$ залежить від безлічі параметрів, які можуть приймати широкий діапазон значень. До цих параметрів можна віднести: T – тривалість інтервалу комутації, визначається системою управління; L, C – індуктивність і накопичувальна ємність фільтро-компенсуючого перетворювача, які підлягають визначенню; U_m, w – амплітуда і частота живлячої напруги, які нам відомі; $u_C(n)$ – напруга на накопичувальній ємності, яка в ідеалі змінюється несуттєво, її можна вважати постійною; $i_K(n), n$ – струм компенсатора в початковий момент вибірки і порядковий номер вибірки. Ці величини можуть приймати широкий діапазон значень.

При аналізі виразу (4) було встановлено, що швидкість зміни струму компенсатора мало залежить від початкового значення струму компенсатора. Отже, в подальшому можна буде спростити вираз (4), прийнявши $i_K(0) = 0$. Величина накопичувальної ємності при фіксованій напрузі на ємності і номері вибірки ніяк не впливає на швидкість зміни струму компенсатора. Якісний характер швидкості зміни струму через індуктивність залежатиме від напруги мережі і носить синусоїдальний характер з постійною складовою. Середнє значення для різної полярності напруги на накопичувальній ємності має різний знак, але рівне по модулю, постійна складова пропорційна напрузі на ємності, взятій зі зворотним знаком. Величина індуктивності впливає як на постійну складову швидкості зміни струму компенсатора, так і на амплітуду змінної: чим менше індуктивність, тим більше постійна складова і амплітуда синусоїди. Отримана залежність добре узгоджується з фізичними основами роботи даного класу пристроїв. Величина індуктивності визначає швидкість зміни струму через неї за рахунок явища самоіндукції (рисунок 3).

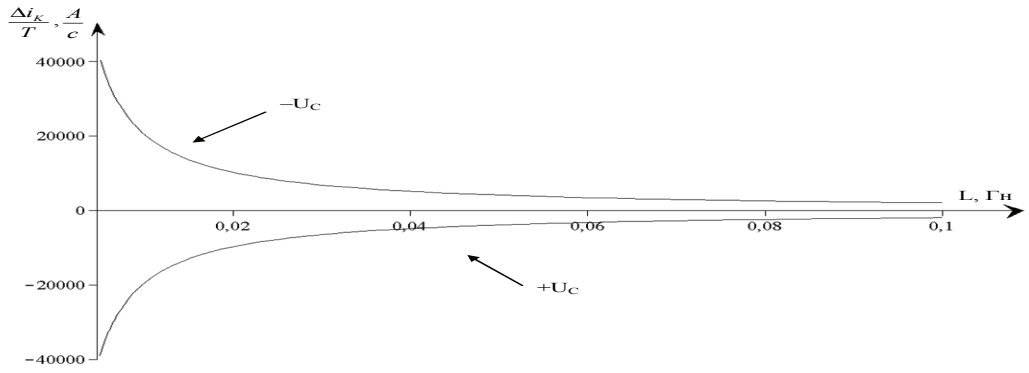


Рисунок 3 – Залежність швидкості зміни струму ФКП від величини індуктивності

Таким чином, вважаючи, що частота комутації як мінімум на порядок більше власної резонансної частоти контура, утвореного накопичувальною ємністю і індуктивністю, тобто $\sqrt{LC} >> T$, а також враховуючи прийняті раніше припущення, запишемо вираз:

$$\frac{\Delta i_K}{T}(n)\Big|_{\pm Uc} = \frac{U_m}{L}\sin(wnT) \mp \frac{U_C}{L}. \quad (6)$$

З виразу (6) очевидно, що мінімальне значення швидкості зміни струму компенсатора матиме наступне значення:

$$\frac{\Delta i_K}{T} = \frac{U_C - U_m}{L}.$$

При виборі ємності необхідно враховувати, що в процесі роботи компенсатора напруга на ємності повинна змінюватися несуттєво, для врахування цього введемо k – відносний коефіцієнт пульсацій напруги на обкладинках конденсатора:

$$k = \frac{\Delta U_C}{U_C}.$$

Визначимо зв'язок між C, k і значенням реактивної потужності ΔP.

В загальному випадку реактивна потужність може мати досить складний спектр. Приклад зміни в часі реактивної потужності для нелінійного навантаження, яким є випрямляч, показаний на рисунку 4. Значення відхилення напруги на ємності досягає свого максимального значення у момент часу t_1:

$$\frac{1}{C}\int_0^{t_1} i_k(t)dt = kU_C,$$

але для аналізу енергії, переданої в ємність за час від 0 до t_1, немає необхідності враховувати складний спектральний склад реактивної потужності і ми можемо замінити його більш простим виразом.

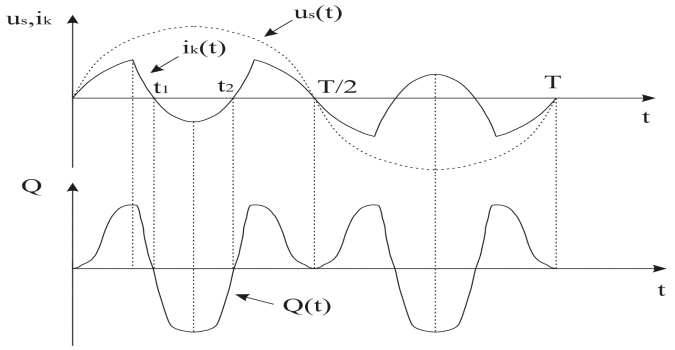


Рисунок 4 – Реактивна потужність

Використовуватимемо для нашого випадку синусоїдальний сигнал з потрійною частотою, як показано на рисунку 5.

Враховуючи спрощення, можемо записати:

$$kU_C = \frac{1}{C}\int_0^{T/6} i_k(t)dt = \frac{1}{C}\int_0^{T/6} I_m \sin(3wt)dt = -\frac{1}{C\cdot 3w} I_m \cos(3wt)\Big|_0^{\frac{\pi}{3}} = \frac{2\cdot I_m}{C\cdot 3w}$$

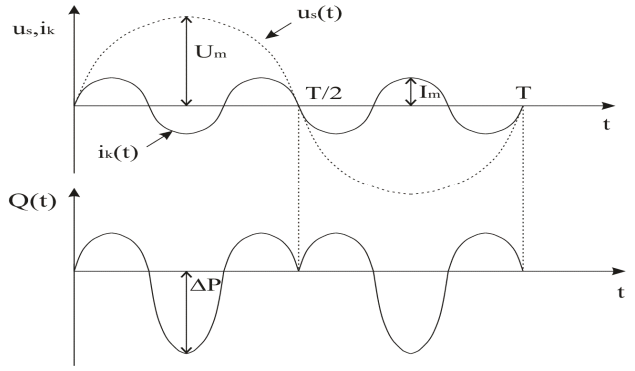


Рисунок 5 – Спрощена закономірність зміни реактивної потужності

Враховуючи вираз (5), остаточно отримаємо вираз максимального відхилення напруги на ємності:

$$kU_C = \frac{2\cdot \Delta P}{C\cdot 3w\cdot U_m}.$$

Вибираючи допустиме значення k і U_C, а також вимірюючи пульсації реактивної потужності навантаження ΔP і швидкість зміни струму компенсатора, ми одержуємо систему рівняння для визначення номіналів реактивних елементів:

$$\begin{cases} C = \dfrac{2\cdot \Delta P}{kU_C\cdot 3w\cdot U_m} \\ L = \dfrac{U_C - U_m}{\dfrac{\Delta i_K}{T}} \end{cases} \quad (7)$$

Очевидно, що для якісної компенсації високочастотних спотворень необхідно, щоб напруга на ємності перевищувала амплітудну напругу мережі.

Моделювання

Перевіримо отримані аналітичні вирази шляхом моделювання схеми ФКП при заданих параметрах струму навантаження. Моделювання проводилося в пакеті MATLAB для напруги мережі 36 В і частотою 50 Гц, при параметрах навантаження: P=220 Вт; ΔP=1100 ВА; $\frac{\Delta i_K}{T} = 9\cdot 10^4 \frac{A}{c}$.

Функціональна схема модельованої системи показана на рисунку 6.

Враховуючи, що U_m = 50,9 В; U_C = 89,5 В; k = 0,1, з виразу (7) отримуємо значення реактивних елементів: C=5,1 мФ, L=0,44 мГн.

Характеристикою якості фазного струму є коефіцієнт гармонійних спотворень THD:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} 100\% .$$

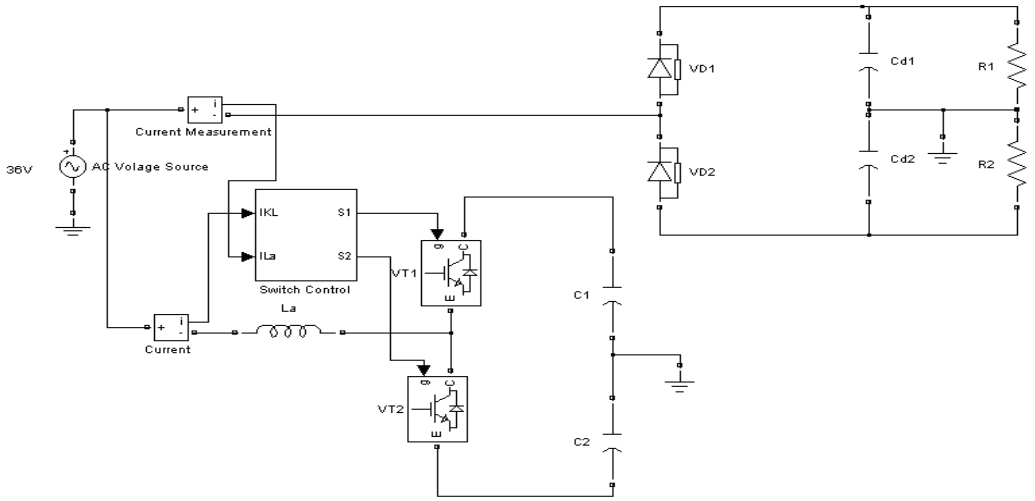


Рисунок 6 – Схема моделювання

Для навантаження у відсутності компенсатора THD ≈ 124,82 %. При моделюванні вимірювався коефіцієнт гармонійних спотворень струму фази. Частота вибірки даних для аналізу струму фази бралася 1 МГц, що є достатнім для максимальної частоти 100 кГц. Часові діаграми роботи компенсатора на частоті комутації 40 кГц приведені на рисунку 7а.

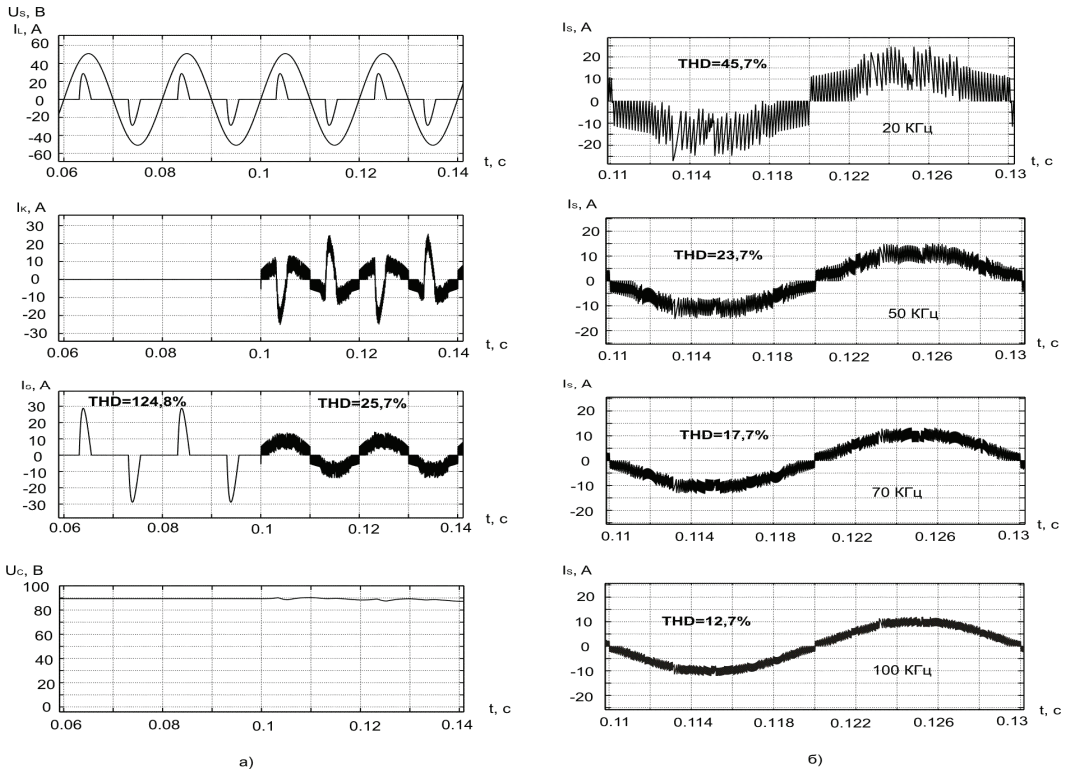


Рисунок 7 – Електромагнітні процеси в мережі 36 В при включенні компенсатора, фазний струм мережі 36 В при різних частотах комутації

На рисунку 7б приведено сімейство графіків фазного струму при різних частотах комутації: 20 кГц, 50 кГц, 70 кГц, 100 кГц. Як видно з графіків, підвищення частоти комутації приводить до більш якісної компенсації струму в мережі.

Аналізуючи отримані результати моделювання, а також аналітичні вирази, можна сказати, що найважливішим показником є швидкість наростання струму компенсатора, яку треба забезпечити. Для навантажень з різкою зміною струму в процесі компенсації спостерігатимуться великі пульсації струму фази, а отже, збільшення коефіцієнта гармонійних спотворень. Зменшення коефіцієнта гармонійних спотворень досягається підвищенням частоти комутації, що в реальних системах приводитиме до падіння ККД.

Висновки

В результаті проведеного аналізу були отримані аналітичні вирази, які дозволяють вибирати ємність та індуктивність у фільтро-компенсуючому перетворювачі. Результати моделювання показують, що знайдені аналітичні вирази можна використовувати для розрахунку елементів фільтру, оскільки вони забезпечують необхідну швидкість наростання струму компенсатора. Слід зазначити, що збільшення значення швидкості зміни струму компенсатора, приводить до збільшення пульсації струму на більш пологих ділянках, і як результат – збільшенню коефіцієнта гармонійних спотворень. Для зменшення пульсацій слід збільшувати частоту комутації.

Література

1. *Hirofumi Akagi*. Trends in active power line conditioners. – IEEE Trans. on Power Electronics, May 1994, vol. 9, № 3.
2. *Hirofumi Akagi, Hideaki Fuijita.* A new power line conditioner for harmonic compensation in power systems. – IEEE transactions on power delivery, vol. 10, № 3 july 1995.
3. *Hideaki Fuijita, Hirofumi Akagi.* An approach to harmonic current-free AC/DC power conversion for large industrial loads: the integration of a series active filter with a double-series diode rectifier. – IEEE transactions on industry applications, vol. 33, № 5 september/october 1997.
4. *Bhim Singh, Vishal Verma.* An improved hybrid filter for compensation of current and voltage harmonics for varying rectiffier loads. – Electrical Power and Energy Sysrems 29 (2007) 312-321.
5. *Ryszard Strzelecki, Grzegorz Benysek, Jacek Rusinski, Emil Kot*. Analysis of DC Link Capacitor Voltage Balance in Multilevel Active Power Filters. – EPE 2001 – Gratz.
6. *Булатов О.Г., Шитов В.А.* Принципы построения быстродействующих компенсаторов реактивной мощности. – Электротехника. − 1989. − № 7 – С. 5-9.
7. *Жемеров Г.Г., Ильина О.В.* Расчет параметров емкостного накопителя энергии компенсатора пульсаций мгновенной активной мощности. – Электричество – 2008 – № 1 – С. 54-59.
8. *Зощенко А.В., Пазєєв А.Г., Возний В.А.* Вибір накопичуючого компенсатора в перетворювачі змінної напруги на постійну. – Техн. електродинаміка. – 2002. – № 2 – С. 34-38.

УДК 621.313-57

Гордієнко В.В., канд. техн. наук., Савенко О.В., ст. викладач,
Садченко В.І., студент магістратури

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПУСКУ БЕЗКОНТАКТНОГО ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Вступ

Відомо, що в перехідних режимах споживання електроенергії може набагато перевищувати її споживання в статичних режимах роботи. Значна частина вироблюваної електроенергії споживається приводами різного типу [1]. Оскільки безконтактні двигуни постійного струму (БДПС) застосовуються не тільки в системах точного електроприводу, а й у транспортних та компресорних установках великої потужності, то їхня частка в споживанні електроенергії приводами значна, тому перспективним є вивчення й порівняння впливу способів пуску таких двигунів на енергетичні характеристики. Поряд з енергетичними характеристиками не менш важливими можуть виявитися й часові характеристики, особливо в тих застосуваннях БДПС, де необхідно одержати максимально можливе збільшення швидкості за заданий час, тут також необхідні аналіз і порівняння різних методів пуску.

У даній статті розглянуті: система керування (СК), результати, отримані при експериментальному дослідженні пуску БДПС, а також диференційне рівняння, розв'язок якого є оптимальним законом зміни швидкості при частотному пуску.

Структурна схема дослідного стенду

Структурна схема стенду має вигляд, показаний на рисунку 1. Дана схема дозволяє забезпечити як частотний пуск, так і пуск в режимі двигуна постійного струму. Особливістю цієї структурної схеми є те, що вона дозволяє передавати швидкість двигуна в комп'ютер, а з комп'ютера можна запускати двигун та встановлювати ту швидкість, яку він повинен досягти. Принцип роботи структурної схеми наступний. З датчиків положення ротора (ДПР), а також з датчика одного обороту (ДОО), що розміщені на двигуні (ДВ), сигнали поступають на плату сполучення (ПС), на якій розміщені буферні елементи, а потім на відлагоджувальний стенд Nios development board Cyclone Edition (ПЛІС), так сигнали ДПР поступають на вбудовану систему на кристалі (ВСК), а сигнали з ДОО – в блок розрахунку швидкості (БРШ). Блок ВСК відповідає за керування комутацією ключів інвертора, а також генерує сигнал широтно-імпульсної модуляції (СШІМ), за допомогою якого регулюється величина фазової напруги. В БРШ відбувається підрахунок кількості імпульсів тактового

генератора за час одного обороту, далі в цьому блоці йде перетворення кількості імпульсів в швидкість в обертах на хвилину, причому БРШ передає значення цілої частини швидкості, а потім дробової (з точністю до сотих) в блок забезпечення передачі даних (БЗПД). Данні з ПЛІС за допомогою БЗПД поступають на порт комп'ютера (ПК) за допомогою інтерфейсу RS-232. Ефективність роботи системи, в якій використовуються ПЛІС з ВСК, наведена в [2].

В ході проведення дослідів при запуску БДПС в режимі двигуна постійного струму були зняті покази швидкості та струму як при холостому ході, так і при навантаженні. Отримані дані були оброблені за методикою, наведеною в [3]. Результати наведено в таблиці 1.

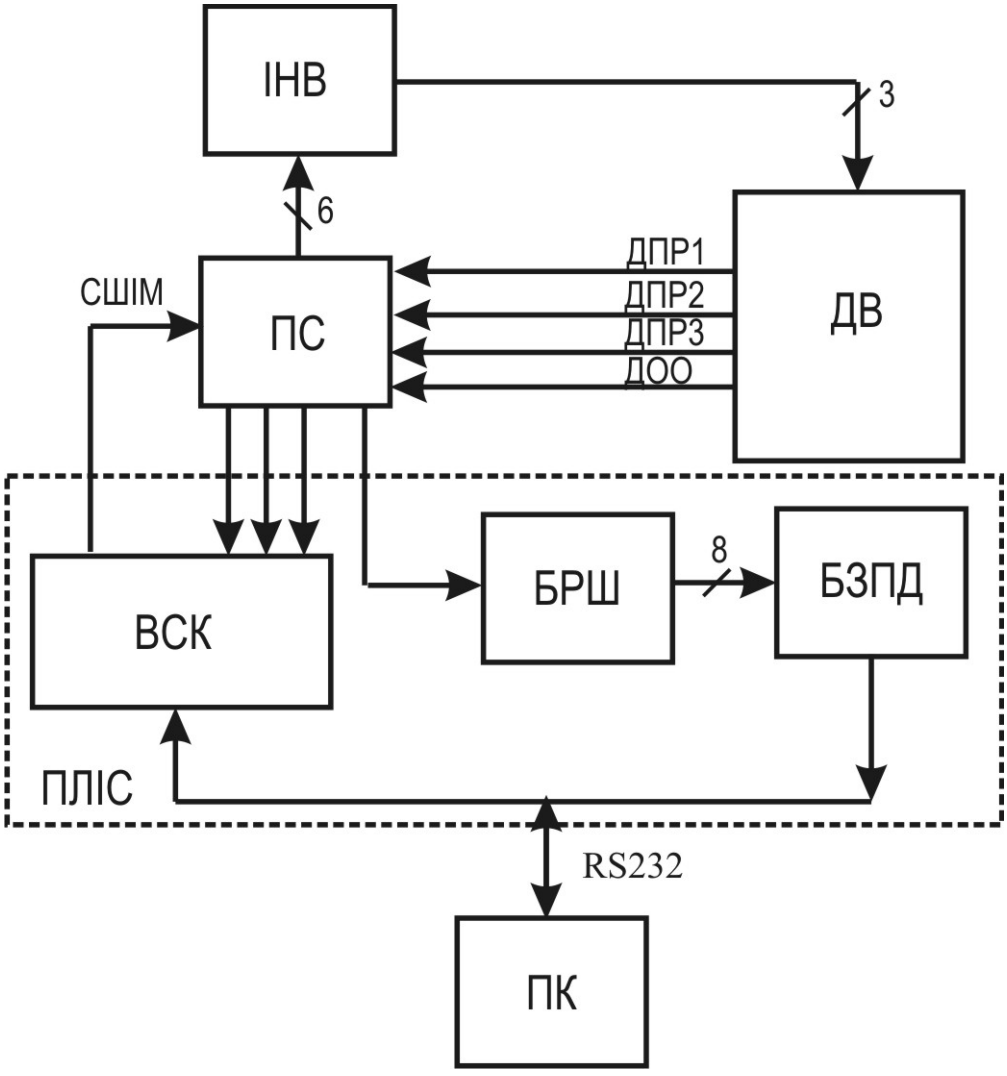


Рисунок 1 – Структурна схема системи керування

Таблиця 1 – Залежність максимального коефіцієнта корисної дії від напруги

U, В	n_{xx}, об/хв	I_0, А	I_H, А	n_H, об/хв	M	η_{max}, %
9,5	162	0,179	2,842	81	5,45	69,48
10	171	0,187	2,6	94	5,44	68,95
10,5	180	0,194	2,582	105	5,52	69,34
11	188	0,205	1,906	136	5,54	69,57
11,5	197	0,213	1,681	151	5,5	69,93
12	205	0,224	1,768	156	5,47	69,91

Вираз, що дозволяє обчислити безрозмірний коефіцієнт M, має наступний вигляд:

$$M = \sqrt{\frac{n_{xx}}{I_0} \cdot \frac{I_H - I_0}{n_{xx} - n_H} + 1}, \quad (1)$$

де n_{xx} – швидкість обертання ротора двигуна на холостому ходу, об/хв;

n_H – частота обертання ротора двигуна при навантаженні, об/хв;

I_0 – струм, що споживається двигуном на холостому ходу, А;

I_H – струм, що споживається двигуном при навантаженні, А.

Для розрахунку η_{max} вираз має вигляд:

$$\eta_{max} = \frac{M - 1}{M + 1}, \quad (2)$$

Отримані дані, необхідні для визначення залежності швидкості двигуна від напруги, а також коефіцієнта *m* [4-6], необхідного для визначення закону зміни напруги в залежності від отриманого виду залежності швидкості від часу. Дана залежність має вигляд:

$$u = m \cdot i + v, \quad (3)$$

де u – напруга у відносних одиницях;

i – струм у відносних одиницях;

v – швидкість обертання двигуна у відносних одиницях.

Також для максимального коефіцієнту корисної дії справедлива залежність [4-6]:

$$\eta_{max} = \frac{v_0}{v_0 + 2 \cdot m \cdot i_0}, \quad (4)$$

де i_0 – величина струму споживання при номінальній швидкості у відносних одиницях;

v_0 – номінальна швидкість обертання двигуна у відносних одиницях.

Оптимальний закон зміни швидкості

Для отримання оптимального закону зміни швидкості будемо використовувати варіаційне числення, теоретичні основи якого викладені в [4-6].

Запишемо основне рівняння електроприводу (рівняння моментів на валу):

$$C_{\Phi} \cdot \Phi_{ДВ} \cdot I = J \cdot \frac{d\omega}{dt} + M_0 \quad , \tag{5}$$

де C_{Φ} – постійний коефіцієнт;

$\Phi_{ДВ}$ – магнітний потік;

I – струм якоря електродвигуна;

J – момент інерції двигуна та виконуючого механізму, приведений до валу двигуна;

ω – швидкість обертання валу двигуна;

M_O – момент опору виконуючого механізму;

t – час.

При переході від цього рівняння до рівняння в умовних одиницях з коефіцієнтами, поданими в [4-6], а також вважаючи магнітний потік незмінним отримаємо рівняння:

$$i = v' + \mu \quad , \tag{6}$$

де i – струм у відносних одиницях;

v'–прискорення ротора двигуна у відносних одиницях;

μ – момент опору у відносних одиницях.

Будемо шукати закон зміни швидкості, що забезпечує при заданому значенні теплових втрат максимально можливу зміну швидкості за певний проміжок часу. Оскільки допустимі теплові втрати нам невідомі, то скориставшись принципом взаємності, що існує у варіаційному численні, можна переформулювати задачу, а саме будемо шукати такий закон зміни швидкості, який забезпечує при заданому значенні зміни швидкості (від нуля до заданого), при мінімальних теплових втратах. Таку задачу можна математично сформулювати рівняннями:

$$Q = \int_0^T (v' + \mu)^2 d\tau \quad , \tag{7}$$

де Q – теплові втрати.

$$\Delta v = \int_0^T v' d\tau \quad , \tag{8}$$

де Δv – задана зміна швидкості.

Таким чином, проміжну функцію для рівняння Ейлера для даної задачі можна записати у вигляді:

$$F = (v' + \mu)^2 + \lambda \cdot v' \quad , \tag{9}$$

де F – проміжна функція;

λ – постійна.

Вважаючи, що для вентиляторного навантаження момент опору має квадратичну залежність від швидкості, запишемо функцію для підстановки у рівняння Ейлера у вигляді:

$$F = (v' + (k \cdot v^2 + b))^2 + \lambda \cdot v' \quad , \tag{10}$$

де k та b – коефіцієнти квадратичної залежності моменту опору від швидкості.

Перевіримо, чи досягається при такому вигляді проміжної функції рівняння Ейлера мінімум теплових втрат, для цього використаємо умову Лежандра, яка після підстановки виразу (10) має вигляд:

$$\frac{d^2F}{dv^2} = 2 \tag{11}$$

Оскільки наша умова більше нуля, то маємо екстремум, що забезпечує нам вимогу поставленої задачі до властивостей *v(τ)*. Розв'язуючи рівняння Ейлера, приходимо до диференційного рівняння, що має вигляд:

$$2 \cdot k \cdot v \cdot (k \cdot v^2 + b) - v'' = 0 \tag{12}$$

Розв'язуючи це рівняння, отримаємо аналітичну залежність *v(τ)*, що має вигляд:

$$v = \sqrt{\frac{b}{k}} \cdot tg(\sqrt{k \cdot b} \cdot (\tau - C)) \quad , \tag{13}$$

де C – постійна інтегрування.

Враховуючи початкові умови, що швидкість в початковий момент часу дорівнює нулю, отримаємо остаточну залежність для ν(τ), виражену у відносних одиницях:

$$v = \sqrt{\frac{b}{k}} \cdot tg(\sqrt{k \cdot b} \cdot \tau) \tag{14}$$

Перейдемо з відносних одиниць до розмірних величин, як це показано в наступному виразі:

$$\omega = \omega_H \cdot \sqrt{\frac{b}{k}} \cdot tg(\sqrt{k \cdot b} \cdot \frac{t}{T_H}) \tag{15}$$

Отримаємо максимально можливий час t_{max}, за який двигун повинен вийти на задану швидкість, з умови, що вираз під тангенсом не може бути рівним π/2.

$$t_{\max} = \frac{T_H \cdot \pi}{2 \cdot \sqrt{b \cdot k}} \tag{16}$$

Аналізуючи (15) та (16) можна зробити висновки, що значення *b* та *k* суттєво впливають на можливість проведення оптимального частотного пуску БДПС, особливо з урахуванням того, що існує граничне прискорення, при якому БДПС в режимі частотного пуску не виходить з синхронізму. Диференціюючи (15), отримаємо залежність прискорення від часу:

$$\omega' = b \cdot (1 + tg(\sqrt{b \cdot k} \cdot \frac{t}{T_H})^2) \quad , \tag{17}$$

де ω' – прискорення.

Висновки

1. Розроблена установка, що дозволяє визначити основні параметри БДПТ різної потужності та призначення.
2. Розрахований закон, що забезпечує максимальну енергоефективність для вентиляторного навантаження на валу БДПТ.
3. Розроблена установка дозволяє керувати БДПТ по законах, що забезпечують найбільші енергоефективність та швидкодію.

Література

1. *Л. Макаров, А. Кобелев* Поможем ТЭКу – снизим издержки //Мировая энергетика – 2008 – № 9 – С. 23-26
2. *Кенио Т., Нагамори С.* Двигатели постоянного тока с постоянными магнитами /Перевод с англ.А.Ю. Черкашина. – 1989. – 180 с.
3. *Иванец С.А., Савенко А.В., Гусев А.А., Хоменко О.Б.* Анализ условий частотного перевода вентильного двигателя в синхронный режим //Технічна електродинаміка, тем. випуск «Силова електроніка», 2008, № 4 – С. 7-11.
4. *Петров Ю.П.* Вариационные методы теории оптимального управления. Изд. 2-е, перераб. и доп.– Л., «Энергия», 1977. – 280 с.
5. *Петров Ю.П.* Оптимальное управление электроприводом. М. – Л., Госэнергоиздат, 1961. – 187 с.:ил.
6. *Петров Ю.П.* Оптимальное управление электрическим приводом с учётом ограничений по нагреву. – Л.: «Энергия», 1971, – 144 с.:ил.

УДК 621.314.12

РЕВКО А.С., КАНД. ТЕХН. НАУК, ПАТУК О.В., СТУДЕНТ МАГІСТРАТУРИ

КВАЗІРЕЗОНАНСНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ З НИЗЬКОЮ НАПРУГОЮ ЖИВЛЕННЯ

Вступ

Стаття присвячена особливостям застосування квазірезонансних імпульсних перетворювачів (КРІП) з низькою напругою живлення. Аналізуються можливі топології таких КРІП, проблеми, що виникають у зв'язку з низькою напругою живлення, шляхи їх розв'язання. Особлива увага приділяється розробці рекомендацій з найбільш оптимального використання КРІП у таких системах.

Як відомо, вже давно в джерелах живлення використовуються імпульсні перетворювачі (ШІП), в основному на базі широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Вони мають високий коефіцієнт корисної дії (ККД) і гарні масогабаритні показники, але в той же час генерують в ефір і живлячу мережу значний рівень електромагнітних завад [1].

Перспективними є ключові елементи на основі квазірезонансу, перемикання яких відбувається за нульовим струмом або ж при нульовій напрузі. Використання квазірезонансних ключів значно підвищує енергетичні, динамічні й питомі характеристики перетворювачів, електромагнітну сумісність з мережею живлення [2].

Зараз квазирезонансні перетворювачі зазвичай використовуються у вторинних джерелах електроживлення радіоелектронної апаратури. Аналіз вітчизняної і закордонної тематичної літератури показав, що питанням використання КРІП з низькою напругою живлення приділяється мало уваги, але потреба в таких дослідженнях існує.

Схемотехніки КРІП з низькою напругою живлення

Найбільш важливою особливістю перетворювача, що аналізується, є низька напруга живлення, що накладає обмеження на вибір топології такого перетворювача. Для оцінки впливу цього фактору на параметри перетворювача різних схемотехнічних побудов виконано попередній аналіз топологій перетворювачів з використанням біполярних і польових транзисторів в якості ключів. На цьому етапі аналізу виявлено, що використання польових транзисторів в якості силових ключів доцільніше, ніж біполярних. Даний висновок базується на конструктивних особливостях біполярного транзистора – наявності напівпровідникових переходів, через які навіть при повному відкриванні транзистора між колектором і емітером буде присутнє стале падіння напруги близько 0,6 вольт, що суттєво знизить ККД перетворювача. Також доводиться враховувати й інші недоліки біполярних транзисторів, у порівнянні з польовими. В силовому колі ключа не повинно бути інших

напівпровідникових переходів для запобігання додаткових втрат напруги на них.

Для розглянутої області застосування перетворювача з потужністю порядку десятка ват, найбільш оптимальною структурою буде двотактний перетворювач із прямим включенням діода.

Враховуючи всі факти, що наведені вище, можна зробити висновок, що для конкретної поставленої задачі найбільш оптимальним буде квазірезонансний перетворювач, побудований за схемою з перемиканням ключа при нульовому струмі, причому схема перетворювача – двонапівперіодна. Ключ – польовий транзистор з ізольованим затвором.

Принципова схема перетворювача, синтезованого згідно з поставленими критеріями, наведена на рисунку 1.

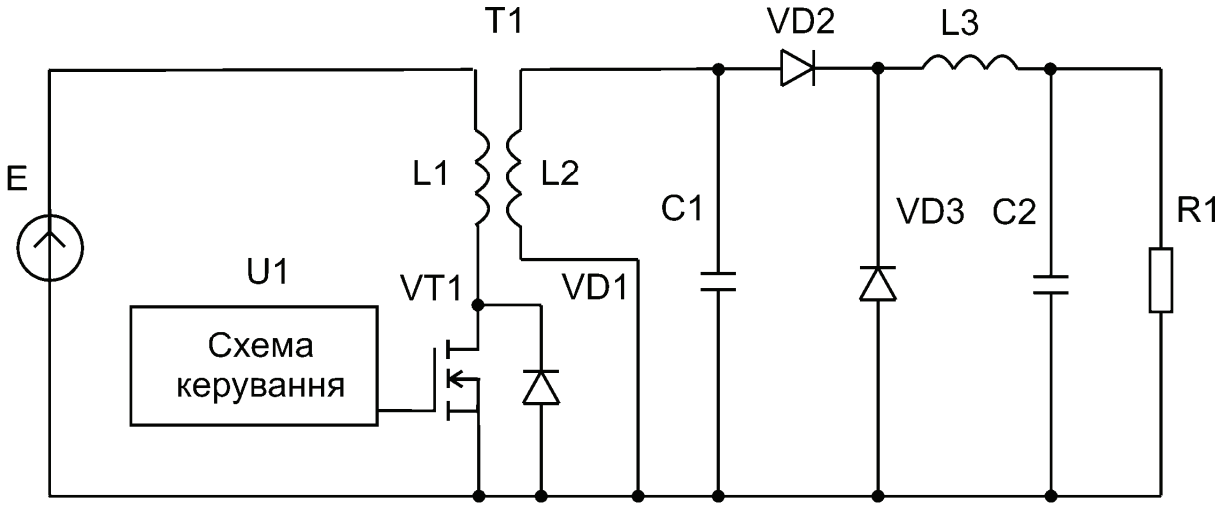


Рисунок 1 – Схема квазірезонансного перетворювача

На схемі зазначено наступні елементи: E – джерело живлення перетворювача; T1 – підвищувальний трансформатор, містить обмотки L1 і L2 із взаємним магнітним зв'язком; VT1 – польовий транзистор з ізольованим затвором, виконує роль силового ключа перетворювача; VD1 – шунтуючий діод (вбудований у транзистор VT1 або додатковий зовнішній); C1 – резонансна ємність, разом з T1 утворює резонансний контур; VD2– випрямляючий діод; VD3– шунтуючий діод; L3 – індуктивність фільтру; C2 – ємність фільтру, разом з L3 утворює LC фільтр першого порядку; R1 – опір навантаження.

Математичний аналіз електромагнітних процесів у перетворювачі

Для виконання математичного аналізу процесів, що протікають у перетворювачі, замінимо його для моделювання еквівалентною схемою. При аналізі перетворювача, що підвищує напругу, проблемним є питання врахування трансформатора в еквівалентній схемі. Дана проблема може бути вирішена використанням широко відомої еквівалентної схеми заміщення трансформатора. Відповідно до неї, трансформатор з магнітним

зв'язком між обмотками замінюється еквівалентною схемою, яка складається з RLC елементів, що мають між собою тільки електричні зв'язки, відповідно, отриману еквівалентну схему перетворювача можна розраховувати звичайним методом. Вилучивши паразитні параметри трансформатора та врахувавши тільки його індуктивність, отримуємо еквівалентну схему перетворювача, приведену на рисунку 2.

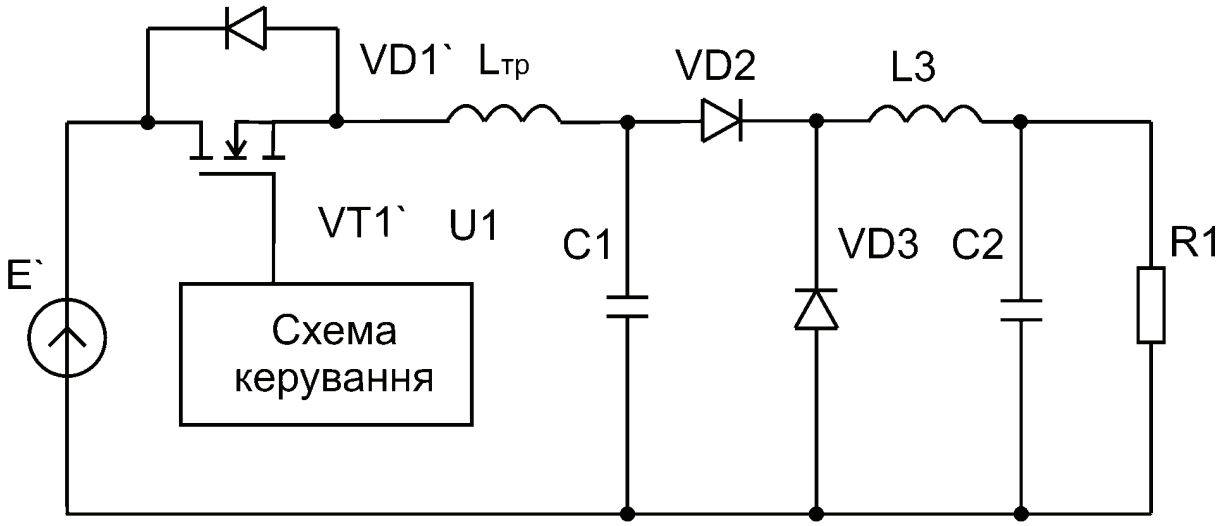


Рисунок 2 – Еквівалентна схема квазірезонансного перетворювача

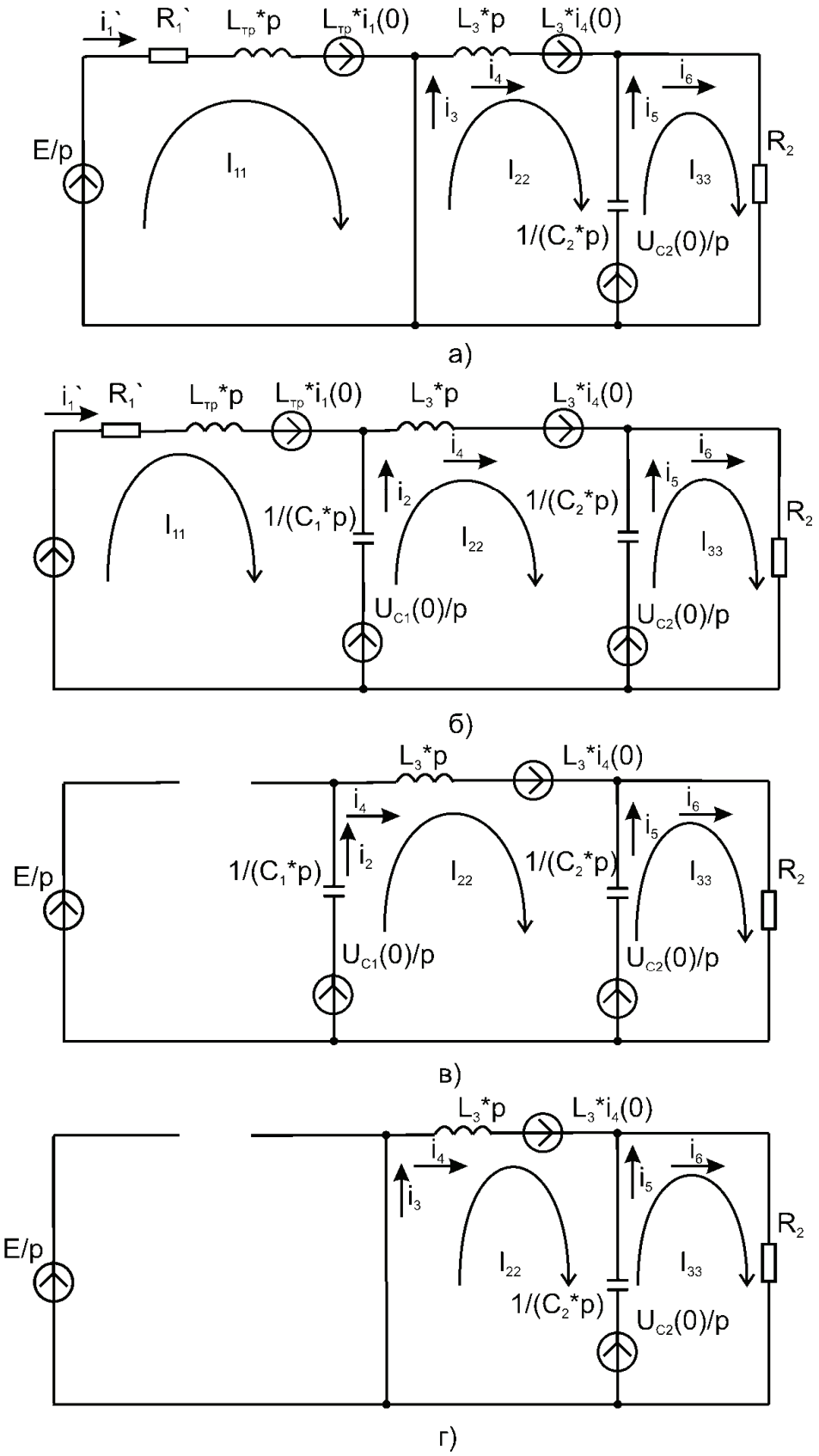
На рисунку 2 прийняті наступні позначення: $L_{тр}$ – еквівалентна індуктивність трансформатора, $L_{тр}$=L1`+L2; E`, VT1`, VD1`, L1` – еквіваленти елементів, параметри яких розраховуються виходячи зі схеми заміщення трансформатора відповідно до формул: E`=E*k, R`=R*$k^2$, L`=L*k^2, C`=C/k^2; k=w_2/w_1 – коефіцієнт трансформації трансформатора T1; w_2 і w_1 – відповідно, кількість витків у вторинній і первинній обмотках трансформатора T1.

Проаналізувавши отриману еквівалентну схему двотактного квазірезонансного перетворювача з підвищенням напруги, можна побачити, що він може бути розрахований аналогічно КРІП з пониженням напруги за класичною схемою, методика розрахунків якого відома.

Оскільки в схемі є нелінійні елементи у вигляді силового транзистора і діодів, проаналізуємо її роботу для виявлення можливості позбутися нелінійності, а результат отримаємо як суперпозицію виразів, що отримані при розрахунках еквівалентних схем без нелінійностей.

Простіше всього це зробити, склавши еквівалентні схеми по кожному з його періодів роботи в режимі, що встановився. У нашому випадку роботу перетворювача можна розбити на чотири інтервали.

Розрахунки будемо виконувати операторним методом. Відповідно, елементи схеми заміняються своїми операторними еквівалентами. Отримані еквівалентні схеми для різних інтервалів роботи наведені на рисунку 3.



а) інтервал заряджання дроселя [T0, T1]; б) інтервал резонансу [T1, T2]; в) інтервал розряджання конденсатора [T2, T3]; г) інтервал провідності шунтуючого діода [T3,T4]

Рисунок 3 – Еквівалентні схеми для чотирьох інтервалів повного періоду частоти перемикання

Для еквівалентних схем, що отримані, складені системи рівнянь, що їх описують.

Інтервал заряджання дроселя [T0, T1]:

$$\begin{cases} I_{11}\left(L_{TP}\cdot p+R`_{VT}\right)=\dfrac{E`}{p}+L_{TP}\cdot i_1(0) \\ I_{22}\left(L_3 p+\dfrac{1}{C_2 p}\right)-I_{33}\left(\dfrac{1}{C_2 p}\right)=L_3\cdot i_1(0)-\dfrac{U_{C2}(0)}{p} \\ I_{33}\left(\dfrac{1}{C_2 p}+R_1\right)-I_{11}\left(\dfrac{1}{C_2 p}\right)=\dfrac{U_{C2}(0)}{p} \end{cases} \quad (1)$$

Інтервал резонансу [T1, T2]:

$$\begin{cases} I_{11}\left(L_{TP}\cdot p+\dfrac{1}{C_1 p}+R`_{VT}\right)-I_{22}\left(\dfrac{1}{C_1 p}\right)=\dfrac{E`}{p}+L_{TP}\cdot i_1(0)-\dfrac{U_{C1}(0)}{p} \\ I_{22}\left(\dfrac{1}{C_1 p}+L_3 p+\dfrac{1}{C_2 p}\right)-I_{33}\left(\dfrac{1}{C_2 p}\right)-I_{11}\left(\dfrac{1}{C_1 p}\right)=\dfrac{U_{C1}(0)}{p}+L_3\cdot i_1(0)-\dfrac{U_{C2}(0)}{p} \\ I_{33}\left(\dfrac{1}{C_2 p}+R_1\right)-I_{11}\left(\dfrac{1}{C_2 p}\right)=\dfrac{U_{C2}(0)}{p} \end{cases} \quad (2)$$

Інтервал розряджання конденсатора [T2, T3]:

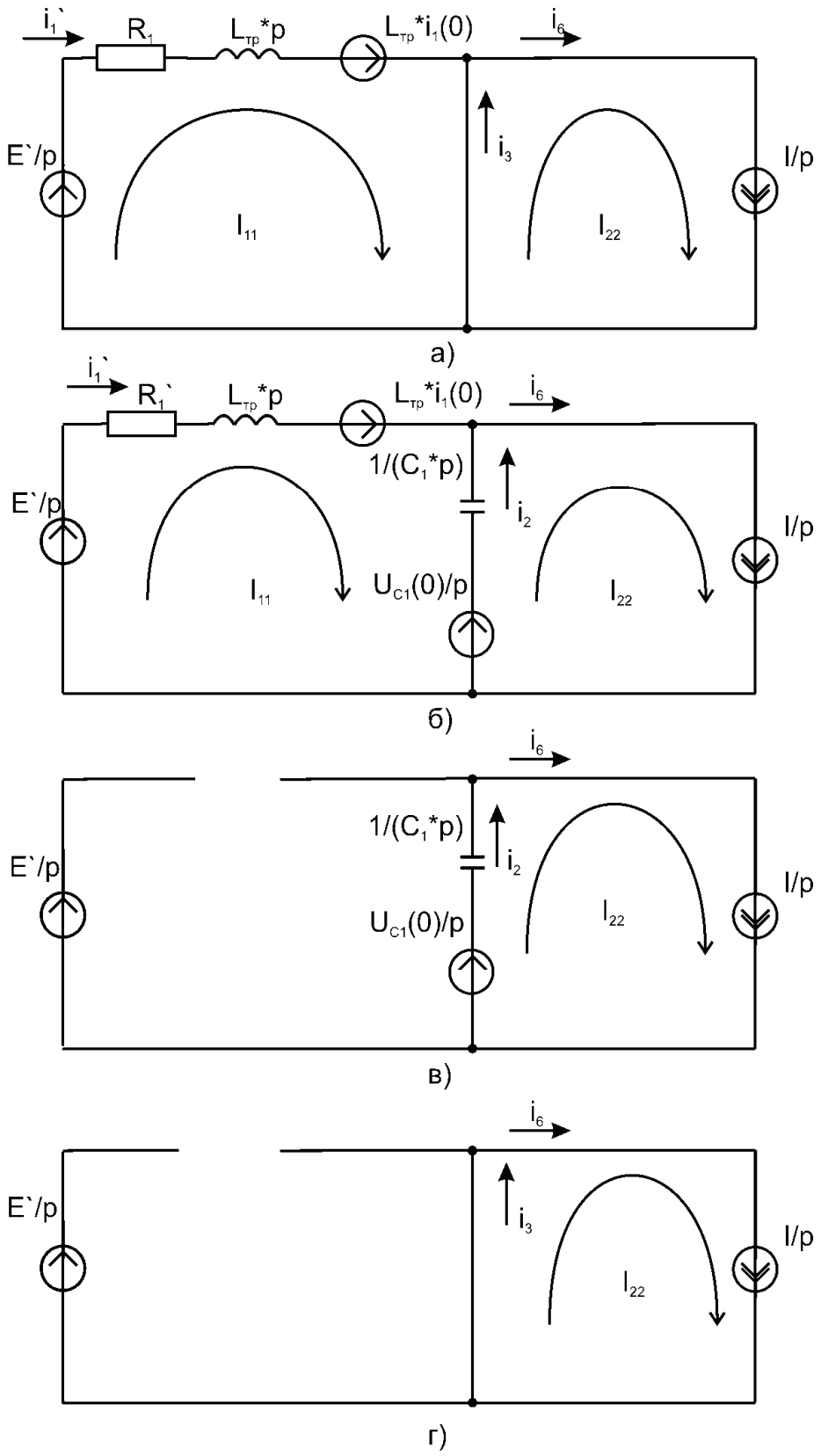
$$\begin{cases} I_{11}\left(\dfrac{1}{C_1 p}+L_3 p+\dfrac{1}{C_2 p}\right)-I_{22}\left(\dfrac{1}{C_2 p}\right)=\dfrac{U_{C1}(0)}{p}+L_3\cdot i_1(0)-\dfrac{U_{C2}(0)}{p} \\ I_{22}\left(\dfrac{1}{C_2 p}+R_1\right)-I_{11}\left(\dfrac{1}{C_2 p}\right)=\dfrac{U_{C2}(0)}{p} \end{cases} \quad (3)$$

Інтервал провідності шунтуючого діода [T3,T4]:

$$\begin{cases} I_{11}\left(L_3 p+\dfrac{1}{C_2 p}\right)-I_{22}\left(\dfrac{1}{C_2 p}\right)=L_3\cdot i_1(0)-\dfrac{U_{C2}(0)}{p} \\ I_{22}\left(\dfrac{1}{C_2 p}+R_1\right)-I_{11}\left(\dfrac{1}{C_2 p}\right)=\dfrac{U_{C2}(0)}{p} \end{cases} \quad (4)$$

Проаналізувавши отримані схеми заміщення і системи рівнянь, що описують їх, видно, що для другого інтервалу роботи перетворювача, на еквівалентній схемі є 4 реактивних елементи. Це означає 4-й порядок рівняння, що описує цей інтервал. Такий порядок результуючих рівнянь досить сильно ускладнить аналітичний розрахунок схеми.

Для зниження порядку рівняння можна замінити фільтр перетворювача разом з навантаженням еквівалентним джерелом струму. Це припущення коректне у випадку значного перевищення постійної часу фільтру перетворювача над часом роботи ключа, що виконується в нашому випадку. З урахуванням зробленого припущення еквівалентна схема перетворювача для різних інтервалів роботи матиме вигляд, як на рисунку 4.



а) інтервал заряджання дроселя [T0, T1]; б) інтервал резонансу [T1, T2]; в) інтервал розряджання конденсатора [T2, T3]; г) інтервал провідності шунтуючого діода [T3,T4]

Рисунок 4 – Спрощені еквівалентні схеми для чотирьох інтервалів повного періоду частоти перемикання

Рівняння в операторному вигляді, що описують роботу цієї еквівалентної схеми перетворювача в кожному з інтервалів, будуть мати наступний вигляд.

Інтервал заряджання дроселя [T0, T1]:

$$\begin{cases} I_{11}\cdot\left(L_{TP}\cdot p + R`_{VT}\right) = \dfrac{E`}{p} + L_{TP}\cdot i_1(0) \\ I_{22} = \dfrac{I}{p} \end{cases} \tag{5}$$

Інтервал резонансу [T1, T2]:

$$\begin{cases} I_{11}\cdot\left(L_{TP}\cdot p + \dfrac{1}{C_1\cdot p} + R`_{VT}\right) - \dfrac{I_{22}}{C_1\cdot p} = \dfrac{E`}{p} + L_{TP}\cdot i_1(0) - \dfrac{U_{C1}(0)}{p} \\ I_{22}\cdot\left(\dfrac{1}{C_1\cdot p}\right) = \dfrac{I}{p} + \dfrac{U_{C1}(0)}{p} \end{cases} \tag{6}$$

Інтервал розряджання конденсатора [T2, T3]:

$$I_{22}\cdot\left(\frac{1}{C_1\cdot p}\right) = \frac{I}{p} + \frac{U_{C1}(0)}{p} \tag{7}$$

Інтервал провідності шунтуючого діода [T3,T4]:

$$I_{22} = \frac{I}{p} \tag{8}$$

Таким чином, розрахунки процесів, що протікають у перетворювачі, зводяться до розв'язку досить простих лінійних рівнянь і подальшого припасування отриманих виразів для одержання результату по схемі заміщення в цілому.

Були виконані відповідні розрахунки і отримані вирази в загальному вигляді для струмів та напруг у схемі.

Вплив припущень, що використані при аналізі схеми перетворювача, уточнено розрахунками потужності, що розсіюється на транзисторі перетворювача за методикою, наведеною в [3]. Згідно з отриманими результатами, похибка склала 3,8 %, що знаходиться в допустимих межах інженерної точності розрахунків і, відповідно, прийняті припущення і спрощення коректні.

Моделювання КРІП з низькою напругою живлення

Правильність аналітичних розрахунків перевірена моделюванням роботи підвищувального КРІП-ПНТ в спеціалізованому пакеті Orcad Pspcice.

Моделювання проведене за початковою схемою перетворювача, що представлена на рисунку 1. Крім того, для порівняння, виконано моделювання аналогічного ШІП, утвореного виключенням із КРІП резонансного контуру. При моделюванні виконувалось підстроювання

вихідної напруги до рівня 5В зміною шпаруватості керуючих імпульсів (зміною, відповідно, тривалості або періоду проходження керуючих імпульсів). Через специфіку ШІП для збереження рівня пульсацій вихідної напруги перетворювача на колишньому рівні довелося збільшити номінали елементів, що входять до складу вихідного фільтра перетворювача (що на практиці неминуче вилилося б у погіршення масогабаритних показників перетворювача).

Крім того, використовуючи аналітичні результати, що отримані в розрахунковій частині роботи, й результати моделювання схеми в програмному пакеті, досліджені різноманітні характеристики перетворювача і їх вплив на параметри перетворювача залежно від різних факторів.

У підсумку, для аналізу характеристик запропонованої схеми підвищувального КРІП і для порівняння з характеристиками ШІП побудовані сімейства характеристик перетворювачів залежно від зміни зовнішніх впливів.

Промодельовані зміни наступних параметрів схеми:

-напруги джерела живлення;

-опору навантаження;

-шпаруватості керуючих імпульсів.

Моделювання виконане для 3 варіантів перетворювача:

-схеми ШІП в пакеті Orcad (позначена як ШІП – Orcad);

-схеми КРІП в пакеті Orcad (позначена як КРІП – Orcad);

-схеми КРІП в пакеті Maple (позначена як КРІП – Maple).

При моделюванні 1 і 2 випадків напруга на навантаженні підтримувалась на номінальному рівні зміною шпаруватості керуючих імпульсів (зміною, відповідно, тривалості або періоду проходження імпульсів керування).

Відповідні сімейства характеристик наведені на рисунках 5-7.

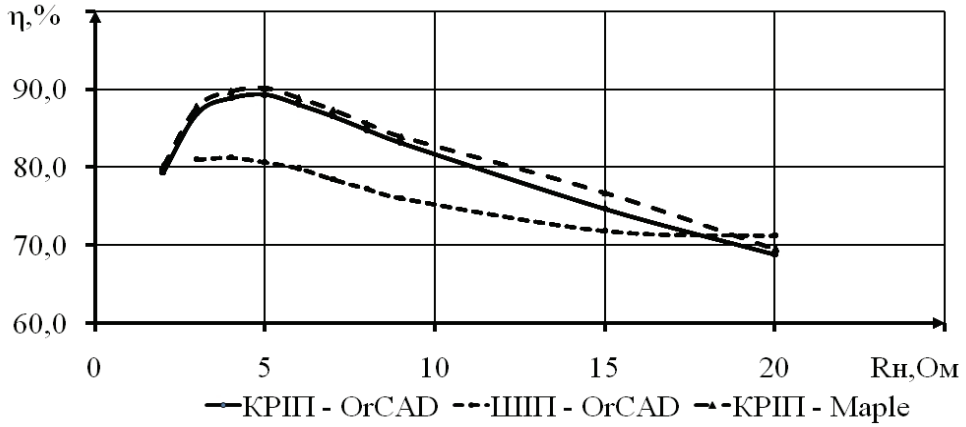


Рисунок 5 – Залежність ККД перетворювача від опору навантаження

З рисунка 5 видно, що квазірезонансний перетворювач більш чутливий до зміни опору навантаження на виході перетворювача, ніж ШІП, що вимагає більшого динамічного діапазону від системи

автоматичного регулювання по напрузі. Однак, чітко видно, що використання КРІП дозволяє досить суттєво підвищити енергоефективність перетворювача, якщо стежити за тим, щоб КРІП перебував у рекомендованих режимах роботи (з перемиканням при нульовому струмі).

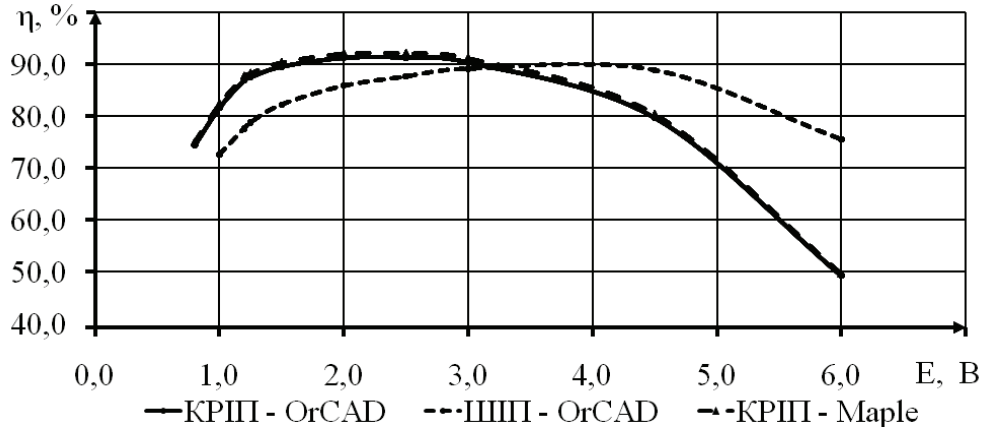


Рисунок 6 – Залежність ККД перетворювача від напруги джерела живлення

З рисунка 6 видно, що КРІП і ШІП чутливі в плані зміни ККД перетворювача до зміни напруги живлення. Причому, КРІП більш чутливий до надмірного підвищення напруги джерела живлення, а ШІП – до його зниження. Також явно видно, що при низьких значеннях напруги живлення (одиниці вольт), використання КРІП значно ефективніше, ніж ШІП.

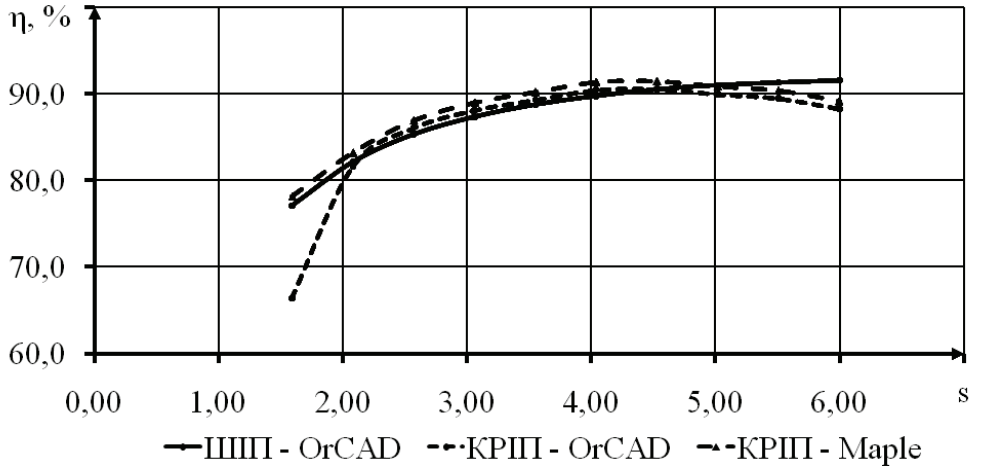


Рисунок 7 – Залежність ККД перетворювача від шпаруватості імпульсів керування

Згідно з рисунком 7 КРІП і ШІП досить коректно працюють в широких межах зміни шпаруватості керуючих імпульсів, єдиною умовою є недопущення занадто малих величин шпаруватості для КРІП, оскільки в ньому мають місце перехідні процеси після закінчення робочого такту перетворювача, і при малій шпаруватості керуючих імпульсів вони суттєво впливають на роботу перетворювача.

Регулювальна характеристика, наведена на рисунку 8 для КРІПа й ШІПа, виглядає досить плавно, що не ставить особливих вимог до систем автоматичного керування перетворювачами.

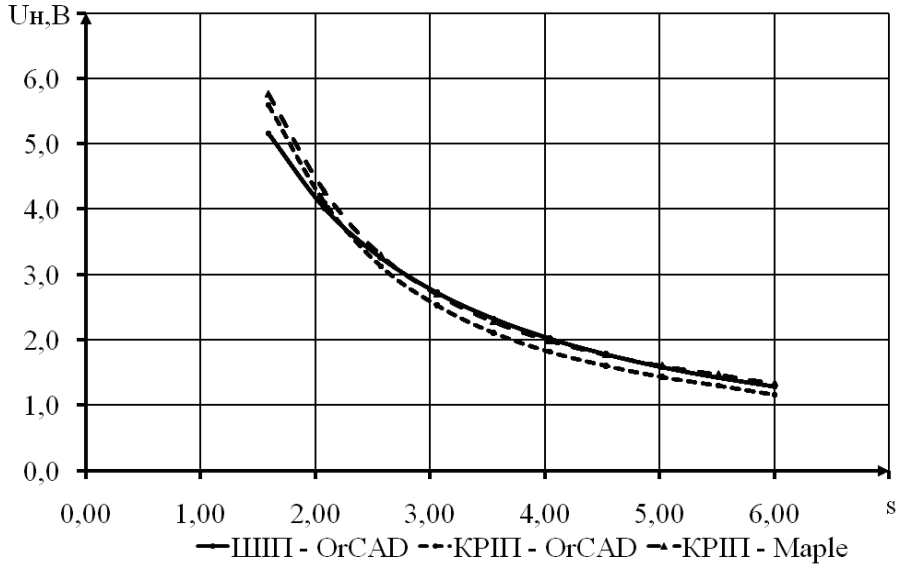


Рисунок 8 – Залежність напруги на виході перетворювача від шпаруватості імпульсів керування

Висновки

Застосування КРІП з низькою напругою живлення можливе, але необхідні розрахунки й підтримування правильного режиму роботи ключа, що ускладнює систему керування.

Використання КРІП замість класичного ШІП дозволяє, в першу чергу, на порядок поліпшити масогабаритні показники перетворювача, що особливо актуально для бортової радіоелектронної апаратури та переносної апаратури, яка найчастіше живиться саме від низьковольтних джерел напруги (акумулятори, сонячні елементи, термогенератори).

Таким чином, у пристроях, де пріоритетні масогабаритні показники, а не ціна, використання КРІП замість класичних ШІП цілком виправдане і може бути рекомендованим до застосування під час розробки даного класу апаратури.

Література

1. *Денисов А.И., Ревко А.С.* Квазирезонансные импульсные преобразователи в системах прецизионного электропривода малой мощности //Технічна електродинаміка. Тем. вип. «Проблеми сучасної електротехніки». – 2004. – Ч. 2. – С. 79-82.
2. *Ревко А.С., Шостка В.А.* Квазірезонансний перетворювач з комбінованою модуляцією //Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Збірник – Чернігів: ЧДТУ, 2007 – № 30. – С. 154-158.
3. *Городній О.М., Тишенко О.І.* Вплив зміни опору навантаження при розражунку інтегральної потужності розсіювання в силових ключах КРІП-ПНС //Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Збірник – Чернігів: ЧДТУ, 2007 – № 28. – С. 168-176.

УДК 378.147:005.642.4

Крєпкий Ю.О., канд. техн. наук, Дрозд О.П.,ст.викладач,
Сподаренко І.Й., асистент

ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ І СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РЕЄСТРАЦІЇ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ

Вступ

Зміна форм організації навчального процесу, що пов’язана з інтеграцією України у європейський освітній простір, потребує впровадження нових ефективних засобів управління цим процесом. Навчальний процес не може бути ефективним без стійкого зворотного зв'язку, який надає викладачу інформацію про рівень засвоєння теоретичного матеріалу, про знання, уміння і навички студентів. Саме так може бути реалізована управлінська функція контролю – на основі отриманої інформації викладач коригує подальшу роботу, з’ясувавши, чи досягнута мета навчання на певному етапі.

Впровадження у практику кредитно-модульної системи навчання передбачає фіксацію великої кількості показників роботи студентів для складання рейтингу успішності [1]. Часто це викликає певне збентеження і недовіру як у студентів, так і у викладачів, але згодом всі можуть погодитися, що достатньо накопичена інформація є основою для більш точного і об’єктивного оцінювання, виконання аналізу проблем навчання, обґрунтованого коригування навчального матеріалу. Сьогодні більшість викладачів з різних причин ще використовують доволі суб’єктивні методи аналізу і використання накопиченої інформації з успішності студентів. Такий підхід може в недостатній мірі сприяти повній і комплексній роботі з даними, приводить до труднощів у виявленні загальних тенденцій у навчальному процесі.

Поява інформаційних систем реєстрації успішності студентів зумовлена, в першу чергу, необхідністю формування різної звітності. Розвиток цих систем дозволяє забезпечувати не тільки моніторинг навчання студентів, але й здійснювати контрольно-діагностичний зв'язок між викладачем, студентом і деканатом з приводу успішності і якості навчання [2].

Представлений далі структурний аналіз процесу реєстрації і обробки даних успішності студентів зроблений на основі досвіду експлуатації системи «Рейтинг», яка була створена на кафедрі прикладної інформатики Чернігівського державного технологічного університету [3].

Методи та результати

Система «Рейтинг» реалізована на основі СУБД Microsoft Access, і це дозволяє доволі просто організувати міжпрограмний обмін даними для виконання різних задач: між Microsoft Word і Microsoft Access, Microsoft Access і Microsoft Excel, Microsoft Access і текстовим форматом (txt), Microsoft Access і MySQL.

Ефективність використання будь-якої інформаційної системи напряму залежить від повноти відображення в ній предметної галузі. Вхідні дані для системи можна поділити на чотири категорії:

1) розподіл студентів за групами, спеціальностями, факультетами;
2) навчальний план дисциплін;
3) поточна успішність;
4) підсумкова успішність.

Розподіл студентів за групами, спеціальностями, факультетами. На наш погляд, відлік організаційної структури навчального закладу для системи доцільно вести з кількох напрямків: від деканатів, студентів і викладачів і з'єднувати їх в семестровій успішності (рис. 1). Такий підхід пов'язаний з міграцією студентів між групами і спеціальностями у міжсеместровий період і дозволяє гнучко фіксувати успішність студента в залежності від його поточного місцезнаходження. Проте, недоліком цього може стати необхідність організації і реалізації у системі переведення студентів на новий семестр.

Рисунок 1 – Структура зв'язків предметних об'єктів

В розробленій системі «Рейтинг» робота зі списками студентів організована в одній формі (рис. 2). Введення даних у базу може здійснюватися як вручну, так і за допомогою імпорту з різних джерел: з документа Microsoft Word (наприклад, з наказу про зарахування студентів), з іншої бази Microsoft Access. Також у формі реалізовані комплексні зміни даних (зміна викладача у підгрупі, переведення студентів на новий семестр на основі даних про навчальний план дисципліни) та їх експорт у текстовий формат для тестової програми SunRav TestOfficePro.

Навчальний план дисциплін. За нашою думкою, внесення даних про навчальний план дисципліни на основі робочої навчальної програми може вплинути на гнучкість системи в умовах різноплановості навчального процесу. Також це може значно спростити програмування багатьох задач, наприклад, внесення даних про поточний рейтинг студентів, семестрове переведення студентів, формування різних видів звітів тощо. В якості прикладу такої організації даних можна представити форму «Робоча програма» (рис. 3). Для кожної дисципліни тут закладається перелік

модулів і визначаються їх характеристики, такі як семестр, курс, кінцевий тиждень проведення, максимальна кількість балів за модуль. Якщо дисципліна містить курсову роботу з окремою системою оцінювання, це теж можна оформити у вигляді модулів із спеціальною позначкою, за якою система буде вираховувати окремий рейтинг. Кожен модуль, в свою чергу, складається з кількох елементів (лабораторні роботи, модульний контроль, тестування), що мають свої характеристики терміну виконання, оцінювання.

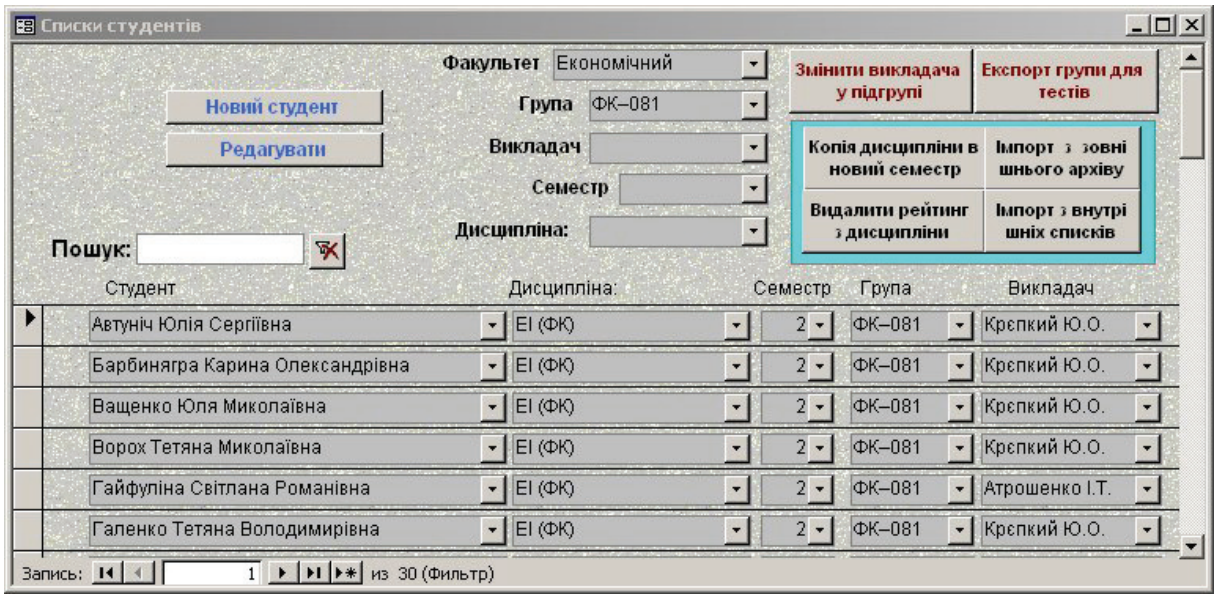


Рисунок 2 – Фрагмент форми із списком студентів

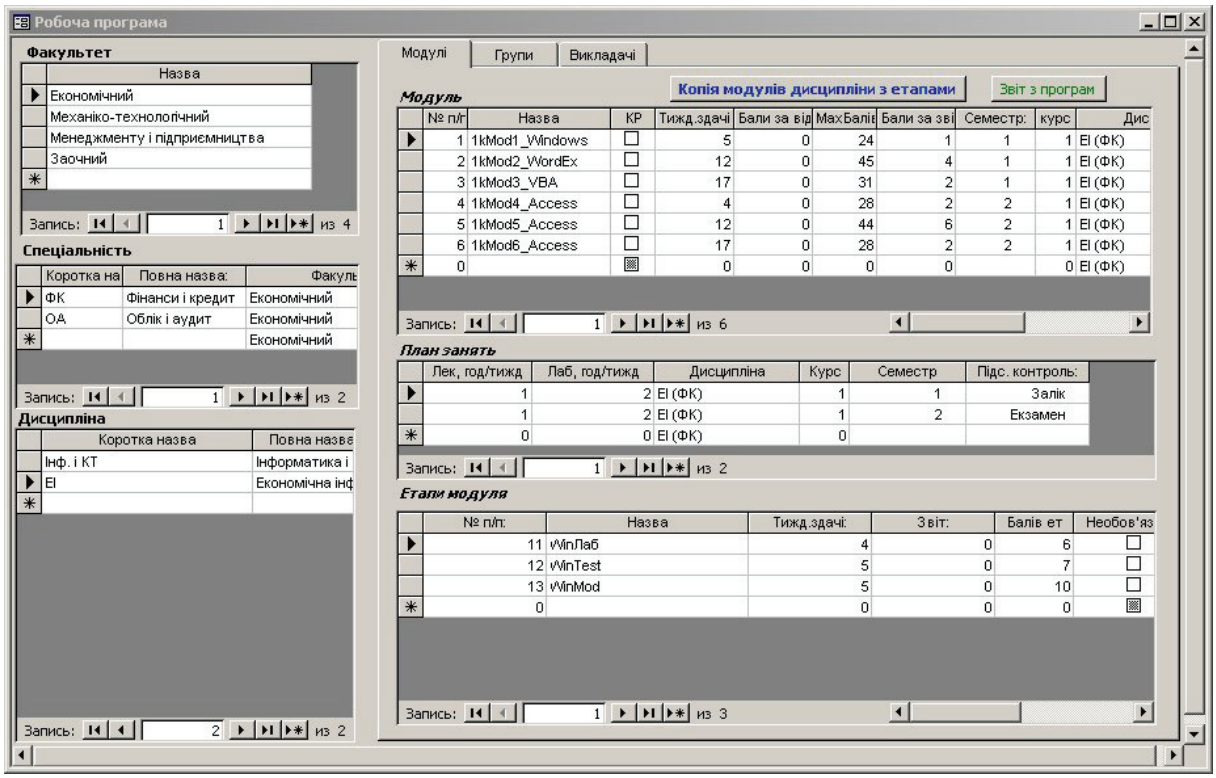


Рисунок 3 – Форма для введення робочої програми дисципліни

Поточна успішність. Дані про результати виконаних поточних лабораторних робіт, модульних контролів, тестування студентів вносяться до бази викладачами кафедри після проведення запланованих занять. Ці дані можна поділити на два види: *загальні* (пропуски занять, бонусні і знижувальні бали, загальний рейтинг) і *детальні* (бали за лабораторні роботи, модульні контролі, тестування тощо). Загальні дані більше підходять для формування підсумкових звітів успішності, а детальні будуть корисними для аналізу ефективності дидактичного матеріалу дисципліни.

Загальні дані можна зручно представити в одній формі з можливістю виконання первинного візуального аналізу інформації. Відповідна кольорова розмітка форми допомагає швидко оцінити загальну картину успішності у групі і оперативно реагувати на невідповідну роботу деяких студентів (рис. 4). Кнопки формування різної звітності у формі хоч і ускладнюють її інтерфейс, проте дозволяють створити враження єдиного центру для роботи із поточною успішністю.

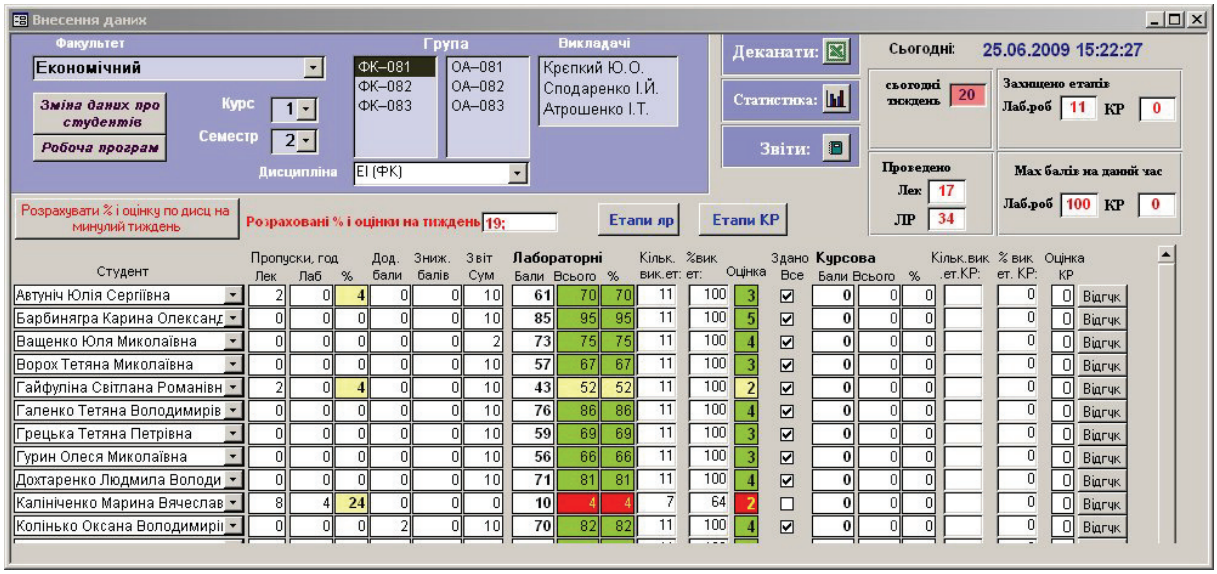


Рисунок 4 – Фрагмент форми з даними поточної успішності студентів

Для введення детальних даних успішності у системі „Рейтинг” використовується динамічна форма, зміст якої автоматично змінюється відповідно до кожної дисципліни з врахуванням структури її робочої програми (рис. 5). Це в значній мірі збільшує універсальність програмного інтерфейсу системи.

Підсумкова успішність. За положеннями кредитно-модульної системи підсумкова успішність може формуватися на основі даних семестрової роботи студента, або за результатами семестрового контролю (залік, екзамен). Виходячи з цього, інформаційна система повинна містити як засоби автоматичного формування підсумкової успішності, так і засоби ручного введення даних. Ці можливості реалізовані за допомогою форми, яка представлена на рис. 6. У першу чергу ця форма може бути корисною

для екзаменаторів: спочатку тут автоматично готуються дані до семестрового контролю, друкується аркуш-чернетка (рис. 7), а після проведення контролю остаточні дані підсумкової успішності вручну вносяться у базу.

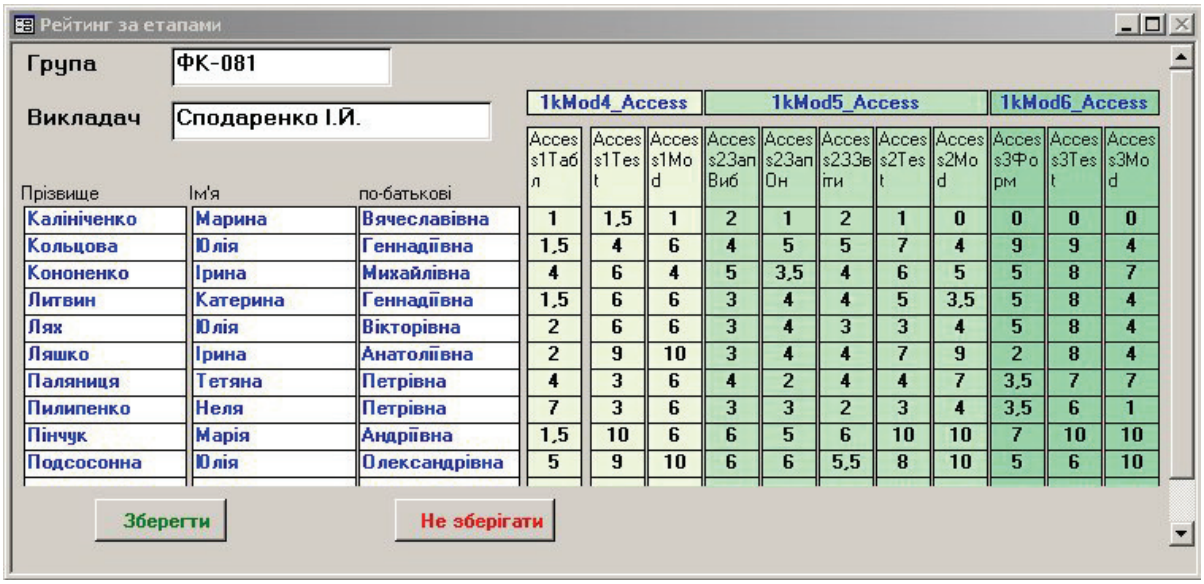


Рисунок 5 – Динамічна форма для внесення детальних даних успішності

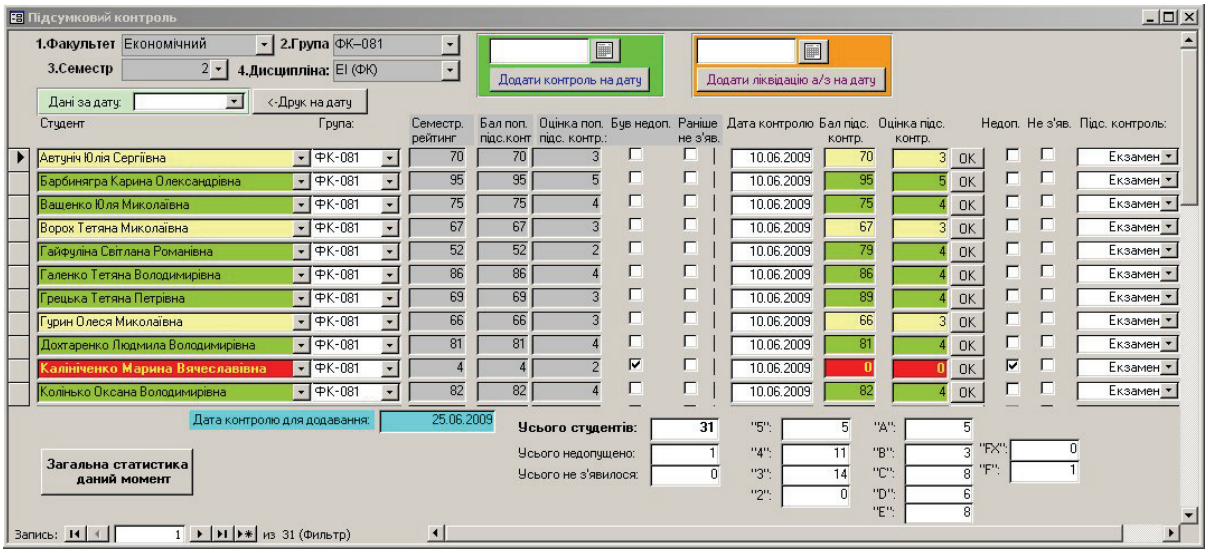


Рисунок 6 – Фрагмент форми для формування підсумкової успішності

Підсумковий контроль Дисципліна: Економічна інформатика
Дата контролю 10.06.2009 Вид семестрового контролю: Екзамен

№	Прізвище, ім'я, по-батькові	Сем. рейт.	Попередній контроль Бали	Оцінка	нд	не з'яв.	Згод. № з сем. оц	№ запік. кн.	№ біл.	Бали	Оцінка	Не доп.	Не з'яв
	Група: ФК–081												
	Автуніч Юлія Сергіївна	70	70	3	☐	☐	☐					☐	☐
	Барбинягра Карина Олександрівна	95	95	5	☐	☐	☐					☐	☐
	Ващенко Юля Миколаївна	75	75	4	☐	☐	☐					☐	☐
	Ворох Тетяна Миколаївна	67	67	3	☐	☐	☐					☐	☐
	Гайфуліна Світлана Романівна	52	52	2	☐	☐	☐					☐	☐
	Галенко Тетяна Володимирівна	86	86	4	☐	☐	☐					☐	☐
	Грецька Тетяна Петрівна	69	69	3	☐	☐	☐					☐	☐
	Гурин Олеся Миколаївна	66	66	3	☐	☐	☐					☐	☐
	Дохтаренко Людмила Володимирів	81	81	4	☐	☐	☐					☐	☐
	Калініченко Марина Вячеславівна	4	4	2	☑	☐	☐					☑	☐
	Колінько Оксана Володимирівна	82	82	4	☐	☐	☐					☐	☐

Рисунок 7 – Фрагмент аркушу-чернетки для екзамену

Підсумкова успішність має свою особливість – студент кілька разів може намагатися пройти семестровий контроль, відповідно і внесення даних повинно відбуватися синхронно. Щоб спростити підготовку даних до ліквідації академзаборгованості, у формі реалізована можливість автоматичного відбору студентів, які мають негативні результати попереднього семестрового контролю.

Чи потрібна в системі така деталізація? Виходячи з того, що ліквідація академзаборгованості триває деякий час, може включати передачу студентів між викладачами (наприклад, у період літніх відпусток), докладна інформація дозволить оперативно формувати різні звіти про результати семестрового контролю (рис. 8), спростить обмін даними між викладачами. Тому, незважаючи на збільшену кількість роботи із введення даних, ефект корисності інформації може стати вагомим позитивом інформаційної системи.

Поточна статистика на 31.08.2009

Факультет	Група	Кільк. студ. у групі:	Кільк. "н/в":	Кільк. "н/з":	Результати іспитів "5"	"4"	"3"	"2"	Успішність	Якість	Масть заборгованості Кількість	%
Економічний												
	ФК–081	30	0	0	5	12	13	0	100	56,7	0	0
	ФК–082	30	0	0	5	11	14	0	100	53,3	0	0
	ФК–083	29	1	0	2	13	13	0	96,6	51,7	1	3,4
За спеціальністю:		**89**	**1**	**0**	**12**	**36**	**40**	**0**	**98,9**	**53,9**	**1**	**1,1**

Рисунок 8 – Фрагмент звіту із статистикою складання іспиту

На базі вхідних даних формуються різні види результатів і звітності. Розроблена система «Рейтинг» надає такі види звітності:

1) контрольна звітність для деканату;
2) звітність для оприлюднення успішності;

3) кафедральна звітність;
4) аналітична звітність.

Контрольна звітність для деканату. Детальний звіт про поточну успішність студентів за дисциплінами кафедри надають у деканати після проведення модульних контролів. Система „Рейтинг” такий звіт формує автоматично і експортує його у Microsoft Excel для остаточного оформлення і виконання додаткового аналізу засобами табличного процесора. Фрагмент звіту про поточну успішність наведено на рис. 9. Звіт містить показники навчання студентів, які виражені у поточних балах, оцінках і відсотках відносно планового стану виконання дисципліни, розрахованого на поточну дату.

УСПІШНІСТЬ

студентів економічного факультету

станом на 11.05.2009

Напрям підготовки: Фінанси і кредит

дисципліна: Економічна інформатика

Курс: 1

		Проведено - лекцій: 14 год., лабораторних: 28 год.		
		Кількість можливих балів:	лаб/роб	
		100%-	72	
		Оцінка 5 (90%)-	65	
		Оцінка 4 (75%)-	54	
		Оцінка 3 (60%)-	43	

Група	№	Студенти	Пропуски, год			лаб/роб			
			лекцій	лаб/роб	% проп	Бали ECTS	% балів	Оцінка	% вик завд
	1	Автуніч Юлія Сергіївна	2	0	5	52	72	3	100
	2	*Барбинягра Карина Олександрівна*	*0*	*0*		*67*	*93*	*5*	*100*
	3	Ващенко Юля Миколаївна	2	0	5	52	72	3	100
	4	Ворох Тетяна Миколаївна	0	0		47	65	3	100
	5	Гайфуліна Світлана Романівна	2	0	5	35	49	2	88
	6	*Галенко Тетяна Володимирівна*	*0*	*0*		*64*	*89*	*4*	*100*
	7	Грецька Тетяна Петрівна	0	0		49	68	3	100
	8	Гурин Олеся Миколаївна	0	0		43	60	3	100
	9	*Дохтаренко Людмила Володимирівна*	*0*	*0*		*60*	*83*	*4*	*100*
	10	**Калініченко Марина Вячеславівна**	**8**	**4**	**29**	**0**	**0**	**2**	**25**
	11	*Колінько Оксана Володимирівна*	*0*	*0*		*60*	*83*	*4*	*100*

Рисунок 9 – Фрагмент звітності про поточну успішність для деканату

Звітність для оприлюднення успішності. Ця звітність за змістом фактично повністю збігається з контрольною звітністю для деканату, відрізняється лише за способом подання: друковані форми для розташування на дошці оголошень і електронні форми для розташування на сайті кафедри в локальній комп’ютерній мережі університету.

Для реалізації задач автоматичного оприлюднення успішності на сайті в структуру системи «Рейтинг» була внесена мережна компонента (рис. 10).

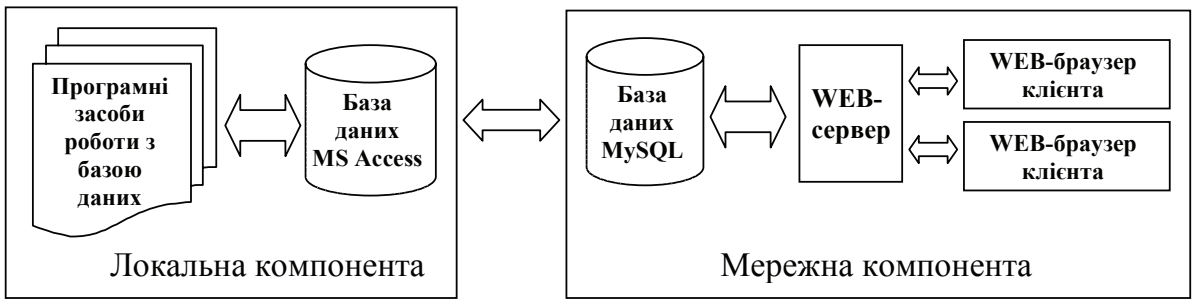


Рисунок 10 – Схема взаємодії компонентів системи

Мережна компонента складається з бази даних MySQL, яка зберігається на сервері університету, засобів динамічного формування web-сторінок для представлення інформації про успішність (рис. 11). Вибір СУБД MySQL для мережної компоненти продиктований простотою реалізації взаємодії Microsoft Access і MySQL. Єдина вимога для співпраці цих СУБД – це наявність на комп'ютері, де розташована локальна компонента, ODBC-драйвера MySQL.

Також в мережній компоненті реалізований зворотній зв'язок між студентом і викладачами: на сайті студент може анонімно, у довільній формі відповісти на кілька поставлених запитань з приводу організації навчального процесу, проблем у вивченні тієї чи іншої теми. Такий зворотній зв'язок сприяє виявленню проблем у процесі навчання, дозволяє проводити порівняльний аналіз окремих його частин, дає змогу робити висновки і вносити необхідні зміни у навчальний процес, використовувати творчий потенціал самих студентів при створенні нових підходів до навчання, зміні застарілих схем роботи.

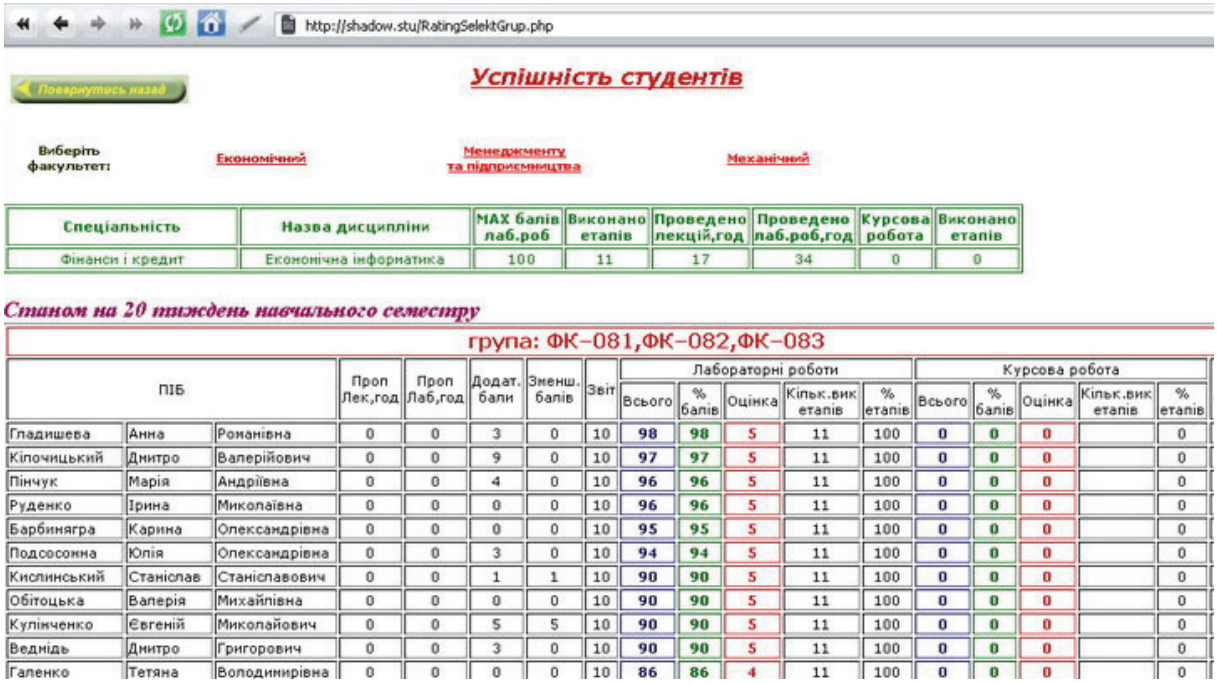


Рисунок 11 – Фрагмент оприлюднення інформації на сайті кафедри в локальній мережі університету

Кафедральна звітність. Кожен викладач у своїй роботі може використовувати друковані бланки різних форм для фіксації пропусків занять, результатів успішності при виконанні лабораторних робіт, модульних контролів, курсових робіт, а також допоміжну документацію, наприклад, графіки проведення занять, систему оцінювання. Тому наявність у системі функцій автоматичного формування подібних документів може значно полегшити підготовку викладачів до проведення занять.

Аналітична звітність. Крім формування стандартних показників навчання, – якості і успішності, дані системи можна використовувати для статистичного аналізу з метою коригування дидактичного матеріалу [4], для аналізу за допомогою спеціалізованих аналітичних пакетів [5].

Висновки

Ефективність використання інформаційної системи реєстрації успішності і контролю навчання у роботі кафедри у великій мірі залежить від людського фактору – своєчасного і сумлінного введення даних викладачами. Як показала практика, вдалі рішення і елементи інтерфейсу викликають швидке звикання і зацікавленість викладачів до процесу експлуатації системи.

Система «Рейтинг» постійно вдосконалюється з метою оптимізації рішення різноманітних задач, розширення функціональних можливостей, особливо в напрямі реалізації кафедральної і аналітичної звітності. В перспективі система повинна стати повноцінним інформаційним центром кафедри.

Література

1. Нормативно-методичні рекомендації «Про особливості впровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу» (наказ МОН України від 20.10.04 № 812).
2. *Булига К.Б., Кузнєцов О.Ф., Хоменко Т.І.* Моделювання контролю успішності студентів //Управління розвитком – Харків, ХНЕУ – 2006. – № 2 – С. 85-86.
3. *Сподаренко І.Й., Дрозд О.П., Крєпкий Ю.О.* Інформаційна система первинної реєстрації успішності «Рейтинг». Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании ‘2008». Том 2. Технические науки. – Одесса: Черноморье, 2008. – С. 36-40.
4. *Покришень Д.А., Дрозд О.П., Крєпкий Ю.О.* Використання статистичного аналізу для коригування дидактичного матеріалу у навчальному процесі. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании ‘2008». Том 2. Технические науки. – Одесса: Черноморье, 2008. – С. 29-36.
5. Форум: Аналитическая платформа Deductor : http://www.basegroup.ru/forum/deductor/messages/374/ – заголовок з екрану.

УДК 004.94

ПАВЛОВСЬКИЙ В.І., КАНД.ТЕХН.НАУК, ХАРЧЕНКО М.В.,
СТУДЕНТ МАГІСТРАТУРИ

СИСТЕМА ВІЗУАЛЬНОЇ ПОБУДОВИ РОЗШИРЕНОЇ ОБ'ЄКТНОЇ МОДЕЛІ ЗІ СЛАБОСТРУКТУРОВАНОЮ ТИПІЗАЦІЄЮ ДАНИХ

Вступ

Широка індустріалізація програмного забезпечення отримала великий розвиток з появою об'єктного підходу до створення програмних застосувань – об'єктних програмних застосувань. Це дозволило суттєво розширити коло розробників і надало можливість представляти предметну область у вигляді інкапсульованих об'єктів і зв'язків між цими об'єктами. Концептуальною основою об'єктно-орієнтованого підходу (ООП) є об'єктна модель, яка дозволяє описувати предметну область на природній (звичайній) мові, оскільки орієнтована на людське сприйняття світу. Маючи велику кількість переваг, ООП не є універсальним засобом моделювання предметних областей.

Одна з проблем об'єктного підходу – це проблема моделювання фазових переходів («личинка-гусениця-лялечка-метелик»). Використовуючи ООП, можна змоделювати цей процес. Але спочатку необхідно визначитись, чи є лялечка і метелик одним об'єктом. Якщо так, то створюється один клас для об'єкта і визначаються всі можливі властивості на всі фазові переходи. В цьому випадку постає проблема з властивостями, які характерні для однієї фази і не мають ніякого відношення до інших, – надмірність. Якщо вважати, що це різні об'єкти (в якомусь сенсі це різні сутності), то для них створюються різні класи, але при фазових переходах відбувається копіювання деяких властивостей з одного об'єкта в інший. При цьому, під час створення нового об'єкта фази, необхідно знищити старий об'єкт попередньої фази, що також не зовсім правильно моделює реальну предметну область і пов'язано з особливостями реалізації. Те саме стосується й поведінки об'єкта. Таким чином, від того, як інтерпретувати процес фазових переходів, залежить механізм його реалізації засобами об'єктно-орієнтованого програмування (використовуючи ООП), що накладає деякі обмеження на логічну структуру самої предметної області.

Інша проблема об'єктного підходу – це проблема розділення об'єкта (наприклад, розпилювання колоди). При розділенні з'являються різні об'єкти. Якщо змоделювати цей процес, використовуючи ООП, то для

кожного об’єкта, отриманого таким чином, необхідно створювати окремий клас. Але деякі властивості можуть залишитися такими самими, як і у початкового об’єкта, і їх потрібно скопіювати (наприклад, діаметр колоди). В цьому випадку виникає неоднозначність, пов’язана з тим, що робити з початковим об’єктом: залишати його для моделі, наприклад, для історії, або його можна знищити?

Також об’єктний підхід «непридатний» для моделювання нечіткої й контекстно-залежної (слабоструктурованої) типізації. Під контекстно-залежною типізацією слід розуміти приведення об’єкта до заданого типу, вибір якого залежить від місця об‘єкта в ієрархії об’єктів предметної області. Окрім перерахованих, існує ще ряд проблем, пов’язаних з використанням ООП для моделювання предметних областей. Виходячи з цього, задача розширення можливостей об’єктного підходу на сьогоднішній день є досить актуальною.

Способи вирішення проблем об’єктно-орієнтованого підходу до моделювання даних

На сьогодні існує велика кількість програмних систем візуального моделювання даних, які використовують об’єктний підхід. Маючи велику кількість переваг, дані системи не дозволяють виконувати розширений опис (відображати всі відносини і зв’язки) предметної області з урахуванням її особливостей. Це пов’язано з обмеженою кількістю семантичних зв’язків між об’єктами предметної області, які можна представити засобами цих систем, а також проблемами ООП. Як результат, під час переходу від опису предметної області до відповідної моделі даних частково втрачаються семантичні зв’язки між сутностями. Ці зв’язки потім необхідно відновлювати на програмному рівні і в тексті SQL-запитів до бази даних.

Таким чином, функціональні можливості сучасних систем візуального моделювання даних, які використовують об’єктний підхід, не дозволяють на етапі побудови моделі повністю виразити і передати семантику предметної області. Вирішення проблем ООП полягає в розширенні засобів опису семантичних зв’язків шляхом введення нових типів зв’язків і наділення їх власної семантикою. Сучасні системи візуального моделювання не дозволяють виконати таке розширення. В своїй статті [1] автори пропонують власне рішення – систему моделювання слаботипізованих ієрархічних даних. Ця система складається з двох підсистем: підсистеми візуального моделювання структури даних і підсистеми генерації коду.

Підсистема візуального моделювання структури даних представляє собою візуальний UML-редактор, в якому розробник будує розширену модель предметної області в термінах специфікації графічної мови UML

(діаграма класів). На основі цієї моделі генерується XML файл з метаданими, який поступає на вхід підсистеми генерації коду. У підсистемі генерації коду здійснюється аналіз даного файлу і по XML-опису моделі генеруються класи сутностей предметної області, класи поведінки і допоміжні класи. На рисунку 1 зображена архітектура системи.

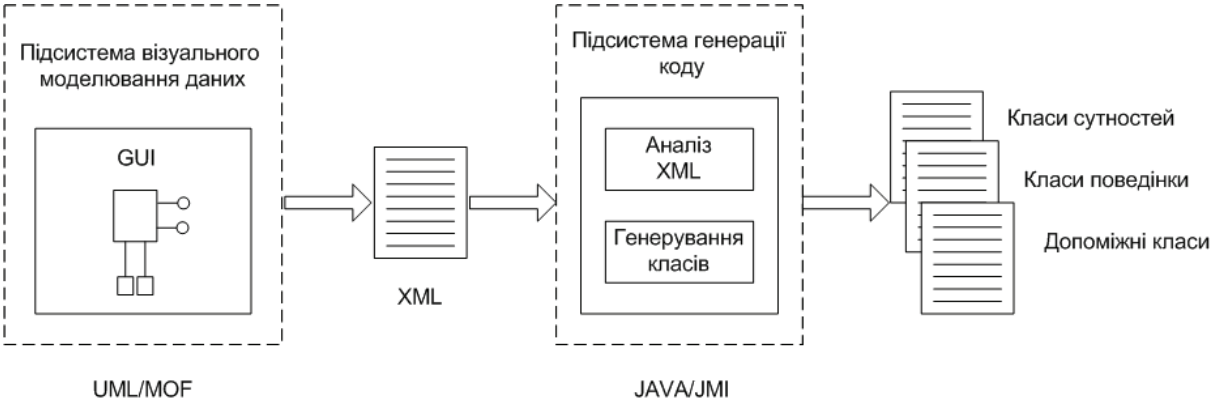


Рисунок 1 – Архітектура системи моделювання слаботипізованих ієрархічних даних

У даній статті запропонована архітектура підсистеми візуального моделювання даних, яка представляє собою окрему систему. Ця система забезпечує можливість описувати нові типи семантичних зв'язків між об'єктами предметної області, що дозволяє будувати її розширену модель. По суті, вона є транслятором, який перетворює графічне представлення розширеної моделі предметної області в XML-опис.

Механізм метамоделювання для реалізації слабоструктурованої типізації даних

Для описання нових типів семантичних зв'язків між об'єктами предметної області, яка моделюється, доцільно застосувати механізм побудови метамоделей – метамоделювання [2]. Метамодель – це модель метаданих. По відношенню до опису предметної області у термінах графічної мови UML [3] метадані – це класи і семантичні зв'язки (відношення) між класами. На рисунку 2 зображена модель даних предметної області, яку проектує користувач системи, і те, як ця модель представляється в системі (її метамодель).

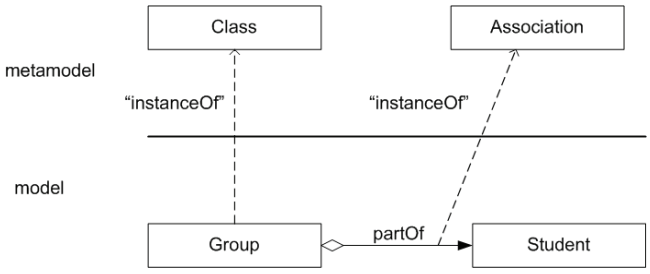


Рисунок 2 – Визначення понять модель і метамодель

Таким чином, якщо класи і семантичні зв’язки між класами – це метадані, то для того, щоб описати нову асоціацію, необхідно побудувати її метамодель.

Для опису метамоделей використовується технологія MOF [4]. MOF представляє собою абстрактну мову моделювання [2]. З її допомогою описуються інформаційні моделі та метамоделі різних типів. На рисунку 3 представлена модель даних предметної області, що складається з двох класів – група і студент. Ці класи пов’язані між собою асоціацією типу частина-ціле, яка в моделі представлена у вигляді графічного примітиву і стереотипу partOf. У термінах MOF поняття асоціації пояснює чотирьохрівнева архітектура моделей [2], запропонована консорціумом Object Management Group (OMG) (рисунок 4).

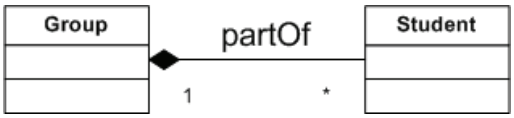


Рисунок 3 – Модель предметної області

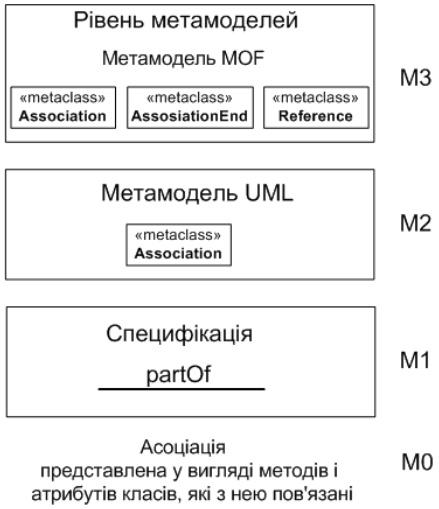


Рисунок 4 – Структура моделей OMG на прикладі асоціації частина-ціле

Для вирішення проблеми, пов’язаної з підтримкою нових типів відношень між класами, використовується підхід розширення нотації UML. Тобто, за допомогою MOF розширюється синтаксис графічної мови.

У MOF визначені наступні конструкції моделювання, які використовуються для представлення метамоделі відношення: асоціації та посилання. Згідно специфікації асоціація представляється у вигляді діаграми класів (рисунок 5).

Кожна асоціація має дві точки прив’язки (AssociationEnd), які визначають порядкову або агрегативну семантику, і структурні обмеження на кількість елементів або унікальність. Коли клас зв’язаний з точкою прив’язки, він може містити посилання (Reference), яке дозволяє переміщуватися по асоціації з екземпляру цього класу в інший клас.

Об’єкт класу Association є стереотипом – деяким метатипом, який розширює мову UML. Стереотип представляє собою новий будівельний блок (мета-об’єкт), який нагадує існуючий, але має нові спеціальні властивості (кожен стереотип може містити власний набір атрибутів) й нову семантику (у кожного стереотипа можуть бути власні обмеження) [3].

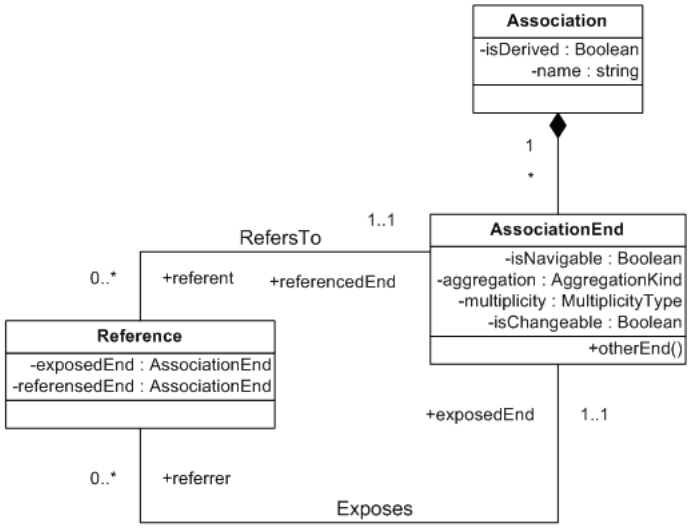


Рисунок 5 – Діаграма класів, яка представляє асоціацію

Таким чином, використовуючи механізм метамоделювання, можна виконати розширення нотації графічної мови UML шляхом введення нових типів семантичних зв’язків. Це дозволяє частково вирішити проблеми ООП в моделюванні предметних областей.

Опис запропонованої системи

Система візуальної побудови розширеної об’єктної моделі зі слабоструктурованою типізацією даних дозволяє створювати і відтворювати нові типи семантичних зв’язків, і є транслятором, який виконує перетворення графічного зображення розширеної моделі предметної області в її XML-опис. Фактично, ця модель являє собою діаграму класів, яку розробник будує засобами графічного UML-редактора системи. Для переходу від моделі до XML використовується технологія XMI [5], що дозволяє представити UML модель у вигляді XML документа.

Однією зі складових розширеного опису моделі предметної області є механізм обмежень, які накладаються на елементи моделі – класи, їх атрибути і методи. Обмеження задаються за допомогою спеціальної мови, визначеної в UML – Object Constraint Language (OCL) [6]. Системою підтримується можливість визначення трьох типів обмежень:

- обмеження цілісності даних, які накладаються на атрибути класів;
- описання перед- та постумов методів класів;
- визначення інваріантів класів.

Під час трансляції розширеної моделі предметної області метаінформація про обмеження також заноситься до XML-файлу

описання. За обробку обмежень відповідає окремий модуль архітектури системи.

Однією з основних функцій, яка надається користувачу, є верифікація створеної моделі. Вона полягає в перевірці семантичних зв'язків і обмежень, які накладаються на атрибути і методи класів сутностей предметної області.

Важливою особливістю системи візуальної побудови розширеної об'єктної моделі зі слабоструктурованою типізацією даних є можливість побудови й перевірки семантичної відповідності SQL-запиту модельованій предметній області ще на етапі проектування програмного застосування. Це дозволяє зменшити імовірність виникнення помилок на початковій стадії розробки застосування.

Розширена модель предметної області не обов'язково будується «з нуля». Можлива ситуація, коли необхідно виконати перетворення існуючої бази даних – побудувати розширену модель її предметної області. У такому випадку потрібно вибрати метаінформацію з цієї бази даних. Для цього в архітектурі системи існує модуль вибору метаданих. На вхід даного модуля подаються параметри підключення до конкретної бази даних: ім'я класу драйвера, URL (уніфікована адреса ресурсу) джерела даних, ім'я та пароль користувача бази даних. На виході користувач отримує метаінформацію:

- назви таблиць;
- назви колонок таблиць;
- типи колонок таблиць;
- первинні ключі;
- обмеження, які накладаються на дані в колонках таблиць.

Таким чином, основними елементами архітектури є модулі, які відповідають за створення нових типів семантичних зв'язків, обробку обмежень, верифікацію та перетворення моделі, вибір метаданих із уже існуючих баз даних, побудову SQL-запитів.

На рисунку 6 приведена архітектура системи.

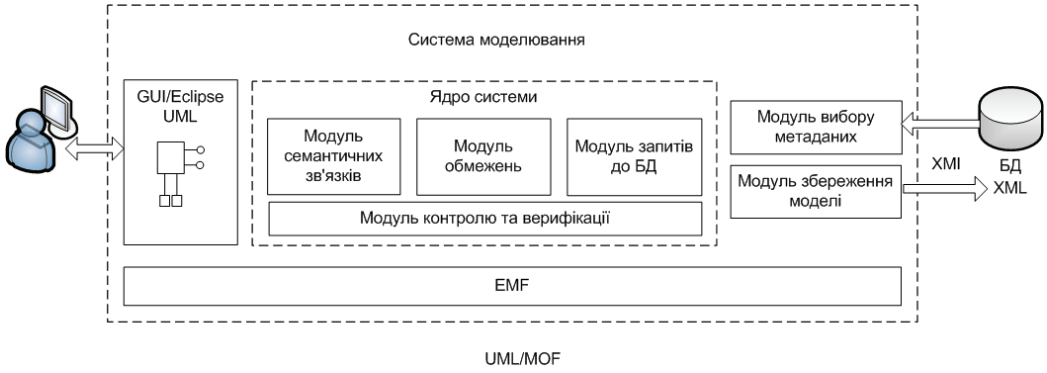


Рисунок 6 – Архітектура системи візуальної побудови розширеної об'єктної моделі зі слабоструктурованою типізацією даних

Система візуальної побудови розширеної об'єктної моделі зі слабоструктурованою типізацією даних представляє собою плагін до IDE Eclipse, для розробки якого використовується фреймворк моделювання EMF [7] – Eclipse Modeling Framework.

Висновки

Запропоновано механізм розширення засобів опису семантичних зв'язків шляхом введення нових типів відношень, які наділені власною семантикою, за допомогою метамоделювання.

Система візуальної побудови розширеної об'єктної моделі зі слабоструктурованою типізацією даних дозволяє виконувати розширений опис предметної області і по ньому генерувати XML-файл з метаданими, на основі якого можна буде отримати класи сутностей предметної області, класи поведінки і допоміжні класи на заданій мові програмування.

Використання розробленої системи дозволить:

- створювати розширену модель предметної області;
- виконувати побудову і перевірку семантичної відповідності SQL-запиту на етапі моделювання предметної області;
- зменшити час розробки програм, який витрачається на відновлення втрачених семантичних зв'язків в результаті переходу від опису предметної області до конкретної моделі даних;
- зменшити кількість необхідного програмного коду, що зазвичай реалізується розробниками програмних застосувань.

Література

1. *Павловський В.І., Зинченко А.Л.* Система моделювання слаботипізованих ієрархічних даних. Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Збірник – Чернігів: ЧДТУ, 2009 – № 37. – С. 162-169.
2. *Цимбал А.А., Аншина М.Л.* Технологии создания распределенных систем. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2003. – С. 511-543.
3. UML – Unified Modeling Language, UML2.0 Infrastructure Specification, 2005. http://www.omg.org/spec/UML/2.0
4. MOF – Meta Object Facility, MOF 2.0 Specification, 2004. http://www.omg.org/spec/MOF/2.0
5. XMI – XML Metadata Interchange, XMI 2.0 Specification, 2005 http://www.omg.org/spec/XMI/2.0
6. OCL – Object Constraint Language, OCL Available Specification Version 2.0, 2006. http://www.omg.org/spec/OCL/2.0
7. EMF – Eclipse Modeling Frameworkhttp://www.eclipse.org/modeling/emf/

УДК 004.94:510.6

Бивойно П.Г., канд. техн. наук, Бивойно Т.П., асистент,
Кузьмич І.К., студент магістратури

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКАЛЬНИХ РОЗПОДІЛЕНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ

Вступ

Одним з найбільш ефективних інструментів для вирішення складних обчислювальних задач є розподілені обчислювальні середовища (РОС), що являють собою безліч гетерогенних обчислювальних вузлів, об'єднаних засобами зв'язку в єдину систему. Продуктивність таких середовищ досягає продуктивності спеціалізованих надкомп'ютерів. Локальне розподілене обчислювальне середовище (ЛРОС), рисунок 1, є різновидом таких обчислювальних середовищ. ЛРОС об'єднує обмежену кількість комп'ютерів, які за звичай використовуються в межах однієї організації. Можлива продуктивність таких середовищ залежіть від кількості комп'ютерів та їх завантаженості, але при певних умовах дає можливість значно прискорити вирішення складних задач.

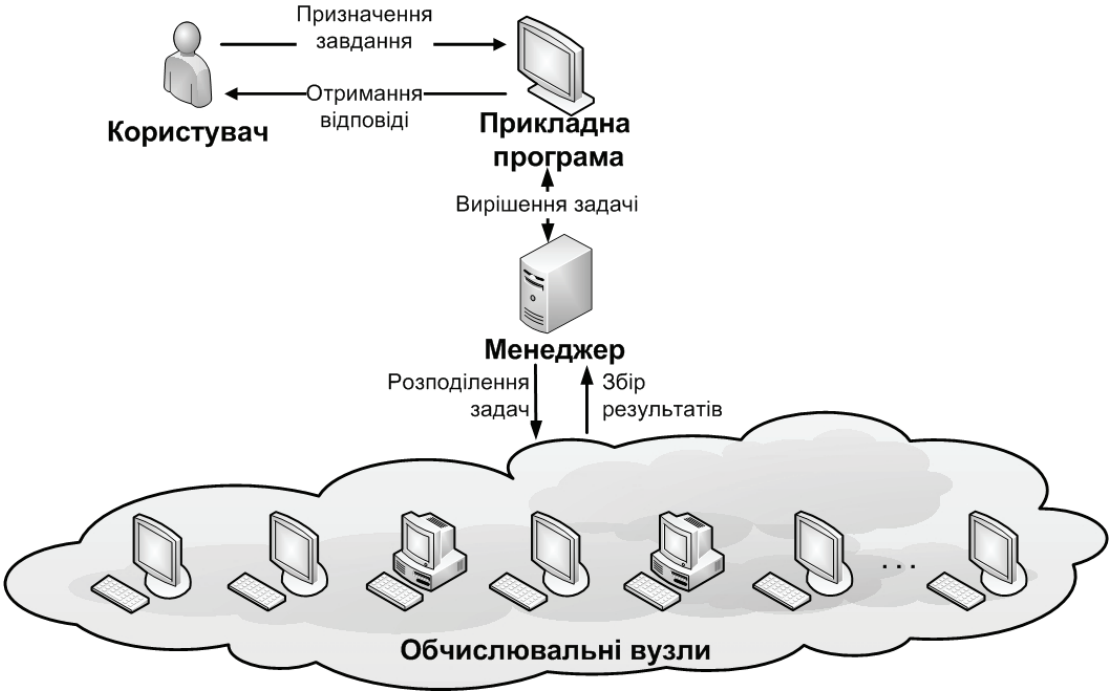


Рисунок 1 – Локальне розподілене обчислювальне середовище

Для розв'язання задач великої розмірності у ЛРОС необхідно виконати декомпозицію основної задачі на деяку кількість елементарних

задач. Кожна елементарна задача розв'язується відповідно до свого алгоритму, який можливо реалізувати й виконати на окремому обчислювальному вузлі ЛРОС. Від вибору алгоритму розподілення елементарних задач між обчислювальними вузлами ЛРОС суттєво залежить загальний час вирішення усієї задачі. З іншого боку, ефективність того чи іншого алгоритму розподілення залежить не тільки від типу задачі, що вирішується, а й від особливостей ЛРОС і характеристик випадкових процесів, що пов'язані з ЛРОС. Зрозуміло, що провести аналітичне дослідження ефективності алгоритмів розподілу для ЛРОС, що функціонують у реальних умовах, неможливо. Але у таких випадках стає в нагоді імітаційне моделювання.

Саме такий підхід до вирішення задачі вибору раціонального алгоритму розподілу для ЛРОС з відомими статистичними характеристиками розглядається у даній статті. Для дослідження ефективності алгоритмів розподілу пропонується імітаційна модель, що дозволяє налаштовувати параметри задачі та обчислювального середовища и визначати час, витрачений на розв'язання задачі.

Структура моделі

Структура імітаційної моделі ЛРОС зображена на рисунку 2. Модель являє собою сукупність об'єктів, що взаємодіють між собою.

Рисунок 2 – Структура моделі

Задача, що потребує вирішення, представлена у моделі як об’єкт «дерево елементарних задач». Вузлами дерева є елементарні задачі, на які поділена основна задача. Кожен з вузлів потребує результатів рішення елементарних задач, які є його нащадками. Листям дерева є елементарні задачі, що не потребують попереднього вирішення інших задач і, таким чином, з їх розв’язання починається робота системи. Кожна розв’язана елементарна задача вилучається з дерева, внаслідок чого з’являються нові листи. Процес продовжується доти, поки листом стане корінь дерева і буде закінчено обробку цього листа.

Інформація про листя дерева надходить до об’єкту «планувальник». «Планувальник» за допомогою об’єкту «алгоритм» розподіляє елементарні задачі, що відповідають поточному набору листів, між обчислювальним вузлам ЛРОС. Розподілення проводиться з урахування інформації про поточну продуктивність об’єктів «обчислювальний вузол». «Планувальник» активізується кожного разу, як тільки отримує повідомлення від «обчислювального вузла» про завершення рішення якоїсь елементарної задачі. Активізувавшись, він корегує дерево елементарних задач, формує новий перелік листів дерева і за допомогою «алгоритму» розподіляє нові задачі по обчислювальних вузлах ЛРОС.

Реалізацію алгоритму розподілу елементарних задач між обчислювальними вузлами передано об’єкту «алгоритм» для того, щоб спростити заміну таких алгоритмів під час досліджень.

ЛРОС являє собою сукупність об’єктів «обчислювальний вузол», кожний з яких має свої обчислювальні характеристики. У якості таких характеристик в моделі прийнято обсяг вільної пам'яті та тактова частота процесора. Час вирішення кожної з задач залежіть від кількості задач, що одночасно вирішуються на вузлі. У моделі прийнято, що доля процесорного часу, що виділяється кожній задачі, обернено пропорційна кількості задач, що вирішуються на обчислювальному вузлі. При цьому враховуються не тільки елементарні задачі дерева, а й задачі інших користувачів. Якщо кількість задач змінюється, «обчислювальний вузол» корегує тривалість вирішення кожної з задач.

Об’єкт «джерело власних задач» формує потік власних задач обчислювального середовища, що вирішуються на обчислювальних вузлах. Вважається, що статистичні характеристики потоку цих задач і параметри самих задач досліднику відомі.

Кожен з об’єктів «задача» потребує визначеного обсягу оперативної пам’яті «обчислювального вузла» і виконання певної кількості тактів процесора. «Задача» знаходиться на «обчислювальному вузлі» на протязі часу, що потрібен для вирішення «задачі», і у процесі роботи моделі цей час може змінюватися.

Реалізація моделі

Модель реалізовано на мові програмування Java у рамках фреймворку Simulation, розробленого на кафедрі інформаційних та

комп’ютерних систем Чернігівського державного технологічного університету. Основою цього фреймворку є класи Actor та Dispatcher. Абстрактний клас Actor дозволяє створювати класи для об’єктів, що виконують свої правила дії з затримками або на певний час, або до виконання певних умов. Клас Dispatcher забезпечує просування модельного часу та синхронізацію правил дії об’єктів класів, що успадковують клас Actor.

Нижче наведено короткий опис реалізації класів для об’єктів моделі, що були розглянуті вище.

Абстракція «дерево елементарних задач», що моделює задачу великої розмірності, реалізовано на основі стандартних класів javax.tree.DefaultMutableTreeModel та javax.tree.DefaultMutableTreeNode. Модель надає досліднику можливість створювати дерево автоматично відповідно до налаштованих характеристик, або формувати дерево власноруч. Передбачено також збереження створеного дерева у файлі та завантаження його із файлу.

Абстракцію «планувальник» реалізовано у вигляді класу, що успадковує клас Actor. Він працює доти, поки у «дереві елементарних задач» є хоча б один неопрацьований вузол. У циклі виконання правил дії цього об’єкту є активна і пасивна фази. Під час першої частини активної фази «планувальник» формує перелік листів дерева, які ще не обробляються, і передає його об’єкту «алгоритм». Отримавши від «алгоритму» опрацьований перелік, де задачам призначено «обчислювальні вузли», «планувальник» активізує задачі. Завершивши цю роботу, він переходить у стан очікування (пасивна фаза). Після завершення якоїсь з елементарних задач, «планувальник» знову активізується, вилучає завершену задачу з дерева і переходить до виконання першої активної фази.

«Планувальник» безпосередньо пов'язаний з об’єктом, що реалізує інтерфейс «IAlgorithm». «Алгоритм» одержує від планувальника перелік елементарних задач та інформацію про завантаження обчислювальних вузлів. На підставі цих даних «Алгоритм» призначає кожній елементарній задачі обчислювальний вузол ЛРОС. Опрацьований перелік передається назад «планувальнику».

Інтерфейс «IAlgorithm» забезпечує зв'язок «планувальника» з компонентом класу Algorithm. Через метод getNumber() «планувальник» отримує номер «алгоритму». Метод distribElemTask (ArrayList, ArrayList) в якості параметрів отримує перелік обчислювальних вузлів та перелік листів дерева, які ще не оброблялися, а повертає опрацьований перелік елементарних задач.

До складу моделі вбудовано два об’єкти, що реалізують інтерфейс «IAlgorithm»:

– об’єкт «алгоритм1», що реалізує статичний алгоритм, у якому розміщення елементарних завдань у ЛРОС виконується до моменту запуску задач на обчислення;

– об’єкт «алгоритм2», що реалізує найпростіший динамічний алгоритм, який розподіляє елементарні завдання в процесі обчислення задачі з урахуванням завантаження вузлів.

Дослідник має можливість розширювати перелік цих об’єктів і, відповідно до цього, досліджувати будь-які алгоритми. Для цього він має створити відповідний клас, що реалізує інтерфейс «IAlgorithm».

Абстракція «обчислювальний вузол» побудована як контейнер, що містить об’єкти «задача». У якості контейнера використано об’єкт класу java.util.HashSet. Основне завдання обчислювального вузла полягає у перерахуванні часу, що залишився до закінчення виконання кожної з задач після зміни їх кількості у контейнері. Окрім того, «обчислювальний вузол» сповіщає «планувальника» про завершення виконання чергової задачі.

Абстракція «задача» моделює задачу, виконувану на «обчислювальному вузлі». Ця абстракція реалізована у вигляді класу, що успадковує клас Actor. Правила дії цього об’єкту передбачають затримку на час виконання задачі. Цей час корегується «обчислювальним вузлом» відповідно до його завантаження. По завершенні часу виконання «задача» сама вилучає себе з «обчислювального вузла».

Абстракція «джерело зовнішніх задач» імітує появу зовнішніх задач через випадкові проміжки часу на вході кожного з обчислювальних вузлів. Дана абстракція реалізована у вигляді класу, що успадковує клас qusystem.TransactionGenerators фреймворку Simulation.

Діаграму взаємодії об’єктів моделі під час обробки однієї задачі наведено на рисунку 3.

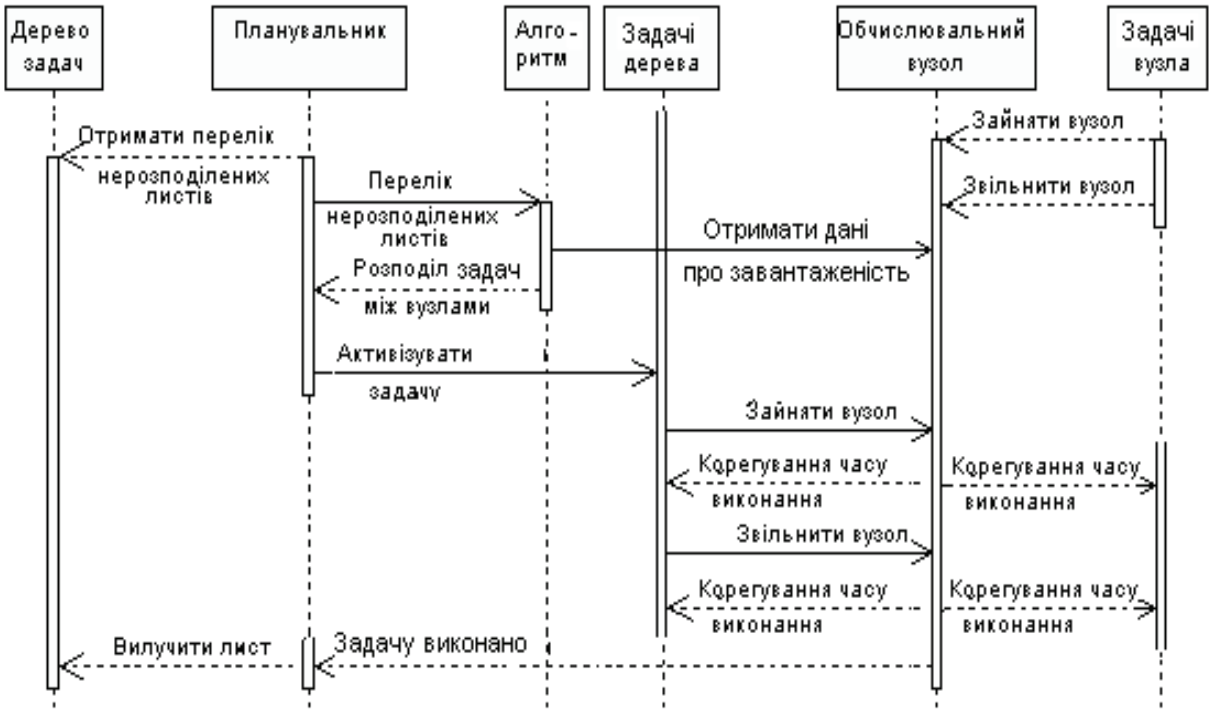


Рисунок 3 – Діаграма взаємодії об’єктів моделі

Усі розглянуті компоненти моделі об’єднані у класі Model, що забезпечує взаємодію компонентів між собою. Об’єкт класу Model є об'єктом експериментальних досліджень під час моделювання. Він безпосередньо пов'язаний з графічним інтерфейсом користувача моделі. Модель реалізує інтерфейс IExperimentable фреймворку Simulation. Це дозволяє автоматизувати проведення з моделлю серій багаторівневих однофакторних експериментів.

Для реалізації інтерфейсу користувача використовувались візуальні компоненти бібліотеки Java Swing, а також компоненти фреймворку Simulation. Роботу з моделлю забезпечують чотири панелі.

На рисунку 4 наведено зовнішній вигляд панелі налаштування параметрів дерева елементарних задач. Дерево може бути створено автоматично на підставі даних про статистичні характеристики елементарних задач. Звичайно, і структура дерева і параметри вузлів у цьому випадку будуть випадковими. Якщо ж дерево має бути детермінованим, то дослідник має власноруч сформувати структуру дерева і ввести інформацію про усі елементарні задачі. Створене дерево можна зберігати у файлі, а потім повторно завантажувати.

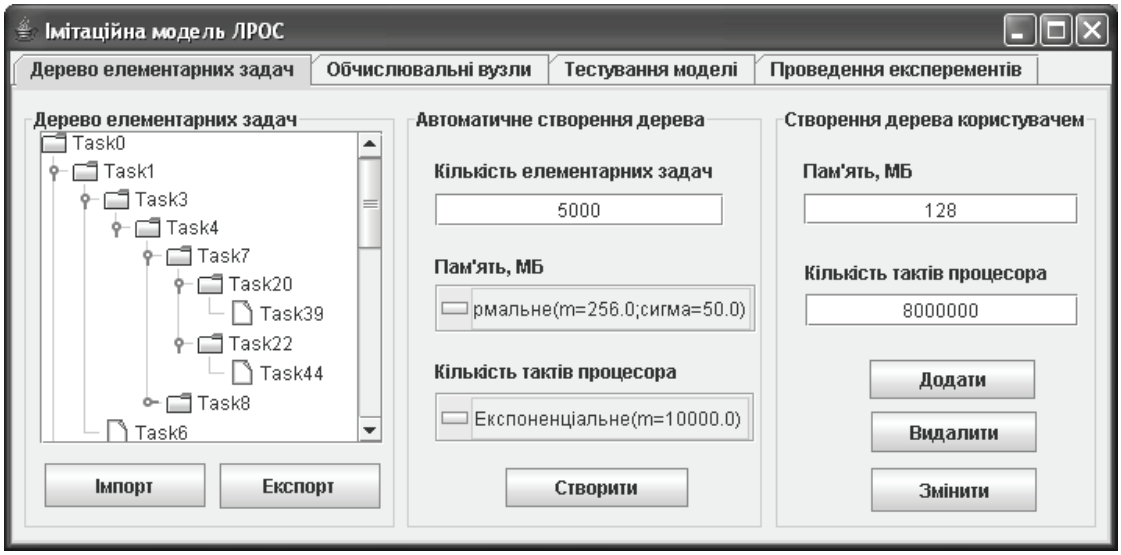


Рисунок 4 – Панель налаштування дерева задачі

Панель «Обчислювальні вузли» забезпечує налаштування параметрів обчислювального середовища і дозволяє створити потрібну кількість обчислювальних вузлів у такий самий спосіб, як і дерево елементарних задач, а також налаштувати параметри потоку задач обчислювального середовища.

Панель «Тестування моделі» має допоміжне значення і використовується при налаштуванні застосування. Вона забезпечує динамічну індикацію завантаженості обчислювальних вузлів і разом з протоколом роботи моделі допомагає пересвідчитися у працездатності моделі.

Панель «Проведення експериментів» забезпечує автоматичне проведення одно- та багаторівневих однофакторних експериментів з моделлю та дисперсійний і регресійний аналіз отриманих результатів.

Для керування експериментом використовується компонент класу ExperimentControl фреймворку Simulation, розташований ліворуч від діаграми.

Фактором при проведенні експериментів є номер алгоритму. Відгуком є час обробки дерева. Результати експериментів відображаються у вигляді точок на діаграмі.

Для обробки отриманих результатів використовується компонент класу RegresAnaliser фреймворку Simulation, розташований праворуч від діаграми. У випадку проведення серії експериментів на одному рівні компонент видає інформацію про параметри 95% довірчого інтервалу для часу вирішення задачі. Якщо ж експерименти проводяться на декількох рівнях, то компонент визначає, чи впливає фактор на значення відгуку та оцінює адекватність вибраної функції регресії.

На рисунку 5 наведено результат проведення серії експериментів на одному рівні. Як свідчить рисунок, моделювання дозволило визначити середній час вирішення задачі великої розмірності. Ширина довірчого інтервалу задовольняє умовам моделювання.

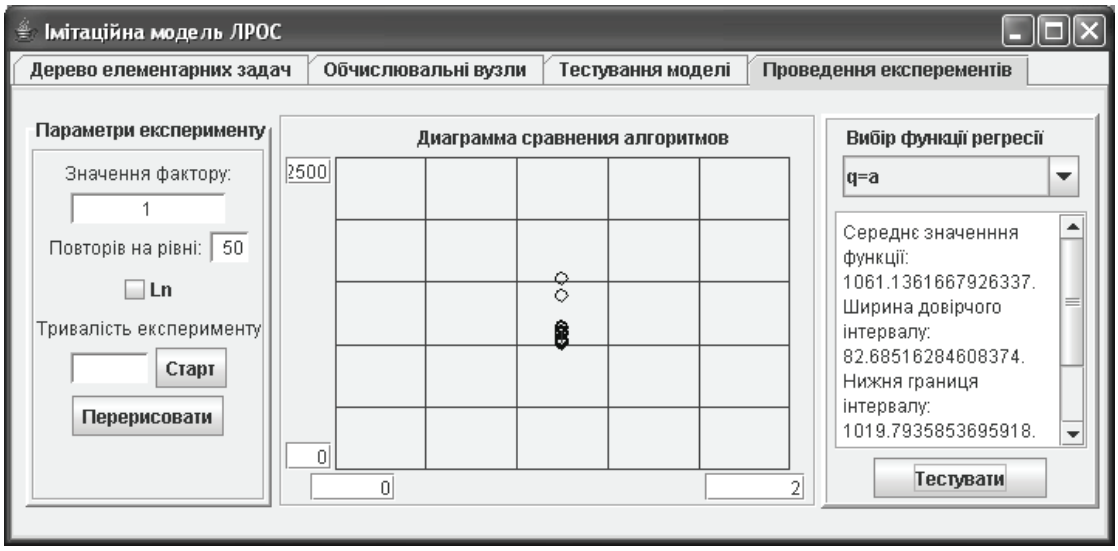


Рисунок 5 – Результат проведення серій експериментів на одному рівні

На рисунку 6 наведено результат проведення серії експериментів на двох рівнях. Експеримент показав, що вплив фактору суттєвий, тобто вибір алгоритму розподілу впливає на середній час вирішення задачі великої розмірності в ЛРОС.

Рисунок 6 – Результат проведення серій експериментів на двох рівнях

Висновки

Створено систему імітаційного моделювання, яка дозволяє моделювати роботу ЛРОС. Система дозволяє налаштовувати параметри дерева елементарних задач, потоку власних задач обчислювального середовища та його параметри. Параметри можуть бути як детермінованими, так і випадковими. Проведення експериментів з моделлю та обробка результатів експериментів автоматизовані.

Перелік алгоритмів розподілення елементарних задач, що використовується у моделі, може бути розширено без перекомпіляції застосування. Це дозволяє використовувати модель для порівняння ефективності різних алгоритмів в умовах стохастичного завантаження обчислювального середовища.

Випробування моделі довели її працездатність. Час моделювання обробки задачі, що представлена деревом з 1000 елементарних задач в ЛРОС із 100 обчислювальних вузлів, на персональному комп'ютері з середньою тактовою частотою 2500 МГц не перевищував 30 секунд.

Таким чином, модель можна використовувати для пошуку ефективних шляхів використання ЛРОС, що дозволить скоротити час вирішення складних обчислювальних задач і підвищити ефективність використання ЛРОС. Систему можна також використовувати і в навчальних цілях для демонстрації роботи систем паралельної обробки даних та дослідження роботи алгоритмів розподілення складних обчислювальних задач.

Література

1. *Э. Таненбаум* Распределенные системы: принципы и парадигмы. – СПб: Питер, 2003. – 877 с.
2. *Воеводин В.В., Воеводин Вл.В*. Параллельные вычисления. – СПб: БХВ-Петербург, 2004. – 608 с.
3. *Лоу А.М., Кельтон В.Д.* Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 848 с.: ил.

УДК 681.3.082.5

НЕСТЕРЕНКО С.О., КАНД.ТЕХН.НАУК

АЛГОРИТМ УЩІЛЬНЕННЯ ТРИАНГУЛЯЦІЙ ТРИВИМІРНИХ ПОВЕРХОНЬ

Вступ

В комп'ютерній графіці для опису тривимірних об'єктів найбільш поширеним є так зване поверхневе уявлення, коли об'єкт ототожнюється з поверхнею, яка ділить простір на зовнішній та внутрішній підпростори відносно цього об'єкта.

Серед поверхонь, які описують зовнішність тривимірного об'єкта, найбільш поширеними є полігональні. Вони являють собою множину полігонів (багатокутників), кожен з яких має зовнішню границю у вигляді замкненого багатокутника, найчастіше з прямих ребер. При цьому в більшості випадків в програмах візуалізації таких об'єктів припускається, що згадана багатокутна грань плоска.

Остання вимога не може бути виконана автоматично у випадку, коли полігон створюється на основі розрахунку координат вершин і визначення ребер через відповідну пару вершин. Тільки у випадку, коли грань трикутна, можна гарантувати, що вона плоска; при числі сторін (вершин) більшому трьох, багатокутник, суворо кажучи, треба вважати просторовим, вершини якого не лежать в одній площині. Площина, пов'язана з таким полігоном, умовна і проходить не точно через всі вершини, а в деякій близькості до більшості з них. Коефіцієнти рівняння такої площини можна розрахувати, наприклад, за алгоритмом, запропонованим М. Ньюеллом [1].

З викладеного стає зрозумілим, чому більшість алгоритмів автоматичного створення полігональних моделей тривимірних об'єктів на виході дає поверхні, що складаються виключно з трикутників – це дозволяє для кожної грані оперувати рівняннями не умовних, а точних площин (рис. 1). Тому такі алгоритми звуться алгоритмами триангуляції поверхонь.

Додаткові умови

До вигляду трикутників, що складають такі поверхні-сітки, часто пред'являються різноманітні додаткові вимоги. Найбільш поширеними серед них є, по-перше, умова Делоне [2], за якою трикутники за співвідношенням сторін повинні бути можливо близькими до рівносторінних, та, по-друге, умова рівномасштабності, за якою у трикутників сітки бажано мати габаритні розміри одного порядку.

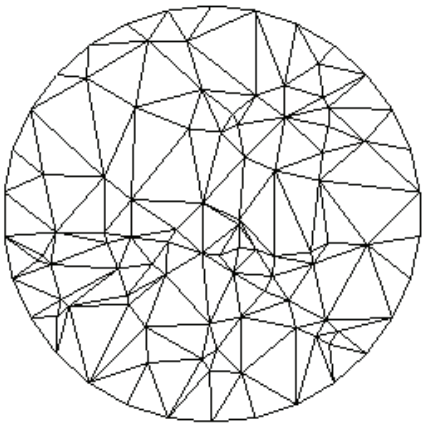


Рисунок 1 –Апроксимація гладкої поверхні триангулярною сіткою

Точних методів забезпечення виконання цих умов при автоматичному синтезі триангулярних сіток не існує. Всі існуючі методи [3, 4, 5], в кращому випадку, намагаються хоча б приблизно виконати основні та додаткові умови синтезу, тому сітки, що одержуються ними, не є ідеальними. Це призводить до ускладнення процедур їх візуалізації і може проявитися у наявності небажаних артефактів на кінцевій картинці, наприклад, світові плями дзеркального відбиття на опуклих ділянках поверхні можуть мати неправильну форму, що нагадує згладжений багатокутник.

В цій статті ми пропонуємо ще один ітеративний підхід до створення алгоритму триангуляції параметричних поверхонь, в якому намагатимемось виконати умови Делоне та рівномасштабності. Поверхні мають відповідати ряду очевидних необхідних вимог – бути гладкими та не мати самоперетинів. В якості об’єкта, на якому буде ілюструватись згаданий підхід, виберемо сферу, бо вона цим вимогам відповідає.

Ідея методу

Ідея методу полягає в тому, що рівнобічний плаский трикутник можна покрити сіткою подібних до нього менших трикутників з цілочисельним масштабом зменшення, і одержана таким чином сітка очевидно задовольняє умовам як Делоне, так і рівномасштабності. Про тривимірні відсіки поверхонь та розташовані на них трикутники суворість такого вислову треба зменшити і, скоріше, очікувати приблизного виконання згаданих умов для досить гладких поверхонь, аніж категорично вимагати їх виконання. Ітеративність підходу полягає в тому, що для одержання кінцевих трикутників потрібного розміру процедуру ущільнення (подрібнення площі) можна повторювати.

Таким чином, для деякої поверхні спочатку треба будь-яким способом задати початкове покриття «великими» трикутниками, яке хоча би приблизно відповідало згаданим вище умовам. Після цього до цієї триангуляції треба застосувати процедуру розбиття кожного трикутника

на «менші», сторони яких становлять *1/n* сторони початкового трикутника, де n – масштаб ущільнення сітки.

Можна чекати, що ступінь виконання умов Делоне і рівномасштабності для набору «менших» трикутників на поверхнях з невеликою кривизною буде близька до тої, яка була в початковій тріангуляції в силу приблизної подібності менших трикутників до більших.

Початкова тріангуляція сфери

Розглянемо сферу довільного радіусу *R* з центром в початку декартової прямокутної системи координат. Положення довільної точки *P* на поверхні сфери однозначно визначається двома параметрами *(α; β)*, де *α* – кут азимуту, а *β* – кут підвищення (рис. 2). Величини *OP=R*, *α* та *β* за відомими формулами [6] легко перетворюються на традиційні декартові координати *X, Y* та *Z*.

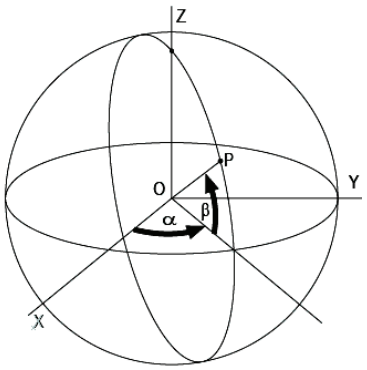
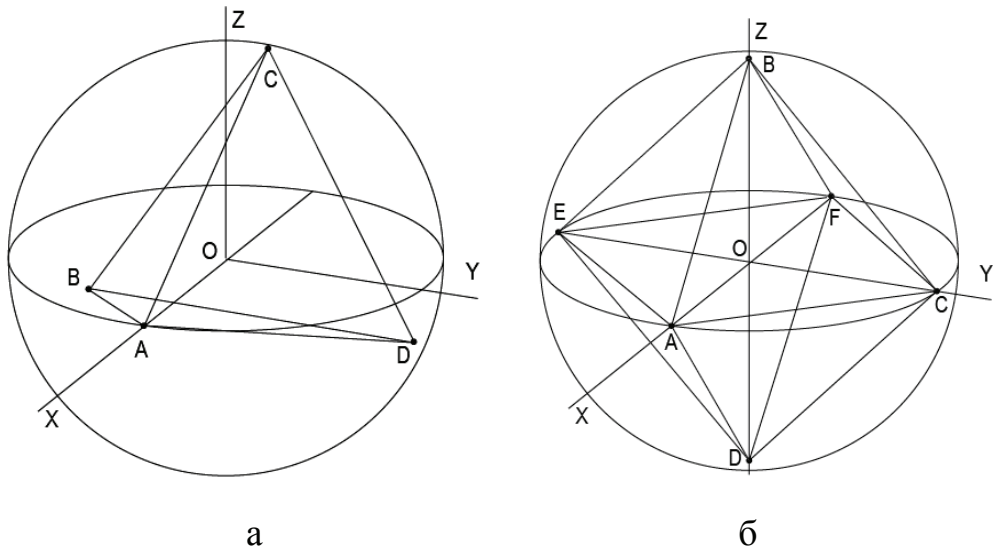


Рисунок 2 – Сфера як двопараметрична поверхня

Ідеальна початкова тріангуляція сфери може бути одержана шляхом розміщення на її поверхні вершин одного з правильних багатокутників з трикутними гранями, в найпростішому випадку – тетраедра (рисунок 3, а)



а б

Рисунок 3 – Тетраедр (а) та октаедр (б), вписані в сферу

Параметричні координати *(α; β)* вершин тетраедра на сфері такі: *A*(0°;0°), *B*(248°;-19,3°), *C*(180°;70,6°) та *D*(112°;-19,3°). Трикутники *ABC*, *BCD, ABD* і *ADC* рівносторінні та рівні між собою, таким чином умови Делоне та рівномасшабності виконані точно.

Іншим непоганим рішенням (рисунок 3, б)для початкової триангуляції сфери є набір вершин октаедра в точках перетину координатних осей зі сферою. Для цього набору параметричні координати такі: *A*(0°;0°), B(90°;90°), *C*(90°;0°), *D*(90°;-90°), *E*(270°;0°), *F*(180°;0°), а трикутники мають вершини *ABC*, *ACD*, *ADE*, *ABE*, *BFC*, *CFD*, *DFE* та *BFE*.

Треба зазначити, що візуалізація типових тривимірних об'єктів, побудованих як набір плоских граней, супроводжується так званим «аліасінгом», який проявляється в наявності на кінцевій картинці візуальної «гранчастості» поверхонь, які в реальних прототипах зображуваних тіл гладкі криволінійні. Існують [7] методи боротьби з цим явищем, але і вони можуть дати прийнятні результати лише за умови достатньо малого габариту грані відносно габаритів самого об'єкта; простіше кажучи, грань відносно всього об'єкта повинна бути достатньо малою.

Звідси витікає задекларована в назві статті необхідність побудови нових сіток з гранями, в *n* разів меншими, на базі триангулярних сіток з великими гранями.

Опис алгоритму

Розглянемо можливий алгоритм такого ущільнення для випадку *n*=3.

Спиратимемось на трирівневу канонічну модель тривимірного об'єкта, в якій на нижньому рівні знаходиться масив тривимірних точок-вершин, на середньому рівні – масив ребер, кожне з яких задається як пара номерів вершин, а на верхньому – масив граней, який можна задавати або як список номерів ребер в порядку обходу грані, або як список номерів вершин, також в порядку обходу грані за її контуром. Виберемо другий варіант – грань як список номерів вершин.

Для конкретності будемо оперувати умовною моделлю об'єкта, що показана на рисунку 4. Нижче показано початковий стан таблиць моделі перед ущільненням сітки трикутників. Для нього хай будуть описані масив вершин (таблиця 1), масив ребер (таблиця 2) та масив граней (таблиця 3). Кількість стовпчиків таблиць, що відповідає кількості відповідних примітивів, в процесі ущільнення буде збільшуватись, тобто вона не є сталою.

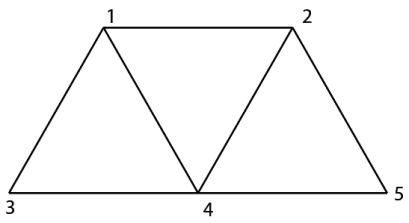


Рисунок 4 – Умовна модель тривимірного об'єкта

Таблиця 1 – Масив вершин об'єкта

Номер вершини	1	2	3	4	5
Кут азимуту α	α1	α2	α3	α4	α5
Кут підвищення β	β1	β2	β3	β4	β5

Таблиця 2 – Масив ребер об'єкта

Номер ребра	1	2	3	4	5	6	7
Вершина-початок	1	4	3	1	2	2	5
Проміжна вершина 1							
Проміжна вершина 2							
Вершина-кінець	4	3	1	2	4	5	4

В таблиці 2 передбачені поля для проміжних вершин 1 і 2, які перед початком процесу ущільнення не заповнені. Цих полів саме 2 тому, що ми задались вирішити задачу ущільнення сітки для n=3, при цьому кожне ребро буде ділитися та три частини, таким чином, на ребрі будуть з'являтись саме дві додаткових точки ділення.

Таблиця 3 – Масив граней об'єкта

i	Номер грані F	1	2	3
1	Номери вершин V[i] грані в порядку обходу за годинниковою стрілкою	1	1	2
2		4	2	5
3		3	4	4

Тут, наприклад, грань F[1] є трикутником, номери вершин якого V[i] в порядку обходу за годинниковою стрілкою є V[1] =1, V[2] =4 та V[3] =3.

З наведених таблиць 1-3 таблиця 2 носить допоміжний характер, оскільки інформація про ребра об'єкта вже неявно існує в таблиці 3. Необхідність цієї таблиці полягає в тому, що за допомогою неї можна буде уникнути зайвого повторного ділення ребер. Кожне ребро, як правило, належить двом граням, але ділити його треба тільки один раз.

Технічно процес ущільнення тріангуляційної сітки полягатиме в правильному дописуванні нових записів (стовпців) в наведені вище таблиці, модифікації деяких з них та, після всього, стирання записів, які втратили актуальність («чистка» моделі даних). Неважко бачити, що головною проблемою тут є не заплутатись між «старими» ребрами та гранями, що існують до процесу ущільнення, та «новими», в n разів меншими, що виникнуть внаслідок ущільнення. До того ж треба додати, що «нова» модель даних повинна зостатись коректною, тобто внутрішньо не суперечливою.

Логічно алгоритм поділяється на дві частини – головну та заключну. В головній частині породжуються нові вершини, ребра та грані, в заключній частині модель даних «чиститься», тобто з неї видаляються описи «старих» ребер та граней.

В першій, головній, частині алгоритму головною керуючою алгоритмічною конструкцією буде цикл по «старим» граням. Оскільки їх кількість в моделі відома, то цей цикл може бути реалізований як найпростіший цикл із лічильником (наприклад, в Паскалі це цикл «for»).

В тілі цього циклу обробляється чергова трикутна грань. Оскільки номери вершин в кожній грані різні, а робота виконується з кожною гранню одна і та ж, то насамперед потрібно створити робочу таблицю відповідності глобальних номерів вершин з їх локальними індексами (рисунок 5).

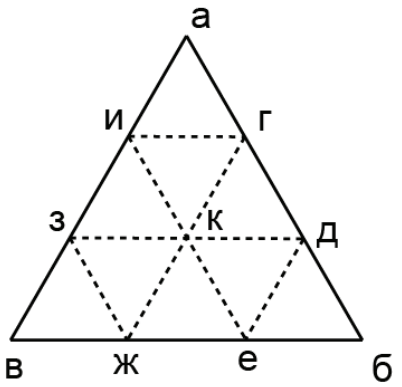


Рисунок 5 – Грань з локальними індексами

Для відмінності локальні індекси позначатимемо літерами кирилиці. Для конкретності наведемо таблицю 4, зміст якої відповідає періодові обробки першої грані.

Таблиця 4 – Відповідність глобальних номерів вершин та локальних індексів

Локальний індекс	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к
Глобальний номер вершини	1	4	3	6	7	8	9	10	11	12

При переході до чергової грані вершини *V*[а],*V*[б] та *V*[в] одержують номери вершин «старої» грані з таблиці 3, а глобальні номери для вершин *V*[г..к] створюються в процесі ущільнення грані.

Наведемо формули для розрахунку параметричних координат «нових» вершин для ребра а-б.

$$\alpha_{V[г]} = \alpha_{V[a]} + \frac{1}{3}(\alpha_{V[б]} - \alpha_{V[a]}). \quad (1)$$

$$\beta_{V[г]} = \beta_{V[a]} + \frac{1}{3}(\beta_{V[б]} - \beta_{V[a]}). \quad (2)$$

Для вершини *V*[д] параметри розраховуються аналогічно, лише замість множника 1/3 треба використати 2/3. Параметричні координати

вершин *V*[е..и] (для першої грані це *V*[8..11]) розраховуються аналогічно з використанням відповідних пар індексів вершин «старої» грані (рисунок 6).

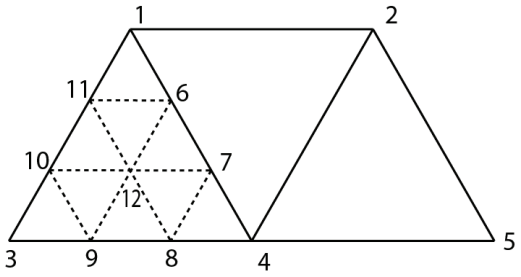


Рисунок 6 – Умовна модель в процесі ущільнення першої грані

Для центральної вершини *V*[к] координати розраховуються за формулами:

$$\alpha_{V[к]} = \frac{1}{2}(\alpha_{V[з]} + \alpha_{V[д]}). \quad (3)$$

$$\beta_{V[к]} = \frac{1}{2}(\beta_{V[з]} + \beta_{V[д]}). \quad (4)$$

Після розрахунку координат нової вершини проводиться дописування нового стовпчика до таблиці 1, номер якого береться як (останній використаний +1). Параметричні координати нової вершини записуються до відповідних чарунок таблиці.

Крім того, глобальні номери новостворених «нових» вершин, що розташовуються на сторонах «старої» грані, вписуються в поля «Проміжна вершина 1» та «Проміжна вершина 2» відповідного стовпчика таблиці 2. Той факт, що ці поля в записі «старого» ребра є заповненими, означає, що його поділ вже виконано, і це дозволить не виконувати цю роботу повторно при обробці суміжної грані. Нові стовпчики в таблиці 2 на цьому етапі роботи не породжуються. Повне оновлення таблиці 2 буде виконано в другій, заключній частині алгоритму.

В таблицю 3 вписуються нові стовпчики з інкрементною нумерацією, куди заноситься інформація про «нові» грані з урахуванням відповідності індексації (таблиця 4). В локальних індексах «старої» грані нові грані завжди матимуть індекси, наведені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Індексація «нових» граней всередині «старої»

Умовні номери «нових» граней	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Локальні номери вершин *V*[і] грані в порядку обходу за годинниковою стрілкою	а	и	г	к	д	и	з	к	з
	г	г	д	д	б	к	к	е	ж
	и	к	к	е	е	з	ж	ж	в

Неважко бачити, що в першій частині алгоритму ущільнення сітки в таблиці 3 існуватимуть деякий час записи як про «старі» грані», так і про «нові». Записи про «старі» грані будуть стерті в другій частині алгоритму.

Власне, на цьому тіло циклу закінчується та виконується перехід до обробки наступної грані. Коли всі «старі» грані оброблено, перша частина алгоритму виконана.

Друга, заключна, частина алгоритму має на меті наведення порядку в моделі даних. В ній виконуються такі дії.

По-перше, з таблиці 3 (грані) видаляються записи про «старі» грані та в ній залишаються записи тільки про «нові» грані зменшеного в *n* разів розміру. По-друге, таблиця 2 (ребра) повністю переписується начисто на основі вже оновленої таблиці 3. Таблиця 1 (вершини) змін не потребує.

Таким чином, для наведеного на рисунку 4 умовного об’єкта з трьох трикутників буде виконано перехід до нової сітки з 27 трикутників (рисунок 6).

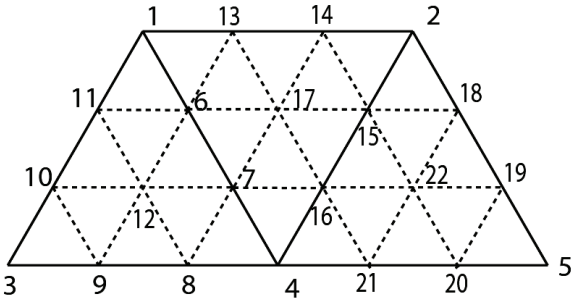


Рисунок 7 – Вигляд умовного об’єкта після ущільнення триангулярної сітки

Процедуру ущільнення сітки можна повторювати декілька разів, аж доки результат візуалізації об’єкта не стане прийнятним.

Висновки

Показана можливість ітеративного формування досить густих тріангулярних сіток тривимірних об’єктів, починаючи з простих, які можна створювати навіть в діалоговому режимі.

Для достатньо гладких поверхонь очікується збереження виконуваності умов Делоне та рівномасштабності в процедурі ущільнення сітки. Більш детально цей факт можна перевірити лише експериментально.

Наведений алгоритм дозволяє виконувати ущільнення тріангуляційної сітки «на тому ж місці», що дозволить уникати зайвої витрати динамічної пам’яті.

Ущільнення – досить трудомістка операція рівня $O(n^2)$, де n – кількість «старих» граней об’єкта. До того ж вона збільшує обсяг даних моделі теж приблизно в n^2 разів, тому її використання в прикладних задачах повинно мати належне обґрунтування.

Література

1. *Фокс Ф., Пратт М.* Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве. – М.: Мир, 1982. – 577 с.
2. *Шикин Е., Боресков А.* Компьютерная графика. Полигональные модели. – М.: Диалог-МИФИ, 2000. – 464 с.
3. *Heckbert P., Garland M.* Survey of polygonal surface simplification //SISGRAPH. – 1997. – Course 25.
4. *Puppo E.* Variable resolution triangulations //Computational Geometry. – 1998. – Vol. 11. – P. 219-238.
5. *Hoppe H., De Rose T., Duchamp T., McDonald J. Stuetzle W.* Mesh Optimization //Computer Graphics Proceedings. – 1993. – P. 19-26.
6. *Бронштейн И.Н., Семендяев К.А.* Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. – М.: Наука, 1981. – 1033 с.
7. *Блінова Т.О., Порєв В.М.* Комп'ютерна графіка – К.: Видавництво «Юніор», 2004. – 456 с., іл.

УДК 004.032.26:004.78:336.717

Акименко А. М., ст. викладач,
Нехай В. В., студент

ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОННИХ ПЛАТЕЖІВ

Вступ

В останні роки міжнародні і національні кредитно-фінансові системи, у тому числі й системи електронних платежів, зазнали значних технологічних перетворень. Кредитно-фінансові установи найбільше зацікавлені у міжбанківській інтеграції, зокрема, у реалізації ідей: «віртуальних грошей» (e-money), «пластикової електронної валюти» «електронних гаманців» та ін.

Однією з гострих проблем при цьому є безпека формування та розвитку глобальних електронних інформаційних систем та їх стійкість до загроз у сфері інформатики.

Різні проблеми розвитку інформатизації суспільства, у тому числі у сфері економіки, знайшли широке висвітлення у публікаціях вітчизняних та зарубіжних дослідників. Серед вітчизняних дослідників можна відзначити таких, як Д.С. Азаров, В.М. Брижко, В.М. Бутузов, В.Д. Гавловський, Р.А. Калюжний, В.Я. Мацюк, А.А. Музика, В.А. Некрасов, Б.В. Романюк, І.Ф. Хараберюш, О.І. Хараберюш, М.Я. Швець, В.К. Шкарупа та ін. У той же час не достатньо розкритим залишається питання організації безпеки електронних інформаційних систем.

У даній статті проаналізовано сучасні тенденції розвитку та шляхи протидії кіберзлочинності в аспекті проблематики захисту трансакцій при використанні пластикових електронних карток.

Методи та результати

За прогнозами експертів ООН, у недалекому майбутньому світова економіка зіткнеться, перш за все, з ростом кібернетичної злочинності, пов’язаної із застосуванням прогресуючих у своєму розвитку фінансових схем і механізмів та сучасних електронних технологій.

Найважливіша вимога до банківських електронних технологій – дотримання режиму секретності, конфіденційності, достовірності інформації у системі та наявність прав доступу до неї. Тому електронні системи розрахунків повинні мати декілька рівнів захисту інформації:

– система прав доступу співробітників банку до інформації, яка може бути реалізована за допомогою імен та паролів користувачів;

– система прав доступу до особистого рахунку клієнта, яка може бути реалізована за допомогою "електронного" підпису та пластикових електронних карток;

– програмно-апаратні засоби захисту інформації;

– спеціальні програмні методи шифрування і стискання інформації.

Таким чином, політика інформаційної безпеки банківської установи передбачає: знання про всі інформаційні потоки; розуміння структури інформації в системі; виділення критичних (у плані захисту) процесів, ділянок в інформаційних системах; виділення користувачів у категорії і групи з чітким визначенням їх прав; вміння фіксувати факт несанкціонованого доступу чи атаки.

У силу того, що основний канал для несанкціонованого доступу – комп'ютерна (банківська, корпоративна, глобальна) мережа, то основна увага приділяється системі захисту на рівні підтримки мережі (маршрутизаторів, брандмауерів, FTP, Web, електронної пошти, мережевої файлової системи, браузерів тощо).

Для забезпечення ефективного використання системи захисту за допомогою нейронних мереж розглянемо схему взаємодії учасників платіжної системи з використанням пластикових карток (рис. 1).

Є два режими взаємодії банку-емітента і процесингового центру off-line і on-line.

Режим off-line є найбільш простим і недорогим для банку-емітента та процесингового центру. Банк дозволяє процесинговому центру ведення бази даних по картках, рахунках і лімітах клієнтів банку. У встановлені домовленістю сеанси зв'язку банк передає в процесинговий центр доручення на внесення змін в базу даних процесингового центру. В свою чергу, з процесингового центру банк отримує звіти щодо операцій клієнтів банку, виконаних по картках. Відповідальність за авторизацію по лімітах клієнтів банку лежить на процесинговому центрі. Доступ до рахунку клієнт має тільки за допомогою картки, а час від моменту внесення коштів на рахунок клієнта до моменту їх надходження в базу даних процесингового центру становить декілька годин. Тобто банк отримує інформацію про проведені за день операції лише після їх завершення і дебетує рахунок клієнта за підсумком всіх здійснених за день трансакцій.

Під час взаємодії банку з процесинговим центром в режимі on-line банк забезпечується спеціальним обладнанням та програмним забезпеченням і підключається до мереж передачі даних або з'єднується з процесинговим центром виділеним каналом. Банк самостійно веде базу даних карток, рахунків та лімітів і виконує процес авторизації платежів. У цьому випадку банк має можливість керувати рахунками клієнтів і здійснювати їх дебетування в режимі реального часу. Крім того, банк оперативно може виконувати блокування карток і рахунків у разі несанкціонованого доступу.

Міжнародна класифікація злочинів з пластиковими картками свідчить про наступні види шахрайства [1]:

– шахрайства з втраченими чи вкраденими пластиковими картками складають 72,2 %;

– шахрайства з підробними пластиковими картками – 20,5 %;

– шахрайства з використанням особових рахунків – 1,4 %;

– інші форми шахрайства – 5,9 %.

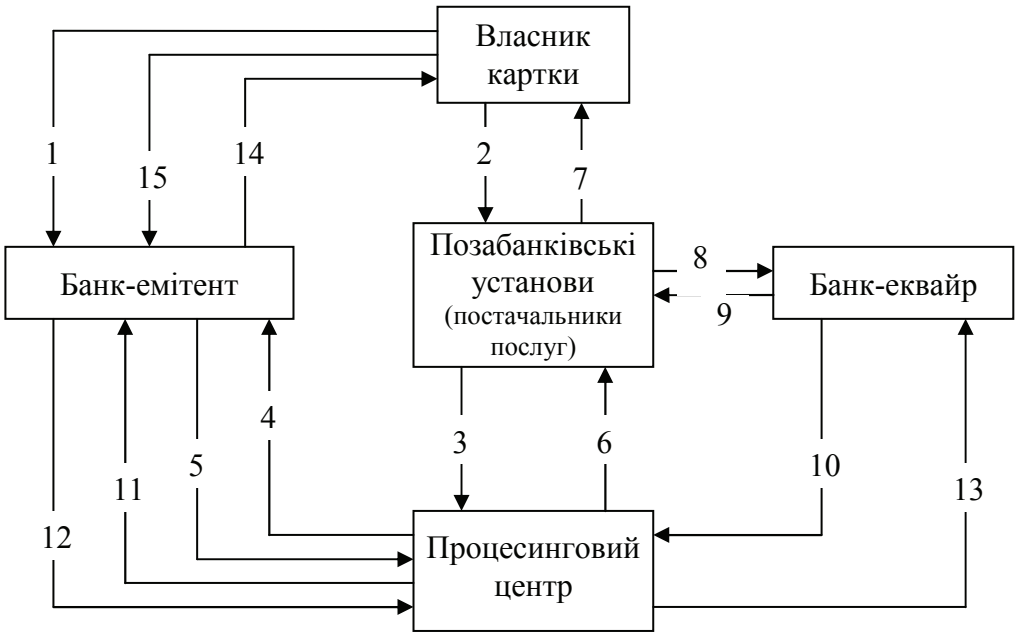


Рисунок 1 – Схема взаємодії учасників карткового проекту

На рис.1:

1 – оформлення і видача картки клієнту;

2 – надання картки для оформлення покупки чи оплати послуг;

3-4 – запит на авторизацію;

5-6 – результати авторизації;

7 – передача товару та чека на нього власнику картки;

8 – передача чеків на куплені товари;

9 – зарахування коштів за куплені товари на рахунок торговельного закладу;

10-13 – розрахунки банка-емітента з банком-еквайром за проведені трансакції;

14 – надання виписки про проведені трансакції;

15 – розрахунки власника картки з банком-емітентом.

Таким чином, всі випадки шахрайства можна поділити на ті, які вносять у систему недостовірну інформацію, та ті що перекручують інформацію в каналах зв'язку. У першому випадку захист полягає у способах ідентифікації вхідної інформації, основаної на нейронних мережах, у другому – шифрування інформаційних потоків при обміні з процесинговим центром у мережі, що дозволяє попередити несанкціонований доступ до мережі та перехват інформації [2].

Вразливі місця, з точки зору захисту несанкціонованого доступу до інформації, що міститься у процесинговому центрі, це інформаційні потоки, які проходять каналами 3, 5, 10 та 12 у схемі електронних розрахунків. Тому система захисту інформації, що ґрунтується на використанні нейронних систем, повинна захищати саме ці інформаційні потоки (рис. 2), що забезпечить можливість захисту інформації не тільки від зовнішніх, а і внутрішніх учасників електронних розрахунків.

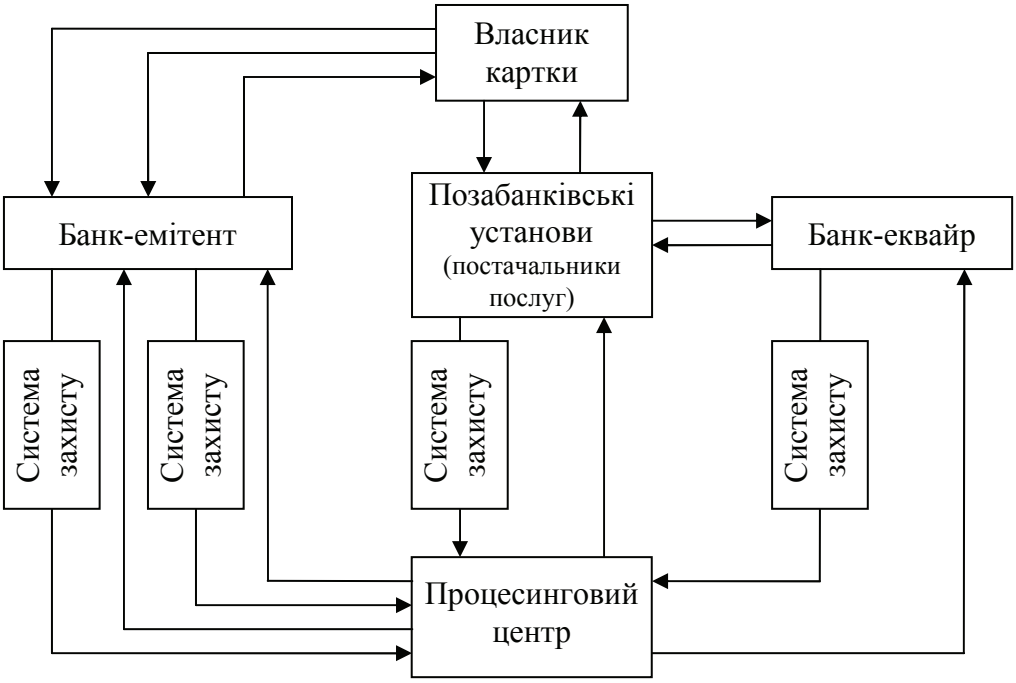


Рисунок 2 – Схема взаємодії учасників карткового проекту з урахуванням системи захисту

Висновки

Стрімкий розвиток сучасних засобів електронної телекомунікації, створення нових можливостей здійснення міжбанківських і внутрішньобанківських операцій вимагають розробки нових заходів захисту інформації і запобігання кіберзлочинності у фінансовій сфері. Робота в даному напрямку є необхідною умовою повноцінної участі нашої держави в фінансовій міжнародній діяльності та сфері інформаційних технологій і дозволить на якісно новому рівні забезпечити безпеку електронних розрахунків. Саме цього вимагає постійне вдосконалення сфери «високих» технологій, зростання та інтернаціоналізація комп'ютерної злочинності.

Література

1. *Астапкина С.М., Максимов С.В.* Криминальные расчеты: уголовно-правовая охрана инвестиций: Научно-практическое пособие. – М.: Учебно-консультационный центр ЮрИнфоР, 1995. – 128 с. – С. 72
2. *Вертузаєв М.С., Хрипко С.Л.* Шифрування як засіб захисту інформації //Інформаційні технології та захист інформації: Збірник наукових праць. – Запоріжжя: Юридичний ін-т, 1998. – Вип. 2. – С. 24-32

УДК 004.3

РОГОВЕНКО А.І., СТ. ВИКЛАДАЧ, АЛЕКСЕЄВ А.О., СТУДЕНТ МАГІСТРАТУРИ

ТЕСТУВАННЯ МОДУЛІВ НА VHDL/VERILOG ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ SCE-MI

Вступ

Проблема тестування постає перед розробниками апаратних пристроїв та програмного забезпечення, як тільки складність проектів стає більшою, ніж складність проекту, який один розробник може створити та забезпечити подальшу його підтримку. Безсумнівно, що один розробник може написати тільки частину навіть середнього, по сучасним розмірам, проекту, не кажучи вже про великі проекти. Над створенням апаратних пристроїв та програмного забезпечення зараз працюють цілими компаніями. Архітектор проекту аналізує задачу та розділяє її на так звані модулі. Окремі модулі зазвичай створюються окремими розробниками, а потім, як конструктор, складаються в одне ціле − кінцевий продукт. Якщо не використовувати автоматизоване тестування при розробці модулів, звичайно, можуть виникати проблеми з їх роботою в системі, що буде негативно впливати на успішність проекту. Найгірша ситуація − коли була виготовлена велика за кількістю серія продукту чи він вже впроваджений у використання та проявляє помилки у роботі, пов'язані з несправностями модулів, яких, при використанні автоматизованого тестування, можна було запобігти. Для попередження таких випадків всі модулі проекту підлягають обов'язковому автоматизованому тестуванню. Для програмного забезпечення досить легко провести тестування, але для апаратних пристроїв тестування є значно складнішим процесом.

Тестування апаратних пристроїв

Апаратні пристрої можуть створюватися за допомогою описання на так званих мовах описання апаратури – Hardware Description Language (далі HDL), таких як VHDL та Verilog. Найпростіший метод тестування модулів на мовах HDL є написання тестбенчу на одній з мов HDL. Але при використанні простих тестбенчів ми не маємо можливості передати до тестованого модуля великих за обсягом даних. Зазвичай в тестбенчах на HDL записується таблиця з початковими даними та таблиця з правильними результатами, що мають бути отримані з виходів тестованого модуля.

При виконанні тестбенчу послідовно подаються початкові дані з таблиці. Після того, як модуль, що тестується, закінчив обчислення, вихідні дані порівнюються з відповідними значеннями таблиці правильних результатів. Якщо дані на виходах модуля, що тестується, не збігаються з

правильними, то тест вважається непройденим. Звісно, для простих модулів, що підлягають тестуванню, така методика тестування є оптимальною. Це пов'язано з тим, що вона не потребує додаткових витрат на обладнання та програмне забезпечення для створення тестбенчу, а також додаткових навичок розробника тесту. Але якщо складність модуля висока, з'являється потреба в іншій методиці тестування. Саме однією з таких методик є стандарт ко-емуляції − Standard Co-Emulation Modeling Interface.

Standard Co-Emulation Modeling Interface (далі Sce-Mi) − це один із способів складного тестування пристроїв, описаних на мовах HDL, таких як VHDL та Verilog. Стандарт був створений компанією Accellera (друга ревізія стандарту вийшла в березні 2007р). Причиною появи подібного стандарту була необхідність створення тестбенчів, які можуть передавати великі за розміром обсяги даних до модуля, що тестується (далі *DUT* – Design Under Test).

Sce-Mi передбачає написання тестбенчу на мові C, C++, SystemC, отже, наприклад, відкриття файлу для його передачі до DUT стає тривіальною задачею.

Структура системи, що тестується

На рисунку 1 зображена структура системи для цифрової фільтрації даних, отриманих з АЦП, та виводу відфільтрованих даних через ЦАП.

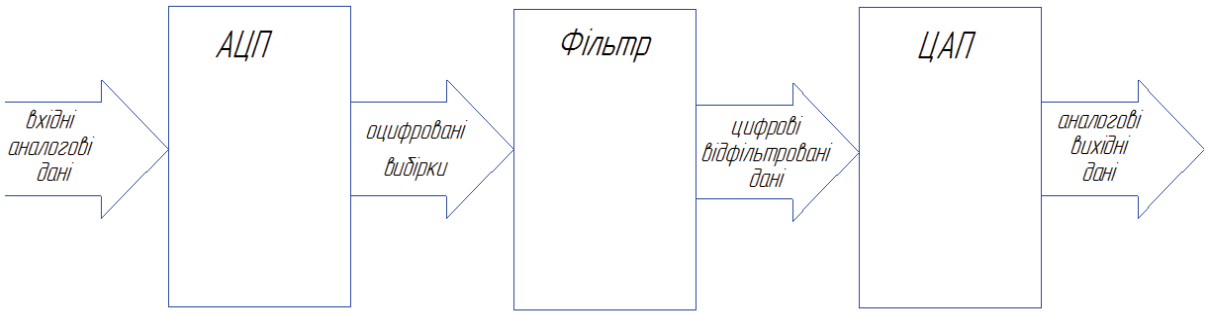


Рисунок 1 – Структура системи для цифрової фільтрації даних

Фільтр з кінцевою імпульсною характеристикою 255 порядку, тому його реалізація потребує використання ПЛІС для забезпечення обробки даних в реальному часі (255 паралельно працюючих блоків «помножувач-суматор»). Для емуляції АЦП вибірки сигналу будуть подаватися до фільтру з масиву вибірок. На рисунку 2 зображена структура цифрового фільтру з кінцевою імпульсною характеристикою, де елементи «b» – це помножувачі вибірки на коефіцієнт, а елементи «+» – це суматори.

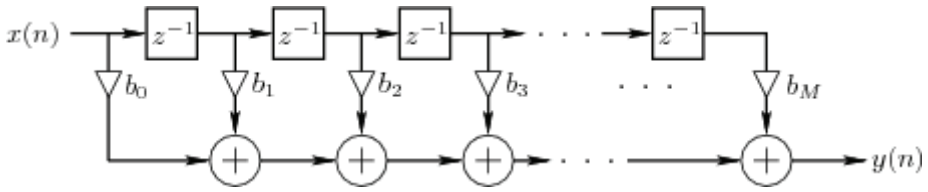


Рисунок 2 – Структура цифрового фільтру з кінцевою імпульсною характеристикою

Структура тестбенчу

Тестбенч, при використанні технології Sce-Mi, складається з програмної та апаратної частин. Програмна частина тестбенчу – це програма на мові C++ з використанням бібліотеки SystemC, єдиною метою роботи якої є відправка вибірок до апаратної частини тестбенчу та, при поверненні відфільтрованих даних, перевірка їх на відповідність еталонним. Обмін даними з інтерфейсом Sce-Mi проводиться через об'єкти структур мови C: SceMiOutputPort та SceMiInputPort.

Апаратна частина тестбенчу створюється на мові VHDL чи Verilog. На рисунку 3 зображена структура HDL частини тестбенчу. Для використання технології Sce-Mi для тестування потрібна доволі складна структура тестбенчу. Для кожного порту передачі даних, що використовується у програмній частині тестбенчу, має бути відповідний порт передачі даних у HDL частині тестбенчу.

SceMiInputPort (вхідний порт) – це модуль для передачі інформації від програмного тестбенчу на C, C++, SystemC до тестованого модуля. Через вхідні порти передаються вхідні дані для тестованого модуля.

SceMiOutputPort (вихідний порт) – це модуль для передачі інформації від програмного тестбенчу до тестованого модуля. Через вихідні порти зазвичай передаються дані з виходів тестованого модуля, а також запити тестованого модуля на отримку нових вхідних даних.

Transactor (транзактор) – модуль з реалізацією протоколу роботи з інтерфейсом, що надає Sce-Mi для звязку програмної частини з HDL частиною тестбенча. Тразактор виконує роль моста між тестованим модулем (DUT) та програмним тестбенчем.

SceMiClockPort (порт тактових імпульсів) – модуль, через який до HDL частини тестбенчу подаються тактові імпульси (clock) та сигнал reset.

SceMiClockControl – модуль контролю тактових імпульсів. Транзактор має обов'язково мати один модуль контролю тактових імпульсів. Через нього виконується контроль подачі тактових імпульсів та сигналу reset на тестований модуль.

DUT_holder – модуль-обгортка (wrapper) тестованого модуля для з'єднання з транзактором. В обгортці тестованого модуля має бути реалізована вся логіка прийому даних від інтерфейсу Sce-Mi і подачі готових даних на входи тестованого модуля та зняття вихідних даних і відправки їх до інтерфейсу Sce-Mi.

DUT (модуль, що тестується) – це FIR фільтр, шо приймає на вхід 16-розрядні вибірки з АЦП, виконує фільтрацію та видає 16-розрядні відфільтровані дані.

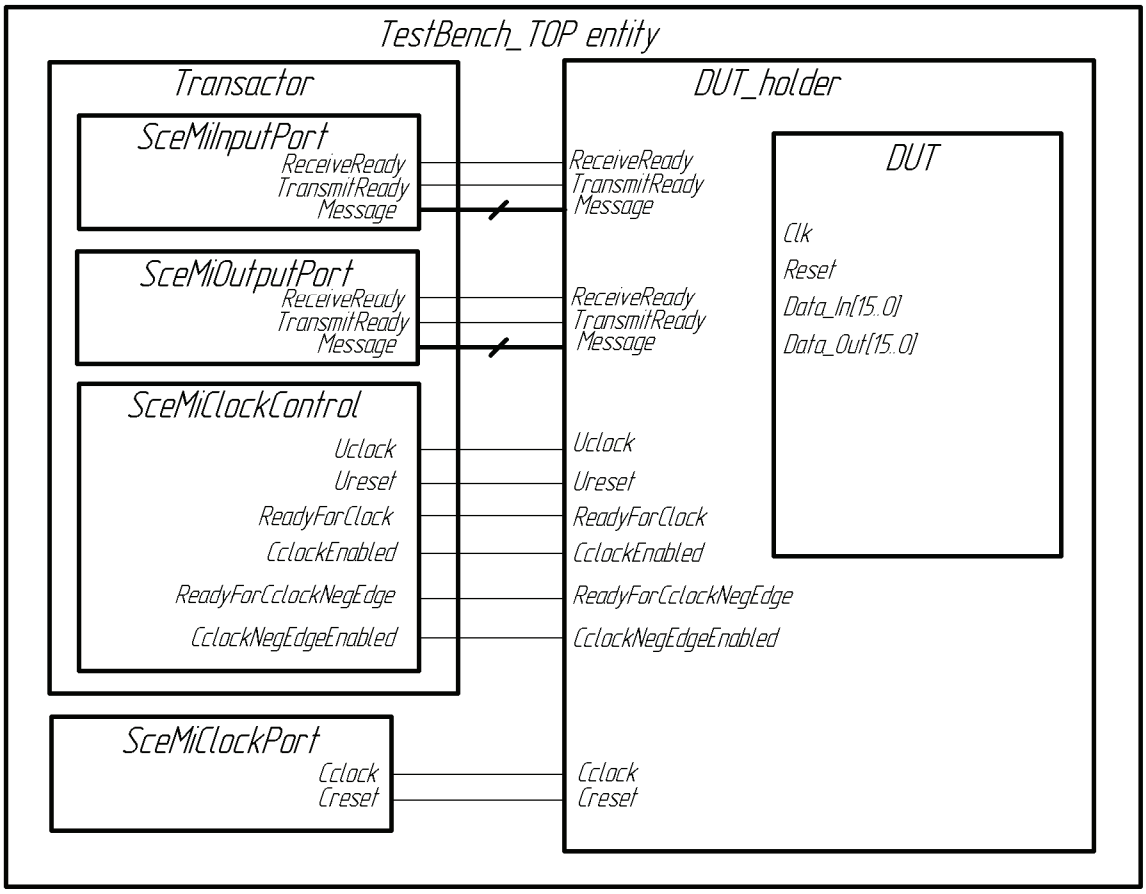


Рисунок 3 – Структура HDL частини проекту Sce-Mi тестбенчу

На вхід фільтру подаються вибірки звукового сигналу в 16-бітному форматі WAV. Фільтр пропускає низькі частоти і не пропускає середні та високі частоти – фільтр низьких частот. На виході фільтру отримуються дані WAV файлу з відфільтрованими вибірками.

При застосуванні методу створення звичайного тестбенчу виникла б необхідність створити у файлі з початковим кодом два масиви довжиною в десятки тисяч елементів, перший з яких містив би вибірки сигналу, а другий – еталонні значення на виході фільтру для порівняння зі значеннями на виході фільтру при тестуванні. Цей метод не можна застосовувати при тестуванні пристроїв, що потребують обміну великими обсягами даних. При застосуванні технології Sce-Mi при створенні програмного тестбенчу полегшився процес передачі великих за обсягом даних до тестованого модуля. Також з’явилася можливість запуску тесту з будь-якими WAV файлами 16-бітного формату – програмна частина тестбенчу відкриває інший файл та завантажує з нього дані. Відпадає необхідність ручного занесення даних до масиву – вхідна інформація завантажується з файлу та вихідна інформація зберігається до файлу, що дає виграш у швидкості проведення тестування з різними вхідними даними та зменшує розмір модуля тестбенчу.

Висновки

Таким чином, розглянута система для тестування апаратних модулів на мовах HDL має наступні основні позитивні та негативні сторони.
Плюси створення тестбенчів при використанні технології Sce-Mi:

- можливість передачі великих обсягів данних, наприклад, зображення, відео та ін., з компьютера на тестований пристрій;
- збільшення швидкості тестування, при умові використання спеціальних плат апаратного прискорення тестування (HES Board).

Мінуси створення тестбенчів, використовуючи технологію Sce-Mi:

- необхідність у додатковому створенні транзакційного модуля на мові HDL;
- складна структура HDL частини тестбенчу.

Література

1. Standard Co-Emulation Modeling Interface (SCE-MI). Reference Manual.Version 2.0 Release.March 22nd, 2007.
2. Matlab Filter Design Toolbox help and tutorials (http://www.mathworks.com).
3. VHDL 1076.3 standard extension.
4. SystemC standard (http://systemc.org).

УДК 004.312

Щерба О.В., ст. викладач, Бублик А.В., студент

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ НА КРИСТАЛІ

Вступ

Вирішення багатьох виробничих задач зараз неможливе без застосування цифрових технологій, які дозволяють забезпечити необхідну швидкість та уникнути помилок, пов'язаних з людським фактором. Їх використання є гарантом надійності проведення обчислень, передачі даних або керуючих сигналів.

При побудові цифрової системи для вирішення певного кола задач можливе використання універсальної цифрової системи. Цей підхід не завжди ефективний, тому що система може не відповідати поставленим вимогам. В цьому випадку поширеним є застосування спеціалізованих вбудованих цифрових систем, які проектуються з урахуванням особливостей задачі. Існує багато способів проектування та реалізації спеціалізованої системи. На сьогоднішній день, на передній план виходять системи на кристалі (СнК). Ефективність їх використання обумовлена оптимізацією внутрішньої структури і відсутністю надмірності, характерної для універсальних цифрових систем. Висока оптимізація визначає високу економічну ефективність подібних рішень[1].

З розширенням сфери застосування спеціалізованих систем підвищуються і вимоги до їх роботи. Обчислювальна та апаратна складність сучасних цифрових СнК характеризується мільйонами еквівалентних вентилів. Сьогодні складність технічних систем досягає того рівня, коли окрема людина вже не володіє повним і точним розумінням всіх процесів, що відбуваються при роботі системи. Також сучасні системи є критичними до збоїв і зупинки функціонування. Тому виникає потреба у створенні і впровадженні нових технологій проектування, моделювання і вбудованого сервісного обслуговування. Діагностування системи в процесі її роботи дозволить у максимально короткий проміжок часу виявити проблему і усунути її причину, що зведе до мінімуму збитки, завдані за час, коли система не функціонувала або виконувала свої функції в неповному обсязі чи зі збоями. Тому подальший крок – це часткова або повна передача аналітичних функцій експерта від людини машині, тобто повна автоматизація всього циклу діагностування, стає просто необхідною[2].

Особливості діагностування систем на кристалі

Вбудоване діагностування СнК є вкрай важливим, тому що неможливо виконати тестування іншими методами з причини того, що вся система знаходиться в одній мікросхемі. Актуальність розробки досить висока через широке поширення мобільних пристроїв. При виникненні неполадок необхідно, щоб система могла коректно діагностувати модуль, який вийшов з ладу[3].

У процесі розробки модуля діагностування формується набір тестових сигналів. Тестові сигнали надходять одночасно на пристрій, що підлягає тестуванню, і на його еталонну модель. У деяких реалізаціях еталонна модель замінюється набором вихідних значень, які відповідають поданим вхідним векторам. Над вихідними векторами пристроїв та моделі виконується побітово операція XOR, для аналізу результату якої можуть застосовуватися різні методи діагностики (рисунок 1).

Рисунок 1 – Структура модуля тестового діагностування

Основна проблема при розробці засобів тестування полягає у збереженні балансу між якістю тестування і часом, який витрачається на проектування і виконання діагностування. При недостатньо глибокому тестуванні помилки, які не були виявлені, можуть принести збитки через збої систем, в яких вони виникли. При дуже тривалому етапі розробки модуля тестування пристрій може втратити свою актуальність та інноваційність і, як наслідок, принести збитки через втрату конкурентоспроможності.

Мета вбудованого діагностування зводиться до визначення наявності відхилень в роботі СнК від передбачуваної (заданої) норми, а також у локалізації місця (елементу), що формує це відхилення. Під час

проектування вбудованого діагностування вибір алгоритмів здійснюється за критерієм розміру апаратної реалізації, тобто розміру надмірності, що вноситься в СнК. Тому при виборі чи розробці методів діагностування слід керуватися не тільки критерієм якості діагностування, а співвідношенням «якість діагностування» – «розмір реалізації» і при цьому враховувати ремонтну потужність (кількість константних несправностей, які можуть бути виявлені та усунуті засобами вбудованої системи ремонту).

Одна з головних проблем діагностування - обсяг даних і розмір реалізації модуля діагностування. Ця проблема є наслідком того, що переслідується мета вмонтувати модуль діагностування в СнК і забезпечити підвищену надійність на період експлуатації пристрою. Для вирішення цієї проблеми проводиться безліч досліджень, які орієнтовані на:

a) пошук методів стиснення даних для тестування з метою скорочення необхідного обсягу пам'яті;

b) розробка й удосконалення алгоритмів виявлення та локалізації несправності з метою підвищення ефективності пошуку та зниження розміру реалізації;

c) пошук підходів до побудови еталонних моделей пристрою, що підлягає тестуванню;

d) розробка та вдосконалення методів ремонту.

Існує декілька способів визначення несправності в цифрових мікросхемах. Всі вони досить трудомісткі і вимагають чіткого планування і складних розрахунків з боку інженерів.

Застосування штучних нейронних мереж

Проблема швидкодії діагностичних систем може бути успішно вирішена розпаралелюванням потоків обробки діагностичної інформації шляхом застосування обчислювальних систем з масовим паралелізмом – нейронних мереж. Основними перевагами нейронних мереж є, по-перше, розпаралелювання обробки інформації і, по-друге, здатність самонавчатися, тобто створювати узагальнення. Ці властивості дозволяють нейронним мережам вирішувати складні (масштабні) задачі, які на сьогоднішній день вважаються проблематичними для цифрових систем.

Штучні нейронні мережі (ШНМ) мають низку властивостей, які визначають їх переваги в порівнянні з алгоритмічними обчислювальними системами:

a) адаптивне навчання: здатність поліпшувати свої характеристики, закладені в тому чи іншому алгоритмі налаштування параметрів мережі;

b) самоорганізація: ШНМ здатні змінювати свою структуру (архітектуру) або форму представлення інформації;

c) узагальнення: після закінчення процесу навчання мережа може бути нечутливою до незначних змін вхідних сигналів, що дозволяє застосовувати її для зашумлених або не повністю заданих даних;

d) нейромережеві обчислення можуть здійснюватися паралельно в часі, що істотно збільшує швидкодію ШНМ;

e) стійкість до збоїв: часткове руйнування мережі веде до втрати якості, проте деякі її властивості зберігаються навіть у випадку руйнування більшої частини мережі.

Нейронні мережі складаються з безлічі простих обчислювальних елементів, об'єднаних в єдину мережу, при роботі в якій вони здатні вирішувати досить складні завдання. Обробка вхідних даних у таких мережах проходить паралельно від шару до шару[4].

Нейрони в мережі являють собою найпростіший обчислювальний елемент. Часто він складається з суматора, помножувача і обчислювача активаційної функції.

Багато важливих задач теорії розпізнавання образів відносяться до завдань класифікації кривих і геометричних фігур. Такими є задачі діагностування та виявлення несправностей. У цьому випадку ШНМ повинні давати ефективне рішення завдання незалежно від того, існує множина навчальних класифікованих об'єктів чи ні. Для вирішення поставленої задачі був обраний багатошаровий персептрон.

При побудові мережі виникає декілька проблем, від вирішення яких залежить швидкодія роботи мережі та обсяг, займаний нею в ПЛІС. І якщо останнє на сьогоднішній день не є критичним моментом, то проблема швидкодії все більш актуальна в нинішніх умовах роботи. Основними проблемними місцями розробки структури мережі з точки зору апаратної реалізації є розміщення пам'яті для зберігання вагових коефіцієнтів і таблиці значень активаційної функції. Активаційна функція нейронів формує рівень вихідного сигналу для кожного наступного шару мережі. Апаратне обчислення значення таких функцій є досить ресурсоємним, особливо, якщо врахувати, що обчислення значень буде проводитися на кожному шарі мережі послідовно.

Щоб уникнути обчислень, пропонується побудувати таблицю відповідностей аргументів значень функції. Обчислені значення зберігаються в пам'яті. Якщо зберігати значення активаційної функції і при необхідності проводити вибірку потрібного значення, то для знаходження буде витрачено значно менше тактів, ніж на безпосередньо саме обчислення функції. Але при цьому необхідно вирішити проблему зберігання її значень. Організація пам'яті для зберігання цих значень залежить від структури мережі та її типу. Якщо при роботі мережі всі нейрони шару повинні спрацьовувати одночасно, то, безумовно, зберігання коефіцієнтів в одній пам'яті знижує швидкодію нейромережі. Також при організації єдиної пам’яті значень активаційної функції необхідно вирішення проблеми доступу до неї окремих нейронів, що призведе до збільшення кількості ліній зв’язку в ПЛІС. Для забезпечення максимальної швидкості роботи шарів нейромережі необхідно зберігати таблицю значень безпосередньо з кожним нейроном, але при цьому зростає

надмірність, що є пропорційною кількості нейронів, точності розрахунків функції та величині відрізку, на якому виконується розрахунок значень.

Окрім значень активаційної функції кожному входу нейрона відповідає певне значення вагового коефіцієнта, який при обчисленні перемножується зі значенням вхідного сигналу, ці коефіцієнти корегуються в процесі навчання мережі і далі залишаються незмінними. І якщо значення активаційної функції на кожному шарі нейромережі будуть однакові для кожного нейрона, то значення вагових коефіцієнтів формуються в процесі навчання мережі і є унікальними для кожного нейрона. Для їх зберігання також можливо використання двох способів: зберігання значень безпосередньо у самому нейроні або організація окремої пам'яті. Перший спосіб дозволяє підвищити швидкодію мережі за рахунок максимальної швидкості доступу до необхідних значень. Однак у цьому випадку пам'ять нейронної мережі буде розкиданою по ПЛІС, що значно ускладнює процес перезапису чи корегування коефіцієнтів при навчанні мережі або виправленні помилок. При такій реалізації необхідна повна реконфігурація ПЛІС при кожній зміні вагових коефіцієнтів. При використанні другого способу процес навчання значно спрощується з точки зору пошуку необхідного коефіцієнта і зміни його значення. Також можливо часткове перепрограмування ПЛІС.

Проблему реконфігурації ПЛІС можна вирішити, шляхом моделювання роботи нейромережі під час навчання, це дасть змогу виконувати коригування її роботи та виправлення помилок без програмування ПЛІС.

Процес діагностування у реальному часі повинен забезпечити надійну обробку значень сигналів, що підлягають спостереженню. Тому швидкодія модуля діагностування є критичним параметром. Проте, розмір модуля також має бути максимально зменшений для можливості закладення в мікросхему не тільки безпосередньо самої системи, модуля діагностування, а й певної кількості резервних блоків та системи ремонтного обслуговування. Кількість нейронів на кожному шарі рівна порядку десятків, тому можливо використання загальної пам'яті для кожного шару або у випадку, коли активаційна функція є однаковою для всіх шарів, то й для всієї мережі. Це дозволить значно зменшити об'єм, займаний блоком діагностування в ПЛІС, за рахунок незначного зменшення швидкодії шарів мережі. Щодо зберігання вагових коефіцієнтів, то з огляду на те, що проблема коригування їх значень може бути вирішена моделюванням роботи мережі ще до її прошивки у ПЛІС, то доцільним є вибір методу реалізації з максимальною швидкодією, тобто зберігати вагові коефіцієнти безпосередньо з самими нейронами. Структура такої нейронної мережі зображена на рисунку 2.

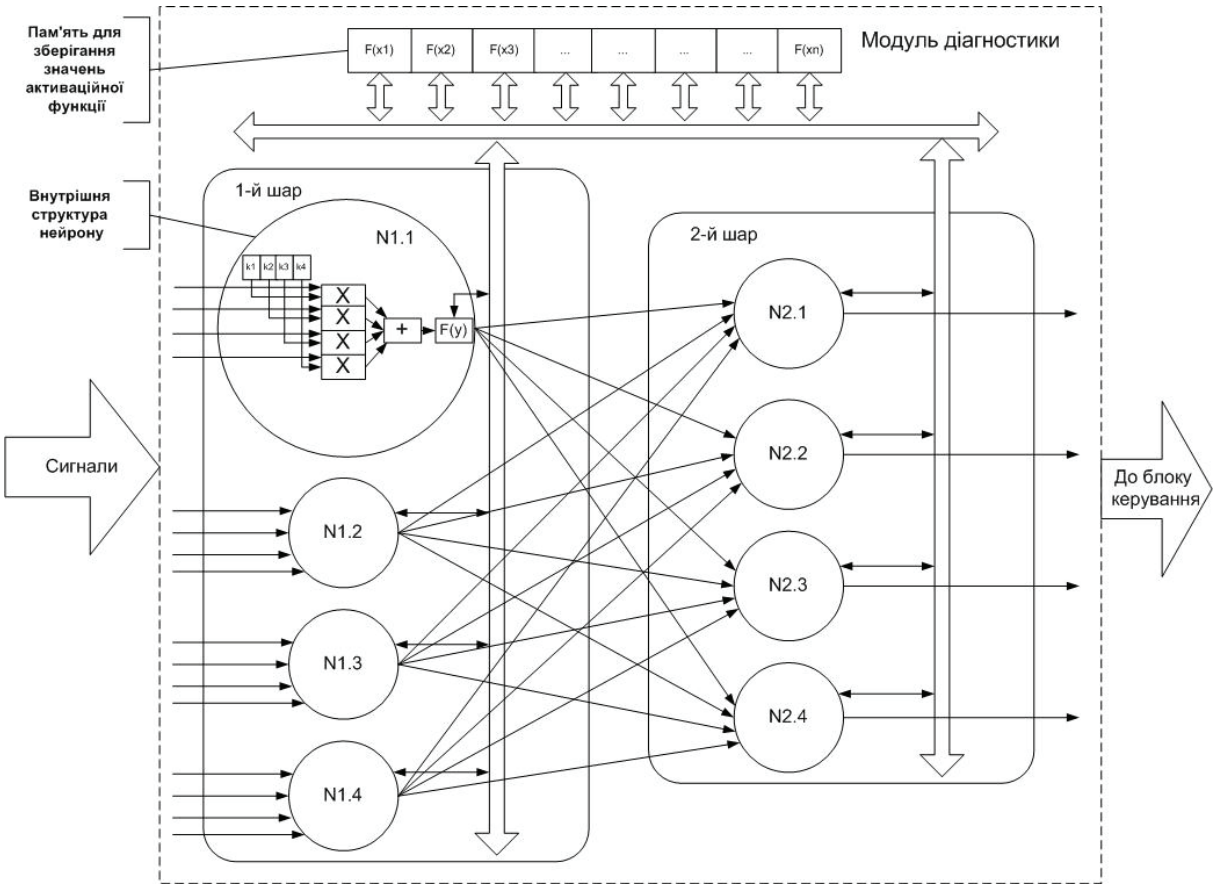


Рисунок 2 – Структура нейронної мережі

Запропонована структура дозволяє забезпечити максимальну швидкодію при мінімальній надмірності.

Використання нейромережевих технологій є досить ефективним для побудови модулів діагностування, проте вимагає глибоких знать у сфері нейромереж та особливостей їх апаратного проектування, і це накладає значні перешкоди на їх використання. Розробка програмного забезпечення, що дозволить шляхом введення необхідних параметрів виконати синтез нейронної мережі певної архітектури, значно полегшить процес проектування. Отже необхідне створення засобів автоматизованого проектування модуля діагностування системи на кристалі, для цього виникає потреба у створенні мови представлення ШНМ. Застосування мови дозволить виконувати генерацію VHDL-опису ШНМ. Опис ШНМ на формальній мові виконується автоматично при роботі користувача з графічним інтерфейсом засобів автоматизованого проектування модуля діагностування.

Висновки

Аналіз специфіки роботи та використання СнК показав, що поширення таких систем, а також критерії їх надійності вимагають застосування автоматичних систем контролю. Використання нейромережевих технологій є ефективним для виконання діагностування, бо дозволяють максимально розпаралелити процес аналізу сигналів, що

підвищує швидкодію модуля діагностування. Здатність до навчання та узагальнення дозволяють виконувати обробку неповних даних. Також нейронні мережі є стійкими до руйнувань, що є дуже важливим для модуля діагностування. Для повноцінного використання нейромережевих технологій необхідна розробка системи автоматизованого проектування таких модулів. Вона дозволить виконувати проектування за короткий час і не вимагає від персоналу спеціальної підготовки у сфері нейромережевих технологій.

Література

1. *Каган Б.М., Мкртумян И.Б.* Основы эксплуатации ЭВМ: Учеб. Пособие для вузов /Под ред. *Б.М. Кагана*. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 432 с.: ил.
2. *Хаханов В.И.* Техническая диагностика элементов и узлов персональных компьютеров. – К.: ІЗМН. 1997. – 308 с.
3. *Игорь Шагурин.* Системы на кристалле. Особенности реализации и перспективы применения.: Электронные компоненты. № 1, 2009 – (37-39с.)
4. *Саймон Хайкин*. Нейронные сети. 2-е издание. — М.: «Вильямс», 2006. – 1104 с.

УДК 004.415.2

Зінченко А.Л., ст. викладач, Мазурук Д.А., студент магістратури

СИСТЕМА ПРОТОТИПУВАННЯ КОРПОРАТИВНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ПО РОЗШИРЕНІЙ ОБ‘ЄКТНІЙ МОДЕЛІ

Вступ

Зараз широко розповсюджені корпоративні програмні засоби, які складаються з багатьох модулів, у кожному з яких знаходяться тисячі або навіть десятки тисяч рядків коду. Створення такого класу програмних засобів потребує величезної кількості людських і матеріальних ресурсів. Для різних корпоративних програмних засобів можна виділити такі характерні модулі, як інтерфейс користувача, форми авторизації, домени. Для створення цих модулів використовується широко відомі шаблони проектування. Більшу частину цього коду можна сгенерувати на основі актуальної моделі предметної області, і тому поширюється попит на системи, які генерують програмні каркаси, – системи метапрограмування. Такі системи генерують класи для інтерфейсу користувача (GUI), для сутностей предметного середовища (ПС), для прошарку сервісів, що дозволяє скоротити час розробки системи. Метапрограмування дозволяє сформувати набір правил, по яких вже далі буде генеруватися вихідний код програми.

Системи метапрограмування бувають різні по складності, починаючи від простих, які використовують у процесі генерації коду шаблони, до складних, які потребують високої кваліфікації розробника для створення своєї мови програмування.

Процес створення корпоративного програмного засобу будь-якої складності починається з етапу проектування, мета якого – створення моделі ПС. У промислових масштабах є популярними ті візуальні середовища моделювання, які використовують для опису моделі UML (Unified Modeling Language). Відношення між об‘єктами у реальному житті ширші за відношення, які можна визначити за допомогою UML 2.0. Стандартні відношення UML 2.0 між сутностями уточнюються за допомогою стереотипів. Далі по цих стереотипах можлива генерація специфічного коду. Для обміну моделями між системами моделювання використовується XMI (XML Metadata Interchange), який дозволяє обмін будь-якими метаданими, якщо метамодель виражається у вигляді Meta Object Facility (MOF). Технологія моделювання MOF є частиною концепції MDA (Model Driven Architecture).

Отже, для підтримки вищеназваних технологій, архітектура системи прототипування повинна базуватися на відкритих стандартах і

притримуватися концепції MDA. Таким чином, задача створення системи прототипування корпоративного програмного засобу по розширеній об‘єктній моделі є актуальною задачею сьогодення.

Аналіз програмних систем

Проаналізуємо найбільш розповсюджені системи, які дозволяють автоматизувати процес створення корпоративних програмних засобів. Серед них можна виділити Eclipse Omondo, JetBrains MPS (Meta Programming System), Taylor.

Система Eclipse Omondo відповідає концепції MDA.

Eclipse Omondo дозволяє генерувати код за допомогою генератора Java (використовуються JET, Velocity, EMF). У якості метамоделі використовується XMI 2.1.

В Omondo можлива генерація тільки тих компонентів, які описуються у UML (асоціації, класи). Стандартна версія Omondo – закрита і комерційна, існує безкоштовна версія Omondo Free Edition, але вона поставляється з обмеженими функціональними можливостями.

Meta Programming System (MPS) реалізує так зване Language-Oriented Programming – мовно-орієнтоване програмування. JetBrains MPS дозволяє створювати свої мови програмування, які є специфічними для певного ПС. Засоби для створення таких мов різноманітні, але недоліком даного підходу є складність розробки метамови. Для створення синтаксису нової мови, яка є специфічною для конкретного ПС, розробник повинен добре орієнтуватися у ПС і мати високу кваліфікацію.

Taylor відповідає концепції MDA. Taylor є розширенням для IDE Eclipse. Taylor оперує двома моделями – платформонезалежною і специфічною для платформи. Платформонезалежна модель описується за допомогою Eclipse UML Model і зберігається в XMI. За допомогою Eclipse JET (Java Emitter Templates) робиться трансляція з платформонезалежної в специфічну для конкретної платформи модель.

Для генерації коду у Taylor використовується Eclipse JET на основі MDD (Model Driven Development). Метою MDD є опис програмної системи в абстрактній моделі і трансформація її у вихідний код програми.

Taylor може генерувати класи поведінки, сутностей і різні додаткові класи.

Недоліком Taylor можна вважати неможливість генерації коду по моделях OCL (Object Constraint Language).

Для порівняння таких систем оцінимо їх функціональні можливості. У таблиці 1 приведені функціональні можливості розглянутих систем. За критерій оцінювання був узятий набір основних можливостей, якими на сьогоднішній день володіють системи для автоматизації процесу створення корпоративних програмних засобів.

Таблиця 1 – Функціональні можливості розглянутих систем

Можливості	Eclipse Omondo	MPS	Taylor
MDA	+	+	+
Відкритість	-	+	+
Гнучкість системи для генерації коду	+++	++++	++++
Складність у використанні	середня	дуже важка	важка
Можливість підключення плагінів	-	-	+
Можливості по генерації коду			
Класи			
Enumerations	+	*	+
EJB Entities	+	*	+
JPA Entities	+	*	+
Класи контролю обмежень (OCL)	-	*	-
Відношення			
Агрегація	+	*	+
Асоціація	+	*	+
Композиція	+	*	+
Контекстно-залежні	-	*	-

* – дана можливість не поставляється разом із системою, але може бути реалізована розробником самостійно.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що більшість з цих систем спрямовані на спрощення процесу автоматизації створення корпоративного програмного засобу, проте, оскільки у предметних областях корпоративних систем зв‘язки між об’єктами ширші, ніж ті, які описує стандарт UML, то з‘являється потреба у використанні конктекстно-залежних відношень, а також класів контролю обмежень. Крім того, жодна з розглянутих систем не реалізує збереження історії зміни атрибутів об‘єктів.

Тому виникає необхідність у розробці системи прототипування корпоративного программного засобу по розширеній об’єктній моделі, яка дозволяє уникнути обмежень існуючих систем.

Вимоги до системи прототипування

Для розробки системи прототипування корпоративного програмного засобу необхідні технології, що дозволять:

– генерувати вихідній код на мові Java;
– використовувати стереотипи, необхідні для підтримки розширеної об’єктної моделі;
– підтримувати абстрактну метамодель управління і обміну метаданими і задавати способи її трансформації за допомогою технологій програмування, які її підтримують.

Для розпізнання вхідної моделі використовується одна з технологій обробки XML документів. Якщо проаналізувати існуючі можливості парсерів XML (SAX, StAX, JAXB), можна дійти висновку, що найбільш гнучким і зручним в плані використання буде парсер SAX.

Для генерації вихідного коду на мові Java звичайно використовуються існуючі технології такого роду, як Apache Velocity, Eclipse JET і т.п. Гнучкість і широкі можливості по генерації коду забезпечить Eclipse JET.

Система прототипування отримає підтримку метамоделей для обміну метаданими, щоб мати можливість роботи з XML-моделлю. Найкраще підтримку метамоделей описує концепція MDA.

Для обміну метаданими зручно використовувати XML Data Interchange (XMI), який підтримується у рамках MDA. Метадані зберігають опис класів сутностей модельованого ПС, їх властивостей і методів, опис обмежень, які накладаються на значення атрибутів класів і їх методи, опис семантичних зв’язків між об’єктами ПС.

У процесі розробки системи прототипування корпоративного програмного засобу по розширеній об’єктній моделі є сенс використовувати модульну архітектуру, тому що функції, які виконує система, яскраво виражені і слабо пов’язані між собою. Для реалізації системи вибрана мова Java. Більшість стандартів, які підтримують MDA, описані саме на ній. Середовищем розробки вибрана платформа Eclipse. Система прототипування буде представлена у вигляді плагіну для платформи Eclipse, і сама буде виступати у ролі програми, до якої можна підключати плагіни.

Опис запропонованої системи прототипування

Система прототипування корпоративного програмного засобу по розширеній об‘єктній моделі є транслятором, який забезпечує трансляцію вхідного опису предметної області у вигляді XML-схеми у вихідний текст у вигляді класів на мові Java.

Основними елементами архітектури запропонованої системи є модулі, які відповідають за розпізнавання опису ПС, обробку цього опису, а також генерацію класів. Процес обробки вхідної моделі даних розбивається на декілька етапів – аналіз вхідного файлу, верифікація отриманих даних та генерація вихідних класів

На рисунку 1 зображено архітектуру системи прототипування корпоративного програмного засобу по розширеній об‘єктній моделі.

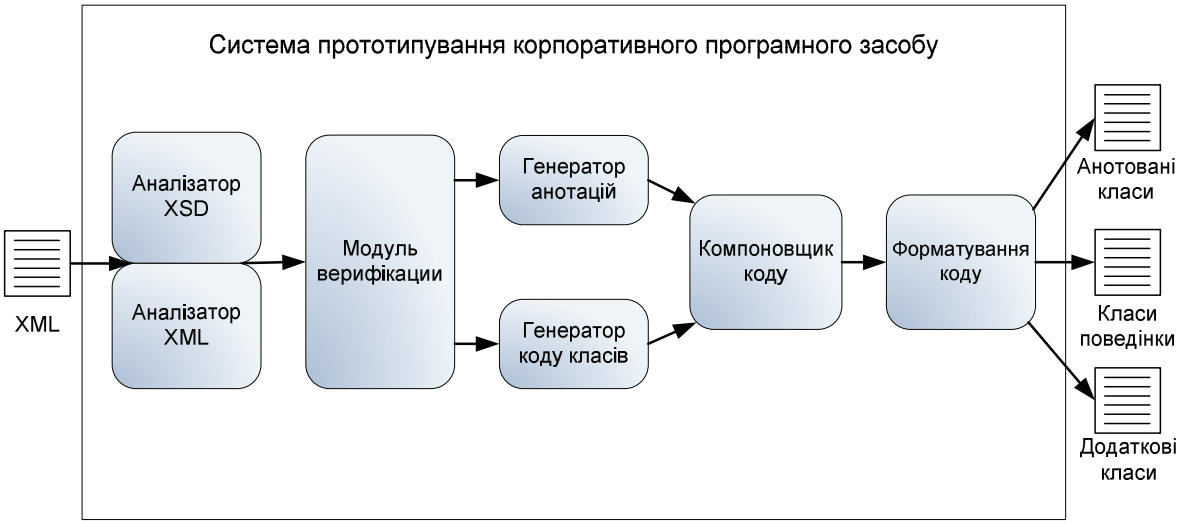


Рисунок 1 – Архітектура системи прототипування корпоративного програмного засобу по розширеній об'єктній моделі

Вихідний результат системи прототипування корпоративного программного засобу представлений у вигляді анотованих entity-класів, класів поведінки і допоміжних класів.

Можливість автоматичної генерації вихідного коду на мові Java для розширеної об'єктної моделі означає скорочення часу на підготовку прототипу програмної системи, значну частину якого займає саме написання коду для підтримки розширеної об'єктної моделі.

Висновки

Описані основні особливості розробленої системи прототипування корпоративного програмного засобу по розширеній об'єктній моделі.

Розроблена система прототипування корпоративного програмного засобу дозволяє будувати прототипи корпоративних програмних засобів на основі моделей, описаних в XML. Вона має переваги над існуючими системами. Основною перевагою є підтримка генерації різних типів класів (класи поведінки, entity-класи) за допомогою використання стереотипів.

Використання розробленої системи надає можливості:

- зменшити час створення корпоративного програмного засобу, коли необхідно створити зв'язки, які не описує UML;
- розширення типів семантичних зв'язків між сутностями;
- генерації анотованих entity-класів, класів поведінки, додаткових класів;
- використання зовнішніх модулів для інших класів.

Література

1. http://www.omg.org/technology/documents/spec_catalog.htm – веб-сайт специфікації OMG.
2. http://www.omg.org/mda/– веб-сайт специфікації MDA.
3. http://taylor.sourceforge.net/index.php/Overview /– веб-сайт системи Taylor.
4. http://www.uml2.org/ – веб-сайт системи Omondo.

5. http://www.jetbrains.com/mps/index.html – веб-сайт системи JetBrains MPS.
6. *Joseph D., Gradecki, Jim Cole.* Mastering Apache Velocity. – Wiley, 2003. – 372 p.
7. *Derek C. Ashmore.* The J2EE Architecter's handbook: how to be a successful technical architect for J2EE applications. – 2004.
8. http://www.w3.org/XML/Schema - веб-сайт специфікації XML Schema.

УДК 621. 391

Коваль Н.В., ст. викладач

Чернігівський інститут інформації, бізнесу і права ЗАТ МНТУ

УНІВЕРСАЛЬНА СЕРВІС-ОРІЄНТОВАНА СИСТЕМА АУДІО-КОНФЕРЕНЦІЙ

Вступ

Об'єднання корпоративних та абонентських систем голосового зв'язку значно полегшує обмін мультимедійним контентом та спрощує підтримку кінцевих користувачів. Останнім часом набула поширення практика побудови такого програмного забезпечення на базі універсальних систем конференц-зв'язку, що підтримують як VOIP-сесії, так і звичайні (PSTN) дзвінки.

Методи та результати

Необхідно вирішити наступні проблеми, що постають перед розробниками таких систем.

Учасниками конференції можуть бути досить «різнорідні» абоненти: по-перше, це користувачі відомих VOIP клієнтів, таких як Skype, GTalk, SJPhone, XLite та ін., по-друге, користувачі існуючих корпоративних multimedia систем (які, за звичай, реалізовані на VOIP каналах), і нарешті, абоненти звичайних (PSTN) телефонних ліній.

Абоненти мають різні шляхи доступу до конференц-сервера, і тому система має налаштовувати бітрейт аудіо-кодека (та відповідно якість) сесії для кожного учасника конференції.

Для того, щоб конференції були зручними та дійсно допомагали вирішувати сучасні задачі, вони мають підтримувати довільні сценарії (наприклад, конференції з одним лектором, з обов'язковою авторизацією чи «вільні», з сервісними повідомленнями на обраній мові) та надавати відповідний інтерфейс для управління ходом конференції (розпочати та зупинити запис конференції, заглушити мікрофони, заборонити підключення нових абонентів та інш.).

Для полегшення інтеграції в існуючі системи аудіо-зв'язку універсальна конференц-система повинна підтримувати керуючий інтерфейс для автоматичного підключення нових номерів, абонентів, налаштування робочих сценаріїв та завантаження мультимедіа-контенту.

Найбільш поширеними VOIP системами є SIP, H.323 та Skype (порівняльний аналіз наведено в таблиці 1).

SIP та H.323 – ці два стандарти добре відомі як сигнальні протоколи для real-time VOIP сесій. H.323 був розроблений ITU (International Telecommunication Union). Стандарт має найбільшу підтримку з боку

виробників телекомунікаційного обладнання, він широко розповсюджений як в комерційних, так і в освітніх галузях.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз існуючих VOIP-систем

Протокол	H.323	SIP	Skype
Доставка повідомлень	Централізоване MCU		Kazaa P2P оверлей
Обробка медіа контенту	Централізована обробка	Централізована обробка	Обирається найбільш потужний клієнт
Управління сесією	**Сигнальний протокол сесії та** управління конференціями: H.243 & T.120	Лише сигнальний протокол сесії	Закритий протокол

SIP (англ. Session Initiation Protocol — протокол встановлення сесії) — протокол прикладного рівня, розроблений IETF MMUSIC Working Group, і пропонований стандарт на спосіб установки, зміни і завершення користувацького сеансу, що включає мультимедійні елементи, такі як відео або голос та миттєві повідомлення. Клієнти SIP традиційно використовують порт 5060 TCP і UDP для з'єднання серверів та інших елементів SIP. В основному SIP використовується для встановлення і роз'єднання голосових і відеодзвінків. При цьому він може використовуватися і в будь-яких інших застосуваннях, де потрібна установка з'єднання, таких як Event Subscription and Notification, Terminal mobility і так далі.

Skype — це приватне програмне забезпечення (ПЗ) для інтернет-телефонії VOIP, створене двома підприємцями Нікласом Зеннстрьомом та Янусом Фріїсом, також засновниками файлообмінної мережі Kazaa. Воно конкурує з існуючими відкритими VOIP протоколами, такими як SIP, IAX та H.323. З самого початку орієнтований на гетерогенні мережі, skype вирішує основні проблеми VOIP зв’язку: поліпшення якості звуку, підтримка файрволів, NAT роутінг та використовує P2P середовище замість набагато дорожчої централізованої системи. Він також надає додаткову послугу з обміну миттєвими повідомленнями. Вузли Skype створюють peer-to-peer середовище, використовуючи Super-Node архітектуру. Супер вузли контролюються Skype Corporation, яка також забезпечує аутентифікацію користувачів. Усі дані (звук та повідомлення) шифруються, що значно підвищує загальну безпеку. Skype використовує протоколи iLBC та iSAC, що були розроблені фірмою GlobalIPSound, завдяки яким забезпечується висока якість звуку та стійкість щодо зниклих пакетів. Підхід, що був обраний Skype Corportion, досить ефективний, але він використовує закриті протоколи і не може взаємодіяти з іншими VOIP клієнтами, такими як H.323 та SIP.

Виходячи з наведених даних, можна зробити наступні висновки: сучасна універсальна сервіс-оріентована система аудіо-конференцій має реалізовувати всі переваги архітектури skype, але в той же час вона повинна забезпечувати підтримку клієнтів H.323 та SIP. Можна виділити три ключові вимоги.

Для підтримки real-time медіа потоків з високим рівнем надійності та якості обслуговування потрібна ефективна, добре масштабована транспортна мережа, що може працювати в гетерогенному середовищі. Подібна транспортна мережа повинна забезпечувати підтримку firewall та NAT, підтримувати multicast сервіси, мати гнучку маршрутизацію та забезпечувати надійний канал навіть в нестабільному середовищі.

Необхідно забезпечити можливість поєднання декількох сигнальних протоколів в межах однієї сессії. Наприклад, для того щоб з'єднати клієнтів H.323 та SIP, необхідно транслювати їх керуючі сигнали в один загальний сигнальний протокол (щоб вони могли знаходитись в одній сессії).

Необхідно реалізувати розподілену архітектуру, яка б забезпечувала якісне і надійне обслуговування конференцій та була б стійкою до можливих відмов транспортного рівня.

На рисунку 1 зображена сервіс-орієнтована архітектура WYDE. Як зазначалось вище, ця архітектура забезпечує надійну роботу клієнтських сервісів в гетерогенному середовищі. Медіа-сервіси забезпечують real-time обробку аудіо потоків (декодування, мікшування та кодування), frontend модуль надає можливість для підключення різнорідних VOIP кліентів, забезпечує функціонування довільних сценаріїв та реалізує інтерфейс користувача (обробка DTMF сигналів) . Recording-сервери відповідають за зберігання медіа-даних (запис та програвання конференції, які відбулись, зберігання сервісних повідомлень та завантажених записів). Billing-адаптери надають можливість для тарифікації та підключення платних сервісів. Група broadcast серверів забезпечує multicast розповсюдження медіа даних. За допомогою веб сервісів програмне забезпечення сторонніх виробників може бути інтегроване з розробленою системою (налаштування робочих сценаріїв, управління активними конференціями, обробка звітів тощо).

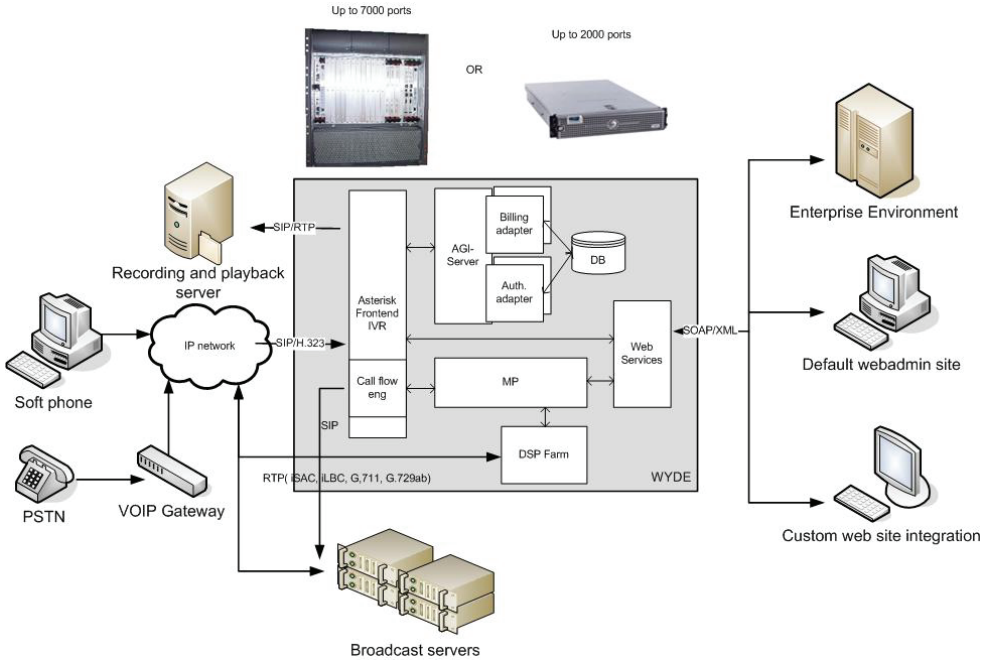


Рисунок 1 – Універсальна сервіс-орієнована архітектура WYDE

Результати тестових випробувань конференц-системи наведені в таблиці 2. Тестування проводилось для однієї конференції з різною кількістю учасників (усі абоненти активні і усі канали мікшуються). Під час тестування були використані кодеки H.711, H.722 та ISAC.

Таблиця 2 – Результати тестування однієї конференції

Кількість абонентів	Затримка першої сесії (ms)	Затримка останньої сесії (ms)	Середня затримка (ms)	Середня флуктуація (ms)	Потік даних (Mbps)
12	0,5	0,7	0,6	0,18	0,76
100	0,5	2,3	1,4	0,15	6,4
400	0,5	7,9	4,2	0,21	25,6
800	0,5	15,5	8	0,18	51,2
1200	0,5	22,6	11,6	0,22	76,8
1400	0,5	26,5	13,5	0,26	89,6
1500	3,3	32,3	17,8	0,44	96,0

Висновки

Запропонована архітектура забезпечує високу загальну продуктивність конференц-системи та надійність транспортного середовища, що є ключовими для забезпечення ефективної VOIP системи. Отримані результати свідчать про майже лінійну залежність збільшення затримок, що доводить надійність реалізованої архітектури.

Література

1. *Гольдштейн Б.С.* Протокол SIP. – СПб.: BHV-Санкт-Петербург, 2005. – 456 с.
2. *Гольдштейн Б.С.* IP телефония – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.

УДК 004.4

Хижняк А.В., асистент, Мельничук С.С., бакалавр

ОПТИМІЗАЦІЯ КОЛЕКТИВНОЇ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНИХ ПРОЕКТІВ ТА СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ

Вступ

Більшість програмних проектів, які розробляються на сьогоднішній день, не є роботою однієї людини. Як правило, успішність проекту залежить від злагоджених та продуманих дій колективу. З метою їх виконання створюються системи управління колективною розробкою. На таку систему накладається ряд обов’язків по управлінню та координації дій працівників, а також використання гнучкої моделі керування життєвим циклом програмного проекту.

Методи та результати

На сьогоднішній день більшість ефективно функціонуючих компаній переходять на проектне управління. В таких організаціях розробка і випуск продукції здійснюються під певне замовлення – від модифікації вже існуючих проектів до створення нових. Замовлення можуть відрізнятися за обсягом і за термінами, але всі вони об'єднані необхідністю реалізації до певного часу і не повинні перевищувати закладений бюджет. Для того, щоб виконання проектів вкладалося в певні межі термінів і вартості, необхідно ретельно планувати і контролювати ці проекти. Як правило, різні відділи з розробки, тестування працюють одночасно над кількома замовленнями, отже, постає проблема ефективного розподілу наявних виробничих потужностей і людських ресурсів. Таким чином, вся діяльність компанії представляється у вигляді сукупності взаємопов'язаних проектів, що говорить про необхідність використання методології управління проектами як основою побудови системи управління компанією.

В розвинених країнах управління проектами визнано важливим методом та інструментом планування, контролю та координації створення проектів. Довгий час слово «проект» використовувалося інженерами, але зараз це поняття можна зустріти і у фінансистів, економістів, політиків, вчених, підприємців, які планують і втілюють у життя наміри із заздалегідь встановленими цілями, вимогами до термінів, вартості, ризику і якості очікуваних результатів. Це і є проекти. Практично на кожному підприємстві в один і той же час розгортається велика кількість різних за цілями, спрямованістю проектів, які потребують індивідуального підходу до якісної реалізації. Не може бути двох однакових проектів. Кожен проект

унікальний (цілі, строки, матеріальні ресурси, фінанси, персонал). Це складне завдання, що вимагає від керівництва прийняття необхідних заходів у потрібний час при повному розумінні наслідків.

Існує велика кількість програмних проектів, орієнтованих на колективну розробку. Всі вони мають різну структуру і використовують різні моделі життєвого циклу. Разом з тим, їх об'єднують спільні стадії, які проходить проект протягом свого створення. Можна виділити наступні ключові етапи кожного проекту:

1) підготовка до розробки;
2) розробка архітектури;
3) декомпозиція системи на функціональні модулі по задачах, які виконуються;
4) реалізація інтерфейсів та створення тестів;
5) тестування функціоналу системи;
6) супроводження системи.

Кожен з вище перерахованих етапів використовує свої інструменти, які забезпечують його успішність.

Перший етап розробки програмного проекту – підготовка до розробки. На даному етапі проводиться уточнення і фіксування встановлених замовником вимог до системи. Результатом виконання даного етапу буде розширене технічне завдання або, що більш наочно, його графічна альтернатива – UseCase (діаграма варіантів використання). UseCase застосовується для схематичного відображення засобами мови UML (Unified Modeling Language – стандартизована мова моделювання) функціонала розробленої системи та його доступності різним групам користувачів. На додаток до перерахованого, можлива розробка прототипів інтерфейсу користувача для більш точного визначення властивостей кінцевого продукту. Виходячи з поставлених завдань, на даному етапі необхідне залучення коштів для комунікації розробників і створення документації.

Другий етап – розробка архітектури системи. Загалом цей етап схожий на попередній і є його логічним продовженням. На даному етапі проводиться вибір загального принципу побудови програмного проекту, а згодом – конкретних інструментів для його реалізації. Результатом у цьому випадку є специфікація архітектури розроблюваної системи, набір інструментів для її реалізації, а також горизонтальна декомпозиція системи, що дозволяє розмістити заявлений функціонал за її рівнями. Описаний раніше інструментальний набір залишається незмінним.

Наступний етап – декомпозиція системи на функціональні модулі. Даний етап є проміжним між етапами проектування та реалізації системи і має на меті поділ проекту на окремі функціональні модулі в залежності від завдань предметної області. Далі для кожного з функціональних модулів розробляється специфікація, інтерфейс, для яких визначається набір методів, а також детальний опис можливих результатів і помилок.

Інструментальний набір поточного етапу включає в себе різні системи керування кодом, до яких можна віднести:

1) управління версіями вихідних кодів;

2) складання програмного проекту;

3) автоматична генерація документації з коментарів у вихідному коді;

4) IDE і / або UML редактор.

На четвертому етапі здійснюється реалізація описаних на попередньому етапі інтерфейсів і створення модульних тестів для перевірки правильності роботи кожного з компонентів системи окремо. До інструментарію розробки, в даному випадку, додаються кошти для реалізації модульних тестів.

На п'ятому етапі проводиться комплексне тестування розробленої системи. Так, якщо на четвертому етапі тестувалися окремі модулі, то на п'ятому здійснюється тестування їх взаємодії, а також роботи системи в цілому. Даний етап передує випуску кінцевої версії програми або випуску чергової стабільної версії. Серед вимог до інструментального набору знову з'являється необхідність в розширених засобах комунікації для більш тісної взаємодії розробників різних модулів системи. До таких засобів комунікації можна віднести систему реєстрації помилок або ж «багтрекер».

Останній етап – супровід системи, його можна назвати завершальним лише умовно, бо він продовжується протягом усього «життя» проекту і має на меті паралельне знаходження процесу розробки на одному або декількох з попередніх етапів. На даному етапі відбувається реєстрація виявлених користувачами помилок і побажань щодо покращення інтерфейсу або розширення функціонала системи. Основним інструментом розробки на цьому етапі є «багтрекер» або будь-який інший засіб взаємодії з користувачами.

Як вже згадувалося раніше, основною відмінністю систем управління проектами є модель життєвого циклу, яку вони використовують. Модель або парадигма життєвого циклу визначає концептуальний погляд на організацію життєвого циклу і, часто, основні фази життєвого циклу і принципи переходу між ними. Методологія визначає комплекс робіт, їх детальний зміст і рольову відповідальність фахівців на всіх етапах вибраної моделі життєвого циклу, зазвичай, визначає і саму модель, а також рекомендує практики, що дозволяють максимально ефективно скористатися відповідною методологією і її моделлю. В індустрії програмного забезпечення можливе (оскільки це вже конкретна область програми концепцій і практик проектного управління) і необхідне (для забезпечення можливості управління) більш чітке розмежування фаз проекту (що не має на увазі їх лінійного і послідовного виконання).

Найбільш відомими моделями життєвого циклу є наступні: модель водоспад, ітеративна та інкрементальна, спіральна та, як окрему модель можна виділити екстремальне програмування. Перераховані моделі є

фундаментальними для сучасних систем управління проектами, але всі вони не є досконалими. Їм не вистачає певної гнучкості і універсальності. На сьогоднішній день ведуться розробки по створенню універсальної моделі життєвого циклу (мультимоделі), яка б поєднала в собі всі переваги існуючих моделей. Система управління проекту на основі такої моделі дала б змогу значно покращити роботу колективу над проектом, скоротити строки його створення та ефективно контролювати кожен етап розробки.

Якщо в процесі розробки виявляється критична для всього проекту помилка, модель водоспаду надає можливість виявити подібні помилки на етапі розробки вимог. Однак така модель показує себе не кращим чином у проектах з нечіткими вимогами або в умовах, що змінюються в процесі розробки. Також ця модель має деякі додаткові мінуси. Наприклад, складно управляти ризиками деяких типів (таких, як ризики, пов'язані з використанням нових технологій або ризики некоректного визначення вимог). Такі ризики можуть проявити себе тільки на етапі реалізації. В такому разі модель водоспад можна об’єднати з ітеративною моделлю, яка дозволяє виконувати роботи паралельно, аналізувати отримані результати та коректувати їх, якщо це необхідно. На початкових етапах розробки, таких як аналіз та проектування, можна застосувати спіральну модель. Таким чином, об’єднавши переваги декількох моделей, ми отримаємо мультимодель, яка дасть змогу оптимально вести роботу над окремими етапами розробки та ефективно контролювати весь процес створення проекту.

Вибір моделі для системи управління проектом є дуже важливим етапом, але і він не є єдиним. Без інтеграції контролю якості не має сенсу говорити про успішність проекту. Якість програмного продукту – це його характеристика як ступінь відповідності вимогам. При цьому вимоги можуть трактуватися досить широко, що породжує цілу низку незалежних визначень цього поняття. Найчастіше використовується визначення стандарту ISO 9001, відповідно до якого якість є «ступінь відповідності притаманних характеристик вимогам». ISO 9126 – це міжнародний стандарт, що визначає оціночні характеристики якості програмного забезпечення. Існує ряд метрик, за якими можна визначити якість отриманого програмного продукту. Ключовими є 6 характеристик: функціональність, надійність, практичність, ефективність, супроводжуваність та мобільність. Система управління проектом, що включає в себе контроль якості дасть змогу контролювати відповідність програмного продукту заданим нормам, а також оцінити його якість на кінцевому етапі.

Важливим функціоналом, який теж необхідно згадати, є бізнес-процеси. Бізнес-процеси – це основа будь-якої успішної компанії. Ці процеси поєднують системи, партнерів і співробітників для досягнення ключових стратегічних і тактичних цілей. Зростаюча кількість компаній придивляються до Web-сервісів і сервіс-орієнтованої архітектури (Service Oriented Architecture, SOA) для вирішення проблем інтеграції, що

виникають при по'єднанні програм. BPEL та інші стандарти в області Web-сервісів пропонують відкритий і стандартизований спосіб вирішення типових проблем розвитку програм. Вони дозволяють створювати рішення на базі SOA, які забезпечують гнучкість бізнесу при максимальному використанні вже задіяних ресурсів та мінімізації вартості розгортання нових програм. Бажання мати у своєму розпорядженні адаптивні бізнес-процеси, які можуть бути тонко налаштовані й оптимізовані, щоб відповідати вимогам бізнесу, нормативним вимогам законодавства і тиску конкуренції, призвело до створення систем управління бізнес-процесами повного циклу (closed loop Business Process Management (BPM) systems).

BPEL (англ. Business Process Execution Language) – мова на основі XML для формального опису бізнес-процесів і протоколів їх взаємодії між собою. BPEL розширює модель взаємодії веб-служб і включає в цю модель підтримку транзакцій.

Будь-який бізнес процес (рис. 1) проходить ряд ключових фаз.

Моделювання процесу (Model of the process) – під час цього кроку власники бізнес-процесів створюють високорівневу модель, що складається із завдань, які повинні виконуватися, і потрібних для цього ресурсів. Крім того, робляться деякі припущення про час виконання та вартість кожного завдання.

Імітація та аналіз (Simulate and Analyze) – отримана високорівнева модель використовується для «прогону» деяких гіпотетичних сценаріїв з метою виявлення критичних ділянок (paths) і «вузьких місць» (bottlenecks). Отримана інформація застосовується для тонкого налагодження процесу перед його розгортанням.

Впровадження та документування (Implement and document) – під час цього кроку високорівневий бізнес-процес, точніше його опис високого рівня, перетворюється в модель для виконання процесу. Сам же процес документується для того, щоб він міг використовуватися для навчання та супроводження у майбутньому.

Розгортання та виконання (Deploy and Execute) – цей крок включає розгортання процесу для BPM (BPM-engine) і його виконання для реалізації наскрізних (end to end) потоків між системами і людьми.

Моніторинг (Monitor) – під час цього кроку відбувається моніторинг бізнес-процесів з метою отримання ключових індикаторів ефективності та інших метрик. Цей крок виконується, як правило, із застосуванням засобів моніторингу бізнес-активності (Business Activity monitoring tool) спільно з BPM.

Оптимізація і перепроектування (Optimize and Redesign) – після того, як над системою протягом деякого часу проведено моніторинг, отримані за цей час метрики (historical metrics) можуть бути використані для подальшої оптимізації процесу. Реальна пропускна здатність процесу і метрики використання можуть бути введені в інструмент імітації, щоб отримати оптимальну модель.

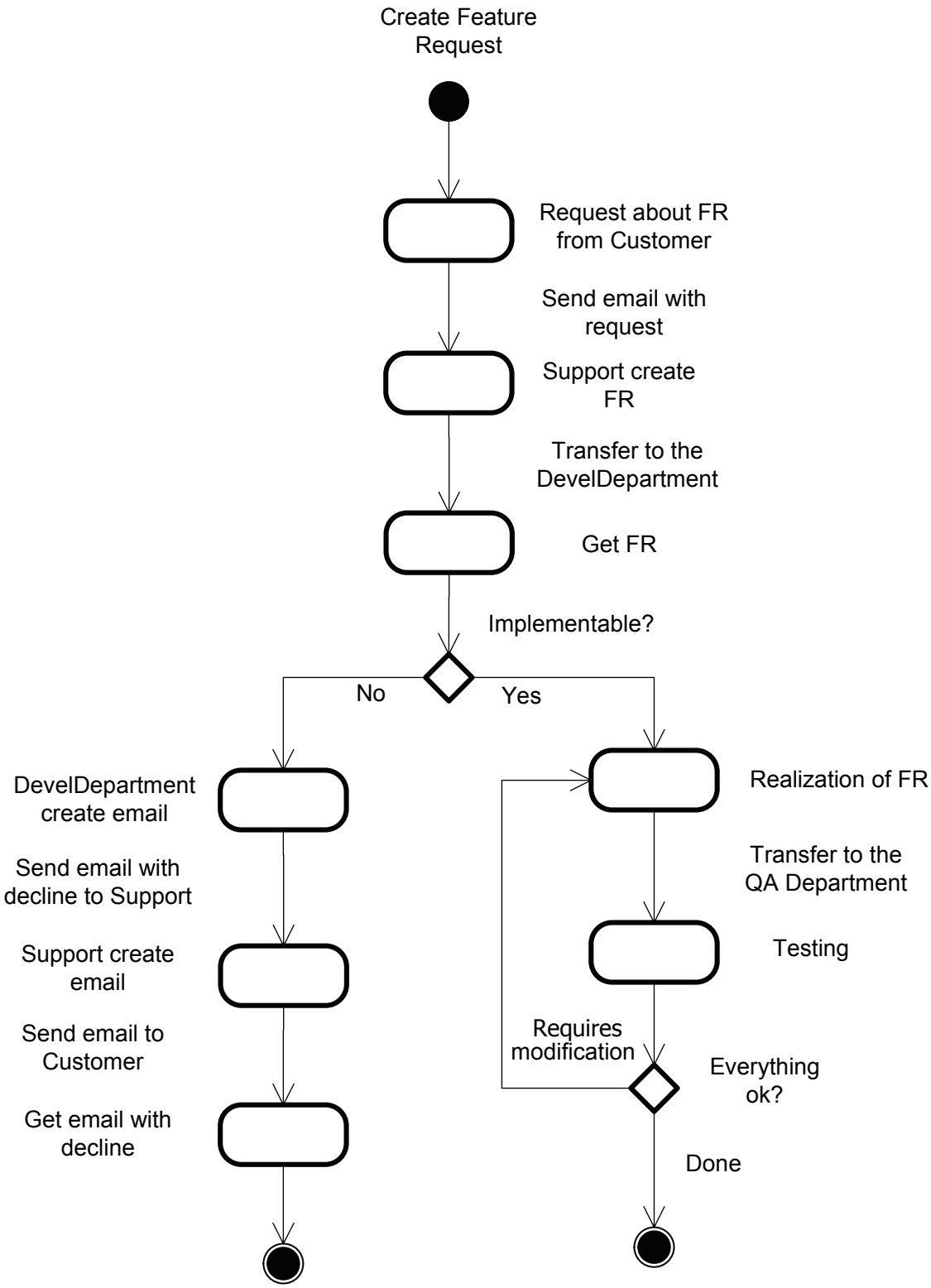


Рисунок 1 – Приклад бізнес-процесу

Висновки

Таким чином, на сьогоднішній день існує велика кількість систем управління проектами, але жодна з них не підтримує мультимодель життєвого циклу, систему контролю якості та управління бізнес-процесами одночасно. Шляхом створення мультимоделі життєвого циклу проекту вдасться реалізувати систему управління зовсім іншого рівня. Така система зможе не тільки ефективно контролювати кожний з етапів проекту, а й

значно прискорити виконання необхідних робіт. Інтегрована система якості, в свою чергу, дасть можливість оцінити успішність проекту. А система управління процесами оптимізує послідовність виконання робіт різними групами розробників.

Література

1. *И.А. Бланк.* Инвестиционный менеджмент – К., 2001. – 448 с.
2. *О.А. Ильин.* Инвестиции в производственные мощности – М., 1987, – 208 с.
3. *Балашов В.Г., Заложнев А.Ю., Иващенко А.А., Новиков Д.А.* Механизмы управления организационными проектами. – М.: ИПУРАН, 2003. – 84 с.
4. *Воронин А.А., Мишин С.П.* Оптимальные иерархические структуры. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 210 с.
5. *Баркалов П.С., Буркова И.В., Глаголев А.В., Колпачев В.Н.* Задачи распределения ресурсов в управлении проектами. – М.: ИПУРАН, 2002. – 65 с.
6. *Андронникова Н.Г., Бурков В.Н., Леонтьев С.В.* Комплексное оценивание в задачах регионального управления. – М.: ИПУ РАН,2002. – 54 с.

УДК 004.032.6:004.773.5

Хижняк А.В., асистент, Харлампій О.О., студент магістратури

СИСТЕМА МУЛЬТИМЕДІА МОВЛЕННЯ

Вступ

Сьогодні існує три основних напрямки розвитку телерадіомовлення: по-перше – телебачення високої чіткості (HDTV), по-друге – інтерактивність, по-третє – мультисервісні послуги. В даний час почалися процеси конвергенції телебачення, кіно, мовних та інформаційних технологій, які неминуче призведуть до витіснення технологій традиційного мовлення.

Інтерактивність як нова сутність мовлення

На сьогоднішній день розвиток технологій досяг такого рівня, що стає актуальним питання повсякденного застосування розповсюдження інформації в режимі реального часу. До недавнього часу мережі передачі даних грали тільки обмежену роль в обміні інформації, залишаючись в основному в рамках перенесення файлів цілком. Була відсутня можливість перегляду інформації «на льоту». Було можливе тільки закачування файлу цілком і подальший перегляд. Технологія IP, розроблена для передачі даних, на сьогоднішній день досягла такого рівня розвитку і повсюдного розповсюдження, що можна вільно вести мову про передачу аудіо і навіть відеосигналу поверх IP[1].

По суті справи, трансляція медіа потоків по мережах передачі даних схожа на традиційне телевізійне мовлення – один передавач і практично безмежна кількість приймачів. Такі системи з успіхом зможуть застосовуватися в освіті, у корпоративних рішеннях, в структурах державного управління і так далі.

Інфраструктура глобальної і корпоративних мереж зараз цілком відповідає вимогам, необхідним для прямої трансляції потокового мультимедіа. У рамках виробничої інтрамережі сьогодні вже цілком можливо забезпечити якісну потокову передачу без шкоди для роботи критично важливих клієнт-серверних додатків. А ось передача медіа потоків через Інтернет все ще далека від ідеалу. Низькошвидкісні канали і мережні «затори» призводять до помітного зниження якості мовлення.

І все ж потокова технологія розвивається досить швидко, і сьогодні виробники програмного забезпечення для потокового мультимедіа вже здатні забезпечити якість зображення, порівнянне до стандарту VHS при цілком розумній смузі пропускання (кілька сотень кілобіт в секунду). В результаті все більше число користувачів традиційних Інтернет-послуг здійснюють доступ до аудіо та відео файлів засобами потокового мультимедіа[2].

Таким чином, Інтернет-мультимедіа мовлення стане в справжньому значенні слова інтерактивним.

Система мультимедіа мовлення

Потокове мовлення вимагає стабільного з'єднання між клієнтом і сервером. Під час трансляції потокового мультимедіа через Інтернет можуть виникати проблеми, які погіршують якість передачі.

Оскільки Інтернет не може забезпечити пряму передачу даних між відправником і одержувачем, потік може обриватися або припинятися на якийсь час. Вирішенням цієї проблеми є буферизація даних, однак, ефективність такого способу під час передачі аудіо та відео дуже низька.

Відео або аудіо сигнал, що передається по мережі IP, досить чутливий до втрат пакетів даних, тому що найчастіше передається в дуже стислому вигляді з використанням механізмів кодування MPEG-2 і MPEG-4. Внаслідок того, що ці кодеки не відновлюються при пакетних втратах на мережевому рівні, втрата навіть єдиного пакету IP-інкапсульованого мультимедіа може призвести до помітного погіршення якості відеозображення або звучання композиції.

Можна стверджувати, що для організації якісної передачі голосу та відео рішення організації мовлення повинні задовольняти наступним основним вимогам:

- підтримка транспортних протоколів реального часу;
- забезпечення належних механізмів якості обслуговування;
- використання адаптивних механізмів компресії, кодування аудіо та відео даних;
- застосування адаптивних механізмів розповсюдження, маршрутизації даних.

Також потрібна широка смуга пропускання для доставки відео та аудіо змісту до кінцевого користувача.

Рішення, що існують сьогодні в області потокового мультимедіа мовлення, дозволяють забезпечити процес мовлення різного масштабу та якості, проте питання підвищення ефективності передачі інформації, поліпшення якості кодування/декодування мультимедіа потоків, а також ефективної адаптації до середовища передачі даних залишаються, як і раніше, актуальними. Резервування ресурсів і оптимізація продуктивності, в існуючих рішеннях, розглядаються як другорядні завдання організації мовлення. Основна увага зосереджується на підтримці з'єднання, таких же питань, як ефективний вибір шляху і скорочення числа вузьких місць, практично не приділяється уваги. Тому необхідно нове рішення щодо потокового мовлення мультимедіа даних, яке б забезпечувало належні параметри якості передачі мультимедіа інформації, використовувало поліпшені методи кодування, декодування мультимедіа потоків, паралельне їх виконання, тим самим збільшуючи продуктивність системи потокового мовлення, а також використовувало методи адаптації до середовища передачі даних[3].

Існує близько двох десятків подібних між собою рішень для мовлення мультимедіа даних у локальній мережі або через Інтернет. Ці рішення мають свої особливості реалізації, використовують як загальні, так і різні типи кодування, декодування даних, розроблені як кросплатформенні, так і під суворо певну архітектуру.

До позитивних особливостей системи на базі Windows Media Services можна віднести те, що для мовлення не обов'язково використовувати сервер Windows Media. Можна налаштувати кодування на роботу в режимі мовлення та підключати до нього клієнтів. У цьому випадку активною виступає сторона кодування, яка розміщує потік на сервер і створює точку розповсюдження. Вибір режиму, коли активним є сервер, а коли – сторона кодування, залежить від характеру даних для мовлення. Це дозволяє підлаштовувати систему мовлення під певні завдання і проводити балансування навантаження між сервером і стороною кодування.

Однією з особливостей системи на базі VideoLAN є те, що для відтворення файлів мультимедіа не потрібна установка додаткових кодеків, тому що вони вже «вбудовані» в програмне забезпечення. Також позитивною рисою цієї системи є її кросплатформеність, що на відміну від систем Windows Media, дає можливість побудови систем мовлення на базі безкоштовних і відкритих операційних систем і зменшує грошові витрати на організацію процесу мовлення.

До переваг системи мовлення Firecast можна віднести вбудований механізм управління ретрансльованими потоками мовлення. Алгоритм його полягає в тому, що якщо ретранслюється потік, який не є «постійним», то сервер буде встановлювати з'єднання з сервером-джерелом потоку (тобто сервером, з якого ретранслюється потік) тільки в тому випадку, коли з'являються локальні клієнти, і розривати з'єднання за умови відключення останнього клієнта. Тобто «непостійні» потоки помітно економлять трафік, якщо значну частину часу клієнти відсутні, але, у свою чергу, потребують деякого часу на встановлення зв'язку з сервером-джерелом потоку при підключенні першого клієнта[4].

Проаналізувавши опис систем для мовлення мультимедіа даних та основні вимоги до систем такого роду, систему, що розробляється для мультимедіа мовлення, можна розбити на кілька складових елементів:

- сервер кодування;
- сервер ретрансляції;
- сервер підписки;
- клієнт системи мовлення.

Архітектуру побудови системи мовлення можна представити як клієнт-серверну архітектуру з множинними зв'язками між серверами, які можуть виступати як в ролі клієнта, так і в ролі сервера в залежності від характеру взаємодії.

Клієнт-серверна архітектура системи мовлення містить у собі як елементи однорідної, так і неоднорідної мережі, вузлами якої можуть бути:

сервери кодування, сервери зберігання, індексування даних, а також вузли користувачів.

Комунікація між елементами системи, а також комунікація з користувачами здійснюється на основі стандартних протоколів передачі даних, таких як HTTP, а також з використанням транспортних протоколів реального часу (RTP) і протоколу сигналізації SIP.

Для забезпечення безпеки передачі даних, припинення можливості ефекту присутності «людини посередині» (man in the middle), а також з метою організації шифрування, цілісності, захисту від заміни даних RTP в односпрямованих і multicast передачах медіа використовується безпечний протокол передачі даних в реальному часі ZRTP .

ZRTP описує метод обміну ключів за алгоритмом Діффі-Хелмана для організації Secure Real-time Transport Protocol (SRTP). ZRTP пропонується як спосіб шифрування, використовуючи метод обміну ключами Діффі-Хелмана під час ініціалізації дзвінка при сигналізації протоколу Session Initiation Protocol (SIP). Під час з'єднання створюється публічний ідентифікатор, який потім використовується для створення ключів, якими буде йти шифрування медіа потоків, використовуючи функції хешування. Таким чином, пара ключів дійсна тільки протягом однієї сесії мовлення – організовується сесія Secure RTP (SRTP)[5].

Протокол не вимагає заздалегідь згенерованих ключів, або підтримки інфраструктури обміну ключів (PKI), або центру сертифікації (CA). Це позбавляє від складнощів створення структури авторизації, заснованої на довіреній підтримці, яка, наприклад, застосовується в шифруванні SSL.

Головна мета організації шифроканалу – уникнути можливості присутності «людини посередині», забезпечуючи єдиний криптозахист передачі даних. Сам по собі алгоритм обміну ключами Діффі-Хелмана не може забезпечити повноцінний захист від ефекту «людина посередині». Для аутентифікації ZRTP використовує Short Authentication String (SAS), який, зазвичай, є криптографічним хешем двох значень Діффі-Хелмана. Обидва значення SAS обчислюються, передаються в мультимедіа сесії і звіряються на обох кінцях з'єднання. Якщо значення не співпали, то з великою впевненістю можна припустити втручання в сесію мовлення та можливу підміну пакетів з даними.

Аналізом, шифруванням і дешифруванням мультимедіа потоку, що передається транспортним протоколом реального часу ZRTP, займаються блоки забезпечення безпеки комунікацій.

Виходячи з вище сказаного і з урахуванням вимог до систем мовлення мультимедіа даних, нова архітектура системи організації мультимедіа мовлення в локальній мережі або через Інтернет може бути представлена так, як показано на рисунку 1.

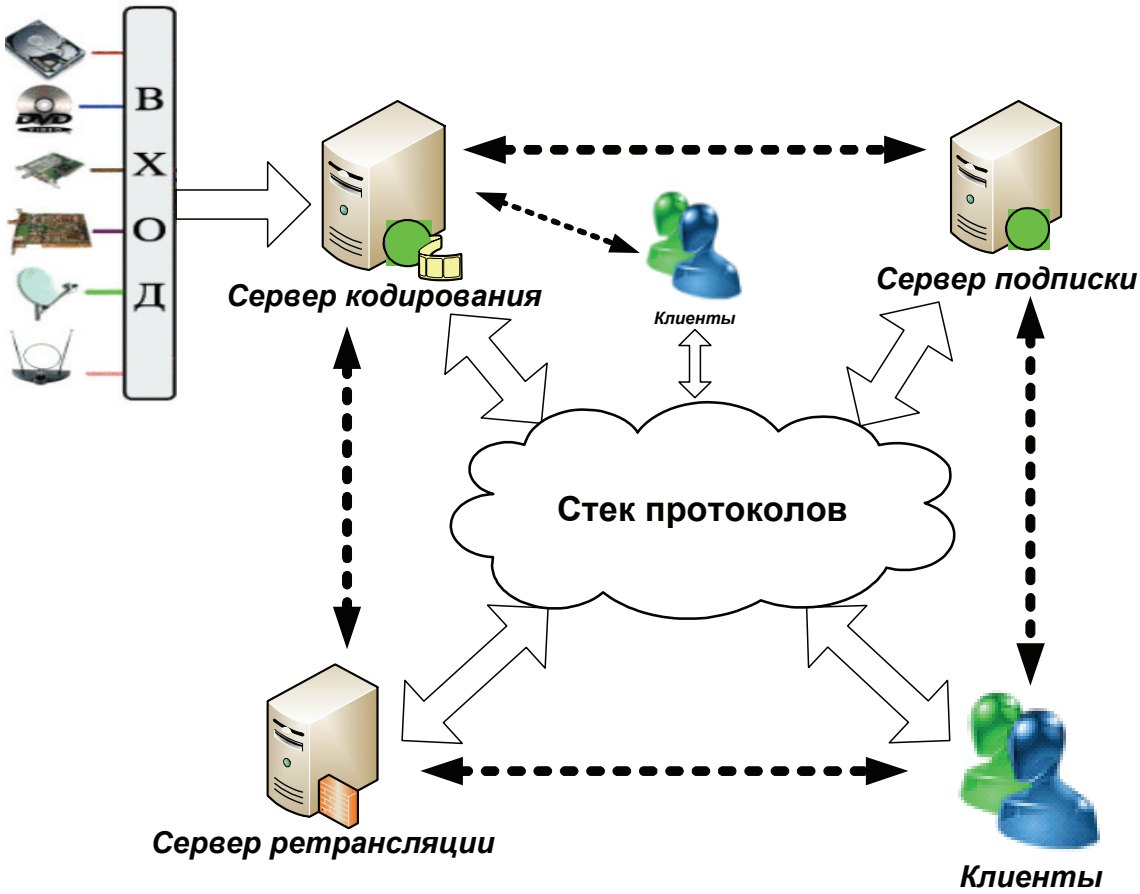


Рисунок 1 – Архітектура системи мультимедіа мовлення

Сервер-кодування – даний сервер призначений для прийому мультимедіа сигналу в режимі реального часу. Також сервер робить цифрову обробку аналогового сигналу джерела аудіо і відео даних та перекодування цього сигналу. Після перетворення формату мультимедіа потоку сервер віщає його в мережу у форматах: H.263, H.264/MPEG-4 AVC, MJPEG, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, AAC, AC3, DV Audio, FLAC, MP3 , ASF, AVI, FLV, MP4, Ogg, Wav. Відмінною особливістю сервера є можливість його масштабування, яка дозволяє приймати, обробляти і вести мовлення у мережу одночасно від декількох джерел.

Структурна схема сервера представлена на рисунку 2.

Рисунок 2 – Структурна схема сервера кодування

Сервер ретрансляції – кеш-сервер, фактично є джерелом мультимедіа потоків для клієнтів системи медіа мовлення. За запитом користувача він здійснює передачу потрібного мультимедіа вмісту на клієнтську станцію. Кеш-сервер здійснює прийом і тимчасове зберігання мультимедіа потоків з серверів-кодування даних, а також кешування відео-на-замовлення, прийняте з серверів кодування мультимедіа. Таким чином, сервер є ретранслятором потоків мультимедіа даних. Завдяки цьому серверу зменшується навантаження на обчислювальні мережі під час перегляду багатьма клієнтами мовлення в реальному часі, тому що часто організовується multicast або broadcast мовлення мультимедіа потоків.

Структурна схема сервера представлена на рисунку 3.

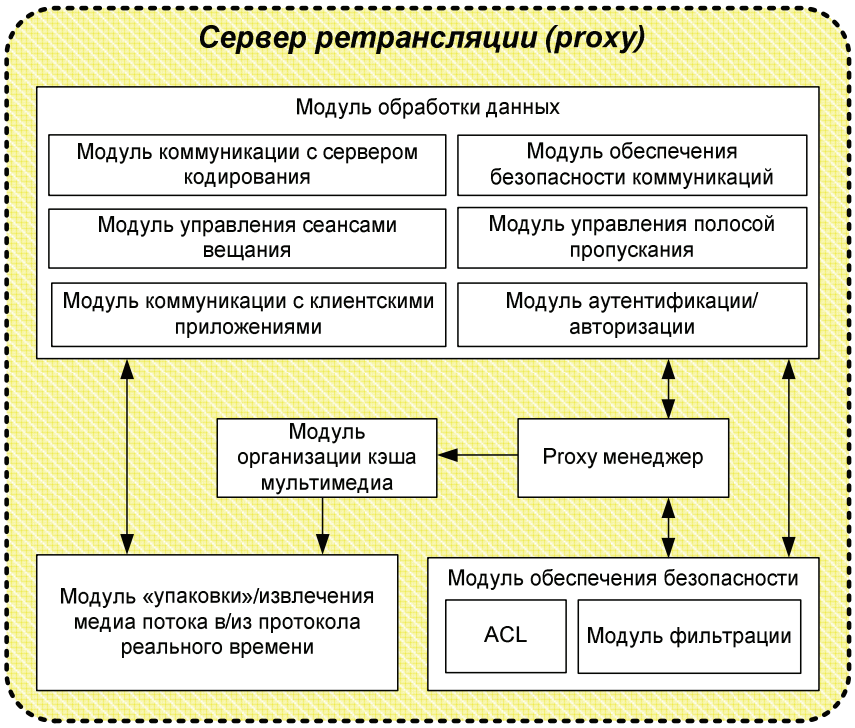


Рисунок 3 – Структурна схема сервера ретрансляції

Сервер підписки – сервер взаємодії з користувачами і користувачів між собою. Основними функціями є організація та забезпечення підписки на сервіси системи і відповідно розсилка повідомлень та статусів. Також присутній інтерфейс користувача системи (консоль управління/взаємодії користувача). Не менш важливими є функції розвантаження доступу на сервери кодування і функція забезпечення безпечного доступу до сервісів.

Структурна схема сервера представлена на рисунку 4.

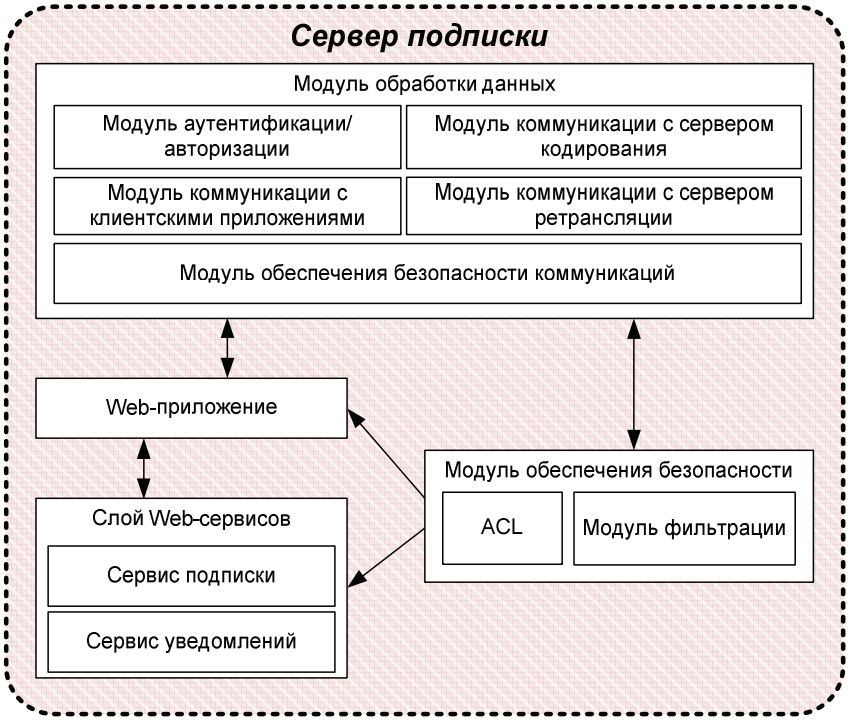


Рисунок 4 – Структурна схема сервера підписки

Завдання клієнта системи медіа мовлення полягає в прийомі мультимедіа потоків від серверів тимчасового зберігання та передача їх на пристрої виводу клієнтської станції. У результаті, клієнт можливо використовувати як сервер потокової трансляції файлів формату MPEG-1, MPEG-2 і MPEG-4, різноманітних аудіо-форматів і медіа в реальному часі на один або декілька комп'ютерів мережі, або як клієнт для прийому, декодування і демонстрації мультимедіа потоків у різних операційних системах.

Структурна схема сервера представлена на рисунку 5.

Рисунок 5 – Структурна схема клієнтського програмного забезпечення

Висновки

Результатом роботи є розроблені архітектура і структура системи мовлення мультимедіа даних від безлічі приймачів до безлічі джерел. Система характеризується новизною архітектури організації мовлення мультимедіа, яка побудована на базі окремих модулів.

У процесі виконання роботи розглянуті принципи, технології та протоколи, які використовуються для організації мультимедіа мовлення в реальному часі.

Проведений аналіз характеристик систем мовлення дозволив сформувати вимоги до системи, що розробляється.

Архітектура системи являє собою клієнт-серверну архітектуру, компонентами якої є підсистема сервера кодування, підсистема сервера ретрансляції мовлення, підсистема підписки на послуги та мовлення, а також клієнтське програмне забезпечення.

Використання транспортного протоколу реального часу – SRTP і протоколу прикладного рівня, призначеного для встановлення, зміни та закінчення сеансів зв'язку та для обміну інтерактивним трафіком – SIP, дозволило організувати контроль цілісності кодованих/декодованих та даних, що транслюються, забезпечення безпеки та шифрування передачі мультимедіа потоків, а також сигналізацію сесії мультимедіа мовлення.

Розроблені архітектура та структура взаємодії складових компонент системи мультимедіа мовлення забезпечують масштабування, відкритість і гетерогенність системи, а також її відмовостійкість.

Література

1. *Бауер Х.* Миграция от CWDM к DWDM //Lan. – № 3. – 2003. – С. 28-33.
2. *Кривошеев М.И., Федунин В.Г.* Интерактивное телевидение. – М.: Радио и связь, 2000. – С. 56-67.
3. ITU-R. Working Party 10-11S. Draft new Question «Interactive Satellite Broadcasting Systems (Television, Sound and Data)» //Doc. 11/62, 12 January 1995. – P. 15-21.
4. *Ластовченко М.М., Биляк В.И., Марущак В.И.* Адаптивная синхронизация мультимедийного трафика в ситуационном центре управления //Проблемы управления и информатики. – 2006. – № 6. – С. 31-40.
5. *Семенов Ю.А.* Обобщенная мультипротокольная коммутация по меткам (CMPLS) //СП FORUM.RU http://citforum.ru.

УДК 004.67

Ткач Ю.Е., ассистент, Кириєнко І.В., студент магістратури

СИСТЕМА ПАРАЛЕЛЬНОЇ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ПРОГРАМНИХ ПРОЕКТІВ

Вступ

Створення будь-якого програмного продукту пов'язане з ризиками – це, перш за все, ризики виходу за рамки бюджету або розкладу, ризики використання нових технологій і мов програмування, а також багато інших. Проаналізувавши дані досліджень успішності проектів в сфері інформаційних технологій з 1994 року, можна помітити, що в 2008 році 18 % проектів провалилось, більш, ніж половина – 51 % не вклалися в заданий бюджет і терміни, і тільки 31 % були визнані успішними [1]. Як відомо, вихід за рамки бюджету і термінів – це одні з найпоширеніших категорій ризиків програмних проектів. Саме тому, виходячи з досліджень, можна зробити висновок про те, що визначальну роль для успіху будь-якого програмного проекту має рівень управління ризиками в цьому проекті. Саме з цієї причини процеси управління ризиками можна вважати одними з найважливіших складових процесів управління проектами й ухвалення рішень в рамках проектів, оскільки вони дозволяють максимізувати позитивні і мінімізувати негативні наслідки настання ризикових подій.

Аналіз задачі

По відношенню до програмних проектів ризиками називають невизначені події, що негативно або позитивно впливають або не впливають на хід розвитку проекту. Всі ризики програмних проектів можна класифікувати наступним чином:

- ризики, пов'язані з вимогами;
- технологічні ризики;
- ризики, пов'язані з кваліфікацією персоналу;
- політичні ризики.

Для управління перерахованими категоріями ризиків існують такі етапи управління ризиками, як:

- планування управління ризиками – вибір підходів і планування діяльності по управлінню ризиками проекту;
- ідентифікація ризиків – визначення ризиків, здатних вплинути на проект, і документування їх характеристик;
- якісна оцінка – якісний аналіз ризиків і умов їх виникнення з метою визначення їх впливу на результат проекту;
- кількісна оцінка – кількісний аналіз ймовірності виникнення і впливу наслідків ризиків на проект;

- планування реагування на ризики – визначення процедур і методів з послаблення негативних наслідків ризикових подій і використання можливих переваг;
- моніторинг і контроль ризиків – моніторинг ризиків, визначення ризиків, що залишаються, виконання плану управління ризиками і оцінка ефективності дій з мінімізації ризиків [2].

Оскільки етапи управління ризиками ідентичні для всіх категорій ризиків програмних проектів, то стає можливим створення системи управління ризиками, яка б виконувала одночасну оцінку всіх ризиків. Ця оцінка полягатиме у визначенні ймовірності настання несприятливої події, пов'язаної з проектом, прогнозуванні величини втрат від настання цієї події та оцінці її вартості.

Аналіз систем управління ризиками програмних проектів показує, що на сьогоднішній день не існує універсальної, вільно поширюваної і доступної системи, яка б одночасно виконувала оцінку декількох категорій ризиків з наперед заданою точністю. Розглянуті системи, такі, як система управління ризиками Welcomrisk розроблена компанією Welcom Software Technologies [3] і розділ управління ризиками в рамках Microsoft Enterprise Project Management Solution (EPM) [4], використовують для оцінки ризиків лише один математичний апарат, що обмежує точність обчислень певним значенням і орієнтований на конкретні види ризиків. Крім того, ці системи розраховані на взаємодію з конкретною наперед заданою системою управління проектами. Актуальним є створення системи управління ризиками, яка б не була прив'язана ні до однієї з систем управління проектами, а надавала API для взаємодії з будь-якою системою управління проектами, що дозволить використовувати її в будь-якому проекті, незалежно від того, яка саме система управління проектами для нього використовується.

Структура системи

Розроблена система оцінки ризиків програмних проектів складається з шести основних модулів, які взаємодіють між собою, з системою управління проектами, а також з інтерфейсом користувача, і забезпечують виконання всіх функцій, необхідних для ефективного управління ризиками програмних проектів. До даних модулів відносяться: модуль взаємодії з системою управління проектами, модуль ризиків, модуль відображення, модуль визначення заходів, модуль побудови головної таблиці ризиків і модуль розрахунку ризиків. На рисунку 1 показана структура розробленої системи.

Модуль взаємодії з системою управління проектами використовується для отримання від неї всіх даних, які необхідні для виконання оцінки ризиків, а також для вибору зі списку осіб, задіяних в проекті, відповідальних за виконання заходів по ліквідації чи мінімізації ризиків. Взаємодія між даним модулем і системою управління проектами виконується з допомогою API.

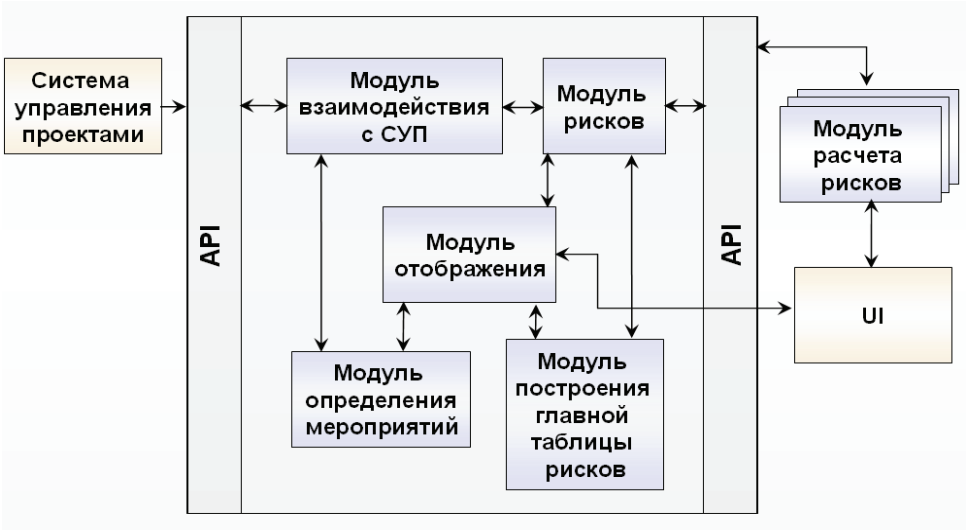


Рисунок 1 – Структура розробленої системи

Модуль ризиків представляє собою комплекс засобів для збору, зберігання і аналізу інформації про ризики. Він надає можливість отримання інформації про ризики від користувача.

Модуль розрахунку ризиків використовується для підключення до системи нових математичних апаратів як бібліотек-плагінів, безпосередньої оцінки ризиків за допомогою вибраних математичних апаратів і повернення результату модулю ризиків.

Модуль відображення виконує передачу інформації як між самими модулями системи, так і між модулями системи та інтерфейсом користувача. Також в обов'язки модуля входить відображення головної таблиці ризиків і заходів щодо ліквідації ризиків в інтерфейсі користувача.

Модуль побудови головної таблиці ризиків виконує побудову головної таблиці ризиків. У його обов'язки входить обробка даних, отриманих після проведення оцінки ризиків, їх побудова в головну таблицю ризиків і збереження.

Модуль визначення заходів використовується для визначення заходів щодо ліквідації і мінімізації ризиків. У його обов'язки входить вибір осіб, відповідальних за проведення заходів, а також збереження цієї інформації разом з даними про самі заходи по ліквідації ризиків і їх терміни в головній таблиці ризиків. В тому випадку, якщо заходи щодо ліквідації і мінімізації ризиків будуть визнані успішними, модуль також виконує збереження цих заходів в базу даних системи як найбільш успішних з метою можливості їх використання в подальших проектах.

З метою забезпечення можливості використання розробленої системи для більшості моделей життєвого циклу розробки програмного забезпечення загальноприйняті шість процедур управління ризиками були розділені на більш дрібніші процедури – процеси управління ризиками.

Серед головних процесів управління ризиками в розробленій системі такі:

- ідентифікація – процес полягає у визначенні ризиків, що безпосередньо впливають на проект;
- введення і опис ризиків – процес полягає у вказуванні назви і визначенні категорії ризиків;
- вибір можливого типового ризику з бази даних – можливий такий випадок, що той чи інший ризик вже існує в базі даних системи, тоді користувач не матиме необхідності додатково вводити всю інформацію про ризик, достатньо буде вибрати необхідний ризик із бази даних і вказати його нові параметри;
- введення причини виникнення ризику – як тільки ризик введений, необхідно вказати точну причину його виникнення, оскільки вона матиме важливе значення при визначенні дій в разі необхідності його ліквідації;
- вибір власника ризику – процес полягає у визначенні зі списку задіяних в проекті осіб особи, котра буде виконувати діяльність щодо ліквідації чи мінімізації ризиків в разі виникнення такої необхідності;
- визначення експертів – вибір експертів, головною задачею яких буде контроль за діяльністю власника ризику;
- якісний аналіз – процес полягає у визначенні впливу ризиків на результат проекту;
- кількісний аналіз – процес полягає в безпосередній оцінці ймовірності виконання ризиків;
- розрахунок значущості ризиків – полягає в побудові згідно з пріоритетами головної таблиці ризиків;
- порівняння значущості з рівнями толерантності – ризики, що не представляють собою загрози для проекту, можуть прийматися, інші ризики можуть лише мінімізуватися, а є і такі, які обов'язково необхідно ліквідувати. Саме на етапі порівняння значущості з рівнем толерантності і визначаються дії, які необхідно застосувати до того чи іншого ризику;
- визначення заходів щодо ліквідації або мінімізації ризиків – безпосереднє визначення, які саме дії необхідно застосувати до того чи іншого ризику.

Оскільки більшість існуючих на даний момент моделей життєвого циклу розробки програмного забезпечення вимагають або одноразової оцінки всіх ризиків, або багатократного їх перерахунку, то в розробленій системі забезпечена можливість як одноразового виконання всіх процесів, так і багаторазового повернення до попередніх.

Одним з головних процесів управління ризиками є кількісний аналіз ризиків програмних проектів, який передбачає чисельне визначення величин окремих ризиків і ризику проекту в цілому. Кількісний аналіз базується на теорії ймовірності, математичній статистиці і теорії досліджень операцій. Математичну модель розробленої системи складають

такі методи кількісного аналізу ризиків, як аналіз дерева рішень й імітаційне моделювання за методом Монте-Карло.

Зазвичай структура аналізу дерева рішень будується на основі діаграми дерева рішень, яка описує дану ситуацію з врахуванням кожної з наявних можливостей вибору і можливого сценарію. Вона об'єднує вартість кожної можливості вибору, ймовірність виникнення кожного можливого сценарію, а також винагороди за кожний альтернативний логічний шлях. Побудова дерева рішень дає можливість провести аналіз очікуваної грошової вартості по кожній альтернативі за умови, що всі винагороди і відповідні рішення вже мають кількісне вираження. Метод особливо корисний в ситуаціях, коли рішення, що приймаються в кожен момент часу, сильно залежать від рішень, прийнятих раніше і, у свою чергу, визначають сценарії подальшого розвитку подій. Обмеженням практичного використання даного методу є вихідна передумова про те, що проект повинен мати скінченне або розумне число варіантів розвитку.

При імітаційному моделюванні за методом Монте-Карло для моделювання проекту використовується модель для визначення наслідків від дії детально описаних невизначеностей на результати проекту в цілому [5]. При моделюванні модель проекту розраховується ітераційно, при цьому вихідними даними є функції розподілу вірогідності, вибраної для кожної ітерації з розподілу ймовірності кожної змінної. Результатом є розподіл ймовірності для загальної вартості або дати завершення проекту. Даний метод є найбільш універсальним методом для кількісної оцінки ризиків.

Оцінка ризиків в системі проходить паралельно кожним з вищевказаних методів, після чого виконується розрахунок середнього значення для всіх ймовірностей настання ризикових подій.

Паралельна оцінка кожним з існуючих методів дає можливість більш точного розрахунку ймовірності настання ризикової події.

Висновки

Таким чином, запропонована система дозволяє ефективно проводити оцінку ризиків програмних проектів, виконуючи її паралельно, що важливо при високій динаміці зміни ризиків. Підключення до системи математичних апаратів як бібліотек-плагінів дає можливість вільно її розширювати, додаючи нову функціональність. Таке розбиття на процеси дозволяє застосовувати дану систему для більшості існуючих моделей життєвого циклу розробки програмного забезпечення, наявність API дозволяє системі взаємодіяти з більшістю існуючих систем управління проектами.

Література

1. CHAOS Research Results, 2004 Third Quarter Research Report. The Standish Group International, Inc., 2004.

2. *Audrey J. Dorofee, Julie A. Walker*, *Christopher J Alberts et al*, Continuous Risk Management Guidebook.
3. WelcomRisk - портал управления рисками, URL: //subscribe.ru/archive/economics.school.aproject/200610/16163620.html
4. @Risk - Professional for Excel, URL: http://www.prodmag.ru/catalog/info/245.
5. *Лоу А., Кельтон В.* Имитационное моделирование, Классика CS. 3-е изд. – СПБ.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.

УДК 005.311.2:004.94

ТРЕЙТЯК В.В., АСПІРАНТ

Національний авіаційний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ЗАМОВЛЕННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ІНТЕГРОВАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

Вступ

Більшість керівників сучасних українських підприємств розуміють необхідність здійснення проектів автоматизації управління, які пов'язані з такими новими течіями в управлінні, як перехід до процесного підходу. Особливо важлива реалізація цих проектів для реорганізації та постійного удосконалення виробничих процесів, впровадження автоматизованих систем управління і т.д.

Реалізація подібних проектів потребує збору, накопичення, систематизації та аналізу інформації про підприємство, яка б дозволила отримувати відповіді на наступні питання:

– хто та при яких умовах приймає ті чи інші управлінські рішення?

– яка при цьому потрібна інформація?

– які методики потрібно використовувати при виконанні конкретних процедур операцій при впровадженні інформаційних систем автоматизації управлінської діяльності та де зберігаються дані про ці методики?, та ін.

На прикладі автоматизації процесу оцінки та узгодження виробничого замовлення розглянемо механізми побудови інформаційних моделей та їх використання для створення інформаційних технологій підтримки прийняття управлінських рішень.

Методи та результати

Кожний співробітник підприємства має відповіді на деякі з поставлених запитань, які стосуються його компетенції та сфери діяльності. Проте, для здійснення серйозних проектів потрібно зібрати в одному місці і в єдиній формі опису повну інформацію про діяльність всіх підрозділів та їх робітників. Тобто, виникає необхідність в розробці методик формалізації даних, їх моделюванні в середовищі інтегрованих автоматизованих систем у впровадженні такого програмного продукту, за допомогою якого стало б можливим моделювати інформаційні об'єкти та процеси, використовуючи всю наявну інформацію на підприємстві.

Для моделювання виробничої інформації в даний час використовується декілька методологій та інструментальних засобів їх реалізації. Найбільш результативними є методології IDEF [1], ARIS Toolset [2].

Проведений автором аналіз вищеназваних методологій моделювання показав, що незважаючи на складність процесу моделювання, методологія ARIS та відповідні інструментальні засоби забезпечують використання процесного підходу та необхідну чіткість процесних діаграм.

Інструментальне середовище ARIS представляє собою реалізовану методологію формалізації інформації про діяльність підприємства і представлення її у вигляді інформаційних моделей, зручних для розуміння та аналізу. Створювані за допомогою даного інструментарію моделі відображають існуючу ситуацію на підприємстві. Ступінь деталізації залежить від цілей проекту, який здійснюється. Побудова моделі за даною методологією може бути використана для аналізу та відпрацювання різного роду рішень по реорганізації підприємства, впровадженню інформаційної системи підтримки діяльності підприємства та ін.

Інструментальні засоби реалізують принципи структурного аналізу, в ході якого підприємство розглядається у вигляді складної системи, що складається з різних структурних компонент, які мають різного роду взаємозв'язки між собою. Таким чином, забезпечується визначення та відображення в моделях основних компонент підприємства, діючих процесів, інформації, а також представлення взаємозв'язків між цими компонентами.

Моделі, які створюються в середовищі ARIS, представляють собою сукупність знань про систему управління на підприємстві і включають організаційну структуру підприємства, склад та структуру документів, послідовність виконання процесів та ін. На відміну від інших інструментальних засобів, ARIS зберігає всю інформацію в єдиному репозиторії, що забезпечує цілісність та несуперечливість процесу аналізу та моделювання.

Серед великої кількості можливих методів опису процесів в ARIS автор використав нотацію eEPC (event-driven process chain) – метод опису процесів, який також використовується в ERP- системі SAP R/3 та ін. На рисунку 1 представлено використання різних об'єктів моделювання ARIS eEPC при створенні моделі виробничих процесів.

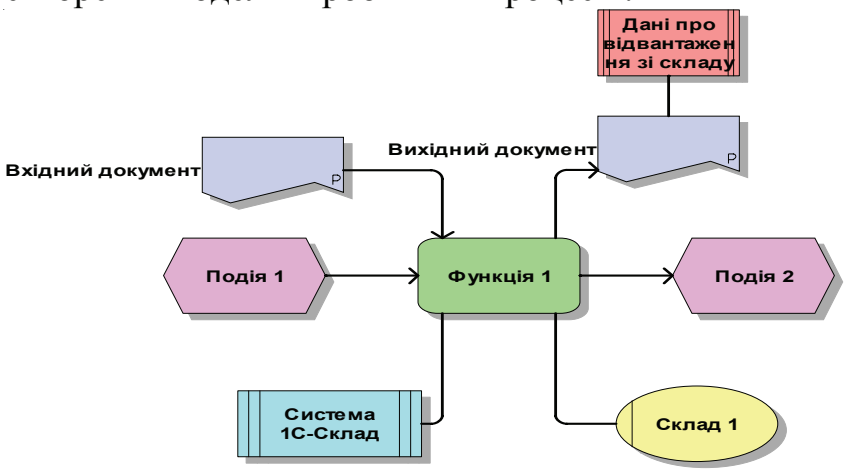


Рисунок 1– Фрагмент інформаційної моделі виробничого процесу в нотації eEPC

Машинобудівне підприємство, як правило, має багато структурних підрозділів, за допомогою яких здійснюється прийом, узгодження та реалізація виробничого замовлення, тому на різних стадіях життєвого циклу виробу формується велика кількість проектно-виробничих даних. Звідси виникає вимога до інструментальних засобів ARIS щодо коректної передачі даних та їх достовірності і повноти відображення [3].

Обмін проектно-виробничими даними з іншими системами може бути здійснений наступним чином.

1. Передача інформації через буфер обміну Windows. Можлива передача графічних об'єктів до інших систем, при цьому графіка представляється у векторному вигляді і може бути відредагована. Значення показників з ARIS можуть бути передані як у табличному вигляді, так і у формі простого тексту.

2. Експорт/імпорт даних у форматі HTML за допомогою модуля Web Link.

3. Прямий доступ до сховища ARIS через інтерфейс API.

4. Використання спеціальних інтерфейсів для обміну даними з системами CASE-класу.

5. Спеціальні модулі-інтерфейси, які забезпечують інтеграцію з такими системами, як Microsoft Project, ER/win, Designer/2000, Rational Rose, IEF, PowerDesigner, System Engineer, IBM Flowmark (клас workflow), Staffware та багатьма іншими.

Моделі процесів можна надавати у користування іншим співробітникам підприємства, які приймають участь у формуванні проектно-виробничої документації. Цю можливість забезпечує багатокористувацькі та мережні функції ARIS. Причому нема необхідності у створенні спеціальних інструкцій для персоналу. Відповідні права доступу гарантують користувачам санкціонований доступ до потрібних частин баз даних ARIS.

Інформаційні моделі, створювані за допомогою ARIS, найбільш точно описують проектно-виробничі процеси на підприємстві зі швидко змінюваною номенклатурою виробів. Тобто, розроблювані інформаційні моделі будуть орієнтовані на моделювання об'єкту дослідження за умов повсякчасної зміни вхідних даних.

Розглянемо звичайну ситуацію для машинобудівного підприємства, за якої замовлення надходить на підприємство і реалізується наявними на підприємстві ресурсами. Повний життєвий цикл виробничого замовлення включає в себе цілу низку операцій та дій, які виконують більшість існуючих на підприємстві підрозділів. На рисунку 2 показано узагальнену модель життєвого циклу виробничого замовлення у вигляді послідовно виконуваних робіт (процедур, функцій) по прийому, узгодженню та виготовленню виробів згідно виробничого замовлення.

Кожна функція ініційована подією, тобто, функція «Аналіз та узгодження замовлення» ініційована подією «Надходження замовлення». Для виконання даної функції потрібна повна інформація як по замовленню,

так і по наявним на підприємстві ресурсам, за допомогою яких може бути здійснена реалізація замовлення.

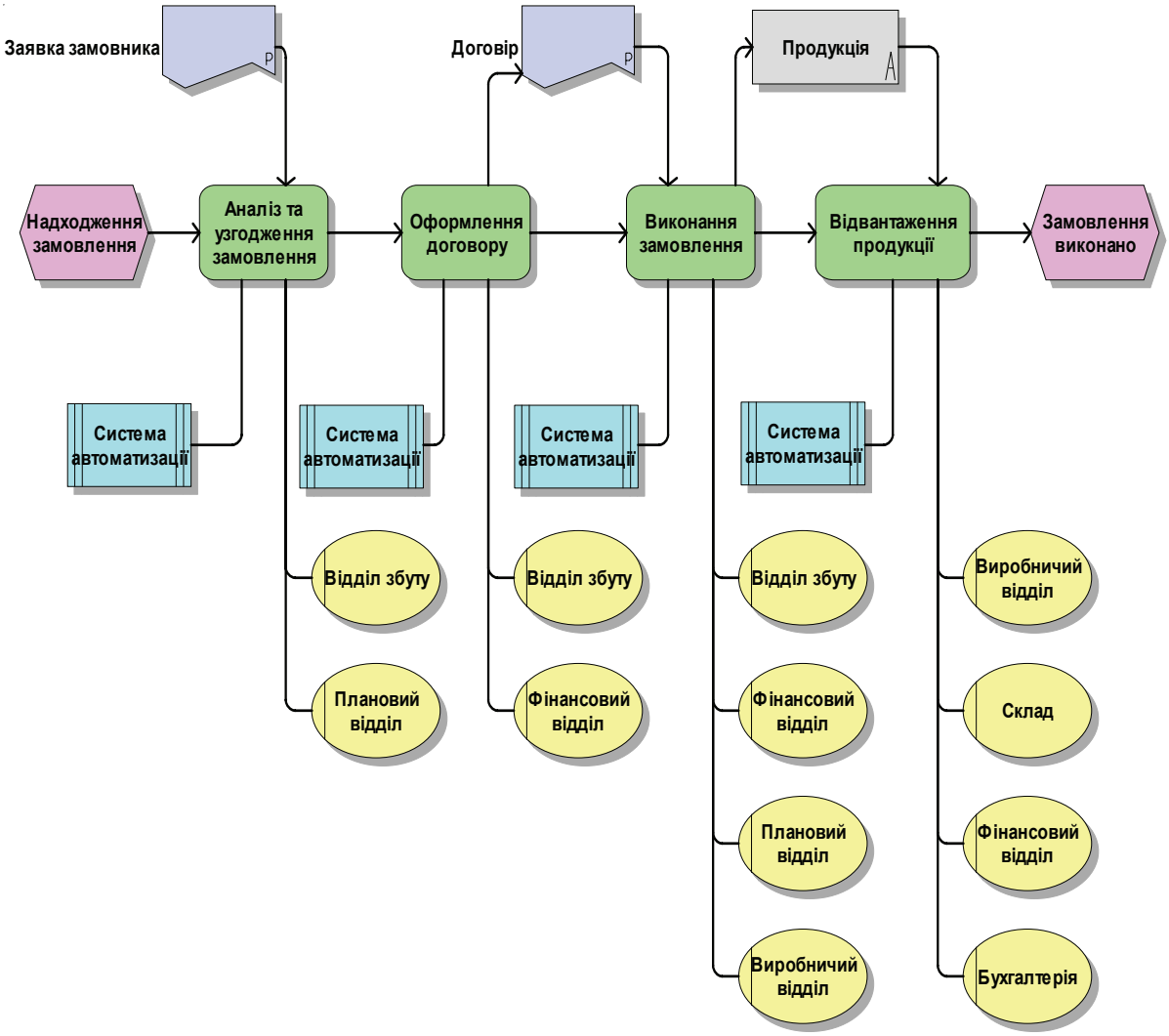


Рисунок 2 – Узагальнена інформаційна модель життєвого циклу виробничого замовлення

Кожна функція може бути виконана впровадженими на підприємстві системами автоматизації та персоналом, який в даному випадку несе відповідальність за свою роботу на даному етапі життєвого циклу замовлення. Виконання кожної з процедур супроводжується формуванням проектно-виробничих даних, які, в свою чергу, використовуються на наступному етапі виконання замовлення.

Інформаційна модель (див. рис. 2) спрощено відображає етапи життєвого циклу виробничого замовлення, тому що кожна з функцій включає в себе цілий комплекс робіт по організації, плануванню та реалізації замовлення. Розглянемо більш детально згадувану вище функцію «Аналіз та узгодження замовлення», представлену на рис. 3.

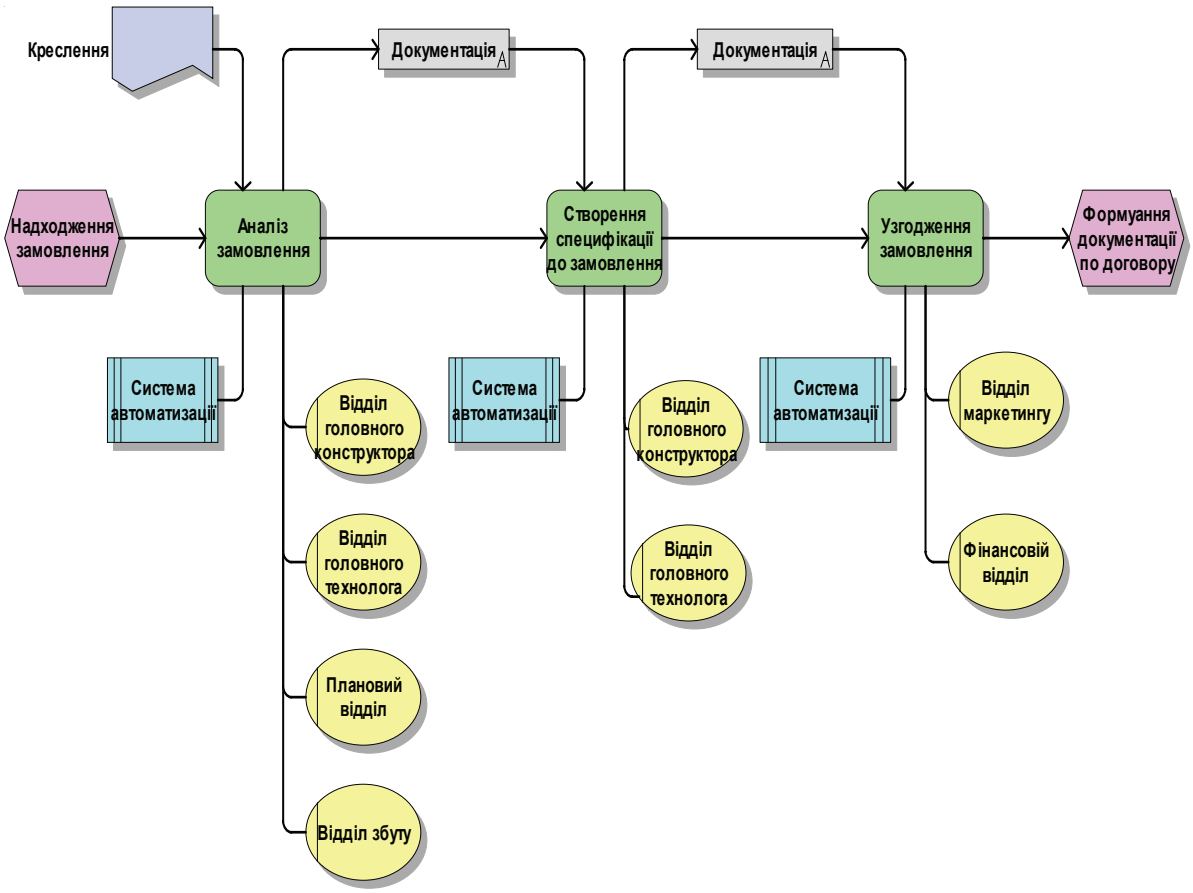


Рисунок 3 − Інформаційна модель процесу аналізу та узгодження замовлення

На цьому етапі відбувається глибокий аналіз самого замовлення та всієї технічної документації, переданої замовником, якщо така є. Основною інформацією даної стадії опрацювання замовлення є визначення технічної спроможності та доцільності виготовлення заданої кількості виробів у визначені терміни, проте, цей процес є неможливий без інформаційного забезпечення.

Інформаційна підтримка здійснюється шляхом доступу до даних зі всіх відділів та підрозділів підприємства. Це, насамперед, дані про існуючі матеріальні ресурси та запаси на складах (виробничі дані), планове завантаження обладнання (планові дані), інформаційні ресурси про технологічні процеси (проектні дані), дані про існуючі договори, замовників та виробничу програму (комерційні дані). Якщо комерційні дані − це інформація, яка найменше змінюється, то виробничі, планові та проектні дані постійно змінюються і найбільше впливають на результат оцінки та аналізу замовлення. Тому сформулюємо основні задачі, які вирішуються в процесі оцінки та аналізу замовлення, відповіді на які в подальшому і формуватимуть проектно-виробничі дані.

1. Визначення розмірних, фізико-механічних характеристик, за допомогою яких в подальшому визначатиметься тип обладнання та оснастка.

2. Визначення: чи можливо виготовити вироби з відповідними характеристиками на основі запропонованого до впровадження або існуючого технологічного процесу.

3. Визначення виробничої площі та обладнання, за допомогою яких можливо виготовити вироби із заданими характеристиками.

4. Визначення параметрів технологічного процесу.

5. Визначення характеристик технологічної оснастки та обладнання для виготовлення виробів із заданими параметрами.

6. Визначення потреби в сировині та матеріалах.

7. Визначення необхідних трудових ресурсів та трудових норм.

Об'єднання даних про вироби, ресурси та процеси дозволить значно пришвидшити темпи оцінки на етапі ведення переговорів із замовником, спроможності та доцільності випуску даного виробу. Інформаційне забезпечення задач прийняття проектних рішень про вибір технологічного обладнання дає можливість паралельного проектування самого виробу та технологічної оснастки у відповідності до вибраного обладнання, що скорочує терміни технічної підготовки виробництва.

Висновки

Інтегроване середовище функціонального моделювання та аналізу ARIS eEPC значно розширює можливості розробленої автором підсистеми інформаційної підтримки прийняття рішень по оцінці замовлень, які надходять на підприємство, забезпечує корегування оперативно-календарних планів з урахуванням оптимального завантаження виробничого обладнання та структур маршрутних технологічних процесів. Підсистема реалізована засобами PDM-системи ENOVIA-SmarTeam V5R18 та може за допомогою API-інтерфейсів використовуватися ERP та CRM системами, а також автоматизованими системами технічної підготовки виробництва.

Література

1. *P50.1.028-2001*. Информационные технологии и поддержка жизненного цикла изделия. Методология функционального моделирования. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 250 с.
2. *Роб Дэвис и Эрик Брабендер* «BPM для начинающих. Моделирование бизнеса с ARIS Design Platform» /Пер с англ., 2008. – 436 с.
3. *Август-Вильгельм Шеер* «Моделирование бизнес-процессов». /Пер с англ., 2000. – 175 с.
4. *Ильин В.В*. Моделирование бизнес-процессов. Практическое использование ARIS 2006, Williams. – 176 с.

УДК 004.67

Ткач Ю. Е., асистент, Скосир О. М., асистент

ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО МОДЕЛІ ПРОГРАМУВАННЯ У ГРІД З НЕКЛАСТЕРИЗОВАНИМИ ТА НЕВІДЧУЖУВАНИМИ РЕСУРСАМИ

Вступ

Популяризація концепції грід, що запропонувала нову модель організації обчислень, привела до активного застосування грід-технологій у багатьох прикладних галузях, що дозволило вийти на якісно новий рівень вирішення важливих і важких задач. Грід надав можливість об'єднувати й використовувати ресурси різних типів, потужностей, що належать різним організаціям незалежно від місця їхнього розташування в глобальному мережному середовищі.

Найбільш поширеним є метод побудови грід-інфраструктур з кластерних вузлів, що знаходяться у різних точках мережі, та у які об'єднуються багато комп'ютерів, що належать одному адміністративному домену. Такий спосіб організації називають дворівневим (або горизонтально інтегрованим) грідом, у якому ресурси знаходяться під керуванням локального менеджера й повністю виділяються для використання в гріді, що робить їх відчужуваними від власника [1]. Крім кластерів у мережах різних організацій, є велика кількість некластеризованих обчислювальних ресурсів – робочих станцій користувачів, серверів та ін., що мають велику сумарну продуктивність, у той час як їхнє середнє завантаження невелике [2]. Використання таких ресурсів для організації гріду становить великий інтерес з практичної точки зору, однак утруднюється з декількох причин. По-перше, некластеризовані обчислювальні ресурси практично завжди перебувають під контролем їхніх власників, тобто не відчужуються, і можуть бути виключені або вилучені з гріду в будь-який момент часу. По-друге, розповсюджене програмне забезпечення дворівневого гріду не може бути застосоване для таких ресурсів через його громіздкість і складність адміністрування. Однак саме некластеризовані й невідчужувані ресурси зараз найбільш активно використовуються для розв'язання надвеликих за необхідним часом розрахунку задач у рамках окремих проектів, і можливість побудови з таких ресурсів так званого однорівневого (або вертикально інтегрованого) гріду активно досліджується [3].

Базовою моделлю використання сучасної грід-інфраструктури є запуск завдань у пакетному режимі, що багато в чому повторює спосіб

взаємодії користувача з обчислювальним кластером. Головним чином, ця модель використовується для запуску великого числа однотипних, незалежних завдань. Однак часто задачі користувача не укладаються в подібну схему. Актуальною на сьогоднішній день є реалізація складних обчислень у гріді, який заснований на використанні невідчужуваних і некластеризованих ресурсів, для чого потрібна наявність високорівневого засобу керування завданнями й моделі програмування, які б спрощували створення й опис задач, а також приховували б від користувача динамічні аспекти розподіленого середовища. Метою даної статті є аналіз існуючих моделей програмування в грід і визначення вимог до моделі, яку можна було б застосувати для опису взаємодіючих процесів вирішення задачі й механізмів їхнього керування в однорівневому гріді.

Аналіз моделей програмування в грід

Першим кроком у підтримці великих обчислень зі складною структурою стала можливість запуску паралельних завдань на кластерах грід. Це дозволило застосовувати потужні ресурси гріду для вирішення більшості існуючих задач із різноманітною схемою взаємодії паралельних процесів. Однак при такому підході доступні для задачі ресурси обмежені тільки кластером гріда, на якому можуть також виконуватися й локальні завдання, у той час як часто потрібно ще більше обчислювальних ресурсів. Для подолання цього обмеження були створені розподілені реалізації MPI (MPICH [4]), які дозволили взаємодіяти паралельним процесам, запущеним на декількох кластерах грід. При цьому стало можливим застосовувати відому модель передачі повідомлень для програмування задач у гріді. У той час як даний підхід відкрив додаткові можливості для розроблювачів розподілених додатків, існує ряд обмежень, які перешкоджають його застосуванню в однорівневому гріді з некластеризованими ресурсами. По-перше, ресурси такого гріду являють собою в основному прості персональні комп'ютери з одним або двома процесорами й програмно-апаратною інфраструктурою, що відрізняється одна від одної. На таких гетерогенних вузлах запуск паралельних програм або неможливий взагалі через відсутність необхідного програмного забезпечення, або важкий у силу різної конфігурації вузлів. Також, паралельні програми, що виконують велику кількість обчислень, взагалі не має сенсу запускати на простих персональних комп'ютерах через їхню низьку потужність. По-друге, некластеризовані вузли об'єднані в основному нешвидкісними каналами зв'язку, а оскільки взаємодія відбувається шляхом передачі повідомлень, то неминуче виникають два стримуючих фактори – латентність і швидкість передачі даних по каналах комунікаційного середовища, які суттєво впливають на загальний час вирішення задачі [5].

Іншою моделлю, що може використовуватися для організації обчислень у грід, є модель «майстер-робітник», що застосовується в тих випадках, коли необхідно організувати динамічне балансування навантаження між групою робочих процесів, що обробляють окремі

підзадачі [6]. Така необхідність може бути обумовлена нерівномірністю й динамічністю як підзадач, так і доступних обчислювальних вузлів, що особливо яскраво виражено для грід з невідчужуваними ресурсами. Без застосування даної моделі задачі у дворівневому гріді надходять у чергу до сервісу керування завданнями, який знаходить підходящий вузол і передає йому файли завдань і даних. Використання сервісу керування завданнями грід для балансування навантаження при обчисленні безлічі підзадач є не ефективним, тому що запуск завдання в гріді пов'язаний з великими накладними витратами. Крім того, сервіс керування завданнями здійснює планування виконання кожного завдання незалежно від інших і не дозволяє використовувати власну стратегію планування [7]. Така стратегія може знадобитися, коли існують складні зв'язки між підзадачами, що визначають загальний хід обчислень. Модель «майстер-робітник» пропонує запускати в гріді не завдання, а спеціальних «робітників», яким будуть передаватися підзадачі для обчислень напряму, минаючи програмне забезпечення гріду. Даний підхід реалізований у декількох програмних продуктах (наприклад, Condor MW [8]) і може бути застосований для однорівневого гріда. Однак він не описує, яким чином повинна відбуватися обробка відмов невідчужуваних ресурсів, і залишає невирішеною проблему опису процесу вирішення підзадач, які будуть виконуватися «робітниками».

Для опису процесу обчислень кількох взаємозалежних завдань застосовується модель workflow (або модель потоків робіт) [9]. У цьому випадку залежності між завданнями описуються у вигляді орієнтованого графа, ребра якого визначають порядок виконання завдань і потоки даних між ними. Workflow-система здійснює запуск окремих завдань, передачу даних між ними й контроль виконання загального процесу обчислень відповідно до його опису. Прикладом такої системи може служити наявний у пакеті Condor компонент DAGMan, що підтримується декількома існуючими грід-інфраструктурами [10]. Потреба в подібній моделі програмування в грід велика, оскільки складні процеси аналізу й обробки даних можуть складатися із сотень елементарних завдань, ручний запуск і координація яких практично неможливі. Використання workflow-моделі для опису задач дозволяє ефективно організувати процес вирішення задачі в однорівневому гріді, що складається з некластеризованих і невідчужуваних ресурсів. Кожний, навіть не дуже потужний, вузол такого гріду може виконувати обчислення невеликої за обсягом оброблюваних даних підзадачі, а у випадку збою, його можна легко замінити іншим доступним вузлом.

Можливостей стандартної workflow-моделі, у якій завдання представляються у вигляді орієнтованого ациклічного графу, не завжди вистачає для опису бажаної структури процесу. Труднощі можуть виникати при описі циклів, умовних переходів, критичних ситуацій, перемінного числа паралельних процесів. Існує кілька підходів, які застосовуються для розв'язання даних проблем. Одним з них є введення

додаткових спеціальних вершин в орієнтований workflow-граф для представлення різних умов взаємодії процесів [11]. Це дозволяє розширити коло задач, опис яких можливий в даній моделі, однак введення таких доповнень вимагає присутності суворих формальних описів для створення ефективної системи керування.

Іншим підходом, що розширює workflow-модель, є застосування формалізму мереж Петрі, математична модель яких добре пророблена, а мережа може бути ефективно проаналізована програмними засобами в автоматичному режимі [12]. Однак суворий математичний формалізм і універсальність мереж Петрі призводить до зайвої громіздкості опису сценарію взаємодії процесів, що ускладнює його сприйняття непідготовленим користувачем. На додаток до цього, ні класична мережа Петрі, ні існуючі розширення, такі як кольорові й ієрархічні мережі Петрі, не містять необхідних високорівневих конструкцій для опису деяких взаємодій паралельних процесів, які можуть бути присутніми у гріді.

Ще одним підходом, що доповнює й поліпшує workflow-модель, є створення спеціалізованих мов опису процесів [13]. Існуючі мови подібного роду, хоча й мають суворі формальні описи, у першу чергу є засобами для роботи з бізнес-процесами, спрямовані, наприклад, на організацію діяльності співробітників підприємства. Відсутність підтримки стандартів грід і обмеження, що накладаються на використовувані способи й елементи опису процесів, утруднюють їхнє застосування для представлення взаємодіючих процесів вирішення складних задач.

Існуючі перераховані підходи подолання проблем використання орієнтованого ациклічного графу workflow-моделі по-своєму доповнюють або представляють дану модель, дозволяючи використовувати її в гріді, однак вони не описують весь спектр механізмів взаємодії між завданнями й способи керування ними. Завданнями можуть представлятися тільки у вигляді окремих сервісів або об'єктів, які використовують файли даних для передачі інформації після завершення своєї роботи. Іноді може знадобитися передача повідомлень окремим завданням під час їхнього виконання, що вимагає формального опису таких механізмів взаємодії. Також, при використанні такої моделі в некластеризованому гріді потрібно реалізувати динамічну корекцію структури процесу залежно від вхідних даних і кількості доступних ресурсів, що дозволило б не описувати окремо кожну з безлічі однотипних задач, а обмежитися тільки описом окремих стадій процесу.

Обмеження класу розв'язуваних задач

Перед тим, як визначити вимоги до моделі програмування, що найбільше підходить для застосування при описі задач, розв'язуваних в однорівневому гріді, необхідно відзначити обмеження на клас задач, які пов'язані з невідчужуваністю ресурсів. Виходячи зі структури такого гріду, стає неможливим обробка паралельних (багатопроцесорних) додатків

через те, що процеси, що перебувають на різних комп'ютерах, будуть виконуватися дискретно й неузгоджено один з одним, у періоди малої активності їхніх власників. У зв'язку з цим, одна з найбільш важливих проблем, розв'язуваних програмними засобами гріду, – забезпечення гарантованого завершення завдання в заданий час – стає дуже складною в даному аспекті. У таких умовах найбільш привабливим виглядає застосування однорівневих грідів для виконання серійних розрахунків у вигляді набору незалежних завдань, які можуть оброблятися паралельно на різних ресурсах, не обмінюючись даними [1]. Таким чином, можна констатувати, що найбільш підходящі для вирішення в такому гріді задачі повинні мати модель паралелізму за даними, що є природним паралелізмом більшості обчислювальних задач, оскільки для них характерне обчислення по тих самих формулах безлічі однотипних величин. Також застосування даної моделі є не тільки найбільш компактним способом задання розподілу роботи між процесорами, але й способом підвищення локалізації даних, тому що чим менше даних потрібно процесору для виконання покладеної на нього роботи, тим швидше вона буде виконана [5].

Визначення вимог до моделі програмування

З огляду на всі плюси й мінуси розглянутих моделей програмування, застосовуваних сьогодні в гріді, а також обмеження на клас задач, можна виділити основні вимоги до моделі програмування й засобів опису й керування завданнями в однорівневому гріді, що складається з не кластеризованих і невідчужуваних ресурсів. Модель програмування повинна надавати можливість виконувати інтуїтивно зрозумілий, заснований на загальноприйнятих стандартах з підтримкою суворого математичного формалізму опис обчислюваної задачі, що повинна представлятися як сукупність взаємодіючих послідовних і паралельних процесів зі суворо визначеними даними для обробки й зазначеними параметрами і умовами виконання без прив'язки до конкретної технології розподілених обчислень.

Такий опис задачі повинен враховувати характерні риси паралельних процесів, що виконуються в однорівневому гріді, такі як:

- динамічність складу ресурсів – кількість і конфігурація ресурсів може змінюватися до, після й під час вирішення задачі:
- тривалий час виконання – недетермінованість часу обчислень на кожному конкретному ресурсі не дозволяє чітко визначити обмеження на загальний час обчислень;
- невідома апріорі кількість необхідних для вирішення задачі ресурсів – використовуючи модель паралелізму за даними, можна розбити задачу на безліч підзадач згідно з тим обсягом даних, що надійшов на вхід задачі;
- великі обсяги даних, які передаються в мережі між вузлами, – вузлів однорівневого гріду може бути багато разом з великими об'ємами даних для обробки;

– можливі відмови ресурсів – невідчужуваність ресурсів, що перебувають під керуванням їх власників, не дозволяє гарантувати їхню доступність на увесь час обчислень;
– ієрархії підпроцесів, створюваних і знищуваних по необхідності, – для спрощення опису складної схеми взаємодії безлічі процесів необхідна наявність можливості групування їх в ієрархічні блоки.

Обов'язковою є можливість опису основних шаблонів, використовуваних у представленні потоків робочих процесів. Зокрема, підтримка блоків паралельних гілок, що виконують ідентичні завдання таким чином, що число гілок у блоці може бути невідоме до запуску процесу й визначатися тільки в ході виконання. Також необхідна підтримка опису учасників робочого процесу не у вигляді конкретних ресурсів, а у вигляді абстрактних ролей з певними параметрами, використовуваними для динамічного добору конкретних ресурсів під час виконання обчислень певної підзадачі.

Дуже важливою для опису завдань, розв'язуваних у гріді з невідчужуваними ресурсами, є наявність можливості представлення дій, виконуваних при відмові ресурсів або порушенні безпеки, тому що забезпечення гарантованого вирішення задачі є необхідною умовою для будь-якого гріду. Наявність повного формального опису такої моделі дозволить створити ефективний засіб керування завданнями, що забезпечує гарантоване вирішення задач з мінімальними витратами ресурсів і часу.

Серед основних умов, яким повинен задовольняти засіб керування задачами, що об'єднує некластеризовані ресурси в повноцінну грід-інфраструктуру, можна виділити наступні. Необхідна наявність можливості представлення задач, описаних у моделі, вимоги до якої наведені вище, у загальноприйнятій формі на одній зі стандартних мов опису завдань, які допускають введення додаткових параметрів, пов'язаних зі специфікою однорівневого гріду. Це забезпечить можливість функціонування відповідних грід-інфраструктур як автономно, так і в складі загального гріду з будь-якими формами організації ресурсів. Також архітектура такого засобу керування задачами повинна задовольняти таким вимогам, як дотримання автономності ресурсів, розмежування пріоритетів локальних і грід-задач, забезпечення вирішення задач у динамічному середовищі гетерогенних невідчужуваних ресурсів.

Висновки

Розвиток моделей програмування в грід і технологій інтеграції просторово розподілених обчислювальних ресурсів відбувається в багатьох напрямках, одним з яких є побудова вертикально інтегрованого гріду й організація інфраструктури, що ґрунтується на використанні невідчужуваних і некластеризованих ресурсів. Аналіз існуючих моделей програмування в гріді показав наявність обмежень і відсутність високорівневих засобів, які б спрощували створення й опис задач, а також

відповідали б загальноприйнятим стандартам грід і містили б суворий формальний апарат. Був визначений найбільш підходящий клас задач для вирішення в однорівневому гріді, а також сформульовані основні вимоги до моделі програмування й засобів керування завданнями для ефективного вирішення задач зі складною структурою взаємодіючих процесів.

Література

1. *Березовский П.С., Коваленко В.Н.* Состав и функции системы диспетчеризации заданий в гриде с некластеризованными ресурсами – Препринт № 67. – Москва. 2007: ИПМ РАН.
2. *Воеводин Вл.В.* Решение больших задач в распределенных вычислительных средах. Вторая международная конференция «Распределенные вычисления и Грид-технологии в науке и образовании», Дубна, 2006. – С. 142-144.
3. *Коваленко В.Н., Коваленко Е.И., Корягин Д.А., Семячкин Д.А.* Управление параллельными заданиями в гриде с неотчуждаемыми ресурсами – Препринт № 63. – Москва. 2007: ИПМ РАН.
4. MPICH2. http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpich2/
5. *Воеводин В.В., Воеводин Вл.В.* Параллельные вычисления. – СПб: БХВ-Петербург, 2004. – 608 с.
6. *Bouziane H.L.; Perez C.; Priol T.* Modeling and executing master-worker applications in component models. Parallel and Distributed Processing Symposium, 2006. IPDPS 2006. 20th International Volume, Issue, 25-29 April 2006. – P. 144-150.
7. Платформа грид gLite. http://www.glite.org
8. *Goux J.-P., Kulkarni S., Linderoth J. and Yoder M.* An enabling framework for master-worker applications on the computational grid. In Proceedings of the Ninth International Symposium on High Performance Distributed Computing (Pittsburgh, Pennsylvania, Aug. 2000). – P. 233-240.
9. *Лазарев И.В., Сухорослов О.В.* Использование workflow-методологии для описания процесса распределенных вычислений //Проблемы вычислений в распределенной среде: Модели обработки и представления данных. Динамические системы. Труды ИСА РАН. Том 14. – М.: КомКнига, 2005. – С. 254-255.
10. DAGMan: Directed Acyclic Graph Manager. http://www.cs.wisc.edu/condor/dagman/
11. *David Churches, Gabor Gombas, Andrew Harrison, Jason Maassen, Craig Robinson, Matthew Shields, Ian Taylor and Ian Wang.* Programming Scientific and Distributed Workflow with Triana Services. In Concurrency and Computation: Practice and Experience (Special Issue: Workflow in Grid Systems), 18(10):1021-1037, 2006. – P. 54-62.
12. *Сухорослов О.В., Лазарев И.В.* Реализация службы управления сценариями в распределенной вычислительной среде. //Проблемы вычислений в распределенной среде: распределенные приложения, коммуникационные системы, математические модели и оптимизация. Труды ИСА РАН. Т. 25. – М.: КомКнига, 2006. – С. 87-90.
13. *Gregor von Laszewski and Mihael Hategan.* Workflow Concepts of the Java CoG Kit. Journal of Grid Computing, Volume 3, Numbers 3-4, September 2005. – P. 43-45.

УДК 004.67

Скосир О.М., асистент, Ткач Ю.Е., асистент

ВИБІР МЕХАНІЗМУ КЕРУВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИМИ ОБЧИСЛЕННЯМИ В GRID З НЕВІДЧУЖУВАНИМИ РЕСУРСАМИ

Вступ

Управління розподіленими комп’ютерними ресурсами з кожним роком стає все більш актуальною задачею. Навіть потужність персональних комп’ютерів дозволяє їх використовувати для рішення великих задач, виконання яких на одному комп'ютері неможливо через великий обсяг обчислень або якщо час виконання неприпустимо великий.

Для побудови розподілених систем можна використовувати як відчужувані ресурси, які використовуються тільки для роботи в розподіленій системі, так і невідчужувані. На сьогоднішній день найбільше поширення отримав метод побудови GRID-інфраструктур з кластерних вузлів, що перебувають у різних частинах мережі. Спосіб розподілу ресурсів фактично означає, що комп'ютери повинні повністю виділятися в GRID і не можуть використовуватися їх власниками – співробітниками тих організацій, у яких вони встановлені. Великий інтерес з погляду перспективи використання являють собою ресурси персональних комп'ютерів, які немає можливості повністю виділити до складу розподіленої системи, але які мають більшу обчислювальну потужність [1].

Також при використанні невідчужуваних ресурсів для організації обчислень виникають нові проблеми в розробці розподілених систем: підключення й відключення ресурсів здійснюється в будь-який момент часу, складна структура мереж і неоднорідність устаткування, можливість завершення роботи обчислювального вузла в ході виконання розрахунків (аварійного або ініційованого користувачем ресурсу).

Підходи до планування в розподілених системах

Проаналізуємо механізми керування, які застосовуються в паралельних обчислювальних системах. Найбільш загальну розбивку механізмів керування завданнями в розподілених системах можна зробити по кількості рівнів диспетчера: однорівневий і дворівневий. Однорівневе планування має під собою об'єднання завдання вибору вузла для обчислення й керування потоками обчислень на робочому вузлі. Тобто при такому підході при виділенні вузла для обчислення завдання розуміється монопольне використання даним завданням обчислювального ресурсу.

Дворівневий механізм розбиває ці два завдання, надаючи два диспетчери – для вибору вузла для рішення завдання й для керування завданнями на кожному конкретному вузлі. При такому підході мається на увазі, що кількість обчислювальних потоків, які вирішуються в системі, може перевищувати кількість доступних обчислювальних вузлів. Планувальник другого рівня, розташований на кожному обчислювальному вузлі, самостійно здійснює керування локальними обчислювальними потоками. Такий підхід більш гнучкий і дозволяє створювати системи, які легко працюють в умовах мінливості обчислювального середовища. В результаті, при додаванні нового обчислювального вузла, завдання, що очікують, можуть бути перерозподілені на доступні ресурси, що ускладнюється при використанні однорівневого планувальника, тому що цей підхід не передбачає наявності обчислювальних потоків, що очікують. Дворівневий планувальник використовується в сучасних GRID системах з відчужуваними ресурсами, де локальні обчислювальні кластерні ресурси перебувають під керуванням локального менеджера ресурсів, а глобальний розподіл завдання здійснюється GRID-диспетчером [2].

Фактично, дворівневий планувальник можна представити як комбінацію двох однорівневих планувальників.

Інший варіант класифікації механізмів керування припускає розбивку всіх механізмів на наступні дві групи. Перша група заснована на ідеї поділу ресурсів (space-sharing) між завданнями, відповідно до якої кожне завдання одержує необхідний обсяг ресурсів на необхідний час в ексклюзивному режимі. Методи другої групи використовують поділ часу процесорів (time-sharing) між декількома завданнями. Це означає, що відразу кілька завдань у довільний момент часу можуть розділяти ті самі обчислювальні ресурси [3, 4].

Поділ ресурсів здійснюється шляхом поділу обчислювальних вузлів між декількома завданнями. Варто зазначити, що для комп'ютерів з розподіленою пам'яттю, як правило, виконують тільки одне завдання на одному обчислювальному вузлі.

Розглянемо чотири варіанти поділу ресурсів. Розбивка обумовлюється тим, що деякі завдання можуть наперед вимагати певної кількості або навіть певної апаратної конфігурації обчислювальних вузлів, у той час як інші завдання можуть бути побудовані таким чином, що кількість необхідних обчислювальних вузлів буде відомо тільки в процесі виконання додатка [5].

Фіксована розбивка встановлюється адміністратором системи. Даний підхід дозволяє певним категоріям користувачів системи використовувати певні набори обчислювальних ресурсів, або, в іншому випадку, певним класам завдань надавати певний набір ресурсів. Існують варіанти, коли набір ресурсів може змінюватися двічі на день – для задоволення потреб денного й нічного навантаження на систему. Однак цей розмір не змінюється для конкретного завдання. Основна концепція даного підходу – завдання забирає всі ресурси з набору. Якщо завдання вимагає меншої

кількості ресурсів для обчислення, то частина ресурсів, яка не використовується, простоює. Часткове рішення даної проблеми полягає в створенні наборів ресурсів різних частин, що дозволяє завданню вибирати набір, який найбільше підходить для використання. Іншим рішенням може виступати використання другого рівня розбивки зі змінюваними розмірами частин або використання поділу часу з фіксованою розбивкою.

Гнучка розбивка – подібна до фіксованої розбивки, за винятком того, що розмір наборів ресурсів, які виділяються, не визначений. Даний варіант здійснюється розбивкою обчислювальних ресурсів на частини у відповідності до запитів. Вирішується двома способами – використовуючи комбінації частин визначеного розміру або створенням частин довільного розміру. Найбільш загальна причина використання комбінацій певного розміру – розбивка повинна відповідати архітектурі ресурсів. Якщо архітектура ресурсів не накладає обмеження, то може використовуватися довільна розбивка. Також на використання гнучкого виділення частин ресурсів накладає обмеження топологія мережі. Однак з використанням сучасних технологій важливість топології мережі зменшується, що дозволяє використовувати гнучку розбивку доступних ресурсів на частини. Незважаючи на можливість зміни розміру частини, проблемою залишається зовнішня фрагментація, тому що може простоювати частина ресурсів, яких недостатньо для рішення окремого завдання і які не задіяні для вирішення поточних завдань.

Адаптивна розбивка – виділення ресурсів частинами, які можуть змінюватися. Використовується в системах, які дозволяють виділити певний набір ресурсів для завдання, і гарантують наявність даного набору ресурсів протягом обчислення завдання. Основна мотивація для використання адаптивної розбивки – надання програмісту зручних засобів написання додатків, що дозволить йому не враховувати в алгоритмах можливості виходу з системи обчислювальних вузлів і необхідності обробки таких подій. Основне питання при використанні даного механізму – яку кількість обчислювальних ресурсів надавати завданню. Якщо кількість доступних ресурсів більше кількості, яка потрібна завданню, – завдання одержує всю необхідну кількість. Вирішення проблеми виділення ресурсів у випадку наявності меншої кількості, ніж запитується, вимагає застосування якого-небудь алгоритму виділення ресурсів. Один з варіантів – це набір ресурсів, які не використовуються і резервуються системою для наступних завдань. Інший варіант – виділення всіх доступних системі ресурсів, якщо є необхідна кількість. Недоліком другого підходу є необхідність очікування завершення обчислення якого-небудь поточного завдання для запуску нової задачі, що може забирати тривалий час.

Динамічна розбивка – зміна кількості ресурсів у процесі обчислення завдання. У той час як адаптивна розбивка зручна для програмістів, вона може бути причиною фрагментації й неоптимального виконання завдань у системі. Зміна розміру частки ресурсів під час виконання дозволяє системі реагувати на зміну навантаження як для нових завдань, так і для

виконуваних в даний момент. Наприклад, при переході завдання в послідовну фазу обчислень, обчислювальні потужності, які нею не використовуються, можуть бути перерозподілені між іншими завданнями. Коли завдання входить у паралельну фазу – необхідна кількість ресурсів знову надається їй системою. Перевагою даного методу є можливість запуску нових завдань без необхідності очікування, крім випадків, коли доступна кількість вузлів менше необхідного для вирішення завдання.

Другий великий клас механізмів керування – поділ часу на незалежних вузлах. Той факт, що вузли незалежні, має на увазі, що потоки виконуються окремо й не взаємодіють між собою.

Використання локальної черги є найбільш характерним для комп'ютерів з розділеною пам'яттю. З урахуванням того, що тільки один вузол працює зі своєю локальною чергою, немає необхідності здійснювати конкурентний доступ до черги й оброблювати блокування. При реалізації даного механізму потрібна реалізація алгоритму розподілу завдань між незалежними вузлами системи.

Для вибору вузла, на який передати завдання для вирішення, можуть використовуватися різні алгоритми. Найбільш простий підхід – вибір випадкового вузла з набору доступних. Звичайно, даний підхід має істотний недолік – може бути обраний найбільш завантажений вузол. Цей недолік можна усунути, використовуючи двокроковий алгоритм, – на першому кроці вибрати набір випадкових вузлів, а на другому – вибрати найменш завантажений вузол з даного набору. Алгоритми з вибору першого підходящого вузла з використанням локальної черги реалізовані в ряді існуючих систем для обчислень з невідчужуваними GRID-ресурсами [6, 7].

Використання глобальної черги легко реалізується в архітектурах зі спільною пам'яттю і не є оптимальним вибором для машин з розділеною пам'яттю. Порядок виконання завдань у таких системах полягає у виборі завдання із черги й передачі його на який-небудь обчислювальний вузол, виконання завдання деякий відрізок часу й переміщення назад у глобальну чергу. Порядок, у якому завдання будуть вибиратися із глобальної черги, визначається їхнім відносним пріоритетом. Багато реалізацій використовують ті ж алгоритми, які використовуються й в однопроцесорних системах. Як можливий варіант – вибір найбільш підходящого вузла для вирішення. У системах, де вузли однакові за характеристиками, найбільш підходящим може бути вузол, на якому завдання вирішувалося востаннє. Даний вибір ґрунтується на припущенні, що в локальному кеші могли залишитися дані, які можна використати без необхідності повторного завантаження [5].

У системах, побудованих з використанням невідчужуваних ресурсів, найчастіше використовується варіант з однорівневим диспетчером, в задачі якого входить вибір вузла для рішення завдання. Диспетчер на вузлі застосовується рідше, оскільки для обчислень використовуються персональні комп'ютери, які частіше містять по одному процесорному

елементу. Запуск декількох завдань на такому одному обчислювальному вузлі не приносить збільшення продуктивності.

Розбивка ресурсів для таких систем відбувається різним чином і найчастіше задається програмістом, що описує завдання. Якщо завдання не припускає можливості паралельного вирішення (для такого середовища – це можливість розбивки даних завдання з наступною обробкою кожної частини на окремому вузлі), то завданню виділяється один вузол. При обчисленні алгоритму, що припускає розпаралелювання, завданню можуть бути надані всі ресурси системи.

Використання локальної черги найчастіше є не доцільним у випадку наявності лише одного процесорного елемента на вузлі. У системі [7] використовується глобальна черга, з якої відбувається одержання частин даних для обробки обчислювальними вузлами. Система [6] використовує глобальну чергу всіх завдань і локальну чергу, у якій утримуються завдання, що надійшли на вузол для вирішення. Настройка обчислювального вузла дозволяє задати кількість активних завдань, які можуть бути запущені паралельно.

Вибір механізму керування обчисленнями

Особливості середовища накладають обмеження на тип завдань, які можна ефективно вирішувати на таких ресурсах. Відсутність швидкого середовища комунікації між обчислювальними вузлами не дозволяє вирішувати сильно зв'язані завдання, тому що будуть виникати істотні затримки між вузлами в процесі обміну інформацією. Таке обмеження дозволяє успішно вирішувати завдання, що припускають паралелізм за даними, при якому різні частини одного завдання можуть виконуватися незалежно одна від одної, працюючи з різними частинами даних.

Всі ці особливості середовища з невідчужуваними ресурсами повинні враховуватися системами керування обчисленнями. Також ці особливості не дозволяють використовувати в чистому вигляді механізми, які застосовуються для керування завданнями в кластерних або GRID-системах, в середовищах із невідчужуваними ресурсами.

При побудові розподіленої системи з використанням невідчужуваних гетерогенних ресурсів зараз найчастіше застосовується однорівневий планувальник, що на підставі інформації про доступні вузли в системі здійснює запуск завдань на доступних вузлах системи [6, 7]. Такі системи надають механізм забезпечення відмовостійкості рішення, що дозволяє навіть при виході обчислювального вузла із системи (аварійному або ініційованому користувачем) повністю вирішити завдання. Контроль за виконанням завдання здійснює виділений вузол, що створює вузьке місце системи, – у результаті виходу з ладу даного вузла результат роботи системи неможливо одержати. Також при зростанні навантаження на систему – при збільшенні обчислювальних вузлів, які постійно передають інформацію про статус рішення завдання, – керуючий вузол може не справлятися з навантаженням, що спричиняє некоректне керування

виконуваними завданнями. Для зменшення навантаження на сервер або у випадку, коли комунікаційний канал між вузлами нестабільний, в існуючих підходах пропонується ієрархічна архітектура побудови системи, коли головний сервер взаємодіє не з обчислювальними вузлами, а проміжним сервером. З погляду центрального сервера будь-який проміжний сервер виглядає як звичайний вузол, потужність якого в кілька разів перевершує потужність звичайних вузлів, а з погляду обчислювальних вузлів – як центральний сервер [8].

Як варіант вирішення проблеми виділеного керуючого сервера може бути використання механізму активних об'єктів. Під активним об'єктом розуміється набір компонентів системи, які здійснюють керування за процесом рішення завдання й забезпечують перезапуск завдання для забезпечення гарантованого рішення в умовах ненадійності вузлів.

Для системи з використанням активних об'єктів пропонується архітектура системи, що складається з двох компонентів: компонент керування й компонент активного об'єкту, який управляє рішенням конкретного завдання в системі. При використанні механізму активних об'єктів головному диспетчерові системи не потрібно здійснювати контроль за рішенням завдань у системі, тому що всі ці дії виконує активний об'єкт. Завданнями диспетчера є:

- одержання списку завдань;
- створення набору активних об'єктів. Кожний активний об'єкт забезпечується завданням, що буде виконуватися в системі. Також активному об'єкту надається набір обчислювальних вузлів, які він може використовувати для обчислення;
- запуск активного об'єкта в системі.

Використання механізму активних об'єктів виправдовує себе при наявності ненадійного обчислювального середовища, коли вузли відключаються від системи в процесі обчисленнь. При гарантованій доступності обчислювальних вузлів менш витратним і однаково ефективним буде механізм, коли центральний диспетчер контролює запуск і виконання завдань на обчислювальних вузлах.

Завданнями активного об'єкта є:

- запуск завдання на доступних вузлах обчислювальної системи;
- обробка відключення вузла від системи й перезапуск завдання на доступних вузлах;
- збереження результатів виконання завдання.

Активний об'єкт складається з двох компонентів: керуючий компонент і компонент завдання. Керуючий компонент містить дві частини, які мають однакові функції й запускаються на різних вузлах розподіленої системи. У завдання керуючого компонента входить періодичне опитування завдання й другого керуючого компонента. У випадку неможливості одержання інформації від якого-небудь з двох інших компонентів, компонент керування, який працює, здійснює запуск

відсутнього компонента на іншому вузлі системи. Для забезпечення безконфліктного перезапуску завдання компонентам керування встановлюється пріоритет, у результаті чого перезапуск здійснюється компонентом більш високого рівня.

Використання такої структури активного об'єкта дозволяє запускати компоненти керування навіть на вузлах, на яких проходить обчислення завдання, тому що активні обчислення проводяться тільки компонентом завдання. Необхідною умовою застосування даного механізму є запуск цих компонентів на двох різних вузлах, що забезпечує надійність системи у випадку відключення вузлів.

Використання механізму активних об'єктів дозволяє звільнити центральний сервер від необхідності контролювати хід виконання окремого завдання в системі. Активний об'єкт представляє автономний елемент системи, що здійснює самостійне виконання й контроль за виконанням завданння після його запуску. Такий підхід виправданий як у випадку ненадійності середовища передачі між сервером і обчислювальними вузлами, що не дозволить серверу ефективно контролювати рішення завдань, так і у випадку частого відключення вузлів, що вимагало б від сервера значної кількості операцій по забезпеченню гарантованого рішення завдань. Однак проблеми з відключенням вузлів у ході виконання завдання та їх перезапуск на новому вузлі буде збільшувати час рішення. Припущення, що в складі системи перебувають постійні ненадійні вузли, дозволяє для вирішення такої проблеми використовувати прогнозування станів обчислювальних вузлів на підставі статистичної інформації, що може накопичуватися в ході роботи системи.

Висновки

Використання механізму активних об'єктів дозволяє звільнити центральний сервер від необхідності контролювати хід виконання окремого завдання в системі. Активний об'єкт представляє автономний елемент системи, що здійснює самостійне виконання й контроль за виконанням завданння після його запуску. Такий підхід виправданий як у випадку ненадійності середовища передачі між сервером і обчислювальними вузлами, що не дозволить серверу ефективно контролювати рішення завдань, так і у випадку частого відключення вузлів, що вимагало б від сервера значної кількості операцій по забезпеченню гарантованого рішення завдань. Однак проблеми з відключенням вузлів у ході виконання завдання та їх перезапуск на новому вузлі буде збільшувати час рішення. Припущення, що в складі системи перебувають постійні ненадійні вузли, дозволяє для вирішення такої проблеми використовувати прогнозування станів обчислювальних вузлів на підставі статистичної інформації, що може накопичуватися в ході роботи системи.

Література

1. *Березовский П.С., Коваленко В.Н.*. Состав и функции системы диспетчеризации заданий в гриде с некластеризованными ресурсами. – ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, 2007. – 29 с.
2. *Пономаренко В.С., Листровой С.В*. и др. Методы и модели планирования ресурсов в GRID-системах – Харьков.: ВД «ІНЖЕК», 2008. – 408 с.
3. *Feitelson D.G., Jette M.A.*. Improved utilization and responsiveness with gang scheduling – Institute of Computer Science, 1994. – P. 24.
4. *Коваленко В.Н., Коваленко Е.И.* Управление параллельными заданиями в гриде с неотчуждаемыми ресурсами. – ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, 2007. – 12 с.
5. *Feitelson D.G.* Jobs scheduling in multiprogrammed parallel systems. – Institute of Computer Science. The Hebrew University., 1994. – P. 145.
6. GridGain. http://www.gridgain.org/
7. ProActive. http://proactive.inria.fr/
8. *Филатовский М.П.*. Система поддержки метакомпьютерных расчетов X-COM: Архитектура и технологии работы., 2004. – 9 с.

УДК: 664.85:543.061

Денисенко Т.М., канд. техн. наук, доцент, Хребтань О.Б., ст. викладач

ТОВАРОЗНАВЧА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ДИТЯЧИХ ФРУКТОВИХ КОНСЕРВІВ

Вступ

Повноцінне харчування є найважливішою проблемою охорони здоров'я дітей. Особливу увагу потрібно приділяти харчуванню дітей раннього віку, починаючи з народження.

Консерви для дитячого харчування – один з найбільш розповсюджених товарів на ринку дитячого споживання. Оволодіти його виробництвом зможе будь-яке сокове або консервне підприємство, яке хоче розширити асортимент продукції, а також завоювати нову ринкову нішу.

Пюреподібні консерви для дитячого харчування поділяють на чотири групи:

- однокомпонентні плодово-ягідні пюре з цукром – з одного виду сировини з додаванням цукру від 4 до 18 відсотків. Гомогенізоване пюре рекомендується дітям з 2-3-місячного віку, протерте – з 6 місяців;
- багатокомпонентні плодово-овочеві пюре з цукром (7-11%), основою для яких є яблучне пюре з додаванням одного-двох видів пюре інших плодів та овочів. Призначені для тієї ж вікової групи;
- багатокомпонентні пюре з крупами та молоком або вершками. Основу (74-82 %) цих продуктів складають фруктові пюре, до яких додають 10-16 % молока або вершків, цукор і, в окремі консерви, крупи. Рекомендується дітям з 4-6 місячного віку;
- багатокомпонентні пюре із суміші плодів та овочів, а також ягідних соків з цукром з гарантованим вмістом вітаміну С та каротину. Рекомендується дітям з 4-6 місячного віку.

Фруктові, овочеві пюре і соки в Україні випускають вісім підприємств. Найбільші з них – ВАТ «Одеський консервний завод дитячого харчування» (ТМ «Неженка» та «Антошка»), ВАТ «Володимир-Волинськнй консервний завод» (Волинська обл., ТМ «Рум'яні щічки», «Пуп-сік»), ВАТ «Сімферопольський консервний завод ім. 1 Травня» (ТМ «Малюк»), ЗАТ «Південний консервний завод дитячого харчування» (м. Херсон, ТМ «Карапуз»).

Незважаючи на спад виробництва дитячих консервів в Україні, всі заводи продовжують розробляти та впроваджувати нові види продукції. Без сучасної продукції важко утриматися на ринку.

Нові види консервів для розширення заводських асортиментів розробляє державний науково-дослідний проектно-конструкторський інститут «Консервпромкомплекс» (м. Одеса). Це наукове об'єднання за останні роки розробило близько 100 видів дитячих соків, пюре, суфле, коктейлів та інших оригінальних продуктів [1].

На сьогоднішній день близько 50 % об’єму продуктів харчування для малюків завозять з інших країн. Це дуже високий показник для продуктового ринку. В нашій країні існують достатньо жорсткі норми, які стосуються сировини та технологій виробництва, так що по якості та безпеці вітчизняна продукція не поступається, а частіше і випереджує імпортну. Але в Україні виробництво дитячого харчування тільки починає свій розвиток. Овочеві та фруктові пюре випускають з відбірної вітчизняної сировини, отриманої в тому числі й методом холодного протирання. Такий метод дозволяє зберегти всі корисні мікроелементи та вітаміни, які знаходяться в свіжих фруктах та овочах [2]. Почали виробництво лікувально-профілактичних консервованих продуктів, наприклад, для харчування дітей з порушенням обміну речовин, функцій щитовидної залози.

Фахівці разом з дієтологами дитячого харчування розробляють повний асортимент харчових добавок на основі дрібнодисперсних кріопорошків та унікальних ліпідних комплексів з рослинної сировини – ягід, фруктів, овочів, лікарських трав. Набір запропонованих для виробництва продуктів дитячого харчування складається з унікальних природних олій, що містять повний ліпідний комплекс речовин, властивих початковій сировині, який є одночасно джерелом есенціальних поліненасичених жирних кислот сімейства омега-3, фосфоліпідів, смакових і ароматичних речовин, а також жиророзчинених вітамінів і провітамінів; кріопорошків – ягід, плодів і овочів, які піддані сушці, сублімації і подрібненню до розмірів 10-40 мікронів у середовищі рідкого азоту або його парів. Порошки з рослинної сировини, одержані за допомогою кріоподрібнення, мають унікальні властивості: істотне збільшення виходу і швидкості екстракції речовин, у тому числі й біологічно активних [3].

Підвищений інтерес до природних профілактичних засобів має і цілком об'єктивну підставу: шкідлива дія хімічних речовин, що надходять із навколишнього середовища у зв'язку з виробничою діяльністю, перенасичення синтетичними ліками, до яких організм еволюційно не пристосований, систематичне вживання хімічних харчових добавок призвели до збільшення алергічних реакцій, зниження імунітету. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), алергічними захворюваннями, пов'язаними з надмірним вживанням синтетичних ліків, страждає 12-16 % населення Землі, і, перш за все, діти. Збагачення дитячого харчування харчовими добавками скоротить, а можливо, виключить зовсім потребу в додаткових вітамінах [3]. З іншого боку, встановлено, що внесення в стандартні рецепти дитячих консервів

пектинів, альгінатів, вітамінів, тобто компонентів харчових добавок, зменшує накопичення радіонуклідів, важких металів в організмі, поліпшує травлення, ефективно виводить екзотоксиканти, зменшує тиск несприятливих факторів навколишнього середовища на ще не зміцнілий дитячий організм [4].

На жаль, полиці магазинів заповнені в основному продукцією, виготовленою з традиційної сировини. Нами було проведено опитування покупців (матусь і татусів) з метою визначення найбільш популярного виробника дитячих фруктових консервів. Переважна більшість опитаних назвала дві торгові марки – «Рум'яні щічки» та «ОКДЗХ». Тому, фруктові консерви саме цих виробників стали об'єктами нашого дослідження.

Методи та результати

Метою нашого дослідження була оцінка якості дитячих фруктових консервів у відповідності до вимог нормативних документів.

Оцінку якості ми почали з вивчення маркування та упакування баночок зразків дитячих консервів.

На етикетці баночки фруктових консервів ТМ «Рум'яні щічки» вказано:

- назва: Пюре з груш і яблук з цукром ;
- виробник: ТзОВ «Чарівна Скарбниця», Україна, Волинська область, Ратнівський р-н, с. Гірники; контактний тел/факс;
- склад: пюре з груш, пюре з яблук, цукор, аскорбінова кислота;
- харчова цінність 100 г продукту: білки – 0,4 г, вуглеводи – 11,0 г;
- енергетична цінність 100 г: 46 ккал;
- вміст мінеральних речовин та вітамінів, мг: калію – 209, кальцію – 16, магнію – 9, фосфору – 13, заліза – 2.1, B_1 – 0.02, B_2 – 0.02, РР – 0.19, С – 3.0;
- гомогенізоване, стерилізоване;
- рекомендується дітям з 3-місячного віку;
- маса нетто 250 г;
- термін зберігання: 2 роки з дня виготовлення
- дата виготовлення (вказана насічкою на етикетці);
- зберігання при температурі від 0 °С до 25 °С та відносній вологості повітря не більше 75 % в місці, захищеному від попадання прямого сонячного проміння;
- після відкривання банки зберігати при кімнатній температурі не більше 3 год., в холодильнику – не більше доби;
- продукт не вміщує барвників, ароматизаторів, консервантів;
- схвалено Міністерством охорони здоров'я України для харчування дітей. Перед вживанням перемішати.

На етикетці баночки фруктових консервів ТМ «ОКЗДХ» вказано:

- назва: Грушево-яблучне пюре без цукру;

- виробник: ВАТ «Одеський консервний завод дитячого харчування», Україна, м. Одеса, пров. Високий, 22, контактний тел/факс;
- склад: грушеве та яблучне пюре, аскорбінова кислота;
- харчова цінність 100 г продукту: білки – 0,4 г, вуглеводи – 9,0 г;
- енергетична цінність 100 г: 38 ккал/159 кДж;
- мінеральні речовини: натрій – 8 мг, калій – 201 мг, кальцій – 17 мг, магній – 10 мг, фосфор – 15 мг, залізо – 2,3 мг;
- вітаміни: B_1 – 0,02 мг, B_2 – 0,03 мг, РР – 0,2 мг, С – 3,0 мг;
- натуральне, гомогенізоване, не містить консервантів, штучних барвників та ароматизаторів;
- рекомендується дітям з 4-х місяців;
- маса нетто 170 г;
- умови використання: розігріти. Перемішати.
- термін придатності: 2 роки від дати виготовлення;
- дата виготовлення (вказана на кришці);
- Застереження щодо вживання: діти до 4-х місяців, підвищена чутливість до компонентів продукту. Не використовувати продукт у разі відсутності хлопка під час відкривання банки.

Згідно з вимогами ДСТУ 4085, маркування обох торгових марок виконано бездоганно. Виробник ТМ «ОКЗДХ» вказав додаткові пункти: умови використання та застереження щодо вживання; а виробник ТМ «Рум'яні щічки» розмістив інформацію не лише українською, а й російською мовою, що зробило її доступнішою і зрозумілішою для споживачів.

Продукція ТМ «Рум’яні щічки» упакована у скляну банку об'ємом 250 мл. під звичайну лаковану кришку методом закатки.

Продукція ТМ «ОКЗДХ» закрита методом твіст-офф, при відкриванні прослуховується характерний хлопок. Це дуже зручно для визначення герметичності пакування.

Органолептичну оцінку якості вмісту баночок здійснювали за показниками: смак і запах, консистенція, колір.

ТМ «Рум’яні щічки» (з цукром): смак і запах – солодко-кислий, добре виражений, характерний для даного виду консервів; консистенція – однорідна, тонкоподрібнена маса, густа; колір – однорідний по всій масі, характерний для даного виду фруктів після їх термічної обробки – світло коричневий.

ТМ «ОКЗДП» (без цукру): смак і запах – кисло-солодкий, характерний для фруктів після їх термічної обробки; зовнішній вигляд та консистенція – однорідна, тонкоподрібнена маса, трохи рідка; колір – однорідний по всій масі – коричневий з темними крапинами (допускається ДСТУ 4084).

Із фізико-хімічних показників визначали: вміст сухих речовин, активну та титровану кислотність. Результати досліджень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники якості консервів

Показник	Вимоги ДСТУ	ТМ «Рум'яні щічки»	ТМ «ОКЗДХ»
Масова частка сухих речовин не менше, %	18,00	18,06	16,92
Масова частка титрованих кислот, %	0,26	0,26	0,31
pH, не більше	4,60	3,45	4,40

За фізико-хімічними показниками дитячі фруктові консерви ТМ «Рум'яні щічки» повністю відповідають вимогам ДСТУ, тоді як консерви ТМ «ОКЗДХ» не відповідають за такими показниками – масова частка сухих речовин та титрована кислотність.

Висновки

Харчування дітей грудного віку виняткове за своїми особливостями. Це пояснюється особливим складом шлунково-кишкового тракту та своєрідним травленням у дітей. Тому якість продуктів харчування повинна бути високою. За результатами наших досліджень фруктові консерви ТМ «Рум'яні щічки» повністю відповідають вимогам ДСТУ4084-2001 «Консерви фруктові пюреподібні для дитячого харчування» і мають високу якість. Продукція ТМ «ОКЗДХ» за органолептичними показниками відповідає вимогам ДСТУ, а за фізико-хімічними – ні. Кращою виявилася продукція ТМ «Рум'яні щічки».

Література

1. *Бечко В.А.* Чем озабочен Пуп-Сік //Діловий вісник. Журнал торгово-промислової палати України. – 2003. – № 6. – С. 28;
2. http:// status.net.ua/fll/material/markets/534242;
3. *Яцунь О.М.* Практичні аспекти впровадження сучасних технологій виробництва продуктів дитячого харчування //Економіка АПК. – 2004. – № 1. – С. 60-64;
4. *Тимофеєва В., Черепанова А., Диваков А.* Консерви збагачені шипшиною// Харчова і переробна промисловість. – 2007. – № 2. – С. 14-15;
5. ДСТУ 4084-2001 «Консерви фруктові пюреподібні для дитячого харчування». – К.: Видавництво стандартів, 2001.

УДК 648.274:677.073.167

Хребтань О.Б., ст. викладач, Дудла І.О., д-р. техн. наук

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ КОЛОРИСТИЧНИХ ВІДМІННОСТЕЙ ТКАНИН СУЧАСНИМИ МЕТОДАМИ

Вступ

Без перебільшення можна сказати, що процес фарбування є одним з найважливіших в обробному виробництві. Колір відноситься до найважливіших показників, які характеризують властивості тканини для верхнього одягу, це зорове відчуття світла певного спектрального складу. Властивості кольорів, їх поєднання в тканині – це важлива умова створення колористики зовнішнього вигляду текстильного матеріалу. Саме колір визначає художньо-естетичний рівень тканини, вказує на час її фізичного та морального зношування, вірність та ефективність проведення пофарбування в технологічному процесі виробництва.

Методи та результати

Визначення кольорів та кольорових розбіжностей проводиться у трьохвимірному кольоровому просторі.

Для розрахунку колористичних характеристик текстильних матеріалів необхідно було встановити зв’язки між величиною різниці колориметричних характеристик зразків з величиною різниці, яка сприймається візуально. Це означає, що необхідно було ув’язати алгебраїчний простір колористичних характеристик системи МКО (Міжнародній комісії з освітлення) з геометричним простором кольорів об’єктів, побудованих на координатах простору за Е. Адамсом. За результатами такого поєднання була отримана геометрична модель простору сприйняття кольору – CIEL a*b* [1].

Отже, за результатами практичних досліджень, для побудови наочної геометричної моделі колірної різниці найбільш прийнятною, на сьогодні, виявилася система вимірювання CIEL a*b*.

В світовій практиці прийнято характеризувати кожний окремий колір за допомогою чотирьох ознак: тоном, чистотою, світлістю та насиченістю. За значенням колірного тону можна зробити висновок про відношення даного кольору до одного з основних кольорів (наприклад, якщо колірний тон дорівнює 520 нм – колір можна віднести до зеленого). Чистота кольору вказує на ступінь виразності колірного тону в певному кольорі. Чистота кольору визначається відношенням яскравості монохроматичного випромінювання до суми яскравостей монохроматичного випромінювання і пучка білого кольору. Світлота кольору – це відносна яскравість, яка замінює дійсну яскравість для тіл, що не світяться (текстильні матеріали). Вона дорівнює відношенню яскравості відобра-

женого (пропущеного) тілом світлового потоку до яскравості світлового потоку, що падає на тіло. Насиченість кольору – ступінь відмінності хроматичного кольору від рівного йому за світлотою ахроматичного. Насиченість кольору буде високою, якщо великою буде відмінність хроматичного кольору від ахроматичного, і чим більша різниця буде між ними за чистотою.

Колірні характеристики забарвлень текстильних матеріалів визначаються сьогодні за різними системами: стандартною візуальною, атласами кольорів, рівноконтрастною, Мансела, колірними графіками МКО, тощо. Кількісні показники колористичних характеристик одержують за допомогою різних приладів для вимірювання кольорів: колориметрів, компараторів, спектрофотометрів.

Міжнародною організацією зі стандартизації ISO для розрахунку загального колірного контрасту *E* рекомендовано використовувати формулу CIEL a*b*. Ця формула базується на використанні колірного графіка a*b*, який є криволінійною трансформацією колірного графіка *x, y* за рекомендаціями МКО [1].

Для детального аналізу загального колірного контрасту E, в системі ISO, введені показники: L – світлоти, насиченості – S, колірного тону – T, а також колірні відмінності за цими показниками (L, S, T). Величини E, L*, a* і b* розраховуються на основі координат кольору x, y, z, а величини L, S, T на основі показників E, L*, a* і b* з використанням відповідних розрахункових формул.

За резолюцією МКО обрані основні, реальні, лінійно незалежні кольори: R – червоний з довжиною хвилі 700 нм, G – зелений з довжиною хвилі 546,1 нм та B – синій з довжиною хвилі 435,8 нм, замінені на умовні кольори X, Y, Z.

Реальні кольори R, G, B мають лінійну незалежність, що є необхідною умовою рохрахунку колористичних характеристик текстильних матеріалів.

На основі координат кольору X, Y, Z визначають координати колірності x, y, z. Ці координати потрібні для розрахунку двох важливих величин:

– модуля кольору – суми координат кольору X + Y + Z;

– триколірного коефіцієнта – відношення кожної з координат кольору до модуля кольору: $x = \frac{X}{X+Y+Z}$; $y = \frac{Y}{X+Y+Z}$; $z = \frac{Z}{X+Y+Z}$;

– суми координат колірності – x + y + z – ця сума повинна дорівнювати одиниці.

Для визначення загальної колористичної відмінності текстильних матеріалів, МКО рекомендувала використовувати формулу CIEL a*b*, яка заснована на використанні кольорового графіка трансформованих x, y - координат колірності:

$$\Delta E = [(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2]^{1/2}; \quad (1)$$

$$L^* = 25(100\frac{\bar{y}}{y_0})^{1/3} - 16 (1 \le \bar{y} \le 100); \quad (2)$$

$$a^* = 500[(\frac{\bar{x}}{x_0})^{1/3} - (\frac{\bar{y}}{y_0})^{1/3}]; \quad (3)$$

$$b^* = 200[(\frac{\bar{y}}{y_0})^{1/3} - (\frac{\bar{z}}{z_0})^{1/3}], \quad (4)$$

де x_0, y_0, z_0 – координати кольору стандартного джерела світла D65.

Величини S, T визначали за формулами:

$$S = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}; \quad (5)$$

$$T = \text{arctg}\,(\frac{b^*}{a^*}) \quad (6)$$

Колірні відмінності L*, S, T розраховуються за наступними формулами:

$$\Delta L^* = L_{зраз.}^* - L_{ет.}^*; \quad (7)$$

$$\Delta S = S_{зраз.} - S_{ет.};$$

$$\Delta T = [(\Delta E)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta S)^2]^{1/2} \quad (8)$$

Колористичні відмінності за кольоровим тоном T характеризує якісні зміни в кольоровому тоні зразка у порівнянні з кольоровим тоном еталона. Зміни кольорового тону вказують на появу нових відтінків в основному кольорі у зразка. Такі зміни при використанні еталонів різного кольору наведені в таблиці 1 [1].

Таблиця 1 – Характеристика кольорового тону зразка у порівнянні з еталоном кольору

Кольоровий тон еталона	Кольорова відмінність по кольоровому тону, T	Кольоровий тон зразка у порівнянні з еталоном
Червоний	+ *	жовтіший
	-	синіший
Оранжевий	+	жовтіший
	-	червоніший
Жовтий	+	зеленіший
	-	червоніший
Жовто-зелений	+	зеленіший
	-	жовтіший
Зелений	+	синіший
	-	жовтіший
Блакитний	+	синіший
	-	зеленіший
Синій	+	червоніший
	-	зеленіший
Пурпуровий	+	червоніший
	-	синіший

Примітка*: знаки «+» та «-» вказують на появу відтінку у зразка при зміні колірного тону.

В 1994 році МКО [2] було рекомендовано формулу колористичної різниці на основі формули CMC (l:c), в якій використовується проста

лінійна залежність від показника насиченості для отримання значень S_C та S_H.

Нова формула має такий вигляд:

$$DE_{CIE94} = \{(DL/k_L S_L)^2 + (DC/k_C S_C)^2 + (DH/k_H S_H)^2\}^{1/2}; \quad (9)$$

де, $S_L = 1$;

$S_C = 1 + 0{,}045C_1$;

$S_H = 1 + 0{,}015C_1$;

DL, DC, DH – різниця між зразком-еталоном та дослідним зразком за світлотою, насиченістю і колірним тоном, відповідно, які розраховуються за формулою CIEL a*b*-76;

C_1 – показник зразка-еталона;

k_L, k_C, k_H – коефіцієнти для визначення світлоти, насиченості, кольорового тону, відповідно.

Рекомендоване значення цих коефіцієнтів: $k_L = 2$, $k_C = 1$, $k_H = 1$ – для особливих випадків, коли складно проводити розрахунки, в загальних випадках. При оцінюванні кольорової різниці рекомендується використовувати $k_L = k_C = k_H = 1$.

Точні значення цих коефіцієнтів корегуються в залежності від того, як фактура поверхні зразка та інші фактори впливають на узгодженість з візуальними оцінками.

Робота над удосконаленням формул розрахунку кольорової різниці між зразками-еталонами та дослідними зразками тканин весь час продовжується, адже всі формули, якими користуються сьогодні, більш теоретичні і мають розбіжності з візуальною оцінкою зразків.

Сьогодні науковці стверджують [3], що формула, прийнята ISO, дає найкращє поєднання візуальної оцінки стійкості фарбування з методиками CMC (1:1) та CIEL a*b*-76. Це дозволяє оцінювати загальну кольорову різницю між зразками з більшою точністю, ніж її зробив би кожний окремий експерт.

Для визначення колористичних характеристик текстильних матеріалів сьогодні використовують нові комбіновані системи – колориметричні комплекси з різними видами комп'ютерної техніки. Саме такий прилад – спектрофотометр CE Macbeth Color-Eye 7000, виробництва США, New York – було використано нами для дослідження колористичних характеристик пальтових вовняних тканин виробництва ЗАТ «КСК «ЧЕКСІЛ».

Спектрофотометр CE Macbeth Color-Eye 7000 з фіксованими довжинами хвиль мав в своєму складі два оптичних канали та імпульсне ксенонове джерело випромінювання. Запатентована технологія роботи спектрофотометра дозволила виконувати вимірювання всередині видимого спектра за один спалах джерела випромінювання.

Порівняльні вимірювання проводилися для зразка текстильного матеріалу та стінки інтегруючої сфери. Світло від стінки інтегруючої сфери слугувало відносним стандартом і відображувалося дзеркалом через лінзу в порівняльному спектральному аналізаторі другої голографічної

дифракційної решітки. Порівняльне джерело випромінювання використовувалося для калібрування двох спектральних аналізаторів, щоб виключити грубі похибки вимірювань.

Під час проведення порівняльного аналізу у спектрофотометр спочатку вводили зразок тканини-еталону за кольором (зразок із стандартною обробкою) і заносили його колірні характеристики в пам'ять комп`ютера. Після цього на спектрофотометрі ідентифікували колірні характеристики дослідного зразка тканини зі спеціальною обробкою.

Згодом, на екрані компютера зявлялася повна характеристика кольорових відмінностей між зразком та еталоном за показниками E, L, S, T та колірний графік порівняння еталона та зразка. Оцінювання колірних характеристик та їх змін у дослідних зразків проводили за формулою CMC (1:1), яка була встановлена на даному спектрофотометрі.

Висновки

1. Використання на виробничих текстильних підприємствах нових розробок Міжнародних формул CIEL a*b*-76 дозволять більш об'єктивно оцінювати пофарбовані текстильні матеріали і встановлювати їх відповідність допускам.

2. Об'єктивно оцінювати і визначати у кількісному виразі міцність пофарбування текстильних матеріалів до дії різних фізико-хімічних факторів.

3. Удосконалювати технологію колористичного оброблення тканин і досягати найбільшої схожості зі зразком-еталоном.

Література

1. *Кириллов Е.А.* Цветоведение. – М., «Легкопромбытиздат», 1987. – С. 86-97.

2. *Heggie D., Wardman R.H., Luo M.R.A*. Comparison of the colour differences computed using the CIE 94, CMC (l:c) and BFD (l:c) formulae, JSDC, V 112, 1996. –P. 246-269

3. *Sato T., Tacada N., Ueda M., Nakamura T. and Luo M.R*. Comparison of instrumental methods for assessing colour fastness. Part 1 – Change in colour, JSDC, V. 113, 1997. – P. 17-24.

УДК 677.31/35.004.12(049.3)

Яковенко А.М., асистент

ТОВАРОЗНАВЧА ОЦІНКА ГІГІЄНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОСТЮМНИХ ВОВНЯНИХ ТКАНИН

Вступ

З розвитком економічної реформи у глибокій кризі опинились всі галузі промисловості України, у тому числі і текстильна, в якій спад виробництва особливо значний. В цих умовах пошук альтернативних видів вітчизняної сировини є актуальною проблемою. Проблема ефективної заміни натуральної вовни вмістом хімічних волокон є дуже невідкладною, особливо для виробництва тканин одягового асортименту. Для широкого виробничого застосування нових вовняних тканин дуже важлива об`єктивна, науково-обгрунтована оцінка їх споживних властивостей, визначення залежностей цих властивостей від кількісного вмісту хімічних волокон, вивчення змін споживних властивостей від будови пряжі та тканин.

Серед галузей виробництва непродовольчих товарів однією з найважливіших є легка промисловість, яка забезпечує населення тканинами, одягом, взуттям тощо. Сучасна сировинна база даної промисловості включає тканини, штучні шкіри, плівкові матеріали, хутро, підкладочні тканини та матеріали, фурнітуру тощо. Серед усіх видів сировини найбільшу питому вагу як за об'ємом, так за вартістю мають тканини.

Для розширення асортименту вовняних тканин та покращення їхніх споживних властивостей необхідна значна зміна у сировинній базі вовняної промисловості. Сьогодні текстильна промисловість розширює свою сировинну базу за рахунок хімічних матеріалів, особливо хімічних волокон – лавсану, капрону, нейлону, лайкри. Це дає змогу значно поліпшити споживні та естетичні характеристики виробів.

Як відомо, матеріали, що використовуються для пошиття одягу, повинні забезпечувати видалення вологи з поверхні тіла людини та повітрообмін підодягового простору з навколишнім середовищем. Шкіра людини приймає участь у газообміні, виділяючи вуглекислоту, водяні пари та поглинаючи кисень. Тому для оцінки якості текстильних матеріалів з гігієнічної точки зору дуже важливе значення має повітропроникність та гігроскопічність, оскільки ці показники у значній мірі визначають стан підодягового мікроклімату, від чого залежить теплообмін одягненої людини, а відповідно і її самопочуття та працездатність [1].

Асортимент, властивості та рівень якості костюмних тканин залежить від багатьох факторів, важливе місце серед яких займають будова та вміст хімічних волокон. Особливо це стосується фізичних, естетичних та гігієнічних властивостей тканин.

Метою даної статті є проведення дослідження чистововняних і вовняних тканин з вмістом хімічних волокон за такими показниками як: водопоглинання, гігроскопічність та повітропроникність. Адже ці показники є досить важливими для тканин костюмного призначення.

Як відомо з літературних джерел, хімічні волокна мають кілька вагомих переваг у порівнянні з натуральними:

- хімічне волокно може бути отримано заданої товщини, тоді як товщина натуральних волокон обмежена;
- міцність, зносостійкість та інші фізико-механічні властивості хімічних волокон можуть значно перевищувати властивості натуральних волокон;
- довжина натуральних волокон обмежена, в той час як хімічне волокно може бути отримано практично будь-якої довжини;
- при високій якості хімічні волокна характеризуються однорідністю фізико-механічних і хімічних властивостей і відрізняються виключною чистотою, відсутністю склейок, мушок, вузлів та інших пороків [2].

При виготовленні вовняних костюмних тканин найбільш часто використовують поліефірні волокна, а саме: лавсан. До переваг цього волокна можна віднести: високу міцність у сухому та мокрому стані, стійкість форми виробів, значна стійкість до стирання по площині, незминаємість у сухому та мокрому стані, світлостійкість, висока термостатичність, біологічна стійкість проти гниття та плісняви.

Поліефірні волокна переважають майже всі інші волокна за термостатичними властивостями.

Використання поліефірних волокон при виробництві костюмних тканин не випадково, адже поліефірні волокна мають значну особливість – здатність зберігати форму вироблених з них виробів після чищення або прання. А це є необхідною і дуже важливою вимогою до вовняних виробів.

Методи та результати

Для проведення дослідження було обрано зразки чистововняних тканин і вовняних тканин з вмістом поліефірних волокон, віскози, льону та лайкри. Характеристики досліджуваних зразків наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристики досліджуваних зразків тканин

Варіант	Назва	Переплетення	Склад, %
1	Флорида	саржа 2/1	100W
2	Робертіно	саржа 2/1	50W +50PE
3	Палермо	саржа 2/1	28W + 51PE + 15VS + 6Lin
4	Річард	саржа 2/1	45W + 53PE + 2Lycra

Визначення показників гігієнічних властивостей виконано в лабораторних умовах ЗАТ КСК «Чексіл» відповідно до методик чинних стандартів. Отримані дані представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Характеристики отриманих даних

Варіант	Показники, одиниці вимірювання		
	Водопоглинання, %	Гігроскопічність, %	Повітропроникність, $дм^3/м^2*с$
1	112,37	14,8	159,72
2	63,05	9,33	70,42
3	73,15	8,58	271,53
4	57,42	8,66	73,33

Аналізуючи отримані дані, можна зазначити наступне: у зразку 2, з вмістом вовни і лавсану 50/50 показник водопоглинання у порівнянні з базовим чистововняним зразком зменшився на 44 %. Теж саме відбулося і з показниками гігроскопічності та повітропроникності – вони зменшилися відповідно на 37 % і 56 %.

Зразок, що містить у своєму складі 100 % вовни, має вищі показники повітропроникності порівняно з іншими варіантами тканин. Це пояснюється особливостями структури і властивостями волокон і пряжі, які використовуються для виготовлення цих тканин, а також відмінностями в окремих параметрах їх будови. Як відомо, волокна лавсану мають порівняно гладку поверхню, а тому в процесі виробництва змішаної пряжі вони щільніше розташовуються в ній, зменшуючи пористість та пухкість структури пряжі, а відповідно і тканин. Це в кінцевому результаті зменшує показники загальної поверхневої пористості, а відповідно обумовлює і зниження повітропроникності тканин. Тому тканини, в складі яких вміст лавсану менший, мають значно вищі показники повітропроникності. Збільшення вмісту лавсану приводить до зменшення повітропроникності.

У зразку 3, наряду зі зменшенням показників водопоглинання та гігроскопічності, помітно значне покращення показника повітропроникності, що пояснюється використанням у суміші волокон віскози та льону. Адже ці волокна, отримані з целюлози, мають властивості, подібні до властивостей бавовняних волокон і здатні поглинати вологу, що видно з отриманих результатів.

Додавання 2 % лайкри до суміші вовни та лавсану також погіршують показники гігієнічних властивостей порівняно з чистововняними тканинами.

Порівнюючи зразок 2 і 4, можна відзначити, що додавання до волокон вовни та лавсану 2 % лайкри зменшує показник водопоглинання на 5 %.

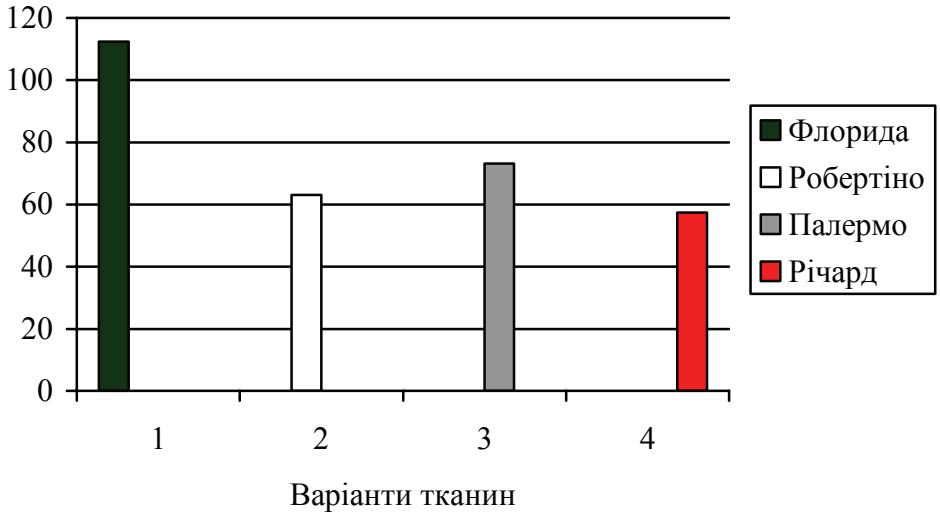


Рисунок 1 – Вплив хімічних волокон на водопоглинання досліджуваних тканин

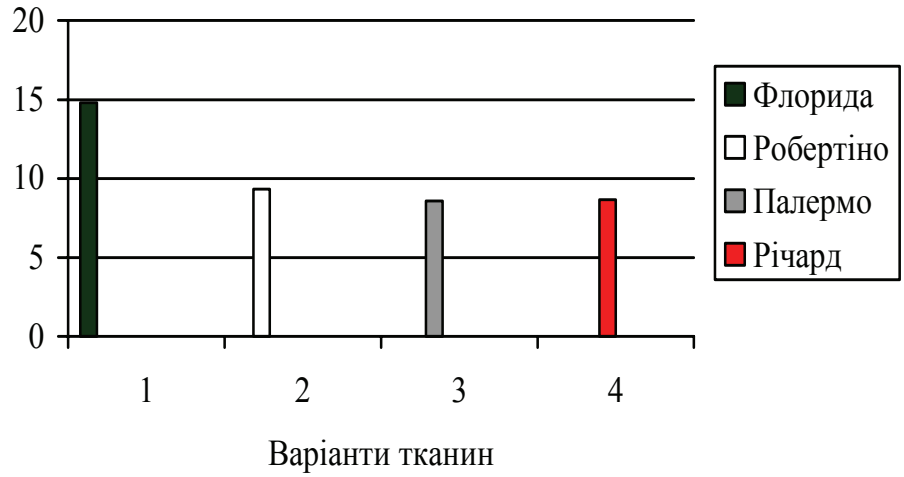


Рисунок 2 – Вплив хімічних волокон на гігроскопічність досліджуваних тканин

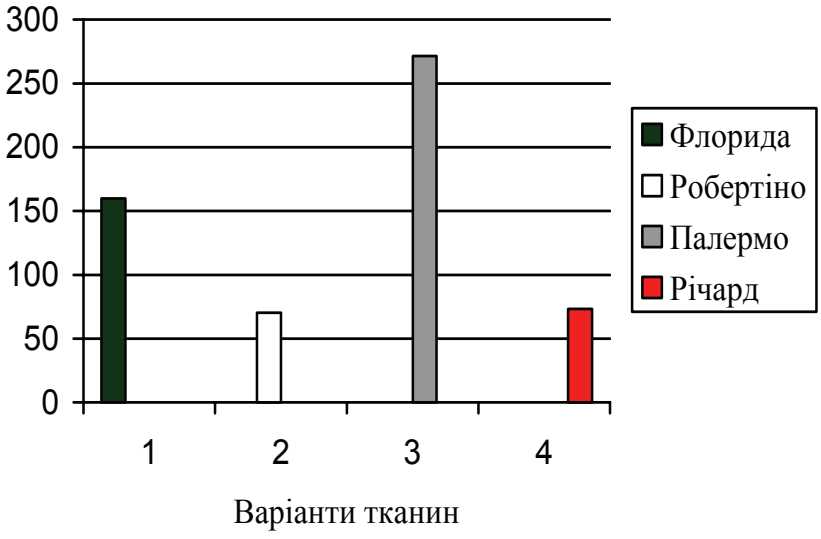


Рисунок 3 – Вплив хімічних волокон на повітропроникність досліджуваних тканин

Висновки

Дуже важливою властивістю тканин, що впливає на мікроклімат підодягового простору, є її повітропроникність, яка має бути оптимальною, верхня її межа закінчується величиною необхідного теплозахисту, а нижня – необхідним газо- і повітрообміном із зовнішнім середовищем.

Повітропроникність тканин залежить не тільки від природи волокнистого складу, але й переважно від їх будови та обробки.

В умовах інтенсивної фізичної діяльності людини, коли збереження теплового балансу здійснюється переважно тепловіддачею, випаровуванням, своєчасне виведення вологи з поверхні тіла людини має особливе значення, інакше організм перегрівається, погіршується самопочуття і знижується працездатність.

Волога, що видаляється з під одягового простору, складається з вологи, яку пропускають тканин шляхом дифузії крізь пори тканин і сорбції – десорбції, а також із вологи, поглинутої тканиною, яка динамічно вміщується в ній.

Водопоглинання (кількість поглиненої тканиною води при повному зануренні її у воду) та вологовіддача залежить від сорбційних властивостей волокон, з яких вироблено пряжу і саму тканину, будови тканин та її обробки.

Проаналізувавши отримані результати, можна зазначити, що додавання волокон лавсану та лайкри у вовняні тканини значно погіршує гігієнічні властивості цих матеріалів. Визначено, що введення у суміш 50% волокон лавсану призводить до погіршення гігієнічності тканин. Додавання до волокон вовни волокон віскози та льону покращує показники повітропроникності, водопоглинання та гігроскопічності.

Додавання до вовняних тканин волокон віскози та льону за рахунок зменшення вмісту поліефірних волокон не поліпшує показники водопоглинання та гігроскопічності, але збільшує повітропроникність досліджуваного зразка на 70 %, що в цілому покращує гігієнічні властивості.

Література

1. *Овчинникова Н.В., Капица Г.П., Карпова И.Н.* Оценка воздухопроницаемости льносодержащих тканей платьево-костюмного назначения //Сборник научных трудов международной научно-практической конференции 15-16 апреля 2004 года. – Гомель: УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», 2004. – С. 63-67.
2. *Бруско Н.И., Калугин Н.В.* Исследование гигроскопичности камвольных смешанных тканей как одного из важнейших критериев их качества //Тезисы 5 всесоюзной международной научной конференции 11-13 ноября 1981 года – Тбилиси, 1981. – С. 42-47.

УДК 677.31/35.004.12

Соболь О. М., аспірант

ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОМОСТІ СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОВНЯНИХ ПАЛЬТОВИХ ТКАНИН ЕКСПЕРТНИМ МЕТОДОМ

Вступ

Вовняні пальтові тканини є товаром, що користується стабільним попитом у споживачів, особливо в північних областях, зокрема, в Чернігівській області.

Споживачі надають перевагу цим тканинам через їхній елегантний та привабливий вигляд, комфорт при носінні виробів, що виготовлені з них. Актуальним є питання забезпечення відповідності готових тканин потребам споживачів і тому для задоволення потреб споживачів доцільним є питання розробки науково обґрунтованих вимог до цього виду продукції. Першим етапом цієї розробки є визначення вагомості споживних властивостей експертним методом [1].

Методи та результати

Експертний метод включає наступні етапи:

– складання попереднього переліку показників;

– формування експертної групи на базі спеціалістів;

– складання анкет, що містять попередній перелік показників;

– анкетування;

– обробка результатів [2].

З метою визначення вагомості показників нами була розроблена номенклатура показників споживних властивостей вовняних пальтових тканин, серед яких були виділені показники властивостей різних рівнів, до яких увійшли найважливіші, з нашої точки зору, показники трьох рівнів. Розроблені показники властивостей показані в таблиці 1.

Таблиця 1 − Розроблений перелік показників якості вовняних пальтових тканин

Показники за рівнями властивостей		
1 рівень	2 рівень	3 рівень
1	2	3
1. Функціональні властивості	1.1 Захисні властивості	1.1.1 Теплозахисні властивості
		1.1.2 Водовідштовхуючі властивості
		1.1.3 Пилозахисні властивості

Продовження таблиці 1

1	2	3
2. Ергономічні властивості	2.1 Антропометричні властивості	2.1.1 Ширина тканини
		2.1.2 Товщина тканини
	2.2 Зручність користування	2.2.1 Здатність до забруднювання
		2.2.2 Водопоглинання
		2.2.3 Поверхнева щільність
		2.2.4 Зминальність
		2.2.5 Жорсткість
	2.3 Гігієнічні властивості	2.3.1 Повітропроникність
		2.3.2 Паропроникність
		2.3.3 Капілярність
		2.3.4 Вологовіддача
		2.3.4 Електростатичні властивості
3. Надійність	3.1 Довговічність	3.1.1 Розривні характеристики
		3.1.2 Стійкість до стирання
		3.1.3 Стійкість до прориву швів
		3.1.4 Стійкість до хімічного чищення
		3.1.5 Стійкість до згинання
		3.1.6 Пілінгуємість
		3.1.7 Усадка
	3.2 Зберігаємість	3.2.1 Світлостійкість
		3.2.2 Біостійкість
		3.2.3 Зберігаємість фактури
4. Естетичні властивості	4.1 Художньо-колористичне оформлення	4.1.1 Колір
		4.1.2 Малюнок
	4.2 Фактура полотна	4.2.1 Переплетення
		4.2.2 Вид обробки
		4.2.3 Туше
	4.3 Відповідність моді і стилю	4.3.1 Відповідність сучасним тенденціям моди
		4.3.2 Відповідність стильовому рішенню

Продовження таблиці 1

5. Безпека	5.1 Нешкід-ливість	5.1.1 Відсутність токсичного впливу
	5.2 Протипо-жежна	5.2.1 Ступінь горючості

Створення експертної групи, що складається з фахівців, є важливим фактором для отримання необхідного результату від роботи експертної групи. Необхідно уникати моментів особистої зацікавленості експертів в результаті дослідження − це може призвести до спотворення результатів. Важливими є також і такі особисті характеристики експертів, як: компетентність в галузі дослідження, посада, стаж роботи в галузі дослідження, загальна ерудиція, здатність до творчого мислення тощо.

В якості експертів для даного дослідження виступили співробітники чернігівського ЗАТ «Камвольно-суконний комбінат «ЧЕКСІЛ» у кількості 24 осіб, що працюють на різних посадах. Це посади, пов‘язані з розробкою асортименту вовняних пальтових тканин, оцінкою якості готової продукції, посади, зайняті безпосередньо на виробництві, у підрозділах, що займаються укладанням договорів з постачальниками, тощо.

Серед них жінки – 87,5 %, чоловіки 12,5 %. Середній стаж роботи експертів в даній галузі 19 років. Середній вік експертів – 46 років. За рівнем освіти експерти розподілилися наступним чином: з вищою освітою – 20 %, з середньою спеціальною освітою – 50 %, з базовою вищою освітою – 30 %.

Для проведення даного дослідження були виготовлені та роздані експертам анкети, які містили розроблену нами номенклатуру показників споживних властивостей. Експерти повинні були зазначити ступінь важливості тих чи інших показників якості вовняних пальтових тканин трьох рівнів за шкалою оцінки від 1 до 10 балів.

Для розрахунку коефіцієнту вагомості використовувалась формула:

$$M_r = \frac{\sum_{r=1}^{n} aij}{\sum_{r=1}^{n} n \times \sum_{r=1}^{n} aij}, \qquad (1)$$

де M_r – коефіцієнт вагомості;

aij – ранг n-го показника якості експерта;

n – кількість показників якості;

r– кількість експертів; [2]

Для визначення ступеню погодженості експертів розраховувався коефіцієнт конкордації. Вважається що якщо ранжування було проведене експертами самостійно, без обміну думок, то коефіцієнт конкордації

складатиме 1. У випадку, коли коефіцієнт конкордації дорівнює нулю, погодженість відсутня. Погодженість повинна бути не менша 75%, тобто коефіцієнт конкордації повинен складати не менш, як 0,75.

В нашому дослідженні ступінь погодженості експертів склала 88 %, тобто погодженість виявилася високою. В результаті обробки результатів були отримані наступні дані:

- найвищий ступінь вагомості, на думку цієї експертної групи, мають такі показники, як: поверхнева щільність (коефіцієнт вагомості 0,0412), теплозахисні властивості, розривні характеристики, стійкість до стирання, стійкість до хімічного чищення, пілінгуємість, колір, туше, тощо (коефіцієнти вагомості 0,0370);
- найнижчий ступінь вагомості мають такі показники, як: паропроникність, вологовіддача, електростатичні властивості (коефіцієнти вагомості 0,0123), пилозахисні властивості, ширина тканини (коефіцієнти вагомості 0,0165)

Висновки

Таким чином, в результаті даного дослідження була розроблена номенклатура показників споживних для вовняних пальтових тканин та зроблена оцінка ступеню їх вагомості кваліфікованою експертною групою.

Було виявлено, що найбільшу вагомість мають такі показники, як: поверхнева щільність, теплозахисні властивості, розривні характеристики, стійкість до стирання, стійкість до хімічного чищення, пілінгуємість, колір, туше тощо. Найнижчий ступінь вагомості в ході даного дослідження виявився у таких показників, як: паропроникність, вологовіддача, електростатичні властивості, пилозахисні властивості, ширина тканини.

Проведені дослідження можуть слугувати підґрунтям для подальших досліджень з питань розробки науково обґрунтованих вимог до вовняних пальтових тканин.

Література

1. www. textile-press.ru
2. *Дудла І.О.* Товарознавчі аспекти маркетингу. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 224 с.

УДК 621.791.14.01

Кучук-Яценко С.І., Зяхор І.В., Харченко Г.К., Новомлинець О.О. Зварювання тертям сплавів на основі алюмінідів титану з використанням наношаруватої фольги // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С. 6 - 13.

Досліджено процес формування структури з'єднань інтерметалідних γ-TiAl і α_2-Ti3Al сплавів при зварюванні тертям. У зону зварювання вводили у якості присадки наношарувату фольгу системи Ti-Al. Використання наношаруватої фольги забезпечує додаткове рівномірне по перетину локальне нагрівання поверхонь, що зварюються, і сприяє одержанню дрібнозернистої структури металу в зоні з'єднання.

Іл. 8. Бібліогр.: 18 назв. Табл. 1.

УДК 621. 791. 4

Харченко Г.К., Новомлинець О.О., Руденко М.М., Свириденко В.В. Дифузійне зварювання вольфрамкобальтових твердих сплавів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.14 - 17.

Показано доцільність та ефективність використання у якості джерела нагріву імпульсу струму при дифузійному зварюванні твердих сплавів. Встановлено, що застосування прошарку з титану при дифузійному зварюванні твердих сплавів з імпульсним нагрівом дозволяє локалізувати температурне поле та інтенсифікувати мікропластичну деформацію у стику й отримати міцність зварного з'єднання на рівні 480 МПа, що перевищує міцність паяних з'єднань.

Іл. 3. Бібліогр.: 4 назв.

УДК 621. 791. 14

Харченко Г.К., Новомлинець О.О., Байдала О.В. Зварювання тертям з перемішуванням полімерних матеріалів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.18 - 22.

Встановлено ефективність використання зварювання тертям з перемішуванням для отримання якісних нероз'ємних з'єднань термопластичних матеріалів. Розроблено циклограму процесу шовного зварювання тертям з перемішуванням, основною особливістю якої є наявність технологічної паузи. Встановлено, що міцність зварних з'єднань пластмаси марки ПК, отриманих зварюванням тертям з перемішуванням за розробленою циклограмою, становить 90-95% від міцності основного матеріалу.

Іл. 4. Бібліогр.: 5 назв. Табл. 2.

УДК 621. 791. 4

Фальченко Ю.В., Муравейнік А.М., Федорчук В.Є., Харченко Г.К., Прибитько І.О. Зварювання тиском дисперсно-зміцненого композиційного матеріалу АМг5+27%Al_2O_3 із застосуван-ням швидкозакристалізованого прошарку евтектичного складу системи Al+33%Cu // Вісн. Черн. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.23 - 28.

Проведено дослідження по зварюванню тиском у вакуумі дисперснозміцненого композиційного матеріалу АМг5+27%Al_2O_3 із застосуванням швидко закристалізованого прошарку евтектичного складу системи Al/Cu. Показано, що застосування евтектичних прошарків системи Al+33%Cu і технологічних прийомів, спрямованих на прискорення дифузійних процесів в стику, дозволяє знизити температуру зварювання і товщину прошарку в зварному з'єднанні практично до повного його розчинення. При цьому міцність зварних з'єднань на зріз досягає 160…180 МПа, що відповідає рівню міцності композиту в початковому стані.

Іл. 4. Бібліогр.: 9 назв.

УДК 621.791.3

Болотов Г.П., Болотов М.Г. Розрахункове визначення температури нагріву деталей при дифузійному зварюванні в тліючому розряді з порожнистим катодом// Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.29 - 36.

Запропонована методика розрахунку температури нагріву деталей плазмою тліючого розряду з порожнистим катодом . Проведено порівняння розрахункових даних з експериментальними.

Іл. 3. Бібліогр.: 6 назв

УДК 621.7.044.2

Драгобецький В.В., Мороз М.М. Методи розрахунку шаруватих заготовок при імпульсному навантаженні// Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.37 - 42.

Проаналізовані методи дослідження деформування зварених вибухом заготовок. Розглянута чисельна математико-механічна модель динамічної поведінки шаруватої заготовки при імпульсному навантаженні. Результати чисельного аналізу співставлені з експериментами визначення напружень з розподілу твердості.

Бібліогр.: 4 назв.

УДК 539.3:534.1

Ігнатенко А.С. Нестаціонарні коливання циліндричних оболонок з пасивними демпфіруючими елементами // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. – №40. – С. 43 - 49.

Розглядається метод скінченно-елементного аналізу динаміки тонкостінних циліндричних оболонок з демпфіруючими в'язкопружними елементами. Показано, що при використанні методу можна одержати значення переміщень різних точок конструкції під дією імпульсних навантаженнь, а також легко змінювати параметри моделі.

Іл. 7. Бібліогр.: 13 назв.

УДК 624.073.04:534.12

Грицюк В.Ю. Розрахунок статично невизначної системи на кінематичне збурення. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. – №40. – С. 50 - 55.

Розглянуті коливання балок на трьох і чотирьох шарнірних опорах на дію динамічного переміщення проміжної опори. Запропонований алгоритм розрахунків можна застосувати для досить складних конструкцій.

Іл. 3. Бібліогр.: 6 назв.

УДК 621.855.001.24:678.7

Пилипенко О.І. Порівняльна динаміка ланцюгової передачі, оснащеної металевою і полімерною натяжними зірочками// Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.56 - 62.

Розглянуто динамічний розрахунок ланцюгових передач на прикладі ланцюгового привода поздовжнього транспортера бурякозбирального комбайну РКС-6. В результаті застосування розробленої автономної програми динамічних розрахунків DINAF отримані частоти і амплітуди коливань, динамічні навантаження у вітках ланцюгового контуру, інерційні навантаження мас та динамічні нерівномірності обертання зірочок. Показано, що застосування натяжної зірочки з полімерного композиту замість металевої суттєво покращує динамічні характеристики ланцюгової передачі.

Іл. 5. Табл. 3. Бібліогр.: 3 назв.

УДК 621.787.4

Юрченко М.Є., Чередніков О.М., Федоренко С.В. Математична модель визначення властивостей п'єзокераміки методом низькочастотної томографії // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.63 - 72.

Розглянуто задачу про поздовжні коливання п'єзокерамічного стрижня з товщинною поляризацією. Результати експериментальних досліджень з високою точністю співпадають з теоретичними розрахунками.

Іл:2, бібліогр.: 12 назв.

УДК 621.91:658.512

Чередніков О.М., Борисов О.О Вплив вимірювальних розмірних ланцюгів на точність замикаючої ланки // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.73 - 77.

Досліджена тривимірна модель, на якій виявлені розмірні зв'язки. Розсіювання номіналів складових ланок імітувалося за допомогою генератора випадкових величин за нормальним законом розподілу. Дослідження проводилось, варіюючи кількість ланок, квалітет точності замикаючої ланки та номінальні значення складових ланок.

Іл.4,бібліогр.:6. назв.

УДК 005.311.2:004.94

Павленко П.М., Задонцев Ю.В., Чередніков О.М. Моделювання процесів життєвого циклу виробничого обладнання // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.78 - 82.

Представлено результати досліджень з моделювання даних життєвого циклу виробничого обладнання. Запропоновано метод формалізованого опису даних із подальшою їх алгоритмізацією та використанням у підсистемі інформаційного моніторингу.

Бібл.: 5 назв.

УДК 531.7

Борковський О.В. , Комп'ютеризована система технічного зору для вимірювання геометричних розмірів авіаційних деталей // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.83 - 88.

Розроблена структура комп'ютеризованої системи технічного зору для вимірювання геометричних параметрів деталей. Реалізований алгоритм апроксимації растрового зображення кривими другого порядку.

Бібліогр.: 5 назв.

УДК 531.7

Тимофієва М.А., Методи оптимізації системи управління вимірювального робота // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.89 - 93.

Розроблені алгоритмічні засоби автоматизованого програмування і оптимізації рухів вимірювального робота. Розглянуті методи оптимізації на рівні прогнозування і програмування траєкторії руху вимірювального робота та в процесі стабілізації.

Бібліогр.: 5 назв.

УДК 621.822.3

Кальченко В.І., Кальченко В.В., Рудик А.В., Венжега В.І. Проведення технічної діагностики автомобілів з використанням багатоагентних систем // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.94 - 98.

При усуненні несправностей одним з основних етапів є діагностика. Саме від результатів діагностики залежатиме складність, а відповідно термін і оцінка вартості ремонту. Тривалість і якість діагностики залежать від декількох причин: досвіду і кваліфікації фахівця, його загальної зайнятості, наявності у нього довідкової інформації по даному пристрою або програмному забезпеченню. Відсутність будь-якого з цих чинників може стати причиною зниження швидкості і ефективності діагностики. Таким чином, актуальним завданням є створення системи, яка б виконувала функції діагностики як системи підтримки ухвалення рішень, при цьому володіла б відповідними базами знань і базами даних про різні пристрої. Представляється можливим використання багатоагентних систем і побудова розподілених експертних систем на їх базі.

Іл. 1. Бібліогр. 5 назв.

УДК 621.822.3

Кальченко В.І., Кальченко В.В., Єрошенко А.М., Венжега В.І. Часовий аналіз процесу ремонту автомобілів в умовах автосервісного підприємства // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.99 - 105.

Запропонована методика часового аналізу ремонту автомобілів в умовах автосервісного підприємства, яка ґрунтується на застосуванні різноманітних видів руху предметів праці в процесі ремонту. Докладно наведено порядок розрахунку часових ланцюгів при паралельно-послідовному русі, який представлено у вигляді алгоритму.

Іл. 2. Бібліогр.: 3 назв.

УДК 662.75

Чуприна В.М., Пасов Г.В., Міщенко М.В., Донець Т.А. Використання нафти і супутніх газів для виробництва автомобільного палива // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.106 - 113.

Розглядається проблема використання природних копалин нафти і газу. Описаний груповий хімічний склад нафти, методи її фракційної перегонки і основні продукти перегонки. Приведені рекомендації щодо застосування нафтопродуктів і природного газу в якості автомобільного палива в Україні.

Бібліогр.: 3 назв.

УДК 621. 9. 06

Сахно Ю.А., Сахно Е.Ю., Шевченко Я.В. Компенсація зміщення колінчатого валу двигуна внутрішнього згорання під навантаженням // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.114 - 118.

Розроблена нова система компенсації зношування корінних шийок колінчатого вала двигуна внутрішнього згорання автомобіля. Розглянуті режими експлуатації гідро- опор вала і приведені теоретичні і експериментальні значення основних параметрів. Наведено залежності для визначення мінімального значення рідинного шару в спряженні «колінчатий вал - гідростатичний підшипник».

Таб. 1. Іл. 3. Бібліогр.: 7 назв.

УДК 621.822.172:621.7.079

Федориненко Д.Ю. Геометрія радіального зазору в регульованих шпиндельних гідростатичних підшипниках // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.119 - 129.

Розглянуто підходи до визначення функції радіального зазору в регульованих шпиндельних гідростатичних підшипниках з урахуванням змінного стохастичного навантаження та неідеальної геометрії спряжених поверхонь тертя.

Іл. 11. Бібліогр.: 7 назв.

УДК 621.9.06-82

Волик В.С. Зниження рівня гідравлічних коливань у системі живлення гідростатичних опор // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.130 - 136.

Приведено опис нової конструкції гасителя пульсацій тиску. Розглянуто питання ефективності використання даного гасителя пульсації тиску у системі живлення шпиндельних гідростатичних опор прецизійного токарно-гвинторізного верстату при різних режимах його роботи.

Іл. 3. Бібліогр.: 7 назв.

УДК 621.822.3

Хоменко І.М. Про корегування тиску компресійних поршневих кілець автомобільних двигунів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.137 - 142.

Запропоновано метод корегування тиску першого компресійного поршневого кільця у автомобільних дизельних двигунів за експоненціальним законом. Наведено переваги запропонованого методу корегування порівняно з існуючими у практиці методами.

Табл. 4 Іл. 2. Бібліогр. 3 назв.

УДК 629.192

Рудик А.В. Забезпечення якості поверхонь деталей автомобілів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.143 - 146.

Метою роботи є забезпечення вимогам креслень, що висуваються до плоских поверхонь деталей автомобілів, технологічних похибок розмірів та взаємного розташування при однопрохідному шліфуванні на двох сторонньому верстаті 3342АДО. Мета досягається встановленням взаємних зв'язків вихідних похибок з параметрами налагодження верстата.

Іл. 1. Бібліогр.: 5 назв

УДК 658.286

Пасов Г.В., Чуприна В.М., Венжега В.І. Методи підвищення ефективності роботи автомобільних двигунів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.147 - 155.

Наведено основні методи підвищення ефективності роботи автомобільних двигунів, їх характеристики, недоліки та переваги кожного з них.

Бібліогр.: 12 назв.

УДК 371.315.7

Пасов Г.В., Чуприна В. М., Кирієнко С. Ю. Керування анімаційною 3D-моделлю промислового робота М10П // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.156 - 164.

Наведено приклад використання керування анімованими 3D-моделями для інтенсифікації та поглиблення знань при вивченні дисципліни "Промислові роботи".

Іл. 7. Бібліогр.: 8 назв.

УДК 677.05.+677.742

Акимов О.О., Сіньков К.С. Дослідження впливу параметрів намотувального механізму текстуруючо-витяжної машини ТВ -2 на його кінетостатичні характеристики. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.165 - 170.

Приведено результати дослідження впливу параметрів намотувального механізму текстуруючо-витяжної машини ТВ -2 на його кінетостатичні характеристики. Наведені рекомендації щодо раціонального вибору параметрів намотувального механізму.

Іл.5. Бібліогр.:3.

УДК 620.197;577.4

Сиза О.І., Старчак В.Г., Вервейко О.О., Костенко І.А. Методологічні засади до визначення впливу стаціонарних електричних полів на корозійне руйнування металів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.171 - 180.

Теоретично обгрунтовано та експериментально встановлено вплив стаціонарних електричних полів різної полярності на корозійну стійкість сталей 20 і 45 у розчині HCl. Показано, що позитивний заряд поля збільшує швидкість електрохімічної корозії сталей в 1,8 - 1,9 разів, а від'ємний – зменшує в 1,5 рази.

Табл.. 2. Іл. 5. Бібліогр.: 22 назв.

УДК 678.643

Сиза О.І., Корольов О.О., Корольова В.Р., Кравченко А.О., Бурий М.М. Вплив коливань температури на протикорозійні властивості відходів олійного виробництва // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.181 - 187.

Досліджені протикорозійні властивості нового інгібітора ФЕС-М, виявлені оптимальні концентрації інгібітора та з'ясовано вплив підвищеної і низької температури при зберіганні на фізико-хімічні показники розчинів інгібітора у воді системи опалення.

Іл. 7. Бібліогр.: 4 назв.

УДК 382.3.574

Челябієва В.М., Гуменюк О.Л., Денисова Н.М. Критерії вибору ламп під час організації виробничого освітлення // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.188 - 194.

На основі аналізу світлотехнічних, енергозберігаючих та екологічних характеристик сучасних промислових джерел штучного світла зроблено висновок про найбільш ефективні типи ламп для організації загального штучного освітлення виробничих приміщень та освітлення на робочих місцях.

Табл.2. Іл.3. Бібліогр.: 10 назв.

УДК 620.193:620.197+669.788

Буяльська Н.П. Дослідження протикорозійних властивостей композицій на основі некондиційних фармацевтичних препаратів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.195 - 199.

Наведені результати експериментальних досліджень протикорозійних властивостей синергічних композицій на основі некондиційних фармацевтичних препаратів в кислих середовищах при різних температурах, ступенях деформації сталі; встановлений механізм дії інгібіторів з врахуванням їх хімічної будови.

Табл. 5. Бібліогр.: 10 назв.

УДК 678. 643

Савченко О.М., Сиза О.І., Гаценко С.В., Дмитрук І.М., Гонзур В.В. Використання рослинної сировини для попередження забруднення металами харчових продуктів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.200 - 205.

Досліджено протикорозійну активність речовин водних витяжок з сільськогосподарських культур капусти, цибулі, насіння гірчиці, які можна рекомендувати як ефективні інгібітори корозії вуглецевих сталей в агресивних середовищах (розчини оцтової та лимонної кислот) для харчової промисловості. Дані інгібуючі добавки не погіршують смакові якості харчових продуктів і відповідають сучасним санітарно-гігієнічним і екологічним вимогам.

Табл.. 2. Іл.. 2. Бібліогр.: 7 назв.

УДК 620.193.2

Костенко І.А., Цибуля С.Д., Мартинюк О.Г. Вплив викидів автотранспорту на корозійну стійкість сталі в приміській зоні м. Чернігова. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №4-. - С.206 - 212.

Наведено результати досліджень корозійної стійкості сталей 20, 08кп та 65Г в умовах атмосферної корозії помірного клімату на найбільш навантажених ділянках автотрас в районі міста Чернігова на протязі 2008-2009 рр. Показано, що на швидкість атмосферної корозії, яка протікає за електрохімічним механізмом, впливає не тільки наявність плівки вологи на поверхні металу, але значну роль відіграють агресивні компоненти викидів автотранспорту. Оцінку швидкості корозії сталей в умовах атмосферної корозії запропоновано оцінювати за допомогою нового відносного показника.

Табл. 3. Іл. 2. Бібліогр.: 15 назв.

УДК 621.314.226.6

Денисов Ю.О., Городній О.М., Зозуля О.М. Розрахунок інтегральної потужності розсіювання в силових ключах ШІП. /// Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.213 - 222.

Розроблено новий метод оцінки динамічних втрат в ШІП, зокрема, розрахунок інтегральної потужності розсіювання в силовому транзисторі. При даному методі період роботи транзистора розділяється на етапи, для кожного етапу створюється схема заміщення, яка і розраховуються. Особливістю даного методу є те, що враховується повністю особливості роботи транзистора.

Іл. 10. Бібліогр.: 5 назв.

УДК 621.316.722.076.12

Іванець С.А., Гусев О.О., Чуб А.І. Методика вибору елементів фільтро-компенсуючого перетворювача // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.223 - 232.

Шляхом аналізу схем заміщення фільтро-компенсуючого перетворювача та опису їх роботи диференційними рівняннями були отримані аналітичні вирази поведінки струму компенсатора. При подальшому аналізі були отримані рівняння для визначення індуктивності та ємності. Шляхом моделювання в пакеті MATLAB підтверджено, що знайдені аналітичні вирази можна використовувати

для розрахунку елементів фільтру, оскільки вони забезпечують необхідну швидкість наростання струму компенсатора.

Іл. 7. Бібліогр.: 8 назв.

УДК 621.313-57

Гордієнко В.В., Савенко О.В., Садченко В.І. Дослідження способів пуску безконтактного двигуна постійного струму. // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.233 - 238.

Розроблено макет для реалізації пуску безконтактного двигуна постійного струму, який дозволяє здійснювати контроль та керування двигуном за допомогою комп'ютера. Отримано аналітичну залежність зміни швидкості від часу, при якій забезпечуються мінімальні втрати при запуску безконтактного двигуна постійного струму.

Іл. 1. Бібліогр.: 6 назв.

УДК 621.314.12

Ревко А.С., Патук О.В. Квазірезонансний перетворювач з низькою напругою живлення // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.239 - 248.

Розглядаються особливості застосування квазірезонансних імпульсних перетворювачів при низькій напрузі живлення. Аналізуються можливі топології квазірезонансних імпульсних перетворювачів у таких системах, проблеми, що виникають у зв'язку з низькою напругою живлення, шляхи їх розв'язання. Виконано математичне і програмне моделювання роботи схем квазірезонансних і широтно-імпульсних (тільки програмне) перетворювачів. Виконано порівняння ефективності роботи промодельованих квазірезонансного та широтно-імпульсного перетворювачів та вплив на них різних факторів (напруга живлення, опір навантаження, шпаруватість керуючих імпульсів). Приводяться рекомендації з найбільш оптимального використання квазірезонансних імпульсних перетворювачів у системах з низькою напругою живлення.

Іл. 8. Бібліогр.: 3.

УДК 378.147:005.642.4

Крєпкий Ю.О., Дрозд О.П., Сподаренко І.Й. Функціональний і структурний аналіз інформаційної системи реєстрації успішності навчання // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.249 - 257.

Впровадження у практику кредитно-модульної системи навчання передбачає фіксацію великої кількості показників роботи студентів для складання рейтингу успішності. Використання в роботі кафедр інформаційних систем реєстрації успішності дає можливість автоматизувати операції збору навчальної інформації, формування різної звітності, виконання різноманітного аналізу даних. На ефективність практичного використання таких систем у великій мірі може впливати повнота задач, що вирішуються системою, простота і зручність їх реалізації. На прикладі використання системи „Рейтинг" на кафедрі прикладної інформатики зроблена класифікація і аналіз вхідних даних навчального процесу, форм звітності, розглянуті переваги і недоліки структурної і практичної реалізації розв'язання багатьох задач.

Іл. 11. Бібліогр.: 5

УДК 004.94

Павловський В.І., Харченко М.В. Система візуальної побудови розширеної об'єктної моделі зі слабоструктурованою типізацією даних // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.258 - 264.

Розглянуто проблеми об'єктно-орієнтованого підходу. Запропоновано механізм розширення засобів опису семантичних зв'язків шляхом введення нових типів відношень, який заснований на метамоделюванні. Це дозволяє вирішити деякі проблеми об'єктного підходу в моделюванні даних.

Запропонована архітектура системи візуальної побудови розширеної об'єктної моделі зі слабоструктурованою типізацією даних. Ця система дозволяє створювати моделі предметних областей, описувати обмеження, які накладаються на елементи цих моделей, й обробляти нові типи семантичних зв'язків між об'єктами предметної області, яка моделюється.

Іл. 6. Бібліогр.: 7 назв.

УДК 004.94:510.6

Бивойно П.Г., Бивойно Т.П., Кузьмич І.К. Імітаційна модель для дослідження ефективності використання локальних розподілених обчислювальних середовищ // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.265 - 272.

Створена система імітаційного моделювання дозволяє моделювати роботу ЛРОС. Система дозволяє налаштовувати параметри обчислювальних вузлів, дерева елементарних задач, потоку власних задач обчислювального середовища та його параметри. Використання стандартного інтерфейсу призначення алгоритму системі дозволяє досліджувати будь-які алгоритми, що реалізують даний інтерфейс. Використовуючи різні алгоритми розподілення елементарних задач, порівнюючи і аналізуючи

результати їх роботи, можна зробити висновок про ефективність цих алгоритмів. Проведення експериментів з моделлю та обробка результатів експериментів автоматизовані.

Іл. 6. Бібліогр.: 3 назв.

УДК 681.3.082.5

Нестеренко С.О. Алгоритм ущільнення триангуляцій тривимірних поверхонь // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.273 - 281.

Запропоновано алгоритм ітеративного ущільнення триангулярних сіток, що апроксимують відсіки гладких поверхонь. Використання алгоритму дозволяє в більшості випадків виконувати для сіток умови Делоне та рівномасштабності.

Іл. 7. Бібліогр. :7 назв.

УДК 004.94:510.6

Акименко А.М., Нехай В. В. Щодо застосування нейронних мереж для захисту електронних платежів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.282 - 285.

Розглянуто проблеми захисту інформації за допомогою нейронних мереж при здійсненні розрахунків за допомогою електронних пластикових карток та висунуті пропозиції щодо їх вирішення.

Іл. 2. Бібліографія 2 назв.

УДК 004.3

Роговенко А.І., Алексеєв А.О. Тестування модулів на VHDL/Verilog за допомогою технології Sce-Mi // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.286 - 290.

Розглянута технологія Standard Co-Emulation Modeling Interface для тестування модулів пристроїв, написаних на мовах описання апаратури VHDL та Verilog. На основі аналізу різних типів модулів пристроїв визначений клас тих, для яких доцільно застосувати дану технологію. На прикладі тестування спеціалізованої системи цифрової фільтрації показані переваги даної технології в порівнянні зі стандартним підходом до створення тестбенчів. Основними перевагами даної технології є можливість написання тестбенчу на мові C/C++, що дає можливість передачі великих обсягів даних до модулю, що тестується, а також можливість апаратного прискорення тестування за рахунок використання спеціальних плат. Але застосування даної технології вимагає від розробника тесту навичок програмування на мові C/C++ та ускладнюється структура тестбенчу, що ставить додаткові вимоги до кваліфікації розробника тесту.

Іл. 3. Бібліогр.: 4 назв.

УДК 004.312

Щерба О. В., Бублик А. В. Застосування штучних нейронних мереж для діагностування систем на кристалі // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.291 - 297.

Проведений аналіз специфіки роботи та використання СнК, в результаті якого зроблено висновок, що поширення таких систем, а також критерії їх надійності вимагають застосування автоматичних систем контролю. Була розглянута можливість використання нейромережевих технологій. Проведеній аналіз можливих апаратних структур нейронних мереж. В результаті проведеного аналізу зроблено висновок, що використання нейромережевих технологій є ефективним для виконання діагностування, бо дозволяють максимально розпаралелити процес аналізу сигналів, що підвищує швидкодію модуля діагностування.

Іл. 3. Бібліогр.: 4 назв.

УДК 004.415.2

Зінченко А.Л., Мазурук Д.А. Система прототипування корпоративного програмного засобу по розширеній об‘єктній моделі // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.298 - 303.

Розглядаються методи прототипування корпоративних програмних засобів, аналізуються способи побудови таких систем. Розглядається архітектура розробленої системи, яка дозволяє зменшити час створення корпоративного програмного засобу, коли необхідно створити зв‘язки, які не описує UML.

Використання розробленої системи дозволить генерувати анотовані entity-класи, класи поведінки та додаткові класи програмного засобу.

Табл. 1. Іл. 1. Бібліогр.: 8 назв.

УДК 621.391

Коваль Н.В. Універсальна сервіс-орієнована система аудіо-конфернцій // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.304 - 307.

Більшість сучасних Voice/Video over IP (VoIP) систем або дуже централізовані, або залежать від обраного протоколу передачі та управління сесією. Запропоновано надійну, масштабовану архітектуру універсальної сервіс-орієнованої системи аудіо-конфернцій. Система може надавати голосові та медіа-

сервіси в гетерогенному середовищі, включаючи протоколи H.323, SIP, RealPlayer, також вона підтримує клієнтів Gtalk та абонентів звичайних (PSTN) телефонних ліній.

Іл. 3. Бібліогр.: 2 назв.

УДК 004.4

Хижняк А.В., Мельничук С.С. Оптимізація колективної розробки програмних проектів та створення універсальної моделі життєвого циклу програмного продукту // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.308 - 314.

Актуальним є питання створення системи управління проектами, орієнтованої на колективну їх розробку. Створена система повинна використовувати метамодель для процесу розробки програмного продукту. Це дасть змогу на кожному етапі циклу розробки програмного забезпечення застосувати одну з моделей життєвого циклу (наприклад: водоспад, ітераційну, еволюційну, спіральну моделі і т.д.) .

Про успішність створеного продукту не має сенсу говорити без оцінки його якості. Інтеграція модуля контролю якості в Систему Управління Проектами дасть змогу розширити функціонал системи і оцінити успішність проекту після його завершення.

Іл. 1. Бібліогр.: 6 назв.

УДК 004.032.6:004.773.5

Хижняк А.В., Харлампій О.О. Система мультимедіа мовлення // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.315 - 323.

Архітектуру побудови системи мовлення можна представити як клієнт-серверну архітектуру з множинними зв'язками між серверами, які можуть виступати як в ролі клієнта, так і в ролі сервера в залежності від характеру взаємодії. Система характеризується новизною архітектури організації мовлення мультимедіа, яка побудована на базі окремих модулів та дозволяє організовувати мовлення мультимедіа даних від безлічі приймачів до безлічі джерел.

Використання транспортного протоколу реального часу – SRTP і протоколу прикладного рівня, призначеного для встановлення, зміни та закінчення сеансів зв'язку та для обміну інтерактивним трафіком – SIP, дозволило організувати контроль цілісності кодованих/декодованих та даних, що транслюються, забезпечення безпеки та шифрування передачі мультимедіа потоків, а також сигналізацію сесії мультимедіа мовлення.

Іл. 5. Бібліогр.: 5 назв.

УДК 004.67

Ткач Ю.Е., Кириєнко І.В. Система паралельної оцінки ризиків програмних проектів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.324 - 329.

Приведені опис і результати створення системи управління ризиками програмних проектів. Дана система дозволяє виконувати паралельну оцінку всіх видів ризиків програмних проектів за допомогою доступних математичних апаратів, а потім для кожного результату розраховувати середнє значення ймовірності настання ризикової події. Система може бути використана для більшості існуючих моделей життєвого циклу розробки програмного забезпечення і може взаємодіяти з будь-якою системою управління проектами.

Іл. 1. Бібліогр.: 5 назв.

УДК 005.311.2:004.94

Трейтяк В.В., Моделювання інформації виробничого замовлення в середовищі інтегрованих автоматизованих систем // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.330 - 335.

Розглянуто моделювання проектно-виробничих даних промислових підприємств інструментальними засобами програмного продукту ARIS, завдяки яким створюються передумови для подальшого аналізу удосконалення та реорганізації бізнес-процесів на підприємстві. Представлено реальну модель життєвого циклу замовлення машинобудівного підприємства, реалізованого методом опису процесів ARIS eEPC.

Іл. 3, бібліогр.: 4 назв.

УДК 004.67

Ткач Ю.Е., Скосир О.М. Визначення вимог до моделі програмування у грід з некластеризованими та невідчужуваними ресурсами // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.336 - 342.

Аналізуються існуючі моделі програмування у грід та робиться висновок про можливість їх використання для проведення обчислень у гріді, що складається з неклатеризованих та невідчужуваних ресурсів. Враховуючи всі обмеження проаналізованих моделей, а також обмеження класу задач, вирішення яких можливо у гріді з невідчужуваними ресурсами, визначаються основні вимоги до моделі програмування й засобів керування завданнями для ефективного вирішення задач зі складною

структурою взаємодіючих процесів у однорівневому гріді з некластеризованими та невідчужуваними ресурсами

Бібліогр.: 13 назв.

УДК 004.67

Скосир О.М., Ткач Ю.Е. Вибір механізму керування паралельними обчисленнями в GRID з невідчужуваними ресурсами // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.343 - 350.

Розглядається проблема використання невідчужуваних ресурсів GRID для організації обчислень. Проводиться аналіз підходів до планування вирішення завдань в паралельних обчислювальних системах: однорівневий і дворівневий диспетчер, використання глобальної й локальної черг для розподілу завдань, варіанти розбивки вузлів між завданнями, що поступають для вирішення. Пропонується використання механізму активних об'єктів для обчислення завдань в умовах ненадійності середовища передачі між сервером і обчислювальними вузлами. Проводиться опис функцій кожного компоненту активного об'єкту і алгоритм забезпечення відмово стійкості обчислень. Даний механізм дозволяє ефективно використовувати невідчужувані ресурси для виконання й гарантованого рішення завдань в умовах ненадійності обчислювальних вузлів.

Іл. 0. Бібліогр.: 8 назв.

УДК: 664.85:543.061

Денисенко Т.М., Хребтань О.Б., Товарознавча характеристика та оцінка якості дитячих фруктових консервів // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.351 - 355.

Проведена порівняльна оцінка показників якості фруктових консервів дитячого харчування різних вітчизняних виробників. Були досліджені органолептичні та фізико-хімічні показники якості фруктових консервів дитячого харчування. Встановлено, що кращою за якістю була продукція ТМ «Рум'яні щічки». Дослідження проводилося за стандартними методиками, які діють на Україні. Були зроблені висновки за результатами дослідів.

Табл. 1. Бібліогр.: 5 назв.

УДК 648.274:677.073.167

Хребтань О.Б., Дудла І.О. Особливості оцінювання колористичних відмінностей тканин сучасними методами // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.356 - 360.

Розглянуто питання використання міжнародних формул розрахунку колористичних характеристик для оцінювання колірної різниці між тканинами та зразками-еталонами.

Табл. 1. Бібліогр.: 3 назв.

УДК 677.31/35.004.12(049.3)

Яковенко А.М. Товарознавча оцінка гігієнічних властивостей костюмних вовняних тканин // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.361 - 365.

Наведено результати оцінки впливу волокнистого складу вовняних костюмних тканин з вмістом поліефірних волокон, віскози, льону та лайкри на водопоглинання, гігроскопічність та повітропроникність.

Бібліогр.: 2

УДК 677.31/35.004.12

Соболь О. М. Визначення вагомості споживних властивостей вовняних пальтових тканин експертним методом // Вісн. Черніг. держ. технол. ун-ту, 2009. - №40. - С.366 - 369.

Експертний метод є першим етапом розробки науково обґрунтованих вимог до вовняних пальтових тканин. Була розроблена номенклатура показників споживних властивостей вовняних тканин, створена експертна група та проведене її анкетування. Оброблені результати свідчать про найбільш високий ступінь важливості таких показників споживних властивостей вовняних пальтових тканин як: поверхнева щільність, теплозахисні властивості, розривні характеристики, стійкість до стирання, стійкість до хімічного чищення, пілінгуємість, колір, туше тощо.

Бібліогр.: 2 назв.

UDC 621.791.14.01

Kuchuk-Atzenko S.I., Zahor I.V., Harchenko G.K., Novomlinetz O.O. Welding by a Friction of Alloys on a Basis Aluminium the Titan with Use Nanolayered Foil // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.6 - 13.

Process of formation of structure of connections intermetalloid γ-T_Al and α2-Ti3Al alloys is investigated at welding by a friction. Into a welding zone entered as an additive nanolayered foil of system Ti-Al. Use nanolayered foil provides additional uniform on section local heating of surfaces which cook, and promotes reception of fine-grained structure of metal in a connection zone.

Ill. 8. Ref.: 18. Tabl. 1.

UDC 621.791.4

Harchenko G.K., Novomlinetz O.O., Rudenko M.M., Sviridenko V.V. Diffusion Welding Tungsten-Cobalt Firm Alloys // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.14 - 17.

Efficiency of use as a source of heating of an impulse of a current at diffusion is shown welding of firm alloys. It is established, that application of a layer from the titan at diffusion to welding of firm alloys with pulse heating allows to localise a temperature field and to intensify microplastic deformation in a joint and to receive durability of welded connection at level 480 МПа, that exceeds durability connections received by the soldering.

Ill. 3. Ref.: 4.

UDC 621.791.14

Harchenko G.K., Novomlinetz O.O., Baidala O.V. Friction Stir Welding of Polymeric Materials // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.18 - 22.

Efficiency of use for reception of qualitative connections of thermoplastic materials of friction stir welding is established. It is developed cyclegrama process friction stir welding which basic feature is presence of a technological pause. It is established, that durability of welded connections of plastic of mark PK received by welding by a friction stir according to developed cyclegrama makes 90-95 % from durability of the basic material.

Ill. 4. Ref.: 5. Tabl. 2.

UDC 621.791.4

Falchenko Y.V., Muraveynik A.M., Fedorchuk V.E., Harchenko G.K., Prybytko I.O. Welding By Pressure Of Disperse-strengthened Composite Material АМг5+27%Al_2O_3 With Application Quickly Crystallized Layers Eutectic System Al+33%Cu Structure. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.23 - 28.

On welding by pressure researches are carried out in vacuum of disperse-strengthened composite material АМг5+27%Al_2O_3 with application quickly crystallized layers eutectic system Al/Cu structure. Application eutectic layers of system Al+33%Cu and the processing methods directed on acceleration diffusion of processes in a joint is shown, that, allows to lower temperature of welding and a thickness of a layer in welded connection, practically, to its full dissolution. Thus durability of welded connections on a cut reaches 160...180 МПа, that answers level of durability to a composite in an initial condition.

Ill. 4. Ref.: 9.

UDC 621.791.3

Bolotov G.P., Bolotov M.G. The Accounting Determination of the Heating's Temperature of the Details under Diffusion Welding in Glow Discharge with Hollow Cathode // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.29 - 26.

The Methods of the calculation of the heating's temperature of the details by plasma of glow discharge with hollow cathode are offered. Comparison accounting data with experimental is organized.

ill. 3. Ref.: 6

UDC 621.7.044.2

Dragobetskiy V.V., Moroz N.N. Account Methods of Layered Preparations at Pulse Load // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.37 - 42.

Investigation methods of deformation of explosively welded blanks have been analysed. Numerical mathematical and mechanical model of dynamic behaviour of a multiplayer blank under impulse loading has been considered. The results of the numerical analysis have been compared with those of the experiments on defining stress on hardness.

Ref.: 4.

UDC 539.3:534.1

Ignatenko A.S. Transient Oscillations of Cylindrical Shells with Passive Dampers // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №. - P.43 - 49.

Method of finite-element analysis of dynamics of thin cylindrical shells with viscoelastic dampers is considered. It is shown, that the method allows to get the value of deformation at any point of construction under pulse loads, and to vary the model's parameters.

Ill. 7. Ref.: 13.

UDC 624.073.04:534.12

Hrytsjuk V.Y. The Calculation of Statically Indefinable System on Kinematical Indignation. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №. - P.50 - 55.

Fluctuations of beams on three and four hinged supports on action of dynamic moving of an intermediate support are considered. The offered algorithm of calculations can be used for enough complex designs.

Ill. 3. Ref.: 6.

UDC 621.855.001.24:678.7

Pilipenko O.I. Comparative Dynamics of the Chain Drive Equipped with Metal and Polymeric tension sprockets // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.56 - 62.

Dynamic calculation of chain drives on an example of a chain drive of the longitudinal conveyor of beet-harvesting combine РКС-6 is considered. It is as a result applied the developed autonomous program of dynamic calculations DINAF frequencies and amplitudes of oscillations, dynamic loadings in branches of a chain contour, inertial loadings of masses and dynamic irregularity of rotation of sprockets are received. It is shown, that application tension sprocket from a polymeric composite instead of metal essentially improves dynamic characteristics of chain drive.

Ill. 5. Tabl. 3. Ref.: 3.

UDC 621.787.4

Yurchenko M., Cherednikov O., Fedorenko S. The Mathematical Model of Determination of Properties by the Pezoceramics Method of Lowfrequency Tomography // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.63 - 72.

A task about the longitudinal vibrations of п'єзокерамічного bar with thickness polarization is considered. The results of experimental researches with high exactness coincide with theoretical calculations.

Il.2,Ref.:12.

UDK 621.91:658.512

Cherednikov O.M., Borisov O.O Influence of Measurings Size Chains on Exactness of Locking Links // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.73 - 77.

A three-dimensional model is investigated on which found out size copulas. Dispersion of face values of component links was imitated by the generator of casual sizes after the normal law of distributing. Research was conducted varying the amount of links, kvalitet exactness of locking links and nominal the values of component links.

Il.4,Ref.:6.

UDC 005.311.2:004.94

Pavlenko P., Zadontsev Y., Cherednikov O. Simulation of the Life Cycle of Industrial Equipment // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.78 - 82.

The results of research on data modeling life cycle of manufacturing equipmentare are presented . The formalized descriptions method of data with their further algorithm and using the information in the subsystem monitoring is offered.

Ref.:5.

UDC 531.7

Borkovskiy O.V. Computerized System of Technical Sight for Measuring of the Geometrical Sizes of Aviation Details // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.83 - 88.

The structure of the computer-assisted system of technical sight is developed for measuring of geometrical parameters of details. The algorithm of approximation of bitmapped image is realized by the curves of the second order.

Refs.: 5.

UDC 531.7

Tymofiyeva M.A., Optimization's Methods of Control Systems Measurement Robot // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.89 - 93.

Algorithm approach of computer-aided programming and movement's optimization of measuring robot are developed. The methods of optimization on the forecasting level and trajectory programming of measuring robot and in the process of stabilization are examined.

Refs.: 5.

UDC 621.822.3

Kalchenko V.I., Kalchenko V.V., Rudik A.V., Venzhega V.I. A Leadthrough of Technical Diagnostics of Cars with the Use of the Maniagents Systems // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.94 - 98.

At debugging one of the basic stages there is diagnostics. Complication will depend exactly on the results of diagnostics, and accordingly term and estimation of cost of repair. Duration and quality of diagnostics depend on a few reasons: to experience and qualification of specialist, him general employment, to the presence for him to certificate information on this device or software. Absence any of these factors can become reason of decline of speed and efficiency of diagnostics. Thus, task is creation of the system which would execute the functions of diagnostics as systems of support of making a decision, here would own the proper bases of knowledges and databases about different devices. The use of the systems and construction of the distributed expert systems is possible on their base.

Ill. 1. Ref.: 5.

UDC 621.822.3

Kalchenko V.V, Kalchenko V.I, Yeroshenko A.M., Vengega V.I. A Time Analysis of Repair Process of Cars is in the Conditions of Service Enterprise // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.99 - 105.

Offered method of time analysis of cars repair in the conditions of service enterprise, which is based on application of various types of motion of the articles of labour in the process of repair. The order of calculation of time chains is thoroughly resulted at motion which is presented as an algorithm.

Ill. 2. Ref.: 3.

UDC 662.75

Chupryna V.M., Pasov G.V., Mischenko M.V., Donets T.A. Use the Oils and Accompanying Gases for Automobile Fuel Manufacturing // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.106 - 113.

The problem of the use natural resource to oils and gas is considered. Described group chemical composition to oils, methods its factious distillation and centerpieces of the distillation. The Broughted recommendations to using oils and natural gas as automobile fuel in Ukraine.

Ref.: 3

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, 2009. - №40. - P.114 - 118.

New system of compensation of wear crankshaft native necks of combustion engine of car is developed. The modes of exploitation of shaft hydropower and resulted theoretical and experimental values of basic parameters are considered. It is resulted the dependence for determination of minimum value of liquid layer in the interface «crankshaft - hydrostatical bearing».

Ill.3. Tabl.1. Ref.:7.

UDC 621.822.172:621.7.079

Fedorinenko D.Y. Geometry of Radial Clearance in the Adjustable Spindle Hydrostatical Bearings // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.119 - 129.

The approaches to the determination of the radial clearance function in the adjustable spindle hydrostatical bearings taking into account the variable stochastic loading and non-perfect geometry of the conjugating friction surfaces are considered .

Ill. 11. Ref.: 7.

UDC 621.9.06-82

Volyk V.S. Reducing of Hydraulic Vibrations Level in the Feeding System of Hydrostatic Supports // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.130 - 136.

Description of new construction of the pressure pulsations damper is given. Question of efficiency of using presented pressure pulsations damper in the feeding system of spindle hydrostatic supports of precision lathe by various working conditions is considered.

Il. 3. Ref.: 7.

UDK 621.822.3

Khomenko I.M. About to Correction Pressure of Rings of Pistons of Compressions of Motor-car Engines// Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.137 - 142.

The method of correction pressure of the first compression piston ring is offered at the motor-car engines of diesels after an exponential law. Advantages of the offered method of correction are resulted comparatively with existing in practice methods.

Tabl. 4. Il. 2. Ref. 3.

UDC 629.192

Rudik A.V. Providing of Parts Surfaces Quality of Cars // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.143 - 146.

Providing to the requirements of drafts, which are given to the flat parts surfaces of cars, technological errors of sizes and mutual location, is at the purpose of this work one-communicating polishing on two the extraneous machine-tool 3342АДО. It is achieved this purpose by establishment of interconnections of initial errors to the parameters of adjusting of machine-tool.

Ill. 3. Ref.: 5.

UDC 658.286

Passov G.V., Chuprina V.M., Venzhega V.I. The Methods of Increasing to Efficiency of the Functioning the Car Engines // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.147 - 155.

The main methods of increasing to efficiency of the functioning the car engines, their features, defect and advantage each of them, are given.

Ref.: 12

UDC 371.315.7

Passov G.V., Chuprina V. M., Kiriyenko S. G. Management of Industrial Robot M10P an Animation 3d Model // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.156 - 164.

The example of the use of management the animated 3d-models is resulted for intensification and deepening of knowledge's at the study of discipline the "Industrial robots".

Ill. 7. Ref.: 8

UDC 677.05.+677.742

Akimov O.O., Sinkov K.S. Research of Influence Parameters Winding Vehicles of the Texturing-drawing Machine TV-2 to its cinetostatic descriptions. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.165 - 170.

Results of the researching of influence parameters winding vehicles of the texturing-drawing machine TV-2 to its cinetostatic descriptions are given. Recommendations of rational choice parameters of the winding vehicle are given.

Ill.5. Ref.:3.

UDC 620.197;577.4

Syza O.I., Starchak V.G., Verveyko O.O., Kostenko I.A. Methodological Bases to Determination of Influencing of the Stationary Electric Fields on Corrosive Destruction of Metals // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.171 - 180.

In theory grounded and influence of the stationary electric fields of a different polarity is experimentally set on corrosive firmness of steel 20 and 45 in solution HCl. It is shown, that the positive charge of the field multiplies speed of electrochemical corrosion of steel at 1,8 - 1,9 times, and negative – diminishes in 1,5 times.

Tabl.: 2. Ill. 5. Ref.: 22.

UDC 678.643

Syza O.I., Korolyov O.O., Korolyova V.R. Kravchenko A.O.,Buriy M.M. Influence of Fluctuations in a Temperature on Anticorrosiv Properties of Offcuts of Oily Production // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.181 - 187.

Anticorrosiv properties of new inhibitor ФЕС-М are investigated, exposure of optimum concentrations of inhibitor and influence of enhanceable and low temperature is found out at storage on the physical and chemical indexes of solutions of inhibitor in water of the system of heating.

Ill. 7. Ref.: 4.

UDC 382.3.574

Cheljabieva V.N., Humeniuk O.L., Denisova N.M. The Criteria of a Choice of Lamps for Organization of Industrial Illumination // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.188 - 194.

On the basis of results of the analysis of the light, technical, economic and ecological characteristics of modem industrial sources of antifical light the choice of the most effective types of lamps is made and their application is proved ar organization of general artificial illumination of industrial premises and local illumination on workplaces.

Tabl.2. Ill.3. Ref.:10.

UDC 620.193:620.197+669.788

Buyalska N.P. Research of Synergic Protective Compositions Properties on the Basis of Useless Pharmaceutical Preparations // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.195 - 199.

The results of experimental researches of synergic protective compositions properties on the basis of useless pharmaceutical preparations in organic and inorganic acids at different temperatures, degrees of steel deformation; mechanism of inhibitor's action is set taking into account their chemical structure are given.

Tabl. 5. Ref.:10.

UDC 678. 643

Savchenko O.M., Syza O.I., Gatsenko S.V., Dmytruk I.M., Gonzur V.V. The Use of Digister for Warning of Contamination of Food Products by Metals // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.200 - 205.

Investigational anticorrosiv activity of matters of water extractions from the agricultural cultures of cabbage, bow, seed mustards which can be recommended as effective inhibitors of corrosion of carbon steel in aggressive environments (solutions of vinegar and lemon acids) for food retail industry. Information of inhibition addition does not worsen taste qualities of food products and answer modern sanitary-hygenic and ecological requirements.

Tabl. 2. Ill.2. Ref.: 7

UDC 620.193.2

Kostenko I.A., Tcibula S.D., Martinuk O.G. Influence of the Troop Landings of Motor Transport is on Corrosive Firmness of Steel in the Suburban Area of c. Chernigov. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.206 - 212.

The results of researches of corrosive firmness of steels are resulted 20, 08kp and 65G in the conditions of atmospheric corrosion of temperate climate on the most loaded areas of motorways in a borough Chernigov during 2008-2009 are given. It is shown, that on speed of atmospheric corrosion which flows after an electrochemical mechanism, the presence of tape of moisture influences not only on the surface of metal, but a considerable role is played by the aggressive components of the troop landings of motor transport. Estimation of speed of corrosion of steels in the conditions of atmospheric corrosion it is suggested to estimate by a new relative index.

Tables 3. Ill. 2. Ref.: 15.

UDC 621.314.226.6

Denisov Y.A., Gorodniy A.N., Zozulia O.N. Calculation of Integrated Power of Dispersion in Power Keys of the PWC. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.213 - 222.

New method of an estimation of dynamic losses in PWC is designed, namely integrated power of dispersion in the power transistor. At the given method the period of work of the transistor is divided into stages, for each stage is created the equivalent circuit which analyzes. The main feature of given method is full consideration of features of work of the transistor.

Ill. 10. Ref.: 5

UDC 621.316.722.076.12

Ivanec S.A., Husev O.O., Chub A.I. Method of Choice Elements of Active Line Conditioner // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.223 - 232.

Using analyse of schemes of substitution of active line conditioner and describing them by differential equations the analytical expressions that describe behavior of current of compensation were obtained. Equations for definition of inductor and capacitor were obtained after. Found analytical expressions are possible to use in order to calculate elements of filter, because they support necessary speed of current increasing. It was confirmed by the simulation in MATLAB package.

Ill. 7. Ref.: 8.

UDC 621.313-57

Gordienko V.V., Savenko O.V., Sadchenco V.I. Research Methods to Start DC Motors Valve. // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.233 - 238.

The layout for the realization of start DC motors valve, which allows you to monitor and control the engine by means of a computer is designed. The analytical dependence of change of speed on time is received, which will ensure minimum losses at startup DC motors valve.

Ill. 1. Ref.: 6

UDC 621.314.12

Revko A.S., Patuk O.V. Quasi-resonant Converter with Low Supply Voltage // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.239 - 248.

The features of application quasi-resonant pulse converter with low supply voltage are considered. The possible configurations quasi-resonant pulse converters in such systems, problems arising from low voltage power and their solution are analyzed. Mathematical and software simulation work of circuits quasi-resonant and pulse width converters is made. Were compared performance simulated quasi-resonant and pulse width converters and influence on it various factors (supply voltage, load resistance, control pulse ratio). Most optimum usage of quasi-resonant pulse converter in systems with low supply voltage are recommend.

Ill. 8. Ref.: 3.

UDC 378.147:005.642.4

Kriepkyi Y.O., Drozd O.P., Spodarenko I.Y. Functional and Structural Analysis of Information System of Progress Registration in Studies // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.249 - 257.

Implementation in practice of credit – module system of teaching requires the fixation of big quantity of characteristics of students' work in order to compose a progress rating. Application of system of progress registration into work of Departments of Information Systems provides the possibility to automatize the operations of data gathering on education process, formation of various reports, and execution of different data analysis. Completeness of goals that are solved by system, simplicity and convenience of theirs' realization can influence to a great extent on an effectiveness of practical usage of such systems. The classification and analysis of input data of educational process and report forms was made on the example of system "Rating" implementation at the Department of Applied Informatics. Also the advantages and disadvantages of structural and practical realization of many tasks' solving were considered.

Ill. 11. Ref.: 5

UDC 004.94

Pavlovsky V.I., Kharchenko M.V. The System of Visual Development of the Extended Object Model with Semistructured Data-typing // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.258 - 264.

The problems of object-oriented approach in modelling are considered. The metamodeling based mechanism allows users to perform the expansion of the description of semantic relationships by introducing new types of relation. It solves some problems of object approach to modelling data.

The architecture of the system of visual development of the extended object model with semistructured data-typing was proposed in this paper. This system can give the opportunity of creating the models of the knowledge domains, describe the constraints, applied to the model elements, and to process the semantic of connections between the matters of the matters of the model-based knowledge domain.

Ill. 6. Ref.:7.

UDC 004.94:510.6

Byvoyno P.G., Byvoyno T.P., Kuzmych I.K. The Imitating Model For Research Of Effective Of Use Of The Local Distributed Computing Environments // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.265 - 272.

The created system of imitating modeling allows to model work LDCE. The system allows to adjust parameters of computing knots, a tree of elementary tasks, a stream of own tasks of the computing environment and its parameters. Use of the standard interface of appointment of algorithm to system allows to investigate any algorithms which realize the given interface. Using different algorithms of distribution of elementary tasks, comparing and analyzing results of their work it is possible to draw a conclusion on efficiency of these algorithms. Carrying out of experiments with model and processing of results of experiments is automation.

Ill. 6. Ref.: 3.

UDC 681.3.082.5

Nesterenko S.A. Algorythm for Densening 3D Surfaces Triangular Meshes // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.273 - 281.

The iterative algorithm for densening the triangular meshes which approximate the smooth 3D surface pieces is described. In the usual cases this algorithm ensures compliance the Delaunay condition and the equiscale condidion as well.

Ill. 7. Ref. :7.

UDC

Akymenko A. M., Nekhai V.A. In Relation to Application of Neuron Networks for Defense of Electronic Payments// Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.282 - 285.

The problems of privy are considered by neuron networks during realization of calculations by electronic plastic cards and thrown out suggestions in relation to their decision.

Il. 2.; Ref. 2.

UDC 004.3

Rogovenko A.I., Alekseiev A.A. VHDL/Verilog Modules Testing with Sce-Mi Technology // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.286 – 290.

The Standard Co-Emulation Modeling Interface is described. This technology is used for hardware testing of units written on VHDL or Verilog hardware description languages. Digital filtering system is the example of the system where using of this technology gives the advantages for unit testing instead of standard testbench creation. The main advantage of using this technology is the opportunity to create C/C++ testbench. The large data arrays can be passed to the design under test unit through Sce-Mi interface. Also the hardware acceleration can be used on special devices. But using of this technology makes more exacting requirements to the developers of the testbench.

Ill. 3. Ref.: 4.

UDC 004.312

Scherba O. V., Bublyk A. V. Application of Artificial Neural Networks for the Diagnosis of System on Chip // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.291 - 298.

The analysis of the work and use SoC as a result of which concluded that the spread of such systems, as well as to their reliability criteria require the use of automatic control systems. Was to consider using neural network technology. The analysis of possible hardware structure of neural networks. As a result of the analysis concluded that use neural network technology is effective for diagnosis, because to most parallel process of analyzing signals that increases the performance of the module diagnostics.

Ill. 2. Ref. 4.

UDC 004.415.2

Zinchenko A.L., Mazuruk D.A. Corporate Application Prototyping System Based on Extended Object Model // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.299 - 303.

Corporate application prototyping methods have been reviewed, such system construction ways have been analyzed. Developed system architecture has been reviewed which allows to decrease corporate application creation time when using non-UML relations.

Developed system use will allow the generation of application's annotated entity-classes, behavior and additional classes.

Tab. 1. Ill. 1. Ref.: 8.

UDC 621.391

Koval N.V. Universal Service-oriented VoIP Conferencing System // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.304 - 307.

Most current Voice/Video over IP (VoIP) systems are either highly centralized or dependent on IP multicast. The Universal Audio Multimedia Collaboration System as a scalable, integrated and service-oriented VoIP conferencing system, based on a SOAP-based collaboration framework and advanced messaging oriented middleware is proposed. This system can provide media and session services to heterogeneous endpoints including H.323, SIP, Access Grid, and RealPlayer as well as accommodating diverse clients such as cellular phones

Ill 3. Ref.: 2.

UDC 004.4

Khyznyak A.V., Melnichyk S.S., Optimization of Collective Software Development Projects and Creation of a Universal Model of the Life Cycle of Software // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.308 - 314.

A topical issue is a project management system focused on collective development projects. The system should be used for meta-process software development.This will allow for each stage of the cycle of software development apply one of the models life cycle (such as: waterfall, iterative, evolutionary, spiral model, etc.)

Created by the success of the product makes no sense to speak without assessing its quality.Integration module quality control in project management system will expand the functionality of the system and evaluate the success of the project after its completion.

Ill. 1. Ref.: 6.

UDC 004.032.6:004.773.5

Khyznyak A.V., Kharlampiy A.A. Multimedia Streaming System // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.315 - 323.

It is possible to describe the architecture of multimedia streaming system as a client-server architecture with plural communications between servers which can act both in a role of the client, and in a role of a server depending on character of interaction. The system is characterized by novelty of the multimedia systems architecture organization, which is based on separate interchangeable modules. Also it is possible to organize multimedia streaming between many clients and many servers at the same moment.

The control of integrity of the coded/decoded and broadcast data, safety and enciphering of transfer of the multimedia streams, and also the session alarm functionality is provided by the used real time transport protocol – SRTP, also all session manipulation functions, like termination, communication made by the session initiation protocol – SIP.

Ill. 5. Ref.: 5.

UDC 004.67

Tkach Y.E., Kirienko I.V. System of Parallel Assessment of Risk of Programming Projects // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.324 - 329.

Description and results of creation of system of parallel assessment of risk of programming projects are described. The system allows to execute the parallel estimation of all types of risks of programming projects by accessible mathematical methods. For every result the system evaluates the mean value of probability of risk event. The system can be used for most existent models of life cycles of development software and can co-operate with any project control system.

Ill. 1. Ref.: 5.

UDC 531.7

Treytyak V.V., Design of Information of Production Order in the Environment of the Computer-integrated Automated Systems // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.330 - 335.

The design of project-production information of industrial enterprises is considered by the tools of software product of ARIS, due to which pre-conditions are created for the subsequent analysis of improvement and reorganization of processes of businesses on an enterprise. The real model of life cycle of order of machine-building enterprise, description of processes of ARIS of eEPC realized a method is presented.

Il.3, refs.: 4.

UDC 004.67

Tkach Y.E., Skosyr O.M. Identifying Requirements for Programming Model in the GRID of Non-cluster and Inalienable Resources // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.336 - 342.

The existing programming models in the GRID, and concludes on the possibility of their use for the calculations in the GRID, consisting of non-cluster and inalienable resources have been analyzed. Taking into account all the limitations of discussed programming models used in the GRID at present days, as well as restrictions on the class of problems, which solution is possible in the GRID with inalienable resources, the article highlights the basic requirements for the programming model and tools for describing and managing of tasks with complex structure of interacting processes in a single-level grid, composed of non-cluster and inalienable resources.

Ref.: 13.

UDC 004.67

Skosyr O.M., Tkach Y.E., The Selection of the Mechanism of Parallel Processing Control in GRID with Unalienable Resources // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.343 - 350.

The problem of using inalienable resource for GRID computing is discussed. The analysis of approaches for planning tasks in parallel computing systems is presented: one and double-level manager, use the global and the local queue for the allocation of tasks, partitioning the nodes between the incoming jobs. The use of active objects is proposed for computing tasks in the context of the unreliability of transmission environment between the server and computing nodes. It also contains a description of the functions of each active object's component and an algorithm for reliability calculations, identifies the advantages and disadvantages of this mechanism. This mechanism allows the use of inalienable resources in efficient way to implement calculations and provides guaranteed execution of jobs using unreliable computing nodes.

Ill. 0. Ref.: 8.

UDK: 664.85:543.061

Denisenko T.M., Khrebtan O.B., Merchandising Description and Valuing of Quality of Canned Fruit for Children // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.351 - 355.

Comparative Valuing of Quality indices of Canned Fruit for Children nourishment by different home producers was carried out. Organoleptic and physical, chemical Qualities of Canned Fruit for Children were investigated. It was determined that the but production is produced by Rumyani schichki enterprise. The investigations were carried out by standard methods that are valid is Ukraine. The conclusions were made after results of researches.

Tabl. 1. Ref.: 5.

UDK 648.274:677.073.167

Khrebtan O. B., Dudla I.O. Peculiarities of Colour Differences Valuing of Cloth by Modern Methods // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.356 - 360.

The problem of international formulae using of calculation color characteristics for value of colored differences between cloth and standard samples are considered.

Tabl. 1. Ref.: 3.

UDC 677.31/35.004.12(049.3)

Yakovenko A.M. Commodity Estimation of Hygienic Properties of Costume Woollen Fabrics // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.361 - 365.

Results of an estimation of influence of fibrous structure of woollen costume fabrics with the maintenance of polyester fibres, viscose, flax and lycra on water absorption, hygroscopicity and air permeability are presented.

Ref.: 2

UDC 677.31/35.004.12

Sobol O. M. Determination of Ponderability of Consumer Properties of Overcoat Woolens by an Expert Method // Jornal of Chernigiv State Technological University, 2009. - №40. - P.366 - 369.

An Expert Method is the first design of the scientifically grounded requirements time to the Overcoat Woolens. There was the developed Nomenclature of Indexes of Consumer Properties of Woolens, an Expert Group is created and its questionnaire is conducted. The treated results testify to the most high degree of importance of such indexes of consumer properties of overcoat woolens as: superficial closeness, heatcover properties, bursting descriptions, firmness, to elimination, firmness to the dry-cleaners

Ref.:2

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ВІСНИК ЧЕРНІГІВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

СЕРІЯ «ТЕХНІЧНІ НАУКИ»

№40

Головний редактор: О.І. Пилипенко
Відповідальний за випуск: Кальченко В.В.
Комп'ютерний макет: С.В. Бойко

Підписано до друку 06.11.2009 р. Формат 60х90/16
Папір типовий. Друк офсетний. Гарнітура Tames New Roman.
Умов. друк. арк. – 22,55. Обл. – вид. арк. – 28,17.
Тираж 300 прим. Замовлення № 1713.

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.