

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

проф., д.т.н. Рудь В. Д. (м. Луцьк)

Перший заступник головного редактора:

доц., к.т.н. Герасимчук О. О. (м. Луцьк)

Другий заступник головного редактора:

доц., к.т.н. Лотиш В. В. (м. Луцьк)

доц., к.пед.н. Панасюк Н.Л. (м. Луцьк)

Редактор-коректор:

доц., к.т.н. Мельник К.В. (м. Луцьк)

Свиридюк К.А. (м.Луцьк)

Члени редакційної колегії:

проф., д.т.н. Божидарнік В. В.

(м. Луцьк)

проф., д.т.н. Мазур М. П. (м. Луцьк)

проф., д.т.н. Пальчевський Б. О.

(м. Луцьк)

проф., д.т.н. Мельник А. О. (м.Київ)

проф., д.пед.н.. Горбатюк Р. М.

(м. Тернопіль)

проф., д.пед.н. Поліщук Ю. Й.

(м. Тернопіль)

проф., д.пед.н. Романишина Л. М.

(м. Тернопіль)

проф., д.пед.н. Свистун В. І. (м.Київ)

проф., д.т.н. Сидорчук О. В. (м.Київ)

проф., д.т.н. Тарасенко В. П. (м.Київ)

доц., к.т.н. Гуменюк Л. О. (м. Луцьк)

доц., к.т.н. Кузнецов Р. М. (м. Луцьк)

доц. к.т.н. Пех П. А. (м. Луцьк)

доц. к.т.н. Повстяной О. Ю. (м. Луцьк)

доц. к. пед.н. Потапюк Л. М.(м. Луцьк)

доц. к.т.н. Решетило О. М. (м. Луцьк)

Адреса редколегії:

Луцький національний технічний університет,

кафедра комп'ютерної інженерії,

вул. Львівська, 75, ауд.141

м. Луцьк, 43018

тел. (0332) 74-61-15

E-mail: cit@lntu.edu.ua

ekaterinamelnik@gmail.com

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО

№16-17

Журнал засновано у грудні 2010 р.

2014

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 16705-5277 Р.

Засновник: Луцький національний технічний університет
Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету (протокол №8 засідання від 25.03.2014)
Журнал рішенням президії ВАК України від 30 березня 2011 №1-05/3 включено в перелік наукових фахових видань.
Журнал має російський індекс наукового цитування (РІНЦ)

ISSN:978-617-672-040-9

ЗМІСТ

Інформатика та обчислювальна техніка

- Андрушак І.Є.** Програмна реалізація методу decision curve analysis (dca) в системі підтримки рішень для задач клінічної медицини. 4
- Андрушак І.Є.** Розробка клінічної експертної системи методом індукції дерева рішень. 9
- Гринюк С.В., Міскевич О.І.** Дослідження алгоритму посимвольного стиснення текстової інформації в адресних базах даних. 15
- Жигаревич О.К.** Метод дослідження підбору літературних джерел екосистем програмного забезпечення. 20
- Здолбіцька Н.В., Здолбіцький А.П., Яручик В.Л.** Крокуюча система на Bluetooth управлінні. 27
- Мельник В.М.** Ефекти повного відтворення для паралельних TCP сокетів, реалізованих на широкомасштабній лінії зв'язку. 32
- Сацик В.О., Маркіна Л.М., Сомов Д.О.** Алгоритм роботи системи отримання і збереження інформації з Інтернет інтерфейсом на СУБД MySQL. 40
- Христинець Н.А., Цяпич Я.П.** Haml/Sass як розширення для Html/Css при верстці веб-сайтів. 46
- Цяпич Я.П., Каганюк О.К., Бортник К.Я.** Підвищення безпеки і якості обміну даних в хмарних серверах. 51
- Черкасець П.М., Шолом П.С., Каганюк О.К.** Підсистема зчитування штрих-кодів мобільного агента Pololu 3pi. 55
- Ящук А.А.** Методи захисту коду Net-програм. 61

ЗМІСТ

Автоматика та управління

- Боднар Д.І., Дутчак Б.І., Михальчук Р.І.** Деякі нерівності для середніх гармонійних, їх континуальні аналоги та застосування в системах автоматичного регулювання. 66
- Бортник К.Я.** Алгоритм розв'язання інтегральних рівнянь задачі теорії пружності для анізотропної пластинки з ламаною тріщиною. 71
- Грицюк Ю.В., Грицюк І.В., Здолбиський А.П.** Вплив специфічних живлячих напруг на ефективність роботи статичних тиристорних компенсаторів реактивної потужності. 77
- Гуменюк П.О., Гуменюк Л.О., Лотиш В.В.** Програмне забезпечення для керування фізичною моделлю автопоїзда. 84
- Жигаревич О.К., Сахнюк Н.В., Мороз С.М.** Об'єкт системи електротехнічних розрахунків для електроприладів 88
- Лотиш Я.В., Гуменюк Л.О., Лотиш В.В.** Комп'ютерна імітаційна модель сортувального пристрою з елементом нейроуправління. 93
- Максимович О.В., Іванюк Т.В.** Числовий підхід до розрахунку напружень у анізотропній півплощині з вирізами. 97
- Матвій Ю.Я.** Розподіл напружень у пружній матриці в околі довільно орієнтованих включень меншої жорсткості. 102
- Решетило А.О., Решетило О.М.** Аналіз існуючих автоматичних коробок перемикачів швидкостей автомобіля 109
- Грінченко Л. Г.** Поперечний згин тонкої ізотропної прямокутної плити , жорстко закріпленої на контурі. 115
- Рудь В.Д., Самчук Л.М., Повстяна Ю.С.** Модернізація реактора для здійснення свс-процесу пористих порошкових матеріалів 120
- Середа В.Ю.** Про модифікацію узагальненого методу розв'язання інтегральних рівнянь типу Фредгольма другого роду. 126
- Сомов Д. О., Сацик В. О., Смолянкін О.О., Грудецький Р.Я.** Розрахунок вібраційних модулів на оболонках високого тиску для дослідження порошкових матеріалів 132
- Тимошук В.М., Гуда О.В.** Дослідження впливу динамічних та конструктивних параметрів дебалансних віброзбудників на їх самосинхронізацію 138
- Федік Л.Ю.** Найбільш застосовуючі системи автоматизованого проектування 144
- Христинець Н.А.** Способи імітаційного моделювання в процесі теоретичного дослідження поведінки порошкових сумішей 148
- Човнюк Ю.В., Герасимчук Г.А., Гуменюк Ю.О., Діктерук М.Г.** Використання моделі математичного маятника в аналізі нелінійних коливань рами верстатів для динамічного балансування 153

Педагогічні науки

- Герасимчук О.О, Ліщина Н.М., Герасимчук Г.А.** Система рейтингової оцінки та обліку діяльності професорсько-викладацького складу ВНЗ. 160
- Губаль Г. М.** Педагогічний сценарій та його психологічні особливості у викладанні вищої математики 164
- Кабак В.В.** Засоби мультимедіа у процесі підготовки майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей. 170
- Лісковець С.М.** Про курс «Вища математика» з огляду історичного розвитку. 176
- Ліщина Н.М.** Проблеми та перспективи використання хмарних технологій в освітньому процесі. 181
- Панасюк Н.Л.** Управління процесом підвищення якості - передумова конкурентоспроможності та лідерства вищих технічних навчальних закладів. 186

Управління проектами

- Лепкий М.І., Подоляк В.М., Кошелюк В.А.** Інформаційні технології та їх роль в туристичній галузі волинської області 193

УДК 61:004.651(075.8)

І.Є.Андрушак

Луцький національний технічний університет

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ DECISION CURVE ANALISYS (DCA) В СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАДАЧ КЛІНІЧНОЇ МЕДИЦИНИ

І.Є.Андрушак. Програмна реалізація методу decision curve analisys (dca) в системі підтримки рішень для задач клінічної медицини. Робота присвячена адаптації до задач клінічної медицини та програмній реалізації методу DCA, що полягає у виборі оптимальної стратегії лікування виходячи із значень сукупної функції корисності. Метод має доступну графічну інтерпретацію, що робить можливим його використання на практиці.

Ключові слова: прийняття рішень, дерево рішень, Java, SQL.

И.Е.Андрушак Програмная реализация метода decision curve analisys (dca) в системе поддержки решений для задач клинической медицины. Работа посвящена адаптации к задачам клинической медицины и программной реализации метода DCA, который заключается в выборе оптимальной стратегии лечения исходя из значений совокупной функции полезности. Метод имеет доступную графическую интерпретацию, что делает возможным его использование на практике.

Ключевые слова: принятие решений, дерево решений, Java, SQL.

I.Ye.Andruschak. Program implementation of decision curve analisys (dca) in support system solutions for problems clinical medicine. The work is devoted to the problems of adaptation of clinical medicine and program implementation of DCA, which is to select the optimal treatment strategy based on the values of the aggregate utility function. The method has Graphical interpretation that makes possible its use in practice.

Keywords: decision making, decision tree, Java, SQL.

Клінічна медицина традиційно поділяється на діагностику, лікування та профілактику. З точки зору прийняття рішень діагностика та профілактика мають схоже призначення: клініцист має деяку інформацію і хоче знати, як вона пов'язана з реальним станом пацієнта – теперішнім (діагностика) або майбутнім (профілактика).

Ця інформація може бути у вигляді результатів обстежень (наприклад, ЕКГ, УЗД і ін.) або статистичної прогностичної моделі, що включає ряд змінних. Останні досягнення в галузі медичної біології, особливо геноміки, біоінформатики пропонують для діагностики та профілактики молекулярні маркери.

Традиційні біостатистичні методи для оцінки результатів обстежень, моделей та молекулярних маркерів є обмеженими. Традиційний біостатистичний підхід концентрується на точності, калібруванні та дискримінативності використовуючи такі метрики як чутливість, специфічність та площа під кривою (AUC, AUROC). Такі методи є математично простими, можуть застосовуватися як для неперервних, так і бінарних вхідних даних та в загальному мають інтуїтивну інтерпретацію.

Однак вони мають недостатню клінічну релевантність. Наприклад, наскільки великою повинна бути площа AUC, щоб обґрунтувати клінічне застосування прогностичної моделі? Або, наприклад, розглянемо випадок, коли результати обстеження збільшили специфічність на 10%, але зменшили чутливість на 5% порівняно із стандартною діагностичною методикою – яку ж діагностичну методику використовувати?

Відповідь на такі запитання залежить від наслідків конкретних клінічних рішень, прийнятих в результаті обстеження, моделі або маркеру. Так, коли методика обстеження була специфічнішою, але менш чутливою порівняно із стандартною, її значимість залежить від шкоди випадку пропуску захворювання порівняно із шкодою від лікування здорового пацієнта.

Традиційні методи прийняття рішень мають ряд суттєвих недоліків, що обмежують їх застосування в клінічних дослідженнях [Vickers, 2008]. По-перше, математичні методи можуть бути складними для пояснення клінічній аудиторії [4-6]. По-друге, багато прогностичних показників в медицині є неперервними, як наприклад, ймовірність на основі прогностичної моделі для рівня сироватки крові – такі прогностичні показники складно впровадити в процес прийняття рішень. По-третє, і найбільш критично, раціональний аналіз прийняття рішень переважно вимагає інформацію, яка є недоступною в реальних наборах даних.

Тому метою роботи є адаптувати для прийняття клінічних рішень та програмно реалізувати метод DCA, який володіє доступною графічною візуалізацією.

Метод DCA. Метод ґрунтується на принципі, що відносні шкоди від помилкових позитивів та помилкових негативів можуть бути виражені в термінах порогової ймовірності. Наприклад, пацієнту буде призначено біопсію, якщо ризик раку простати складає більше 20% і навпаки – не буде призначено, якщо ризик менше 20%. У цьому випадку можна показати, що шкода від пропущеного раку простати в чотири рази є більшою від шкоди, завданої від непотрібної біопсії. Тобто відношення шкод є відношенням невизначеностей для порогової ймовірності. Дана порогова ймовірність використовується для моделювання клінічних наслідків від вірних та помилкових позитивів на основі сукупної функції корисності (Net benefit):

$$B_{net} = \frac{TP}{n} - \frac{FP}{n} \left(\frac{p_t}{1-p_t} \right). \quad (1)$$

Тут B_{net} – сукупна функція корисності, TP , FP – вірно та помилково позитивні, n – загальна кількість пацієнтів, p_t – порогова ймовірність.

Далі шляхом зміни значення порогової ймовірності можемо побудувати «криву рішень» для будь-якої статистичної моделі, методики обстежень або молекулярних маркерів.

Слід зазначити, що модель, результат обстеження або маркер, що вивчаються, попередньо повинні бути конвертовані у ймовірність (наприклад раку при біопсії), що позначається \hat{p} : для бінарних обстежень ці ймовірності становлять 1 або 0 для позитивних та негативних результатів відповідно; для молекулярних маркерів рівні маркерів конвертуються у ймовірності на основі логістичної регресії.

Метод DCA може бути далі представлений у вигляді такого алгоритму [Vickers, 2006].

Вхідні дані: інформація про пацієнтів: кількість n , вектор діагнозів: $d = (d_1, \dots, d_n)^T$ та матриця результатів обстежень: $I = (I_1, \dots, I_n) \in R^{m \times n}$.

Тут $d_i = \begin{cases} 1, & \text{захворювання є} \\ 0, & \text{захворювання немає} \end{cases}$, $I_i \in R^m$ – діагностичні дані для кожного пацієнта, що

можуть бути перетворені у ймовірнісне значення, наприклад на основі логістичної регресії.

Вихідні дані: функції сукупної корисності для усіх моделей та стратегій: лікувати всіх, лікувати нікого як функції від порогової ймовірності.

Метод:

1. Вибираємо порогову ймовірність p_t .
2. Вважаємо, що пацієнт є позитивним, якщо $\hat{p} \geq p_t$.
3. Обчислюємо кількості вірно та помилково позитивних.
4. Обчислюємо сукупну функцію корисності.
5. Повторюємо кроки 1-4 на інтервалі значень p_t .
6. Повторюємо кроки 1-5 для усіх моделей та для стратегії лікувати всіх пацієнтів (тобто $\hat{p}=1$).
7. Для кожного значення порогової ймовірності вибираємо стратегію або модель з найбільшим значенням сукупної корисності.

Зауважимо, що метод може бути застосований не лише до чисельних вхідних даних про пацієнта, але й мультимедійних, наприклад, ЕКГ, ЕЕГ, УЗД, КТ, МРТ і ін., які повинні попередньо бути виражені в ймовірнісних значеннях.

Програмна реалізація. Метод реалізовано в програмному середовищі Netbeans в складі проекту HealthInsurance. З цією метою в пакеті healthinsurance створено клас Decision Curve Analysis, що походить з абстрактного класу medbioinvestigations.graph.GraphConstruction [7]. Вхідні дані зберігаються у вигляді хеш-таблиці m_htDCAdata, що має таку структуру:

Тип ключа	Int
Тип об'єкта	Node
Структура об'єкта	Перший нащадок – діагноз d_i ; другий нащадок – діагностичні дані l_i .

Дані для побудови кривих рішень зберігаються у двовимірному масиві `m_aNetBenefit` типу `double[][]`. У методі `init()` здійснено розрахунок сукупної корисності для стратегій лікувати всіх та нікого не лікувати, а також для моделі на основі формули (1). При реалізації абстрактного методу `public double f(int i, double x)`

повертається значення:

```
return m_aNetBenefit[strategy-
1][(int)Math.round(thresholdProbability*m_nPoints)];
```

де `strategy` – номер стратегії або моделі типу `int`, `thresholdProbability` – порогова ймовірність типу `double`, `m_nPoints` – кількість точок на графіку типу `int`.

Вхідні дані зберігаються у вигляді xml-файлу, що має таку dtd-структуру:

```
<!DOCTYPE medical_publication.body [
<!ELEMENT medical_publication.body (patient) *>
<!ELEMENT patient (тег_наявності_захворювання, тег_результату_обстеження) *>
<!ELEMENT тег_наявності_захворювання (#PCDATA) *>
<!ELEMENT тег_результату_обстеження (#PCDATA) *>
]>
```

Наприклад, дані про різницю систолічного та діастолічного артеріальних тисків для пацієнтів, яких буде використано для побудови кривої рішень при лікуванні серцевої недостатності, зберігаються у вигляді xml-файлу `dataPulseDifference.xml`:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<medical_publication.body>
<patient><heart_disease>0</heart_disease> <pulse_difference>40</pulse_difference></patient>
.....
<patient><heart_disease>1</heart_disease> <pulse_difference>60</pulse_difference></patient>
</medical_publication.body>
```

Програма-парсер здійснює синтаксичний аналіз xml-файлу з даними і зберігає їх у форматі Document Object Model (DOM) в об'єкті типу `Document` за допомогою такого методу.

```
public Document constructDOM(String url) {
    Document document = null;
    try {
        DocumentBuilderFactory factory = DocumentBuilderFactory.newInstance();
        DocumentBuilder builder = factory.newDocumentBuilder();
        document = builder.parse( new File(url));
    } catch (SAXException sxe) {
        // Error generated during parsing)
        Exception x = sxe;
        if (sxe.getException() != null)
            x = sxe.getException();
        x.printStackTrace(System.err);
    } catch (ParserConfigurationException pce) {
        // Parser with specified options can't be built
        pce.printStackTrace();
    } catch (IOException ioe) {
        // I/O error
```

```
ioe.printStackTrace(System.err);  
}  
return document;  
}
```

Далі структура DOM перетворюється в об'єкт типу NodeList шляхом створення вузлів з тегів patient. Для зручності використання в програмі із списку вузлів створюється хеш-таблиця:

```
for (int i=0; i<nl.getLength(); i++)  
    nodeDiagnosis = nl.item(i).getFirstChild();  
    nodeTest = nl.item(i).getLastChild();  
    m_htDCAdata.put(i, nl.item(i));  
}
```

Приклад. Метод апробовано на тестових даних 63 пацієнтів навчально-практичного центру первинної медико-санітарної допомоги Тернопільського державного медичного університету. Дані вводяться через xml-файл dataPulseDifference.xml. Графіки з отриманими сукупними функціями корисності наведено на рис.1:

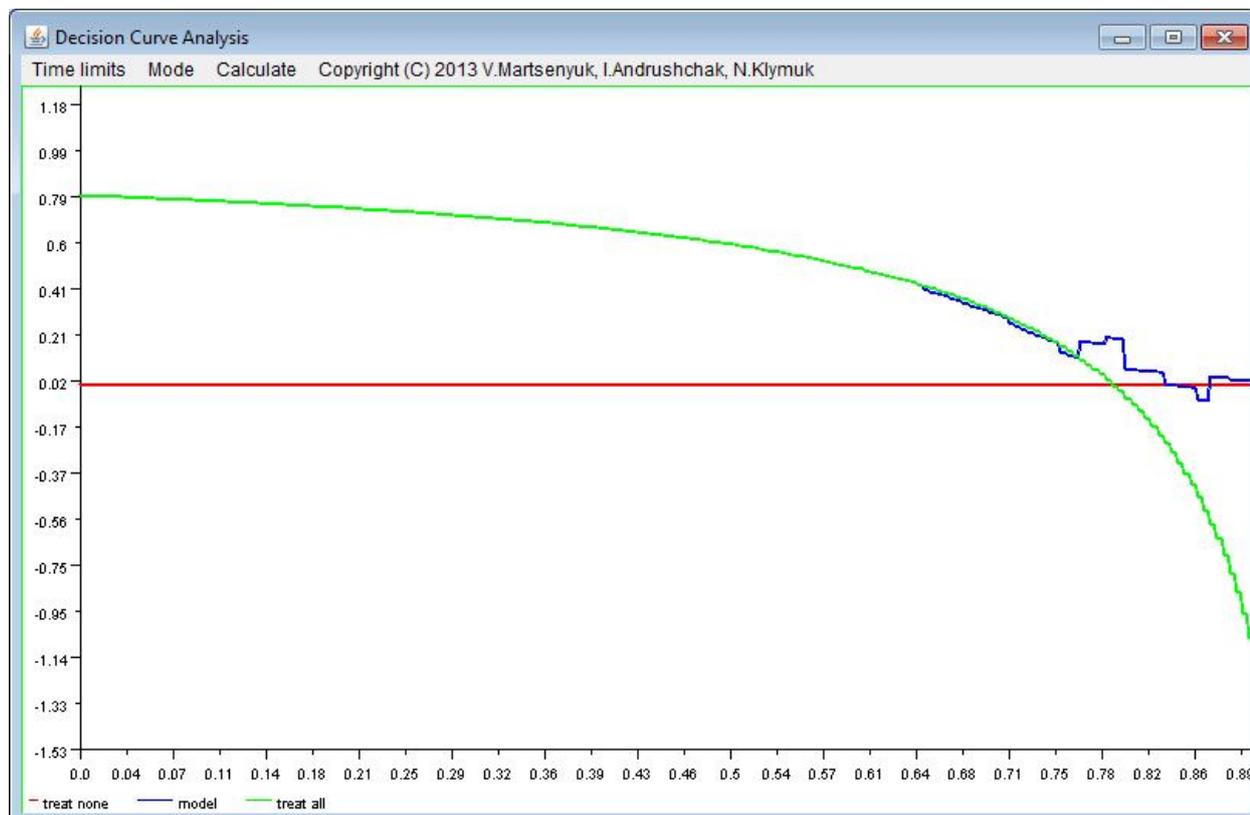
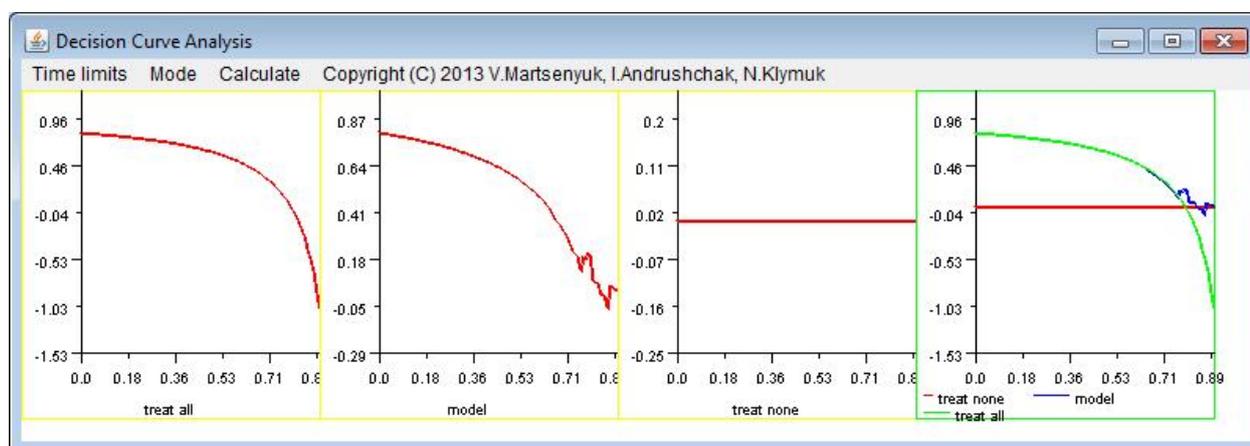


Рис.1. Сукупні функції корисності

Звідси робимо висновок, що при порогових ймовірностях для призначення лікування серцевої недостатності менших 0,75 лікування варто призначати всім. При порогових ймовірностях в межах від 0,75 до 0,84 та від 0,87 і вище лікування варто призначати лише тим пацієнтам, в яких ймовірність захворювання є вищою від порогової. При порогових ймовірностях від 0,84 до 0,87 не варто призначати лікування.

Висновки. В роботі представлено програмну реалізацію методу DCA з метою підтримки прийняття рішень щодо вибору оптимальної стратегії лікування. Порівняно із традиційними біостатистичними підходами такий метод має зрозумілу графічну візуалізацію та приводить до гнучкої стратегії, яка інтегрує в собі різні стратегії та моделі прийняття рішення залежно від значення порогової ймовірності.

Метод реалізовано у вигляді Netbeans-додатку з вхідними даними у вигляді xml-файлу, що робить можливим його використання в різноманітних Інтернет-проектах, пов'язаних з прийняттям рішень. Перспективним бачиться також застосування запропонованого програмного забезпечення для реалізації методу Regret DCA, що використовує regret-теорію [Tsalatsanis, 2010]

Список використаних джерел.

1. A.J. Vickers, A.M.Cronin, E.B.Elkin, M.Gonen Extensions to decision curve analysis, a novel method for evaluating diagnostic tests, prediction models and molecular markers, BMC Medical Informatics and Decision Making 2008, 8:53 doi: 10.1186/1472-6947-8-53
2. Vickers AJ, Elkin EB: Decision curve analysis: a novel method for evaluating prediction models. Med Decis Making 2006, 26(6):565-574.
3. Tsalatsanis et al.: A regret theory approach to decision curve analysis: A novel method for eliciting decision makers' preferences and decision making. BMC Medical Informatics and Decision Making 2010 10:51.
4. Марценюк В.П. Математичні моделі в системі підтримки прийняття рішень страхового забезпечення лікування онкологічних захворювань: підхід на основі динаміки Гомперца / В.П. Марценюк, І.Є. Андрущак, І.С. Гвоздецька, Н.Я. Климук // Доповіді Національної академії наук України. –2012. – №10. – С. 34-39.
5. Марценюк В.П. Підхід на основі актуарних математичних моделей до задач страхової медицини / В. П. Марценюк, І.Є. Андрущак, Н.Я. Климук // Медична інформатика та інженерія. Науково-практичний журнал. – 2010. – №4. – С. 85-87.
6. Марценюк В.П. О модели онкологического заболевания со временем пребывания на стадии в соответствии с распределением Гомперца / В.П. Марценюк, Н.Я. Климук // Проблемы управления и информатики. Международный научно-технический журнал . – 2012. – № 6. – С. 137-143.
7. Марценюк В.П., Семенець А.В. Медична інформатика. Інструментальні та експертні системи. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2004. – 222 с.

УДК 61:004.651(075.8)

І.Є.Андрущак

Луцький національний технічний університет

РОЗРОБКА КЛІНІЧНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ МЕТОДОМ ІНДУКЦІЇ ДЕРЕВА РІШЕНЬ

І.Є.Андрущак. Розробка клінічної експертної системи методом індукції дерева рішень. У роботі розглядаються питання програмної реалізації методу індукції дерева рішень на основі інформаційних показників. Такий підхід дозволяє розробити систему підтримки клінічних рішень. Проект реалізовано в середовищі Netbeans на основі Java-класів. Показано використання SQL-запитів для обчислення інформаційних показників.

Ключові слова: прийняття рішень, дерево рішень, Java, SQL.

И.Е.Андрущак. Разработка клинической экспертной системы методом индукции дерева решений. В работе рассматриваются вопросы программной реализации метода индукции дерева решений на основе информационных показателей. Такой подход позволяет разработать систему поддержки клинических решений. Проект реализован в среде Netbeans на основе Java-классов. Показано использование SQL-запросов для вычисления информационных показателей.

Ключевые слова: принятие решений, дерево решений, Java, SQL.

I.Ye.Andruschak. Clinical development of expert system the induction of decision trees. The paper deals with the software implementation of the method of induction of decision trees based on the information provided. This approach allows you to develop a system to support clinical decisions. The project was implemented in an environment based on Netbeans Java-classes. Shown using SQL-query to compute the information provided.

Keywords: decision making, decision tree, Java, SQL.

Вступ. В медицині поняття «диференціальної діагностики» означає системний підхід, що ґрунтується на доказовості, для визначення причини симптомів, що спостерігаються, у випадку, коли є кілька альтернативних пояснень, а також для зменшення переліку можливих діагнозів.

Сьогодні медичне діагностування може виконуватися автоматично з використанням комп'ютеризованих систем та алгоритмів. Такі системи переважно називаються діагностичними системами підтримки прийняття рішень або медичними діагностичними системами. Вони належать до загальнішого класу клінічних систем підтримки прийняття рішень [Марценюк, 2004-2012]. Метою таких систем є системний супровід лікаря в процесі диференціальної діагностики. Багато з таких систем можуть надавати результати навіть коли не вистачає даних, тобто в умовах невизначеності, і що найважливіше – вони не обмежені щодо кількості інформації, яку можуть зберігати та обробляти.

Одним з підходів, що відображає природній процес мислення при диференціальній діагностиці, є метод індукції дерева рішень. Протягом кінця 1970-х на початку 1980-х років J.R.Quinlan [Quinlan, 1986] розробив алгоритм побудови дерева рішень ID3 (ітеративний дихотомайзер). Пізніше J.R.Quinlan представив алгоритм C4.5 (наступник ID3), який став еталоном, з яким часто порівнюються новітні алгоритми в галузі машинних знань. У 1984 році група статистиків (L.Breiman, J.Friedman, R.Olshen, C.Stone) опублікували роботу щодо Classification and Regression Trees (CART) [Breiman, 1984], в якій описали побудову бінарних дерев рішень. Алгоритми ID3 та CART, незважаючи на те, що були розроблені незалежно і приблизно у той же час, реалізують подібний підхід до навчання дерев рішень на основі навчальних даних. При цьому дерева рішень будуються в результаті рекурсивної процедури типу «зверху-вниз». Більшість алгоритмів індукції дерев рішень також відповідають цьому загальному підходу. При цьому навчальна множина рекурсивно поділяється на менші підмножини по мірі того, як будується дерево.

Математично задача індукції дерева рішень формулюється таким чином. Маємо множину D , що містить N наборів навчальних даних. При цьому кожен i -й набір $(A_1^i, A_2^i, \dots, A_p^i, C^i)$ складається з вхідних даних – атрибутів A_1, \dots, A_p та вихідних даних – атрибуту класу C . Атрибути A_1, \dots, A_p можуть приймати як чисельні, так і категоріальні значення. Атрибут класу C приймає одне з K дискретних значень: $C \in \{1, \dots, K\}$. Метою є прогнозування деревом рішень значення атрибуту класу C на основі значень атрибутів A_1, \dots, A_p . При цьому слід максимізувати

точність прогнозування атрибуту класу, а саме $P\{C = c\}$ на термінальних вузлах для довільного $c \in \{1, \dots, K\}$. Алгоритми індукції дерев рішень автоматично розбивають на вузлах значення чисельних атрибутів A_i на два інтервали: $A_i \leq x_i$ та $A_i > x_i$, а категоріальних атрибутів A_j – на дві підмножини: $A_j \in S_j$, $A_j \notin S_j$. Розбиття чисельних атрибутів ґрунтується, як правило, на мірах на основі ентропії, або індексі Джині [Нап, 2001]. Процес розбиття рекурсивно повторюється до тих пір, поки не спостерігатиметься покращення точності прогнозування. Останній крок включає видалення вузлів для уникнення оверфітінгу моделі. В результаті ми повинні отримати множину правил, що йдуть від кореня до кожного термінального вузла, містять нерівності для чисельних атрибутів та умови включення для категоріальних атрибутів.

Метою роботи є розробити метод індукції дерева рішень з можливістю програмної реалізації у вигляді клінічної експертної системи.

Метод індукції дерева рішень. За основу взято таку рекурсивну процедуру роботи [Нап, 2001].

Генерація дерева рішень

Вхідні дані: D – множина навчальних наборів даних $(A_1^i, A_2^i, \dots, A_p^i, C^i)$.

Вихідні дані: дерево рішень

Метод:

1. Створити вузол N .
2. Якщо усі набори в D належать до спільного класу C , тоді повернути вузол N як листок із назвою класу C .
3. Якщо список атрибутів (а отже і D) є порожнім, тоді повернути вузол N як листок із назвою найпоширенішого класу в D .
4. Застосувати *Алгоритм відбору атрибуту* із списку атрибутів і для множини D з метою відшукування «найкращого» атрибуту поділу.
5. Видалити атрибут поділу із списку атрибутів.
6. Для кожної умови поділу j для атрибуту поділу розглянемо D_j – множину наборів з D , що задовольняють умову поділу j .
7. Якщо D_j – порожня, тоді приєднати до вузла N листок під заголовком найпоширенішого класу в D , інакше – приєднати до N вузол, що повертається рекурсивним викликом методу *Генерація дерева рішень* з вхідними даними D_j та список атрибутів.
8. Кінець циклу кроку 6.
9. Повернути вузол N .

В основу *Алгоритму відбору атрибуту* на j -му кроці рекурсії покладено такий інформаційний показник:

$$Gain(A_i) = Info(D_j) - Info_{A_i}(D_j). \quad (1)$$

Тут

$$Info(D_j) = -\sum_{k=1}^K p_k^j \log_2(p_k^j) \quad (2)$$

– інформація, потрібна для класифікації набору (A_1, A_2, \dots, A_p) в D_j ,

$$Info_{A_i}(D_j) = \sum_{l=1}^{K_i} \frac{\#(D_j^l)}{\#(D_j)} Info(D_l) \quad (3)$$

– інформація, потрібна для класифікації (A_1, A_2, \dots, A_p) в D_j після поділу D_j на підмножини D_j^l відповідно до значень атрибуту A_i .

У формулі (2) ймовірність того, що довільний набір з D_j належить множині C_{k,D_j} оцінюється як $p_k^j = \frac{\#(C_{k,D_j})}{\#(D_j)}$, де C_{k,D_j} – множина наборів з D_j , для яких атрибут класу $C = k$.

Тут $\#(\bullet)$ – кількість елементів в множині.

У формулі (3) $\frac{\#(D_j^l)}{\#(D_j)}$ – оцінка ймовірності того, що довільний набір з D_j належить множині D_j^l , де D_j^l – множина наборів з D_j , для яких атрибут $A_i = a_i^l$. Тут атрибут $A_i \in \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{K_i}\}$.

Отже, $Gain(A_i)$ оцінює зменшення інформації, необхідної для класифікації довільного набору даних в D_j за рахунок відомого значення атрибуту A_i . Таким чином з наявних атрибутів на кожному вузлі дерева рішень для умови поділу слід відбирати атрибут A_{i^*} з найбільшим значенням $Gain(A_{i^*})$. В результаті такого вибору для завершення процесу класифікації набору даних в D_j вимагатиметься найменше інформації.

Програмна реалізація. Метод реалізовано в середовищі розробки Netbeans на мові програмування Java. Базу навчальних даних розгорнуто на сервері MySQL. На рис.1 представлено концептуальну модель інформаційної системи. У класі DecisionTree безпосередньо реалізовано метод індукції дерева рішень. У клас DataManager надходять виклики від DecisionTree на виконання запитів до бази даних mysql щодо отримання навчальних даних.

База даних mysql складається з двох таблиць – таблиці attribute, призначеної для зберігання інформації про атрибути та таблиці categorized_data – для наборів навчальних даних. Структура таблиць на мові SQL для прикладу наведена нижче:

```
CREATE TABLE mysql.attribute (
    id integer not null unique,
    attribute_name varchar(25),
    attribute_field_name varchar(25),
    primary key (id)
) ENGINE=InnoDB;
CREATE TABLE mysql.categorised_data (
    id integer not null unique,
    A1 varchar(12),
    A2 varchar(8),
    A3 varchar(7),
    A4 varchar(7),
    A5 varchar(7),
    class varchar(8),
    primary key (id)
) ENGINE=InnoDB;
```

Програмні класи проекту включено до пакету decision_tree.model. Сюди входять: beans-класи Attribute, Attribute_for_list та CategorizedData для роботи з даними відповідних таблиць. SQL-запити щодо отримання відповідних даних, включаючи розрахунки інформаційних показників реалізовано в класі AttributeListPeer.

Клас DecisionTree є нащадком класу DefaultTreeModel пакету javax.swing.tree. Він має два елементи класу: m_dataManager – менеджер даних та m_htAttribute_list – хеш-таблиця із списком атрибутів. Хеш-таблиця із списком атрибутів (у методах класу DecisionTree виступає під назвою htAttribute_list) створюється для кожного вузла дерева рішень.

Вона має два призначення – поряд із списком включених для даного вузла атрибутів зберігати умови поділу (splitting conditions), які перейшли до даного вузла від вузлів-батьків.

Кожен вузол дерева рішень є об'єктом класу DefaultMutableTreeNode. В якості об'єкта кожен вузол зберігає об'єкт класу NodeObject, декларація якого наведена нижче:

```
class NodeObject {
    Attribute attribute;
    Hashtable htAttribute_list;
    String splitting_criterion;
    String sLabel;
    public String toString() {
        if (splitting_criterion.matches("")) { return sLabel; }
        else return "if " + splitting_criterion + " then " + sLabel + """; }
}
```

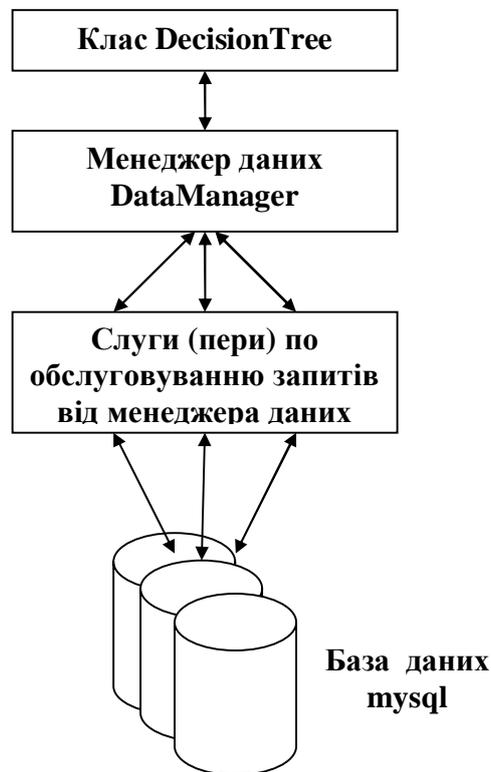


Рис.1. Концептуальна модель інформаційної системи індукції дерева рішень

Тут *attribute* – атрибут, який повертається методом *Attribute_selection_method*, *splitting_criterion* – умова поділу, яка переходить від батьківського вузла, *sLabel* – надпис на вузлі. Хеш-таблиця *htAttribute_list* використовується для побудови наборів навчальних даних D_j для кожного із вузлів і має таку структуру:

Тип ключа	int
Тип об'єкта	Attribute_for_list
Структура об'єкта	Attribute attribute; Hashtable htSplitting_outcomes; String splitting_criterion; boolean included;

Тут *included* – булева змінна-прапорець належності атрибуту *attribute* до списку атрибутів даного вузла. Можна показати, що коли *included=true*, то вузол з назвою *attribute* є для даного

вузла дочірнім (на певному нижчому рівні ієрархії). У випадку, коли атрибут `attribute` не входить до списку атрибутів для даного вузла (`included=false`), то вузол з назвою `attribute` є батьківським (на певному рівні ієрархії), а в змінній `splitting_criterion` зберігається умова поділу, якій підлягає даний вузол відносно батьківського вузла `attribute`.

Хеш-таблиця `htSplitting_outcomes` містить усі можливі наслідки (умови поділу) щодо атрибуту `attribute`.

Метод `Generate_decision_tree` є безпосередньою реалізацією методу індукції дерева рішень. Заголовок методу має вигляд:

```
private DefaultMutableTreeNode Generate_decision_tree (Hashtable htAttribute_list,
    DefaultMutableTreeNode dmtnSubroot, String splitting_criterion)
```

В якості аргументів метод використовує кореневий вузол дерева, список пов'язаних з ним атрибутів `htAttribute_list` та умову поділу `splitting_criterion`. В якості значення метод повертає дочірній вузол типу `DefaultMutableTreeNode`. Шляхом рекурсивного виклику методу `Generate_decision_tree` будується дерево рішень.

З метою візуалізації представлення дерева використано клас `javax.swing.JTree`. При цьому дерево рішень створюється виводиться за допомогою операторів:

```
dtDecision_tree = new DecisionTree(dmtnRoot, dataManager, htAttribute_list);
jTree1.setModel(dtDecision_tree);
```

SQL-реалізація розрахунку інформаційних показників. Ключовим в реалізації методу `Attribute_selection_method` є розрахунок інформаційних показників $Info(D_j)$ та $Info_{A_i}(D_j)$ на j -му кроці рекурсії для атрибута A_i . Так показник $Info(D_j)$ розраховується методом:

```
public double getInfoD$(DataManager dataManager, Hashtable htAttribute_list).
```

Зауважимо, що множина наборів D_j тут описується хеш-таблицею `htAttribute_list`, з якої отримуємо перелік включених атрибутів `sAttribute_list` та умов поділу `sConditions`.

Мова структурованих запитів SQL має досить гнучкі засоби для реалізації алгоритмів в галузі машинних знань [??]. Так використавши вкладені запити, псевдоніми та агрегативні функції можна розрахувати $Info(D_j)$ в результаті виконання такого SQL-запиту:

```
String sql = "select -SUM((Alias1.Ci/Alias2.D)*(LOG(Alias1.Ci/Alias2.D)/LOG(2))) from " +
"(select SUM(1) as Ci from (select " + sAttribute_list + ",class from categorised_data " +
(sConditions.matches(""))?"" : " where " + sConditions) + ")Alias3 group by Alias3.class)Alias1, " +
"(select SUM(1) as D from (select " + sAttribute_list + " from categorised_data " +
(sConditions.matches(""))?"" : " where " + sConditions) + ")Alias4)Alias2";
```

Показник $Info_{A_i}(D_j)$ розраховується методом:

```
public static double getInfo_A$(DataManager dataManager, int i, Hashtable htAttribute_list)
```

Остаточо $Info_{A_i}(D_j)$ обчислюється в результаті виконання такого SQL-запиту:

```
String sql = "select SUM((Alias1.Dj/Alias2.D)*Alias3.InfoDj$) from " + "(select SUM(1) as Dj from
(select * from categorised_data " + (sConditions.matches(""))?"" : " where " + sConditions) + ")Alias6
group by Alias6." + ((Attribute_for_list)htAttribute_list.get(A)).attribute.getAttributeFieldName() +
")Alias1, " + "(select SUM(1) as D from (select " + sAttribute_list + " from categorised_data " +
(sConditions.matches(""))?"" : " where " + sConditions) + ")Alias7)Alias2, " + "(select -
SUM((Alias4.Ci/Alias5.D)*(LOG(Alias4.Ci/Alias5.D)/LOG(2))) as InfoDj$ from " + "(select SUM(1)
as Ci from (select " + sAttribute_list + ",class from categorised_data " + (sConditions.matches(""))?"" :
" where " + sConditions) + ")Alias8 group by Alias8.class)Alias4, " + "(select SUM(1) as D from (select
+ sAttribute_list + " from categorised_data " + (sConditions.matches(""))?"" : " where " + sConditions) +
")Alias9)Alias5)Alias3";
```

Приклад. Метою є побудувати дерево рішень щодо діагностування серцевої недостатності на основі даних 63-х пацієнтів навчально-практичного центру первинної медико-санітарної

допомоги Тернопільського державного медичного університету імені І.Я.Горбачевського. Використано таку таблицю атрибутів:

```
INSERT INTO mysql.attribute (id, attribute_name, attribute_field_name) VALUES (1, 'What is age?', 'A1'), (2, 'What is sex?', 'A2'), (3, 'What is pulse?', 'A3'), (4, 'What is SAP?', 'A4'), (5, 'What is DAP?', 'A5');
```

Набори включають лише категоріальні дані (попередньо оброблені), наприклад:

```
INSERT INTO mysql.categorised_data (id, A1, A2, A3, A4, A5, class) VALUES (1, 'senior', 'female', 'normal', 'high', 'high', 'healthy');
```

На рис.2 представлено побудоване дерево рішень. Час, затрачений на індукування дерева – 860 мілісекунд.

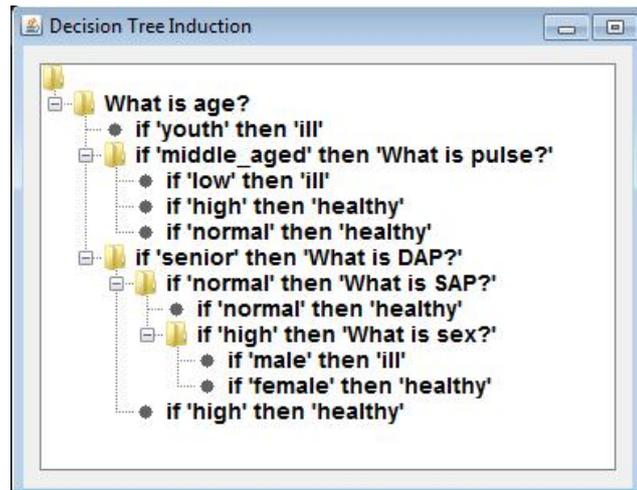


Рис.2. Дерево рішень для діагностування серцевої недостатності

Висновки. У роботі розглянуто питання програмної реалізації методу індукції дерева рішень на основі інформаційних показників.

На прикладі продемонстровано, що такий підхід дозволяє розробити систему підтримки клінічних рішень.

Показано, що мова SQL має достатні синтаксичні можливості, що дозволяють розрахувати інформаційні показники на основі таблиць баз даних.

За рахунок використання Java-класів дана реалізації методу індукції дерева рішень є веб-інтегрованою.

Перспективами досліджень є аналіз продуктивності програмного продукту залежно від кількості атрибутів та обсягу наборів навчальних даних.

Список використаних джерел.

1. J.Han and M.Kamber, Data Mining: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann, San Francisco, 1st edition, 2001.
2. T.Hastie, R.Tibshirani and J.H.Friedman, The Elements of Statistical Learning, Springer, New York, 1st edition, 2001.
3. C.Ordonez, Comparing association rules and decision trees for disease prediction, In Proc. ACM NIKM Workshop, 2006, pp. 17-24.
4. C.Ordonez, Integrating K-means clustering with a relational DBMS using SQL, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering (TKDE) 18(2) (2006), 188-201.
5. J.R.Quinlan. Induction of decision trees. Machine Learning, 1: 81-106, 1986.
6. J.R.Quinlan. C4.5: Programs for Machine Learning. Morgan Kaufmann, 1993.
7. L.Breiman, J.Friedman, R.Olshen, and C.Stone. Classification and Regression Trees. Wadsworth International Group, 1984.
8. Марценюк В.П., Кравец Н.О. О программной среде проектирования интеллектуальных баз данных // Клиническая информатика и телемедицина – 2004. – №1. – с.47-53.
9. Марценюк В.П. Математичні моделі в системі підтримки прийняття рішень страхового забезпечення лікування онкологічних захворювань: підхід на основі динаміки Гомперца / В.П. Марценюк, І.Є. Андрущак, І.Є. Гвоздецька, Н.Я. Климук // Доповіді Національної академії наук України. –2012. – №10. – С. 34-39.
10. Марценюк В.П. Підхід на основі актуарних математичних моделей до задач страхової медицини / В. П. Марценюк, І.Є. Андрущак, Н.Я.Климук // Медична інформатика та інженерія. Науково-практичний журнал. – 2010. – №4. – С.85-87.

УДК 621.391
С.В. Гринюк, О.І. Міскевич
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ ПОСИМВОЛЬНОГО СТИСНЕННЯ ТЕКСТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ В АДРЕСНИХ БАЗАХ ДАНИХ

Гринюк С.В., Міскевич О.І. Дослідження алгоритму посимвольного стиснення текстової інформації в адресних базах даних. В статті розглядається посимвольне стиснення інформації в адресних базах даних на основі модифікованого алгоритму Хаффмана. Даний алгоритм покращує показники ефективності стиснення текстової інформації в базах даних, що сприятиме зменшенню вартості їх зберігання та передачі.

Ключові слова: стиснення даних, алгоритм хаффмана, блочно-статистичний алгоритм, бази даних.

Гринюк С.В., Міскевич О.И. Исследование алгоритма посимвольного сжатия текстовой информации в адресных базах данных. В статье рассматривается символьная сжатия информации в адресных базах данных на основе модифицированного алгоритма Хаффмана. Данный алгоритм улучшает показатели эффективности сжатия текстовой информации в базах данных, что приведет к уменьшению стоимости их хранения и передачи.

Ключевые слова: сжатие данных, алгоритм Хаффмана, блочно-статистический алгоритм, базы данных.

Grinjuk S., Miskevuch O. Research compression algorithm spelling of text information in the address database. The article rohlyadayetsya character-compression in the address database based on modified Huffman algorithm. This algorithm improves the compression performance of text information in databases to help reduce the cost of storage and transmission.

Keywords: data compression, Huffman algorithm, block-statistical algorithm database.

Вступ. Інформація – це не просто наукова категорія, а комерційна, яка є таким же принциповим фактором розвитку, як сировина, енергія. Тепер для відновлення запасів сировини і енергії людство гостро потребує інформації. Інформація відкриває нові шляхи більш раціонального та економного отримання коштів для подальшого науково-технічного прогресу, розвитку всіх сфер людської діяльності.

Інформаційні ресурси – продукт інтелектуальної діяльності найбільш кваліфікованої й творчо активної частини працездатного населення. Таким чином необхідне знаходження та застосування принципово нових методів і засобів сприйняття, передачі, обробки, зберігання і розповсюдження інформації, здатних оперувати з великими масивами інформації в реальному часі.

В даний час це реалізовано – на базі комп'ютерів створена інформаційна індустрія, що визначила перехід до без паперових технологій обміну інформацією на основі відеотелефонів, факсимільної передачі документів, електронної пошти, телеконференцій, локальних і глобальних мереж передачі даних, супутникового зв'язку, баз і банків даних, інформаційно-пошукових систем, автоматизованих робочих місць.

У зв'язку з великими обсягами інформації актуальним стало питання їх економного зберігання та передачі. Інтерес до задачі стиснення даних в СУБД спочатку був обумовлений прагненням зменшити фізичний обсяг баз даних. Ціна підсистеми вводу-виводу становила основну частину вартості апаратури. Тому при належному інтегруванні в СУБД методів стиснення без втрат даних досягалася значна економія.

Постановка проблеми. Характерною особливістю більшості типів даних є їх надлишковість. Коли мова йде про зберігання та передачу інформації засобами комп'ютерної техніки, то надлишковість відіграє негативну роль, оскільки вона приводить до зростання вартості зберігання та передачі інформації.

Особливо актуальною є ця проблема у випадку необхідності обробки величезних обсягів інформації при незначних об'ємах носіїв даних. У зв'язку з цим постійно виникає проблема позбавлення надлишковості або стиснення даних.

Основний принцип, на якому базується стиснення даних, полягає в економічному описі повідомлення, згідно якому можливе відновлення початкового його значення з похибкою, яка контролюється [1, 3].

Основоположником науки про стиснення інформації прийнято рахувати Клода Шеннона. Його теорема про оптимальне кодування показує, до чого потрібно прагнути при кодуванні інформації і на скільки та або інша інформація при цьому стиснеться.

Один з перших алгоритмів ефективного кодування інформації був запропонований Д. А. Хаффманом в 1952 році. Ідея алгоритму полягає в наступному: знаючи ймовірності
© Гринюк С.В., Міскевич О.І.

символів у повідомленні, ми можемо описати процедуру побудови кодів змінної довжини, що складаються з цілої кількості бітів. Символам з більшою ймовірністю ставляться у відповідність коротші коди. Коди Хаффмана мають властивість префіксності (тобто жодне кодове слово не є префіксом іншого), що дозволяє однозначно їх розкодувати.

Класичний алгоритм Хаффмана на вході отримує таблицю частот зустрічальності символів у повідомленні. Далі на підставі цієї таблиці будується дерево кодування.

Питання економного кодування інформації в системах управління базами даних було поставлено в першій половині 1970-х років [8], але воно не втратило актуальності і до сих пір. Багато сучасних дослідників відзначають недостатню теоретичну опрацьованість проблеми і неефективність підтримки стиснення даних в промислових СУБД [6].

Застосування в СУБД економного кодування без втрат інформації призводить до ряду позитивних результатів. Найбільш очевидним ефектом є зменшення фізичного розміру бази даних, журнальних та архівних файлів. Але також часто досягається збільшення швидкості виконання запитів і зниження вимог до обсягу оперативної пам'яті, що відзначається практично у всіх роботах в даній галузі знань. Тому ефективна реалізація підтримки стиснення даних істотно покращує якість СУБД.

Економне кодування сприяє криптографічному захисту інформації. Усунення статистичної надмірності підвищує криптостійкість алгоритмів шифрування інформації і часто є попереднім етапом в схемах шифрування даних [59].

Для застосування в СУБД потрібні специфічні методи і прийоми економного кодування, оскільки звичайні методи не задовольняють ряду вимог. Практична цінність реалізації досягається тільки при забезпеченні швидкого доступу до довільного запису або елемента даних. Затребувані так звані методи стиснення зі збереженням упорядкованості, що дозволяють виконувати операції порівняння без декодування даних [5, 7].

Проблема реалізації стиснення в СУБД має також такі аспекти, як оптимізація виконання запитів до стиснених даних, ефективне стиснення результатів виконання запитів, економне кодування метаданих, оцінка доцільності стиснення окремих елементів, вибір алгоритму стиснення і його параметрів з урахуванням типових запитів і характеру даних.

Великі обсяги інформації, що збирається, і вимоги до скорочення строків її надання споживачам обумовлюють необхідність використання для її обробки та узагальнення сучасної електронної техніки. Для зберігання, автоматизації та узагальнення інформації створюються спеціальні банки даних.

Ефективний та відкритий доступ до інформаційних ресурсів базується на використанні інформаційного сервісу глобальної мережі Інтернет, тобто на основі Web-технологій. З цією метою розробляються системи для роботи зі структурами метаданих, що забезпечують збір і розподіл експериментальних даних і результатів тематичної обробки, при цьому архів об'єднується з регіональними центрами глобальною мережею Інтернет. Важливим елементом є розробка структури інтерфейсу, архівування та мережевого обміну даними. Це вимагає розвитку пошукових систем та реалізації вилученого інтерактивного доступу зовнішніх користувачів по мережі Інтернет до даних і електронних каталогів, надання користувачам можливості для інтерактивного доступу до них в режимі on-line [2, 4].

Метою роботи є дослідження модифікованого алгоритму Хаффмана.

Методи стиснення даних можна розділити на два типи:

1. Методи без спотворення (loseless) - методи стиснення (звані також методами стиснення без втрат) гарантують, що декодовані дані будуть в точності збігатися з вихідними;
2. Методи з втратами (lossy) - методи стиснення (звані також методами стиснення з втратами) можуть спотворювати вихідні дані, наприклад за рахунок видалення несуттєвою частини даних, після чого повне відновлення неможливо [40].

Методи стиснення даних без втрат інформації засновані на усуненні надмірності подання інформації. Економне кодування досягається за рахунок подання малої ймовірних подій більш довгими словами, чим подій з високою ймовірністю настання. Якщо ймовірність настання події дорівнює p , то, відповідно до теореми Шеннона про кодування

джерела інформації, така подія найвигідніше кодувати словом завдовжки $-\log_2 p$ бітів. Методи стиснення даних явно або неявно спираються на цей факт.

В результаті процесу економного кодування одиниці вихідних даних (символу, слову, рядку, числу і т.п.) ставиться у відповідність так зване кодове слово. Кодове слово складається з послідовності цифр, звичайно двійкових. Сукупність усіх кодових слів утворює код. Якщо довжини всіх кодових слів однакові, то використовується код має фіксовану (постійну) довжину, інакше -змінну. Якщо вихідні дані можуть бути однозначно відновлені по масиву відповідних кодових слів, то кодування не призводить до втрати інформації.

Ефективність стиснення як характеристика скорочення розміру подання інформації щодо початкового визначається ступенем стиснення. Ступінь стиснення приймається рівною відношенню обсягу вихідних даних до обсягу відповідних їм стиснутих даних і вимірюється в бітах.

Алгоритм Хаффмана. Алгоритм Хаффмана – є адаптивним алгоритмом оптимального префіксного кодування алфавіту з мінімальною надмірністю.

В даний час використовується в багатьох програмах стиснення даних.

Цей метод кодування складається з двох основних етапів:

1. Побудова оптимального кодового дерева.
2. Побудова відображення код-символ на основі побудованого дерева.

Один з перших алгоритмів ефективного кодування інформації був запропонований Д. А. Хаффманом в 1952 році. Ідея алгоритму полягає в наступному: знаючи ймовірності символів у повідомленні, можна описати процедуру побудови кодів змінної довжини, що складаються з цілої кількості бітів. Символам з більшою ймовірністю ставляться у відповідність коротші коди. Коди Хаффмана мають властивість префіксності (тобто жодне кодове слово не є префіксом іншого), що дозволяє однозначно їх декодувати.

Класичний алгоритм Хаффмана на вході отримує таблицю частот зустрічальності символів у повідомленні. Далі на підставі цієї таблиці будується дерево кодування Хаффмана [7].

1. Символи вхідного алфавіту утворюють список вільних вузлів. Кожен лист має вагу, який може дорівнювати або ймовірності, або кількості входжень символу в повідомлення що стискається.
2. Вибираються два вільних вузла дерева з найменшими вагами.
3. Створюється їх батько з вагою, рівною їх сумарній вазі.
4. Батько додається в список вільних вузлів, а два його нащадка видаляються з цього списку.
5. Одній дузі, котра виходить з батьківського вузла, ставиться у відповідність біт 1, інший - біт 0.
6. Кроки, починаючи з другого, повторюються до тих пір, поки в списку вільних вузлів не залишиться тільки один вільний вузол. Він і буде вважатися коренем дерева.

На відміну від алгоритму Шеннона - Фано, алгоритм Хаффмана залишається завжди оптимальним і для вторинних алфавітів з більш ніж двома символами.

Класичний алгоритм Хаффмана має ряд істотних недоліків. По-перше, для відновлення вмісту стиснутого повідомлення декодер повинен знати таблицю частот, якою користувався кодер. Отже, довжина стиснутого повідомлення збільшується на довжину таблиці частот, яка повинна надсилатися попереду даних, що може перекреслити всі зусилля зі стиснення повідомлення. Крім того, необхідність наявності повної частотної статистики перед початком власне кодування потребує двох проходів за повідомленням: одного для побудови моделі повідомлення (таблиці частот і Н-дерева), іншого для кодування.

Стиснення інформації є однією з тих проблем, яка нерозривно пов'язана з обробкою даних з використанням засобів обчислювальної техніки. Текст і звук, графіка і відео - для кожного з цих видів інформації існують свої найбільш відповідні методи стиснення. Метою процесу стиснення, як правило, є отримання компактнішого способу представлення початкових даних, який мінімізує об'єм займаної пам'яті за допомогою деякого їх перетворення.

Існує декілька різних підходів до проблеми стиснення інформації, які базуються або на складних математичних алгоритмах або засновані на властивостях інформаційного потоку і алгоритмічно досить прості. Проте усі способи стиснення можна розділити на дві категорії:

оборотне і безповоротне стиснення. У першому випадку можливо повне і безпомилкове відновлення початкових даних, які були піддані стисненню. У другому - це неможливо.

Проте з точки зору практичного застосування результат, отриманий в процесі стиснення, може бути цілком задовільний, наприклад, для графіки або звукових повідомлень.

Особливий інтерес викликає застосування методів стиснення у базах даних для зменшення об'єму текстових полів. По-перше, для таких даних неприпустимо використання алгоритмів безповоротного стиснення, а по-друге, застосування алгоритмів, закладених в широко відомих архіваторах, наприклад, RAR або ZIP, є неефективним з причини того, що стисненню піддаються текстові поля невеликого об'єму і в цьому випадку отриманий при стисненні результат, з урахуванням даних для декодування, може займати об'єм пам'яті більший, ніж початкові дані.

Одним з ефективних методів, який застосовується у базах даних для стиснення, є класичний алгоритм Хаффмана, що базується на знанні частоти розподілу символів в тексті і дає в результаті, набір кодів змінної довжини для усього вхідного алфавіту. В результаті цього, хоча окремі символи і рідко зустрічаються у тексті, з причини їх довгої кодової послідовності, середня довжина коду символу може бути досить великою.

Блок-схема модифікованого алгоритму зображена на рис. 1.

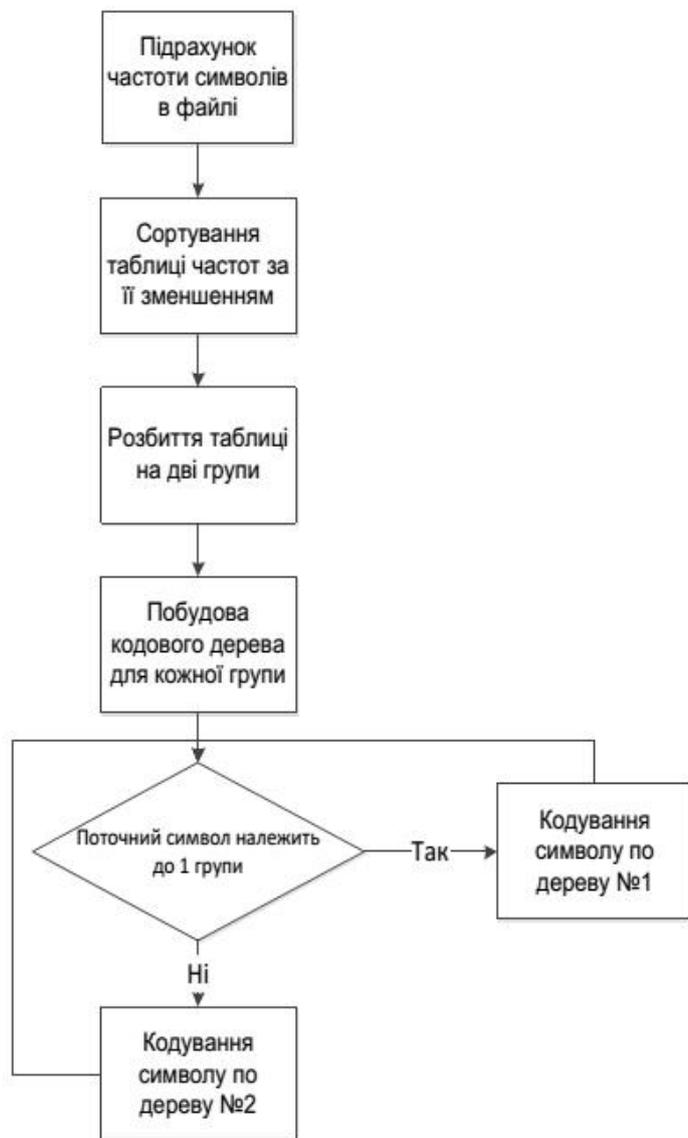


Рис. 1 – Блок-схема модифікованого алгоритму Хаффманна

Висновки. Основною ідеєю алгоритму Хаффмана є те, що можна кодувати всі символи різним числом біт. Символи, які зустрічаються частіше, будуть закодовані меншим числом біт, ніж ті, які зустрічаються рідше. Отриманий код буде оптимальний або, іншими словами, мінімально-надлишковий. Алгоритм Хаффмана - є адаптивним алгоритмом оптимального префіксного кодування алфавіту з мінімальною надмірністю. Є одним з перших алгоритмів ефективного кодування інформації.

Список використаних джерел

1. Артюшенко В. Цифровое сжатие информации / Артюшенко В. М., Шелухин О.И. – М.: Дашков и Ко, 2004. – 426 с.
2. Мартынов Н. Информатика. С для начинающих / Мартынов Н. - М.: Кудиц-Образ, 2006. – 304с.
3. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение / Морелос-Сарагоса Р. – М.: Техносфера, 2006. – 320с.
4. Семанов Ю. Телекоммуникационные технологии / Семенов Ю. – М.:Бином. Лаборатория знаний, 2007. – 640с.
5. Cannane A. A General-Purpose Compression Scheme for Databases / Cannane A., Williams H. E., Zobel J. - Proc. IEEE Data Compression Conference, p. 519, 1999.
6. Chen Z., Query Optimization in Compressed Database Systems / Chen Z., Gehrke J., Korn F. - Proc. 2001 ACM-SIGMOD Int. Conf. Management of Data, pp. 271-282, Santa Barbara, CA, May 2001.
7. Cormack G. Data Compression in Database Systems / Cormack G. - Comm. of ACM, 28(12):1336-1342, December 1985.
8. Moffat A. Coding for compression in full-text retrieval systems / Moffat A., Zobel J. - In Proc. IEEE Data Compression Conference, pp. 72-81, Snowbird, Utah, March 1992. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California.
9. Roth M., Database compression / Roth M., Van Horn S. - ACM SIGMOD Record, 22(3):31-39, Sept. 1993.

УДК 004.9

О.К. Жигаревич

Луцький національний технічний університет

МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДБОРУ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЕКОСИСТЕМ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Жигаревич О.К. Метод дослідження підбору літературних джерел екосистем програмного забезпечення. У статті розглядається картографічне дослідження для екосистем програмного забезпечення, як підхід до аналізу літературних джерел.

Ключові слова: Програмне забезпечення, картографічне дослідження, екосистема програмного забезпечення, регресивне тестування, оцінка якості.

Жигаревич О.К. Метод исследования подбора литературных источников экосистем программного обеспечения. В статье рассматривается картографическое исследование для экосистем программного обеспечения, как подход к анализу литературных источников.

Ключевые слова: Программное обеспечение, картографическое исследование, экосистема программного обеспечения, регрессивное тестирование, оценка качества.

Zhyharevych O.K. The method of selection of research literature ecosystems software. The article deals with mapping study ecosystems software like approach to the analysis of the literature.

Keywords: The software mapping study ecosystem of software regression testing, quality assessment.

Систематичне картографічне дослідження (або картографічне дослідження) є одним з видів систематичного огляду літератури (SLR), який створений для того, щоб забезпечити широкий огляд області дослідження, встановити чи відповідають темі проведені дослідження (Кітченхам та Чартерз, 2007). Розглядається картографічне дослідження, як підхід до аналізу літературних джерел, щоб узагальнити поточний стан досліджень і визначити більш перспективні напрямки, які не вимагають глибокого аналізу і синтезу. При проведенні дослідження використовували методологію SLR, та давали посилання на інструкції надані Кітченхам та Чартерз (2007).

В контексті аналізу програмного забезпечення, термін програмне забезпечення екосистеми визначається, як «сукупність програмних систем, які розробляються і спільно розвиваються в тому ж середовищі». Навколишнє середовище може бути організаційна (компанія), соціальні (з відкритим вихідним кодом співтовариство), або технічна (Рубін екосистема). Метафора екосистема використовується для того, щоб позначати аналіз, який бере до уваги кількох програмних систем . Найбільш часті з таких аналізів є статичний аналіз вихідного коду з компонентних систем екосистеми. [1]

Постановка наукової проблеми.

Уточнення питань дослідження літературних джерел є найбільш важливим моментом в будь-якому систематичному огляді (Кітченхам та Чартерз, 2007). Питання дослідження класифікуються у три категорії:

- загальні питання (GQ);
- сфокусовані питання (FQ);
- статистичні питання (SQ).

Таблиця 1. Формулювання питань дослідження

Посилання (Скорочення)	Запитання
Загальні запитання (General Questions)	
GQ1	Яка кількість зацікавлених осіб залучені до регресивного тестування?
GQ2	Які труднощі постають при регресивному тестуванні веб-сервісу? Скільки на даний момент вже було опрацьовано?
GQ3	До яких сервісів та стандартів сервісів звертаються техніки регресивного тестування?
GQ4	Які методики та методи регресивного тестування використовуються?
GQ5	Які методи застосовуються для перевірки дослідження?
Напрявлені запитання (Focused Questions)	

FQ1	Які методи використовуються для пріоритизації тестових завдань веб-сервісів?
FQ2	Які методи використовуються для вибору тестових завдань веб-сервісів?
FQ3	Які техніки використовуються для зменшення розміру тестового комплексу(набору) у веб-сервісі?
Статистичні запитання (Statistical Questions)	
SQ1	Наскільки активно велися дослідження регресивного тестування веб-сервісів в останні роки?
SQ2	Коли дослідження були опубліковані?

GQs стосується універсальних завдань регресивного тестування в SOA і веб-службі. GQ1 стосується питання *хто* приймає участь у процесі тестування, так як ресурси для тестування розподілені між різними операндами. Це є домінуючим фактором, який буде безпосередньо впливати на прийняття стратегії регресійного тестування. GQ2 стосується питання *чому* методи регресійного тестування необхідні стосовно нових завдань, яких не існує в традиційному середовищі тестування програмного забезпечення. GQ3 стосується питання *«що»* було досліджено, не тільки послуги, або системи засновані на обслуговуванні, які перевіряються (SUT), а й основні стандарти для реалізації SUT. GQ4 стосується питання *«як»* провести регресивне тестування за допомогою певних технік та методів. Нарешті, GQ5 перевірка надійності запропонованих методів.

FQS відповідає за вирішення проблем притаманної для методів регресивного тестування у веб-службах. Всі питання в FQS вибрані так, щоб можна повністю сформулювати відповідь на GQ4. FQ1 стосується *«як»* взаємозв'язані контрольні приклади для поліпшення їх здатності виявляти несправності. FQ2 стосується того *«як»* здійснювати вибірку тестових завдань у випадку, якщо були зміни у представленні інформації. FQ3 стосується того *«як»* зменшити розмір тестового пакета відповідно до певних вимог. [2]

З точки зору статистики публікації, SQS пропонує інший спосіб підбиття підсумків цього дослідження. SQ1 і SQ2 стосуються питань коли і де були опубліковані наукові статті. Очікується, що вони забезпечують не тільки напрямок дослідження, а й науково-дослідницьку зрілість цієї теми.

Наступним кроком є процес пошуку повного набору первинних досліджень, пов'язаних питаннями дослідження використовуючи об'єктивну стратегію пошуку. Цей процес включає в себе стратегію пошуку, включаючи утворення ключових слів для пошуку, та визначення області пошуку.

Утворення ключових слів для пошуку літературних джерел по програмному забезпеченню.. Для отримання кращих і точніших результатів пошуку інформації, необхідно удосконалити та оптимізувати групи ключових слів. Кітченхам та Чартерз (2007) запропонували розбивати питання пошуку на окремі аспекти тобто на одиниці пошуку де їх синоніми, аббревіатури, і альтернативні варіанти написання уже враховані, а потім об'єднані логічними операторами. Критерій KBP (Користувачі, Втручання, і Результат) є способом для визначення таких пошукових одиниць (Петтіку і Робертс 2005). Представлена інформація містить зміни, які пов'язані з технологіями та стандартами. За правилами подання інформації і визначаємо ключові слова таким чином:

Користувачі. (i) Поняття пов'язані з технологією. веб-сервіс (ws), 6 Java веб-сервіс, веб-сервіс RESTful, оснований на сервісі, орієнтований на сервіс, складний веб-сервіс, складний сервіс, бізнес-процес, архітектура орієнтована на сервіс (SOA), обчислення орієнтовані на сервіс (SOC), оркестровка, хореографія. (ii) Поняття пов'язані з стандартами. SOAP, WSDL, UDDI, BPEL [WS-BPEL, BPEL], 7 BPMN, OWL-S, WS-CDL, SLA, WS-угоди.[3]

Втручання стосується специфічної проблеми у методології програмного забезпечення (або технології, інструменту, процедури). Стосовно методів регресивного тестування згаданих у цьому огляді, ми визначаємо ключові слова втручання таким чином:

Втручання. Регресивне тестування, тест регресії, тест [сукупність даних тестування, набір тестів] відбір, випробування [сукупність даних тестування, набір тестів] мінімізація {скорочення}, 8 тест [сукупність даних тестування, набір тестів] пріоритизація.

Результати пов'язані з факторами важливості значення для практиків (наприклад,

підвищену надійність). Що стосується регресивного тестування знань студентів, це може стосуватися зниження вартості тестування, зменшення часу для виконання тестування, зменшення кількості сукупності даних тестування для максимального охоплення модифікації. Оскільки для одиниці пошуку не обов'язково обмежувати результати пошуку, ми не включаємо результати стосовно термінів пошуку.

6A (б) означає, що б це аббревіатура а.

7A [б] означає, що б це альтернативне написання а.

8A {B} означає, що б це синонім а.

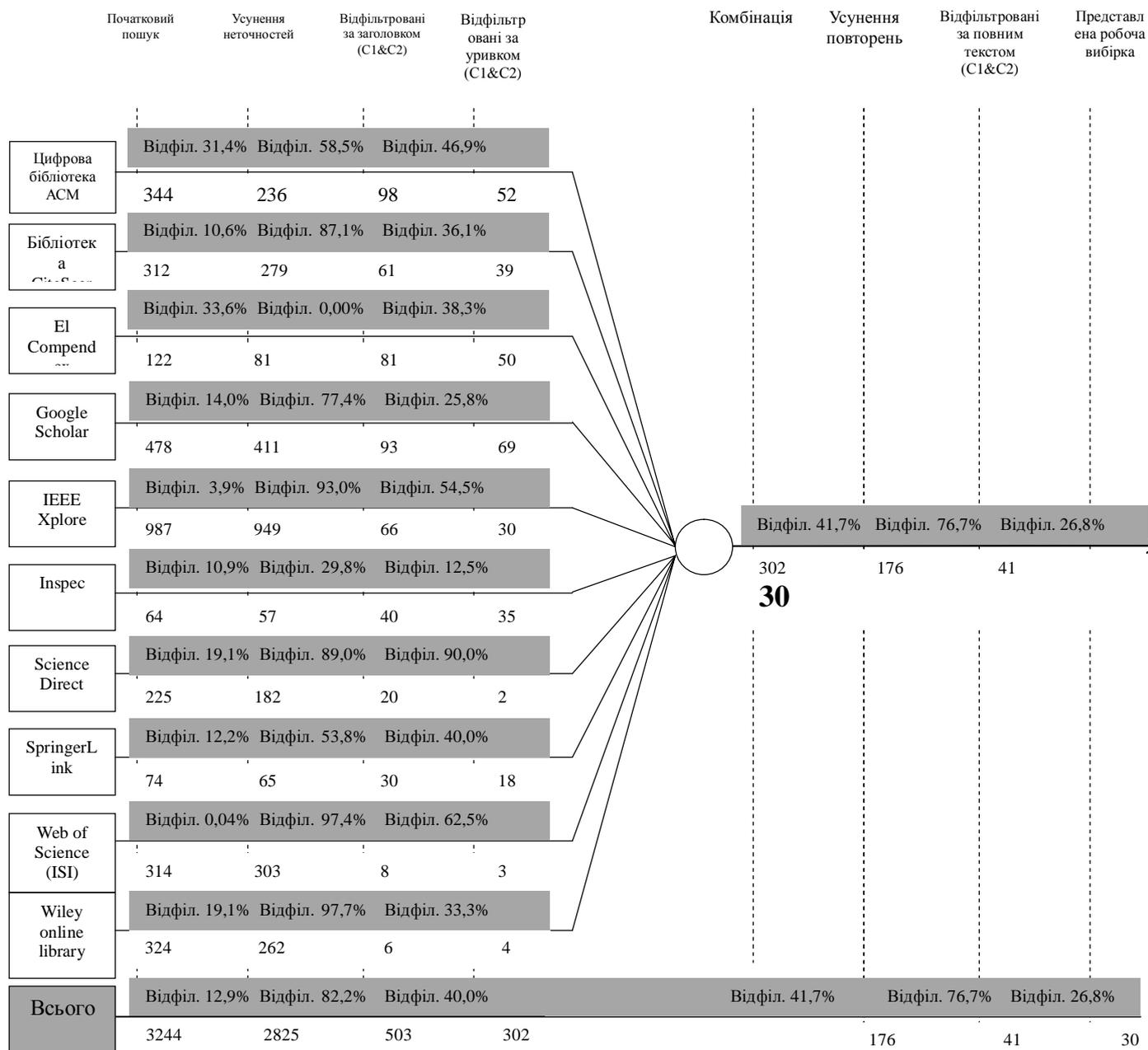


Рис. - 1. Процес відбору первинних літературних джерел

Отже, кінцевий набір ключових слів наступний: **Ключові слова = користувачі + втручання.**

Джерело інформації. Дослідження джерел отримані із обраних електронних баз даних за допомогою функції пошуку з ключовими словами для пошуку утвореними нами. Щоб охопити якомога більше відповідних досліджень, було вибрано 10 електронних баз даних, як обмеження проведеного пошуку, які перераховані у таблиці _____. Ці бази даних містять найактуальніші журнали і конференції (у тому числі семінари) в межах області комп'ютерної науки і техніки. Дубльовані результати, отримані з різних баз даних, виключаються за допомогою ручної фільтрації

у вибірці дослідження.

Щоб обмежити пошук, включено 2000 рік початковим роком, в якому були W3C опубліковані три ключових стандарти (SOAP, WSDL, і UDDI). Крім того, вказано 2013 рік кінцевим роком, так як дослідження було проведено в середині 2014 року. В результаті початкового пошуку було знайдено 3,3 документів з відповідною інформацією.[4]

Процес проведення дослідження

Поступово виключили непотрібні дослідження з початкових результатах пошуку і обрано найбільш вагомі дослідження в якості первинних. Наступні критерії виключення застосовні в даному огляді, тобто були виключені дослідження, які:

C1: не розглядається питання про тестування знань.

C2: не розглядається питання про представлення знань.

C3: не зазначаються методи регресійного тестування.

На рис. 2 показаний процес відбору, з результатами після кожного кроку фільтрації.

1) Видалення неточностей з результату пошуку. Деякі неточності, наприклад, імена конференцій (семінарів), які безпосередньо співвідносяться з ключовими словами пошуку, були включені в результати пошуку через характеристики різних електронних баз даних. Були зняті вручну, щоб гарантувати точність результатів.

2) Фільтрування досліджень за C1 і C2. На цьому етапі було застосовано C1 і C2 до назви статті та анотації дослідження, щоб виключити дослідження, які не розглядали ні тестування ні технологій.

3) Групування всіх інших досліджень і видалення дублікатів. Оскільки деякі дослідження були знайдені в більш ніж одній базі даних, дублікати були видалені, щоб гарантувати унікальність кожного дослідження.

4) Фільтрування досліджень за C3. Після другого кроку деякі підозрілі дослідження залишилися. Було застосовано C3 до повного тексту досліджень, щоб виключити дослідження, які не мають відношення до теми. [5]

Перед застосуванням критеріїв виключення, 3,3 документи були знайдені в результаті первинного пошуку; 12,9% (419) з них були ідентифіковані як неточності. Після їх видалення, критерії виключення C1 і C2 були застосовані до решти досліджень; 82,2% (2322) були фільтровані через огляд заголовку і 40,0% (201) були фільтровані через абстрактний огляд. Решта досліджень з різних електронних баз даних були потім згруповані разом, і 41,7% (126) з них були ідентифіковані як неточності і видалені. Після цього кроку, критерій виключення C3 був застосований до повного тексту 176 досліджень, і тільки 41 (26,8%) пройшли.

Оглядаючи короткий список 41 досліджень, було виявлено, що деякі дослідження від того ж автора або дослідницької групи є технічно схожими, а саме, одне дослідження було оновленою попередньою версією, де були застосовані в основному такі ж описані методи та засоби. Отже, для цих досліджень по тій же дослідницької лінії, було вибрано найбільш показові в якості основного дослідження і видалено все інше. Отже, 10 досліджень були виключені, 30 робіт були обрані як первинні дослідження.

Оцінка якості

Дуже важливо оцінювати якість первинних досліджень. Критерії якості перераховані нижче, і більшість з них запозичені у Кітченхам та Чартерз [2007], Паласіос та ін. [2011], Афзал та ін. [2009], і Енгрстрьом та ін. [2010] по таких питаннях:

Q1: Як чітко поставлена мета дослідження?

Q2: Чи повноцінно та правильно зроблений опис контексту дослідження?

Q3: Чи зроблений огляд відповідного опрацювання проблеми.

Q4: Чи є опис методу тестування або техніки, які використовуються в дослідженні?

Q5: Чи був підтверджений науковий підхід?

Q6: Висновок пов'язаний з представленою метою та завданням дослідження?

Q7: Чи є чіткий результат досліджень?

Q8: Чи дослідження може в подальшому вивчати проблему?

Таблиця 2. Якість проведеного дослідження

Primary Study	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
Askarunisa et al. [2010]	α	α	α	α	α	α	α	α

Askarunisa et al. [2011]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Athira and Samuel [2010]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bai and Kenett [2009]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bozkurt [2013]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Chen et al. [2010]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Di Penta et al. [2007]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Dong [2008]	☐	☐	+	☐	☐	☐	☐	☐
Hou et al. [2008]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Li et al. [2008]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Li et al. [2012]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Liu et al. [2007]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	+
Khan and Heckel [2011]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mei et al. [2009]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mei et al. [2009]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mei et al. [2011]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mei et al. [2012]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mei et al. [2013a]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mei et al. [2013b]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Nguyen et al. [2011a]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Nguyen et al. [2011b]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ruth et al. [2006]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ruth et al. [2007]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ruth [2008]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ruth and Rayford [2011]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ruth [2011]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Tarhini et al. [2006]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Tsai et al. [2005]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Tsai et al. [2009]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	+
Zhai et al. [2014]	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Таблиця 2 показує результат застосування критеріїв оцінки якості для кожного первинного дослідження де «☐» означає «так» і «+» означає «ні». Майже всі первинні дослідження, окрім Liu et al. [2007], Dong [2008], та Tsai et al. [2009], відповідають встановленим критеріям, що не відповідає відповідному огляду роботи (Q3) і перспективам майбутньої роботи (Q8). Значення у Q3 і Q8 не відкидається, бо відсутність Q3 і Q8 не впливає на результати дослідження.

Витяг даних з бази знань

Розроблена форма витягу даних для збору інформації, яка спрямована на науково-дослідницькі питання. Таблиця 3 показує деталі опису кожного елемента первинного дослідження. Ця форма дозволила витягнути повну інформацію з первинних досліджень і зрозуміти, як у процесі дослідження були розглянуті поставлені запитання.

Таблиця 3. Огляд первинних досліджень

ID	Primary Study	Description
S1	Askarunisa et al. [2010]	test case prioritization based on coverage of service sequence
S2	Askarunisa et al. [2011]	test case prioritization based on fault rate and fault severity
S3	Athira and Samuel [2010]	test case prioritization based on coverage of service activity
S4	Bai and Kenett [2009]	test case ranking based on the risks of target service features
S5	Bozkurt [2013]	cost-aware test suite minimization based on multiobjective optimization
S6	Chen et al. [2010]	test case prioritization based on the weighted service activity
S7	Di Penta et al. [2007]	collaborative regression testing technique
S8	Dong [2008]	test case reduction based on pairwise combination of parameter input
S9	Hou et al. [2008]	scheduled test case prioritization for quota-constrained service-centric system
S10	Li et al. [2008]	gray-box test case selection based on BFG model for process business
S11	Li et al. [2012]	test case selection based on XBFG model for composite service web
S12	Liu et al. [2007]	test case selection based on BFG model for business process
S13	Khan and Heckel [2011]	test case selection based on dependency analysis of visual contracts
S14	Mei et al. [2009]	test case prioritization based on multilevel coverage models
S15	Mei et al. [2009]	test case prioritization based on the coverage of WSDL tags
S16	Mei et al. [2011]	test case prioritization based on the occurrence of WSDL tags
S17	Mei et al. [2012]	preemptive scheduled test case prioritization for adaptive services
S18	Mei et al. [2013a]	test pair prioritization based on the structural similarity of artifacts XML
S19	Mei et al. [2013b]	similarity-based test case prioritization techniques based on pairwise selection
S20	Nguyen et al. [2011a]	test case prioritization based on change sensitivity of test case
S21	Nguyen et al. [2011b]	IR-based test case prioritization based on covered identifier documents
S22	Ruth et al. [2006]	test case selection based on JIG model for Java-based web service
S23	Ruth et al. [2007]a	test case selection based on global CFG and call graph for composite web service
S24	Ruth [2008]	test case selection on handling multiple concurrent modifications
S25	Ruth [2011]	test case selection on the premise of protecting the privacy of shared services
S26	Ruth and Rayford [2011]	test case selection on the premise of no sharing of service privacy
S27	Tarhini et al. [2006]	test case selection based on TPG and Timed LTS model
S28	Tsai et al. [2005]	test case ranking based on the probability of detecting faults
S29	Tsai et al. [2009]	test case ranking based on potency and coverage relationship model
S30	Zhai et al. [2014]	point-of-interest-aware test case prioritization for location-based services

Висновки. Використання картографічного дослідження під час підбору літературних джерел дає значні знання для подальшої роботи у галузі програмного забезпечення екосистем. Класифікувати, та формувати потрібний матеріал за допомогою, пошукових серверів є складним процесом, який забирає багато часу. Використання систематичного-картографічного дослідження значно покращить процес підбору літературних джерел, включаючи первинне дослідження та якість проведеного дослідження.

Список літературних джерел

1. M. Lehman. Software Evolution – Background, Theory, Practice. Integrated Design and Process Technology. Society for Design and Process Science. – 2003 – 11p.
2. Aid to recovery: the economic impact of IT, software, and the Microsoft ecosystem on the global economy. – IDC White Paper, – 2009, 9p.
3. Cynthia Keeshan. The Software Ecosystem. - <http://www.microsoft.com/canada/media/ecosystem.msp> ,

4. David G. Messerschmitt and Clemens Szyperski. Software Ecosystem: Understanding an Indispensable Technology and Industry. Cambridge, MA, USA: MIT Press. ISBN 0262134322 – 2003.
5. Сидоров М.О. Программное обеспечение – экологический подход к исследованиям. // Інженерія програмного забезпечення. – 2010. – №1. – С. 5-13.

УДК 681.515.8

Н.В. Здолбіцька, А.П. Здолбіцький, В.Л. Яручик
Луцький національний технічний університет

КРОКУЮЧА СИСТЕМА НА BLUETOOTH УПРАВЛІННІ

Н.В. Здолбіцька, А.П. Здолбіцький, В.Л. Яручик. Крокуюча система на Bluetooth управлінні. Розроблено крокуючу систему на базі Arduino з безпроводним управлінням, для можливості маніпуляції роботом дистанційно.

Ключові слова: Arduino, Bluetooth, C++, серво-мотори.

Рис. 5. Літ. 10.

Н.В. Здолбіцька, А.П. Здолбіцький, В.Л. Яручик. Шагающая система на Bluetooth управлінні. Розроблено шагающую систему на базі Arduino с беспроводным управлением, для возможности манипуляции роботом дистанционно.

Ключевые слова: Arduino, Bluetooth, C++, серво-моторы.

N.V. Zdobicka, A.P. Zdobitsky, V.L. Yaruchyk. Walking system with Bluetooth control. Developed by stepping system based on Arduino with wireless control, to be able to manipulate the robot remotely.

Keywords: Arduino, Bluetooth, C ++, servo motors.

Крокуючі системи. Привід – це «м'язи» роботів. У наш час найпопулярнішими двигунами в приводах є електричні, але застосовуються і інші, що використовують хімічні речовини або стиснене повітря.

Двигуни постійного струму: У даний момент більшість роботів використовують електродвигуни, які можуть бути декількох видів.

Крокові електродвигуни: Як можна припустити з назви, крокові електродвигуни не обертаються вільно, подібно двигунів постійного струму. Вони повертаються покроково на певний кут під керуванням контролера. Це дозволяє обійтися без давача положення, так як контролеру точно відомо, на скільки був зроблений поворот.

П'єзодвигуни: Сучасної альтернативою двигунів постійного струму є п'єзодвигуни, також відомі як ультразвукові двигуни. Принцип їх роботи абсолютно відрізняється: маленькі п'єзоелектричні ніжки, вібруючі з частотою більше 1000 разів на секунду, змушують мотор рухатися по колу або прямій. Перевагами подібних двигунів є висока швидкість і потужність, непорівнянна з їх розмірами. П'єзодвигуни вже доступні на комерційній основі і також застосовуються на деяких роботах.

Повітряні м'язи: Повітряні м'язи – простий, але потужний пристрій для забезпечення сили тяги. При накачуванні стисненим повітрям, м'язи здатні скорочуватися до 40% від своєї довжини. Причиною такої поведінки є сплетіння, видиме з зовнішньої сторони, яке змушує м'язи бути або довгими і тонкими, або короткими і товстими. Так як спосіб їх роботи схожий з біологічними м'язами, їх можна використовувати для виробництва роботів з м'язами і скелетом, аналогічними м'язам і скелету тварин.

Електроактивні полімери: Електроактивні полімери – це вид пластмас, який змінює форму у відповідь на електричну стимуляцію. Вони можуть бути сконструйовані таким чином, що можуть гнутися, розтягуватися або скорочуватися. Однак, в наш час немає ЕАП, придатних для виробництва комерційних роботів, так як всі неефективні або неміцні.

Еластичні нанотрубки: Це багатообіцяюча експериментальна технологія, що знаходиться на ранній стадії розробки. Відсутність дефектів у нанотрубках дозволяє цьому волокну еластично деформуватися на кілька відсотків. Людський біцепс може бути замінений проводом з такого матеріалу діаметром 8 мм. Такі компактні «м'язи» можуть допомогти роботам в майбутньому обганяти і перестрибувати людей.

Крокуючі роботи

Використовують дві ноги:

- ASIMO

Asimo (скорочення від Advanced Step in Innovative MObility) – робот-андроїд (рис. 1). Створено корпорацією Хонда, в Центрі Фундаментальних Технічних Досліджень Вако (Японія).

Остання версія робота, випущена в 2011 році, має зріст 130 см, масу 48 кг і він здатний пересуватися зі швидкістю до 9 км/ч.

Своє ім'я ASIMO отримав на честь Айзека Азімова, знаменитого автора Трьох законів робототехніки. В японській мові ім'я робота вимовляється як «Асімо» і співзвучно зі словосполученням «А також ноги».

На 2009 рік – у світі існує 100 примірників ASIMO. Вартість виробництва кожного з них не перевищує один мільйон доларів, а деяких роботів можна навіть взяти в оренду, за \$ 166 000 на рік (близько \$ 14 000 на місяць).

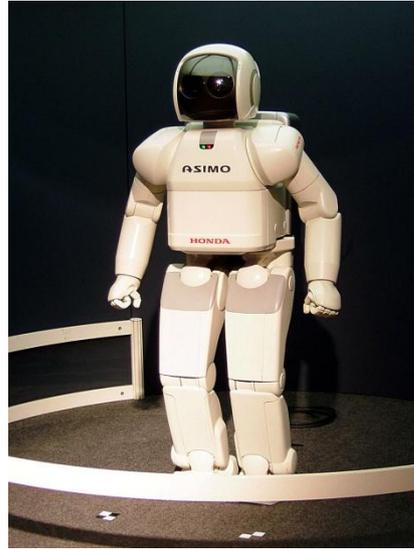


Рис. 1 – Японський робот ASIMO

Представники Хонда кажуть, що це правило – «тільки оренда, але не продаж» – іноді доставляє їм проблеми. Наприклад, під час демонстрації ASIMO якомусь арабському шейху, інженерам було вельми непросто пояснити, що робот не продається в принципі – ні за які гроші.

ASIMO здатний розрізняти людей за спеціальними картками, які носяться на грудях. Також Асімо вміє ходити по сходах.

Використовують чотири ноги:

- BigDog (рис. 2)

BigDog – чотириногий робот з адаптивним керуванням, створений в 2005 році фірмою Boston Dynamics спільно з Foster-Miller, Лабораторією реактивного руху (NASA) і Harvard University Concord Field Station.



Рис. 2 – BigDog робот

Проект BigDog фінансується Defense Advanced Research Projects Agency з надією на те, що він зможе переносити спорядження і допомагати солдатам на території, де не здатний пересуватися звичайний транспорт. Замість коліс і гусениць BigDog використовує чотири ноги. В ногах знаходиться велика кількість різноманітних сенсорів. Також у BigDog є лазерний гіроскоп і система бінокулярного зору.

© Здолбівка Н.В., Здолбівський А.П., Яручик В.Л.

Довжина робота BigDog – 0,91 метр, висота 0,76 метра, вага 110 кілограмів. В даний час він здатний пересуватися по важкопрохідній місцевості зі швидкістю 6,4 км на годину, перевозити 154 кг вантажу і підніматися на 35 градусну похилу площину. Його пересування контролює комп'ютерна система, яка отримує дані від різних сенсорів. Навігація і рівновага також управляються цією системою.

BigDog згадується в статтях New Scientist, Popular Science, Popular Mechanics і Wall Street Journal, а також в декількох відео на сайті Youtube.

18 березня 2008 Boston Dynamics випустила відео про нове покоління робота BigDog. Відео показує можливість робота ходити по крижаній поверхні і можливість відновлювати рівновагу після удару збоку.

Використовують шість ніг:

- багатонігий робот.

За способом фіксації ноги виділяють:

- з фіксацією ноги з використанням вакуумних присосок;

- з фіксацією спеціальними пристроями або формою (волоски і щетинки у роботів наслідують комахам);

- без спеціального способу фіксації.

Окремо можна виділити роботів-андроїдів, що наслідують рухи людини.

Опис

Створення робота, навіть простенького з обмеженим функціоналом, досить цікава і захоплююча задача. Останнім часом аматорська робототехніка переживає справжній бум, нею почали захоплюватися навіть ті люди, які від електроніки дуже далекі. Минув той час, коли потрібно було сидіти ночами з паяльником, або витравлювати плати. Все стало набагато простіше, потрібно лише купити Arduino, комплект проводів, сенсори, датчиків, моторчики і вперед до збірки свого першого робота. Таким чином, фокус розробників – любителів змістився з електроніки та механічної частини до програмування.

Постановка задачі

Зібрати крокуючого робота для навчальних цілей, який керуватиметься дистанційно через смартфон, за допомогою Bluetooth з'єднання. І виконується функціонал:

– головна програма містить 6 кнопок «Автономний режим», «Вперед», «Назад», «Вліво», «Вправо», «Стоп», при натисканні на які від андроїда до Arduino по БТ каналу передаються дані, відповідно «0» і «1», мікроконтролер їх обробляє і відповідно робот виконує рухи.

– дані про стан робота передаються на андроїд, де на екрані головної програми виводиться інформація про це.

Закуп необхідних деталей і вузлів:

- Arduino Mega 2560;

- DFRduino Motor Drive;

- WowWee MiniRoboRaptor;

- ультразвуковий датчик (Ultrasonic ranging module HC-SR04).

Апаратна реалізація. Зберемо з наявних деталей схему (рис. 3)

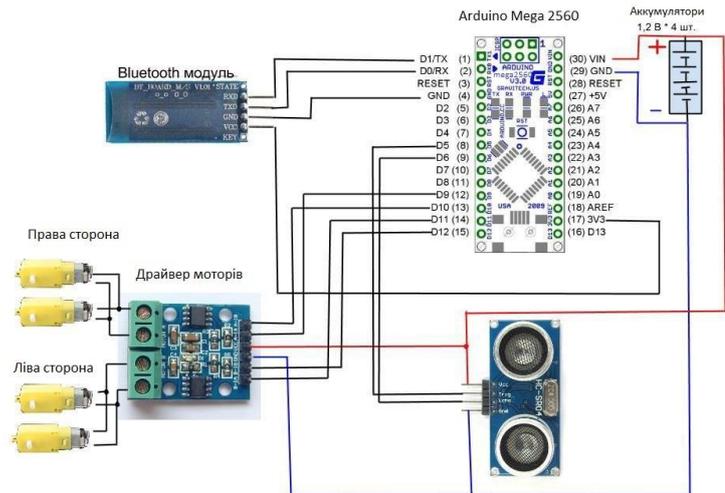


Рис. 3 – Структурна схема робота

Робот зібраний (рис. 4), необхідно заставити його виконувати команди.



Рис. 4 – Bluetooth робот розроблений на базі Arduino Mega, WowWee MiniRoboRaptor

Програмна реалізація. Завантажимо скетч в Ардуіно, не забувши перед цим відключити живлення від Bluetooth модуля (інакше завантажити його не вдасться).

Оголошуємо змінні: R_A_IA, R_A_IB – визначають номери виводів керуючих двигуном А (двигун правої сторони), L_B_IA, L_B_IB – виводи керуючі двигуном В (двигун лівої сторони). Ініціюємо послідовне з'єднання і задаємо швидкість передачі даних в біт/с – 38400. Встановлюємо режим роботи виводів керуючих двигунами – OUTPUT (виходи). Подаємо на всі виходи значення HIGH, що означає – двигуни відключені.

Визначаємо функції: go_forward (), go_back (), go_right (), go_left (), stop_robot (), які запускають двигуни в пряму або зворотному напрямку обертання, тим самим приводячи робота в рух – вперед, назад, направо, наліво, стоп, відповідно.

В основному циклі програми відбувається зчитування та обробка даних отриманих в послідовний порт від Bluetooth модуля. Залежно від отриманої команди виконується та чи інша функція і по послідовному порту передається текст про її виконання.

Створюємо новий проект «Android application project» (рис. 5). Цей додаток, дозволяє управляти роботом за допомогою андроїда, відправляючи команди по Bluetooth на Arduino, і приймаючи текстові відповіді від нього. Для роботи з Bluetooth необхідно виставити права на використання його нашим додатком. Для цього заходимо в маніфест, вибираємо закладку Permissions, натискаємо add, далі Uses permission, і встановлюємо наступні права: android.permission.BLUETOOTH, android.permission.BLUETOOTH_ADMIN.

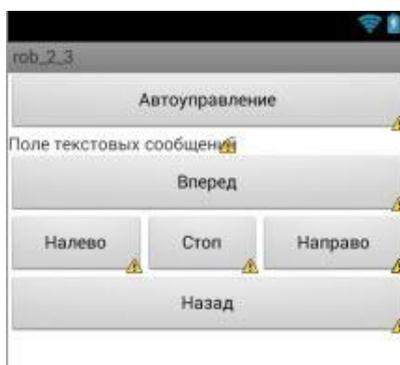


Рис. 5 – Android-програма керування роботом

Також робот матиме режим автономного керування, при натисненні кнопки «Автономний режим» у програмі смартфона, за допомогою ультразвукового датчика він буде самостійно рухатись у просторі оминаючи перешкоди на своєму шляху. Залишилося створити алгоритм, що дозволяє роботів самостійно переміщатися по приміщенню і обходити перешкоди.

Опрацюємо отримані дані про відстань до об'єкта відправлені Ардуїно. Якщо відстань до об'єкта менше 50 см, то повертаємо направо в іншому випадку йдемо прямо.

Створений додаток для андроїда в зв'язці з скетчем Ардуїно, дозволяє, як віддалено самостійно управляти роботом, так і включати режим автономного управління, при якому робот пересувається в прямому напрямку і якщо потрібно, обходить перешкоди.

Результатом виконаної роботи є найпростіший рефлексний робот. Подальше застосування більш складних алгоритмів на базі наведених шаблонних додатків і скетчів дозволить створювати роботів заснованих на моделі, на цілі, на корисності, роботів що навчаються та інше.

Висновки. У даній роботі було досліджено крокуючі роботи. У середовищі Arduino C++ Compiler було створено програму(скетч) робота, у Android application project створено проект для смартфона, для керування роботом. Розроблено крокуючу систему на базі Arduino з безпроводним управлінням, для можливості маніпулювання роботом дистанційно.

Список використаних джерел

1. Anderson R., Cervo D. Pro Arduino (+source code). Apress, 2013. – 305 p.
2. Здолбіцька Н.В., Савлук А.В. Моделювання поведінки живих організмів за допомогою аніматів на базі роботизованих платформ // Міжвузівський збірник “Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво” – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 12. – 2013. – С. 27–30.
3. Шолом П.С., Здолбіцька Н.В. Пропорційно-інтегрально-диференціальне управління стабільністю руху мобільного агента Зрі по заданій траєкторії / П.С. Шолом, Н.В. Здолбіцька // Міжвузівський збірник “Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво” – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 8. – 2012. – С. 125–129.
4. Робототехніка – Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/Робототехніка>
5. Робот на базі Arduino, Android [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://habrahabr.ru/post/208466/>
6. Рефлексний робот на базі Android, Arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://habrahabr.ru/post/211999/>
7. Крокуючі роботи. Механіка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fizportal.ru/walking-robots>
8. Atmega 2560 16-U. Микроконтроллер [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=ATmega2560-16AU>
9. Робот ASIMO - Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ASIMO>
10. BigDog робот - Вікіпедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/BigDog>

УДК 004.002
Melnyk V.M.
Lutsk National Technical University

FULL PERFORMANCE EFFECTS FOR PARALLEL TCP SOCKETS ON A WIDE-AREA NETWORK

Melnyk V.M. Full Performance Effects for Parallel TCP Sockets on a Wide-Area Network. This work describes the theoretical effects of using parallel TCP flows to improve network performance for intensive applications with distributed data. The theory knowledge were presented for a widearea network to assess how parallel flows improve throughput, and took clearance in choosng the necessary number of flows to improve throughput with avoiding congestion. An empirical expression and the uses of parallel flows are discussed.

KEYWORDS: Network, Full Performance Effects, Parallel TCP connections, sockets, Wide-Area Network.

Fig. 6., Ref. 32.

Мельник В.М. Эффекты полного відтворення для паралельних TCP сокетів, реалізованих на широкомасштабній лінії зв'язку. Дана праця описує теоретичні ефекти використання TCP-потоків для покращення відтворення зв'язку між інтенсивними додатками з розподіленими даними. Теоретичні дані продемонстровані, щоб встановити як паралельні потоки покращують мережеві з'єднання і підтвердити прозорість в виборі необхідного потокового номера для того, щоб покращити мережеве з'єднання для широкомасштабного зв'язку минаючи переповнення. Обговорюється емпіричне рівняння і використання паралельних потоків.

Ключові слова: Мережа, Ефекти повного відтворення, паралельний TCP зв'язок, сокети, широкомасштабна мережа.

Рис. 6., Літ. 32.

Мельник В.М. Эффекты полного воспроизведения для паралельных TCP сокетов, реализованных на широкомасштабной линии связи. Данная работа описывает теоретические эффекты использования TCP-потоков для улучшения воспроизведения связи между интенсивными приложениями с распределенными данными. Теоретические данные продемонстрированы, чтобы установить как параллельные потоки улучшают сетевые соединения и подтвердить ясность у выборе необходимого потокового номера для того, чтобы улучшить сетевое соединение для широкомасштабной связи минуя переполнения. Обговаривается эмпирическое уравнение и использование параллельных потоков.

Ключевые слова: Сеть, эффекты полного воспроизведения, параллельная TCP связь, сокет, широкомасштабная сеть.

Рис. 6., Лит. 32.

Introduction

To improve end-to-end network performance for applications that require substantial amounts of network bandwidth there are considerable efforts within the Grid and high performance computing communities. An experience submitted in [1, 2] has shown than the end-to-end structural and load characteristics are available for a network. One source of poor TCP throughput is rate of a packet loss. It can be much greater than it would be reasonably expected [3]. The packet loss is interpreted by TCP as a network congestion proof between a sender and receiver. However, packet loss may be such as intermittent hardware faults due to other factors than network congestion [4].

To improve end-to-end performance the current efforts take advantage of the empirically discovered striping data transfer mechanisms across a set of parallel TCP connections to substantially increase throughput. So, application developers and network engineers must have an understanding of how parallel TCP connections improve summative throughput as well as the effects on a network. This article puts several questions concerning of the parallel TCP connections use. The question number one is how the use of parallel TCP connections increases aggregate throughput. The second one is how to determine the TCP connections number needed to increase and maximize throughput while avoiding network congestion. And the last one, it need to understand how parallel TCP connections affect a network, and under what conditions they should not be used. This paper suggests some guidelines for the parallel sockets use to maximize end-to-end applications performance whith simultaneously minimizing their network effects.

Current Work

Applications usually use one of two approaches to improve end-to-end network throughput that effectively defeats the congestion avoidance behavior of TCP. The first approach utilizes UDP, which puts responsibility for both error recovery and congestion control completely in the application hands. The second approach opens network connections of parallel TCP and "stripes" the data (similar to RAID)

across a parallel set of sockets. The above two approaches are hostile and don't permit the light sharing of the network bandwidth available to applications [5].

Recent works [1, 2, 6] has considered that the parallel socket approach greatly increases the aggregate network throughput available to an application, but some of them report [6] that the speedup is not reliable. The working process may be organized to address the issues of poor network performance and the unpredictable end-to-end network bandwidth availability. To address unpredictability, the Network Weather Service project [7] is working to predict the network bandwidth available between two sites on the Internet based on statistical forecasting. Efforts to address poor network performance include Bandwidth Brokering [8], Quality of Service (QoS) Reservation [9], and network and application tuning pains [4, 6].

The work devoted to the parallel TCP connections use is fundamentally experiential in nature and useful for an application perspective. The works [10, 11] describe about the transfer rate increase of medical images over the Internet. In work [12] is described done to increase the TCP throughput over satellite links. In [2] is developed a library (PSockets) to stripe transmissions of the data over multiple TCP network connections to deliver significantly increased performance on a poorly tuned host, what can be compared to the performance through a single TCP stream. Dimensions using the PSockets library for striping network I/O established that the use of 12 TCP connections increased TCP performance from 10 Mbit/sec to about 75 Mbit/sec. In works [13] and [14] authors have both developed modifications to TCP that take gain of the positive effects for parallel sockets of TCP. In the work [1] author provides an argument that explains why network performance is improved over multiple TCP streams compared with a single TCP stream. In [15] has created an extensive measurement infrastructure by the Stanford Linear Accelerator network research group to measure the multiple TCP connections effect between input Internet sites for the Atlas project.

This time alot of applications are using or planning to use parallel TCP connections to increase aggregate TCP throughput. The ever-present example of this thing is the Netscape browser. It uses by its clients a determined value of four for the number of parallel TCP connections [16]. The Grid FTP project allows the user to select the parallel TCP connections number to use for FTP data transfer [17]. Storage Resource Broker (SRB) has provisions to use multiple TCP sockets to improve SRB data transfer throughput [18]. The Internet-2 Distributed Storage Initiative in [19] is investigating the parallel TCP connections use to improve the distributed data caches performance. All of this current work has investigated the effects of parallel TCP connections from an experiential perspective. Researchers of the Stanford Linear Accelerator group have found that the parallel TCP connections number ranges from 4 (Netscape) to 12 (PSockets) to a number between 4 and 20 depending on the window size.

On the overall, the effects of using multiple network sockets fairness and efficiency of the network have been raised [5, 19, 13]. The traffic shaping mechanism and limit rate [20, 21] have been proposed and implemented to effort to prevent aggressive users from using more than their fair share of the network. Despite the demonstrated effectiveness the little work has been done to develop a theoretical model to validate the use of these optimal values. The models would help us understand the underlying mechanisms that allow parallel TCP connections to deliver extremely increased performance; the effects of using parallel sockets on the network fairness and efficiency; and under what conditions and circumstances should be used parallel sockets. On the next section a theoretical model of parallel TCP connections will be developed. It also explain how they take advantage of systemic noncongestion packet loss to improve aggregate throughput.

TCP Bandwidth Estimation Model

Some research works have resulted theoretical expressions to calculate TCP bandwidth of the single stream as a function of packet loss, round track time, size of a maximum segment, along with a handful of other various parameters. In [22] there are performed a detailed analysis of three techniques and assessed their ability to precisely estimate TCP bandwidth across a wide range of packet losses. The most correct model is described in [23] where an approximation of the subsequent form (1) follows:

$$TCP_{BW}(p) = \min \left(\frac{W_{max}}{RTT}, \frac{1}{RTT \sqrt{\frac{2bp}{3}} + T_0 \min \left(1, 3 \sqrt{\frac{3bp}{8}} \right) p(1 + 32p^2)} \right) MSS \quad (1)$$

It is received from the original form to match the scale of Equation (2) by adding MSS. In this equation, $TCP_{BW}(p)$ shows bytes transmission per second. MSS is the maximum segment size, W_{max} is the maximum congestion window size, RTT is the round trip time, b is the number of transmitted data

packets that is acknowledged by one acknowledgement from the receiver ($b = 2$), T_0 is the timeout value and p is the packet loss, which is the number of retransmitted packets divided by the total number of transmitted packets.

It was found that the equation in [24] is essentially as accurate for packet loss rates less than 1/100 as equation (1), and it has a much simpler form:

$$BW < \frac{MSS \cdot C}{RTT \cdot \sqrt{p}} \quad (2)$$

where p , MSS and RTT are the same variables used in (1) equation. C is a constant and BW is the number of bytes transmitted per second. To understand the leading mechanisms of TCP throughput, it is useful to consider the dynamic behavior of MSS , RTT and p and the result each has on overall TCP bandwidth., MSS is the most static among these three factors. If both TCP session sides have MTU discovery enabled [26] within the host operating system, both sides will attempt to negotiate the largest possible maximum transmission unit (and as a result MSS) possible for the session. The MSS setting depends on the structural characteristics of the network, host adapters and operating system. Too often, the common maximum MTU supported by networks and network adapters is 1500 bytes. In some cases the data link layers of routers and switches making up the end-to-end network will support larger frame sizes. If the TCP connection MTU can be increased from 1500 bytes to 9000 bytes, then equation (2) right hand side increases by a factor 6, that increasing a maximum TCP bandwidth by a factor of 6 as well.

The RTT value is more dynamic during a session than MSS , but less dynamic than p . The lower bound on the RTT value is the signal transmission speed from host to host across the network, which is essentially limited by the light speed. As the end-to-end network path length increases, the introduction of routers and framing protocols on the physical links between the two hosts adds latency to the RTT factor, and other factors involved with queuing and, as well, congestion can increase RTT . From an end host perspective, however, to substantially improve RTT there is little that can be done. The final factor p (packet loss rate) is the most dynamic parameter in conditions to MSS , RTT and p . The avoidance algorithm of the TCP congestion in [27] interprets packet loss as an indication of the network congestion and the sender should decrease its transmission rate. The packet loss rate p spans many orders of magnitude and represents a significant contribution to variability in end-to-end TCP performance in the operational Internet. It's important to note that the packet loss rate has been observed to fall into two regimes: packet loss due to network congestion and traffic insensitive packet loss.

On the next we will present the expression derivation for aggregate TCP bandwidth, describe some of the packet loss characteristics on the Internet and explain how these characteristics affects the single and multi stream TCP sessions performance.

If an application uses n -multiple TCP streams between two hosts, the aggregate bandwidth of all n TCP connections can be derived from equation (2), where MSS_i , RTT_i and p_i represent the related parameters for each TCP connection i :

$$BW_{agg} \leq C \left[\frac{MSS_1}{RTT_1 \sqrt{p_1}} + \dots + \frac{MSS_n}{RTT_n \sqrt{p_n}} \right] \quad (3)$$

As MSS is determined on a system wide level by a network architecture and MTU discovery combination, it is reasonable to assume that each MSS_i value is identical and constant across all betweenhosts simultaneous TCP connections.

It can be assumed that RTT is equivalent across all TCP connections, since every packet for each of them will likely take the same converge to equilibrium and network path. Note that since the TCP congestion avoidance algorithm is an equilibrium process that seeks to balance all TCP streams to fairly share network bottleneck bandwidth [28]. Each stream must either respond to changes in the packet loss rate, RTT , or a combination of both of them to converge to equilibrium. Since all streams on a set of parallel TCP connections are between two hosts, all the streams should converge to equivalent RTT values, as long as the network between the hosts remains uncongested. For purposes of this discussion, C can be set aside. So, equation (3) can be modified to:

$$BW_{agg} \leq C \frac{1}{RTT} \left[\frac{MSS}{\sqrt{p_1}} + \dots + \frac{MSS}{\sqrt{p_n}} \right] \quad (4)$$

On equation (4) examination some parallel TCP connections features become apparent. An application opening n multiple TCP connections is essentially creating a large virtual MSS on the aggregate connection that is n times the MSS of a single connection. Factoring MSS out of equation (4) produces:

$$BW_{сая} < \frac{MSS}{RTT} \left[\frac{1}{\sqrt{p_1}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{p_n}} \right] \quad (5)$$

It becomes apparent that given the relatively static nature of the MSS and RTT values compared with the dynamic nature of p . The packet loss rate p is a primary factor in determining aggregate TCP throughput for session of a parallel TCP connection.

From equation (4) it also is apparent that the increased virtual MSS of parallel TCP connections is directly affected by the packet loss rate p and RTT of each connection. RTT has hard lower bounds. They are structural and difficult to address. On the other hand packet loss p is the parameter that is most sensitive to network load. It can be affected by several factors.

It is observed that packet loss falls down into two characteristic cases: random losses which do not due to congestion and congestion related losses. In [25] is found that packet losses tend to occur at random intervals in multiple packets bursts, rather than single packet drops, and In [29] is found bursty packet loss behavior as well. Additionally, the event of the chance of a packet loss increases when packets are in intermediate hops queue and the network becomes loaded. In [3] is found that packet loss demonstrates random characteristics when the stream uses a fraction of the bandwidth of available network.

As there is increase of the multiple TCP connections number, the behavior of each packet loss factor p is unaffected as long as few packets are queued in routers or switches at each hop in the path of the network. In the lack of congestion, it is appropriate to assume that the packet loss proportion will be fairly distributed across all connections. So, when the aggregate packet stream begins to create the congestion, any router or switch may begin to drop packets. The packet loss which is attributable to each TCP stream will be depended of the queuing discipline, and of any phase effects caused by TCP senders sharing a network like bottleneck [30].

So, when congestion occurs there are four exceptions to the assumption that packet loss is fairly distributed. It was been empirically determined in works [31] that three the pathological conditions are available. One state, lockout, occurs when in a router one stream dominates the queue. The second state, usually drop-tailed queues are arising when queuing algorithms unfairly aim a number of flows through the queue with rates of excessive packet loss for newly arriving packets. The third state produces transmission time distributions of the heavy-tailed data due to the rates of the congestion and high packet loss [32]. Finally, in work [30] in found that the convergence of multiple TCP streams at a congested blockage can create phase effects in which one stream unfairly dominates the queue and therefore the outbound link.

The unfair packet loss distribution is an undesirable condition in congested routers [21]. To fairly distribute packet loss with providing mechanisms in routers there were designed and deployed new queuing schemes, such as Random Early Detection (RED) [21]. For this analysis it is assumed that packet loss impacts equally parallel TCP streams. The next example illustrates the multiple TCP streams impact in an uncongested network: if it is assumed that MSS = 4418 bytes, RTT = 70ms, and $\pi_i=1/10000$ for all connections, and it is used

$$K = \frac{MSS(4418 \text{ bytes})}{RTT(70m \text{ sec})} \left(\frac{\frac{8 \text{ bits}}{\text{byte}}}{\frac{1000000 \text{ bits}}{\text{Mbyte}}} \right) \left(\frac{1000m \text{ sec}}{\text{sec}} \right) \approx \frac{1}{2} \quad (6)$$

the upper bound on aggregate TCP bandwidth may be calculated by using (5) equation. Table 1 shows the calculation results for a following sockets number.

Connections	$\sum \frac{1}{p_i}$	Max. Aggrigate Bundwith
1	100	50 Mb/sec
2	100+100	100 Mb/sec
3	100+100+100	150 Mb/sec
4	4(100)	200 Mb/sec
5	5(100)	250 Mb/sec

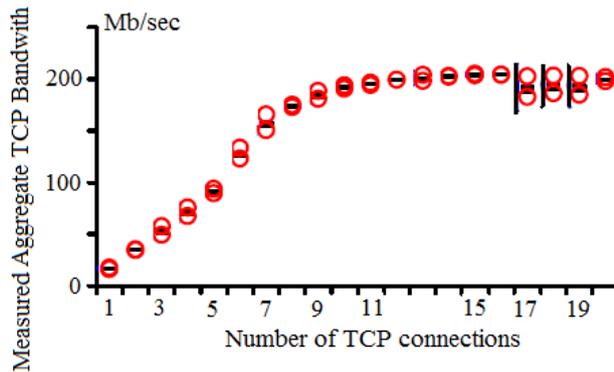


Fig. 3 – Throughput of Parallel TCP Sockets with MSS of 1448 Bytes

Table 1 – Packet Loss on Aggregate TCP Bandwidth

At present, as the aggregate network utilization increases to the point where queues and buffers in switches and routers begin to be overflowed and packets are dropped, then the network becomes congested. If the packet loss is fairly shared over all of the connections through a switch or router due to congestion, the negative packet loss effects on the aggregate TCP bandwidth for a set of n simultaneous connections is overstated by n factor. So, if the packet loss rate from the previous example doubly increases, the

multiplicative packet loss rate factor in Table 1 is reducing from 100 to 70.7. For five concurrent streams, this reduces aggregate bandwidth from 250 to 176.8 Mb/sec. That counts a reduction of 30%. Even with this reduction, however, the aggregate bandwidth of 176.8 Mb/sec using five parallel TCP connections is still considerably better than the throughput with only one connection at the rate of the desirable packet loss.

It is some difficult to predict at what point the packet loss will become congestion dependent as the number of parallel TCP connections increase. There is, however, a definite bend in the graph curve of packet loss what suggest that adding additional network sockets beyond a certain entrance will not get better aggregate TCP performance. An examination of Figs 1, 2 and 3 indicates that for a MTU of 1500 bytes, 10 sockets is the effective maximum number of sockets; for a MTU of 3000 bytes, 5 sockets is the effective maximum; and for a MTU of 4418 bytes, 3 or 4 sockets is the effective maximum. The effective maximum presented in Figure 3 (MTU 1500) roughly corresponds to the results of Sivakumar [2], who found that the point of maximum throughput was 16 sockets or less. Sivakumar did not mention the MTU used in [2], but if the default system settings or MTU discovery were used on the system, the MTU used was probably less than or equal to 1500 bytes.

Why Parallel Sockets Work

Using of parallel TCP sockets would improve aggregate throughput, since one would expect that a network would make a best effort for maximization throughput through a single stream. There are sources of traffic insensitive packet loss that are not due to congestion. In this random packet loss regime, the parallel TCP connection use allows an application to ease the negative effects of the packet loss misinterpretation by the control algorithm of the TCP congestion. It need to give an explanation of why using parallel TCP connections increases aggregate throughput.

The derivation of equation 2 in work [24] uses a geometric argument with constant probability packet loss rate $1/p = (W/2)^2 + 1/2(W/2)^2$, where W is the congestion window size in packets. When a loss event appears every $1/p$ packets,

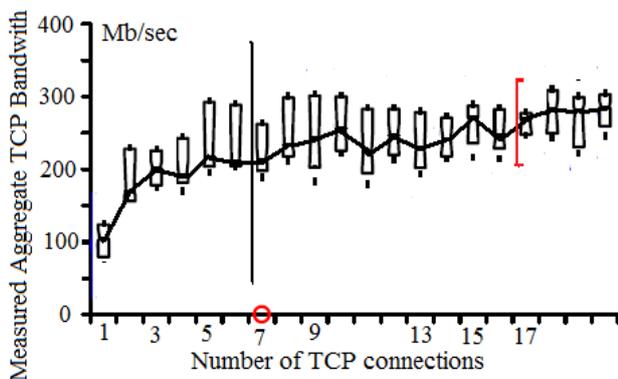
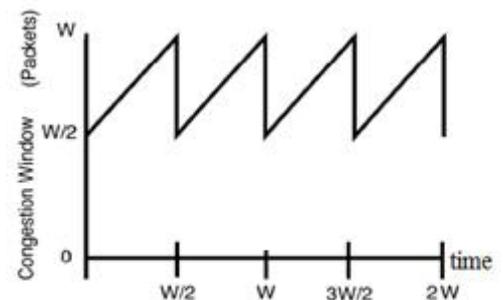


Fig. 1 – Throughput of paralel TCP Sockets with MSS of 4366 Bytes

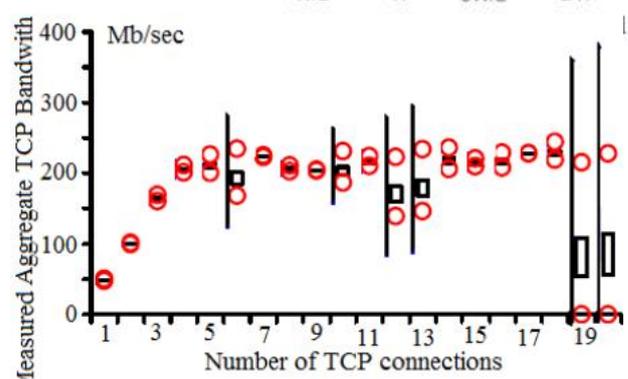


Fig. 2 – Throughput of Parallel TCP Sockets with MSS of 2948 Bytes

the slow-start algorithm will decrease the congestion window by half. This leads to the «saw tooth» pattern shown in fig. 4.

If the assumption that p is a constant probability is modified by the assumption that, for an individual TCP stream, it is independent of the loss rate of other TCP streams from the same sender on an uncongested network, and that for each stream i , p_i is from a distribution identical to the other distributions for loss rate, the situation described in fig. 4 can be used to describe the effects of parallel TCP connections as shown in fig. 5.

Given that the packet loss rates of parallel TCP connections are not all sensitive to traffic, and that packet losses occur in each channel at the same rate (as long as packet losses are not due to network congestion), an interesting effect occurs. If the three streams in Figure 5 are combined into the aggregate representation shown in Figure 6, it is clear that using multiple network sockets is in essence equivalent to increasing the recovery rate from a loss event from one MSS per successful transmission to three times MSS. Note that this increased recovery rate is theoretical and functionally equivalent to using a larger MSS on a single channel with the same packet loss rate.

As the number of simultaneous TCP connections increases, the overall rate of recovery increases until the network begins to congest. At this point, the loss rate of the packet becomes dependent on the number of sockets and the amount of congestion in the network. The packet loss rate change indicates that the network is congested, and that the TCP sender should reduce its congestion window. As the number of parallel TCP connections increases, and the higher packet loss rates decrease the impact of multiple sockets, the aggregate TCP bandwidth will stop increasing, or begin to decrease.

Given that the aggregate rate of congestion recovery across the parallel TCP streams is functionally equivalent to an increased recovery rate, there is an interesting observation that can be made. TCP connections over wide area networks suffer from the disadvantage of long round trip times relative to other TCP connections. This disadvantage allows TCP senders with small RTTs to recover faster from congestion and packet loss events than TCP sessions with longer RTTs. Since the use of parallel TCP sockets provides a higher recovery rate, hosts with longer RTTs are able to compete on a fairer basis with small RTT TCP connections for bandwidth in a bottleneck.

Selecting the Number of Sockets

When the packet loss rate p transitions from the random loss to the congestion loss regime, the benefits from using additional sockets is offset by the additional aggregate packet loss rate. From the previous section, it is apparent that the knee that is present in the TCP bandwidth curve directly corresponds to the knee in the packet loss curve. The challenge in selecting an appropriate number of sockets to maximize throughput is thus the problem of moving up to, but not beyond, the knee in the packet loss curve.

Any application using parallel TCP connections must select the appropriate number of sockets that will maximize throughput while avoiding the creation of congestion. The applications avoid congesting a network to prevent congestion collapse of the bottleneck link. In agreement with the data, adding additional TCP connections beyond the knee in the packet loss curve has no additional benefit, and may some decrease aggregate performance.

Determining the point of congestion in the end-to-end network a priority is difficult, if not impossible, given the inherent dynamic nature of a network. However, it may be possible to gather relevant parameters using Web100 from actual data transfers, which then can be used in combination with prediction methods of statistical time-series to attempt the predict of the end-to-end packet loss rate p , RTT and MSS, and thus the limit on TCP bandwidth. In addition to use statistical predictions to forecast the value of p , it may also be possible to use the same techniques to collect and store information on the number of parallel TCP connections necessary to maximize aggregate performance and avoid congestion. To maximize

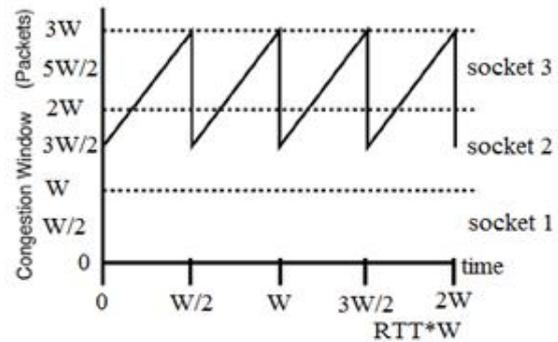


Fig. 6 – Geometric Construction of the Aggregate Effects for Multiple TCP Connections

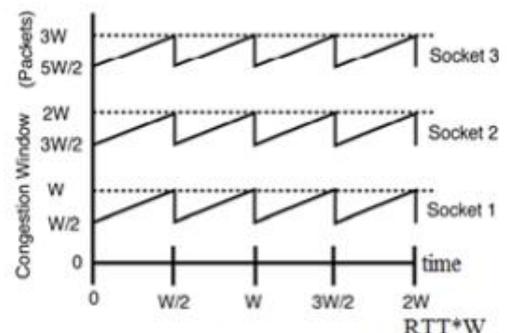


Fig. 5 – Aggregate Effects of Multiple Parallel Sockets

throughput, the predicted values of p and the effective number of parallel TCP connections can then be used as a starting point for a simple greedy search algorithm that adjusts the number of parallel TCP connections.

Conclusion

This work puts the question of how parallel TCP connections can improve aggregate TCP bandwidth. It also addresses the question of how to choose the maximum number of sockets necessary to maximize TCP throughput while imultaneously and avoid congestion. A theoretical model was developed to analyze the questions. The findings indicate that in the absence of congestion, the use of parallel TCP connections is equivalent to using maybe a large MSS on a single connection, with the added benefit of reducing the negative effects of random packet loss. It is imperative that application developers do not arbitrarily select a value for the parallel TCP connection number. If the selected value is too large, the aggregate flow may cause network congestion as well and throughput will not be maximized.

References

1. Lee, J., Gunter, D., Tierney, B., Allock, W., Bester, J., Bresnahan, J. and Tecke, S. Applied Techniques for High Bandwidth Data Transfers across Wide Area Networks Dec 2000, LBNL-46269.
2. Sivakumar, H., Bailey, S., Grossman, R. L., Psockets: The Case for Application level Network Striping for Data Intensive Applications using High Speed Wide Area Networks, SC2000: High-Performance Network and Computing Conference, Dallas, TX, 11/00.
3. Bolot, J.-C., «Characterizing End-to-End packet delay and loss in the Internet», Journal of High Speed Networks, 2(3), 1993, – pp 305 – 323.
4. Pittsburgh Supercomputer Center Networking Group. «Enabling High Performance Data Transfers on Hosts», http://www.psc.edu/networking/perf_tune.html.
5. Floyd, S., and Fall, K., Promoting the Use of End-to-End Congestion Control in the Internet, IEEE/ACM Transactions on Networking, August 1999.
6. Lee, J. Gunter, D., Tierney, B., Allock, W., Bester, J. Bresnahan, J., and Tecke, S., Applied Techniques for High Bandwidth Data Transfers across Wide Area Networks. Sept. 2001, LBNL-46269, CHEP 01 Beijing China.
7. Wolski, R., «Dynamically Forecasting Network Performance to Support Dynamic Scheduling Using the Network Weather Service.» In 6th High-Performance Distributed Computing, Aug. 1997.
8. Sander, V. Adamson, W., Foster, I., Alain, R. End-to-End Provision of Policy Information for Network QoS. In 10th High-Performance Distributed Computing, August 2001.
9. Georgiadis L., Guerin R., Peris, V., Sivarajan K. Efficient network QoS provisioning based on per node traffic shaping. IEEE ACM Trans. on Networking, Aug., 1996.
10. Long, R., L. E. Berman, L. Neve, G. Roy, and G. R. Thoma, "An application-level technique for faster transmission of large images on the Internet", Proceedings of the SPIE: Multimedia Computing and Networking 1995 Vol. 2417 February 6-8, 1995, San Jose, CA.
11. Long L. R., Berman L E., Thoma GR. "Client/Server Design for Fast Retrieval of Large Images on the Internet. Proceedings of the 8-th IEEE Symposium of Computer-Based Medical Systems (CBMS '95), Lubbock TX, June 9 – 10, 1995, pp. 284 – 291.
12. Allman, M. Ostermann, S. and Kruse, H. Data Transfer Efficiency Over Satellite Circuits Using a Multi-Socket Extension to the File Transfer Protocol (FTP). In Proceedings of the Acts Results Conference. NASA Lewis Research Center, September, 1995.
13. Eggert, L., Heidemann, J. and Touch, J. Effects of Ensemble-TCP. ACM Computer Communication Review, 30 (1), January, 2000, – pp. 15 – 29.
14. Balakrishnan, H., Rahul, H. and Seshan, S., "An Integrated Congestion Management Architecture for Internet Hosts", Proc. ACM SIGCOMM, September 1999.
15. Internet End-to-End Performance Monitoring. <http://www-iepm.slac.stanford.edu/>.
16. Cohen, E., Kaplan, H. and Oldham, J., "Managing TCP Connections under Persistent HTTP", Proceedings of the Eighth International World Wide Web Conference, Toronto, Canada, May 1999.
17. Grid Forum GridFTP Introduction: http://www.sdsc.edu/GridForum/RemoteData/Papers/gridftp_intro_gf5.pdf.
18. Baru, C., Moore, R., Rajasekar, A. and Wan, M., "The SDSC Storage Resource Broker." In Procs. of CASCON'98, Toronto, Canada, 1998
19. Floyd, S., "Congestion Control Principles", RFC 2914.
20. Semeria, C. «Internet Processor II ASIC: Rate-limiting and Traffic-policing Features.» Juniper Networks White Paper. <http://www.juniper.net/techcenter/techpapers/200005.html>.
21. Floyd, S. and Jacobson, V. Random early detection gateways for congestion avoidance. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1(4), August 1993, – 397 – 413.
22. <http://citeseer.nj.nec.com/floyd93random.html>.
23. Bolliger, J., Gross, T. and Hengartner, U., Bandwidth modeling for network-aware applications. In INFOCOM'99, March 1999.
24. Padhye, J., Firoiu, V., Towsley, D. and Kurose, J., Modeling TCP throughput: a simple model and its empirical validation. ACM SIGCOMM, September 1998.
25. Mathis, M., Semke, J., Mahdavi, J. and Ott, T., «The Macroscopic Behavior of the TCP Congestion Avoidance Algorithm». Computer Communication Review, July 1997, vol. 27, No 3.
26. Paxson, V., «End-to-end Internet packet dynamics.» in Proc. ACM SIGCOMM, September 1997. – pp. 139 – 152.

27. Mogul, J. and Deering, S., "Path MTU Discovery," Network Information Center RFC 1191. – Apr. 1990, pp. 1 – 19.
28. Jacobson, V., Congestion Avoidance and Control. In Proceedings of the ACM SIGCOMM'88 Conference. – 1988. – pp. 314 – 329.
29. Chiu, D-M., Jain, R., "Analysis of the Increase and Decrease Algorithms for Congestion Avoidance in Computer Networks," Computer Networks and ISDN Systems, – 1989, vol. 17. – pp. 1 – 14.
30. Borella, M. S., Swider, D., Uludag, S. and Brewster, G., "Internet Packet Loss: Measurement and Implications for End-to-End QoS Proceedings. International Conference on Parallel Processing, Aug. 1998.
31. Floyd, S. and V. Jacobson. 1992. On traffic phase effects in packet-switched gateways. Internetworking: Research and Experience 3. – pp. 115 – 156.
32. Feng, W. and Tinnakornrisuphap, P., "The Failure of TCP in High-Performance Computational Grids", SC2000: High-Performance Network and Computing Conference, Dallas, TX, 11/00.
33. Guo, L., Crovella, M. and Matta, I., "TCP congestion control and heavy tails," Tech. Rep. BUCSTR – 2000-017, Computer Science Dept – Boston University, 2000.

УДК 519.6

ББК 73068

В.О. Сацик, Л.М. Маркіна, Д.О. Сомов

Луцький національний технічний університет

АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ ОТРИМАННЯ І ЗБЕРЕЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ З ІНТЕРНЕТ ІНТЕРФЕЙСОМ НА СУБД MySQL

В.О. Сацик, Л.М. Маркіна, Д.О. Сомов Алгоритм роботи системи отримання і збереження інформації з Інтернет інтерфейсом на СУБД MySQL. Дана стаття носить прикладний характер. В статті представлено практично реалізований алгоритм роботи універсальної системи трансформації даних від мед приладів у web-інтерфейс на базі СУБД MySQL.

Ключові слова: алгоритм, web-інтерфейс, завантаження архіву з XML файлами; передача даних із XML файлів у PHP.

В.А. Сацик, Л.Н. Маркіна, Д.А. Сомов Алгоритм работы системы получения и сохранения информации с Интернет интерфейсом на СУБД MySQL. Данная статья носит прикладной характер. В статье представлены практически реализованные наработки алгоритма работы универсальной системы трансформации данных от мед приборов в web - интерфейс на базе СУБД MySQL.

Ключевые слова : алгоритм , web - интерфейс , загрузка архива с XML файлами ; передача данных с XML файлов в PHP.

VA Satsyk, L.N. Markina, D.A.Somov Algorithm of the acquisition and storage of information from the Internet interface to the database MySQL. This article is instrumentation character. The paper presents practically implemented algorithm universal system transformation of data from medical devices in intrefeys web-based DBMS MySQL.

Keywords: algorithm, web-intrefeys, download the archive of XML files; transfer data from XML files in PHP.

Постановка проблеми

Життєдіяльність людини «накладається» на чотири сфери: фізіологічну, матеріальну; інтелектуальну та соціальну. Тільки в разі гармонічного розвитку цих чотирьох сфер людина отримує синергію котра є фундаментом гармонічного розвитку людини.

Все більше появляється бажаних прослідкувати стан фізіологічної сфери в онлайн-режимі. І це не дивно, адже в останній час, з появою можливості доступу до Інтернету практично кожному, доступності технічних пристроїв, з'являється неймовірна кількість додатків та систем слідкування за здоров'ям людини. Такими є: щоденники артеріального тиску, додатки з систем щоденного тренування і т.д.

Не дивлячись на чималу кількість представлених розробок котрі забезпечують онлайн режим слідкування за окремими показниками здоров'я, вони не достатньо розвинені для того, щоб забезпечити потреби споживачів.

Мета досліджень

Мета роботи: розробити алгоритм роботи системи отримання і збереження інформації Інтернет – інтерфейсом на СУБД MySQL. Поставлена мета буде досягнута за реалізації наступного завдання: розробити веб-форму та зміст завантаження візиту у XML формат (назва органу і його стан) для подальшого отримання змісту архіву та передачі отриманих даних у PHP обробники.

Виклад основного матеріалу дослідження

При створенні універсальної системи передачі даних від мед приладів у web-інтерфейс з економічної точки зору та простоти програмування, підтримки найбільш доцільно використовувати систему керування реляційними базами даних MySQL та модульну систему керування вмістом Drupal.

MySQL — це вільна система керування реляційними базами даних. MySQL був розроблений компанією «ТсХ» для підвищення швидкодії обробки великих баз даних. Ця система керування базами даних (СУБД) з відкритим кодом була створена як альтернатива комерційним системам. MySQL з самого початку була дуже схожою на MySQL, проте з часом вона все розширювалася і зараз MySQL — одна з найпоширеніших систем керування базами даних. Вона використовується, в першу чергу, для створення динамічних веб-сторінок, оскільки має чудову підтримку з боку різноманітних мов програмування.

PostgreSQL — об'єктно-реляційна система керування базами даних (СУБД). Є альтернативою як комерційним СУБД (Oracle Database, Microsoft SQL Server, IBM DB2 та інші), так і СУБД з відкритим кодом (MySQL, Firebird, SQLite).

Порівняно до інших проектів з відкритим кодом, такими як Apache, FreeBSD або MySQL, PostgreSQL не контролюється якоюсь однією компанією, її розробка можлива завдяки співпраці багатьох людей та компаній, які хочуть використовувати цю СУБД та впроваджувати у неї найновіші досягнення.

Для створення бази даних Web ресурсів найкраще використовувати MySQL, її переваги наступні:

- простота у встановленні та використанні;
- підтримується необмежена кількість користувачів, що одночасно працюють із БД;
- кількість рядків у таблицях може досягати 50 млн.;
- висока швидкість виконання команд;
- наявність простої і ефективної системи безпеки;
- одна з найшвидших СУБД;

Drupal - це CMS, що означає система управління вмістом вашого сайту в Інтернеті. Дана система є повністю відкритою, з ліцензією GPL. Так як Drupal вільний у використанні, його написання може доповнити будь-який програміст. Система безкоштовна та багатофункціональна. Написана CMS на мові PHP і зберігає всі дані, використовуючи реляційну таблицю. Підтримує PostgreSQL, MySQL та інші види баз даних

З нашої точки зору, CMS Drupal є найбільш оптимальним варіантом, так як для розробки нашої системи дана CMS має необхідну достатність елементів:

- кастомізовані типи матеріалу;
- таксонометричні словники;
- модульну систему;
- розширену роботу з формами;
- великій набір стандартних функцій для оптимізації.

Структура бази полів MySQL у CMS Drupal на наш погляд є досить зрозумілою та комфортною у використанні [1].

При розробці алгоритму роботи створюваної системи ми забезпечили можливість реалізації основних етапів без яких не може бути побудована жодна система, а саме: підготовка; запуск; доводка; розвиток.

Етап підготовки. Перше питання, на яке ми повинні для себе дати відповідь на етапі підготовки: що система повинна робити? друге запитання: як система повинна це робити?

Наша мета: розробити систему обробки, збереження та відображення інформації (отримуваної від програмного забезпечення локального медичного пристрою у графічно-текстовому вигляді глобальної мережі Інтернет). Тобто наша система повинна виконувати обробку отриманих даних, після обробки – їх збереження на сервері в «облачному» сховищі з інтернет інтерфейсом, котрий забезпечує можливість подальшого їх відображення.

Створюваний нами програмний продукт забезпечить виконання поставленої задачі, або відповідь на питання: як система буде працювати?:

- створюючи PHP аналізатори для обробки вхідної інформації;
- реалізуючи збереження даних у БД MySQL;
- забезпечуючи посилання запитів у БД та отримання відповіді;
- розробляючи функцію обробки отриманої відповіді та відображення її у вигляді стовпчастих графіків.

Друге питання на яке ми повинні дати відповідь, що ми повинні зробити для того аби наша система забезпечувала високоефективне виконання саме цих функцій.

На етапі підготовки проводяться всі необхідні роботи для розробки даної системи, а саме: визначити поле діяльності даної системи, тобто сформувані перелік всіх робіт, чого не можна не зробити у відповідності із технологією отримання кінцевого продукту. Таким чином ми отримуємо перелік дій які забезпечать нам очікуваний результат. Перетворюючи даний перелік у чітку послідовність ми отримуємо алгоритм роботи нашого програмного продукту.

При розробці алгоритму створюваної системи ми керувались наступними критеріями

функціонування системи:

рівновага: система повинна забезпечити врівноважену роботу не залежно від кількості вхідних даних;

стійкість: стабільність роботи системи при зміні вхідних даних (параметрів); величина вихідного сигналу (параметру) за будь-яких обставин повинна прирівнятись до вхідного.

мінімальний час перехідного процесу: час за який система забезпечить повернення величина вихідного сигналу (параметру) до вхідного.

адаптація: при зміні вхідних даних, система в автоматичному режимі створює необхідну достатність нових елементів, пристосовується до нововведень, що забезпечує високу ефективність та якість її функціонування;

ієрархічність: кожен розроблений компонент може розглядатись як система (підсистема) ширшої глобальної системи;

Виходячи з вище вказаних завдань та критеріїв їх вирішення створюваний нами алгоритм роботи системи отримання і збереження інформації з інтернет – інтерфейсом на СУБД MySQL буде наступним:

завантаження архіву з XML файлами від ПЗ апарату;

отримання вмісту архіву;

передача наданих із XML файлів у PHP;

обробка XML файлів, перетворення їх вмісту у масив;

створення черги;

запуск батча;

парсинг даних;

трансформація даних з ПЗ апарату до вигляду у системі;

збереження даних у необхідному вигляді використовуючи тип матеріалу (створення користувачів, "візитів");

генерація інтерфейсу: графіки візиту, графіки динаміки, рекомендації та мобільний Android додаток.

У вигляді рисунка розроблений нами алгоритм роботи системи отримання і збереження інформації з Інтернет – інтерфейсом на СУБД MySQL представлений на рисунку 1.

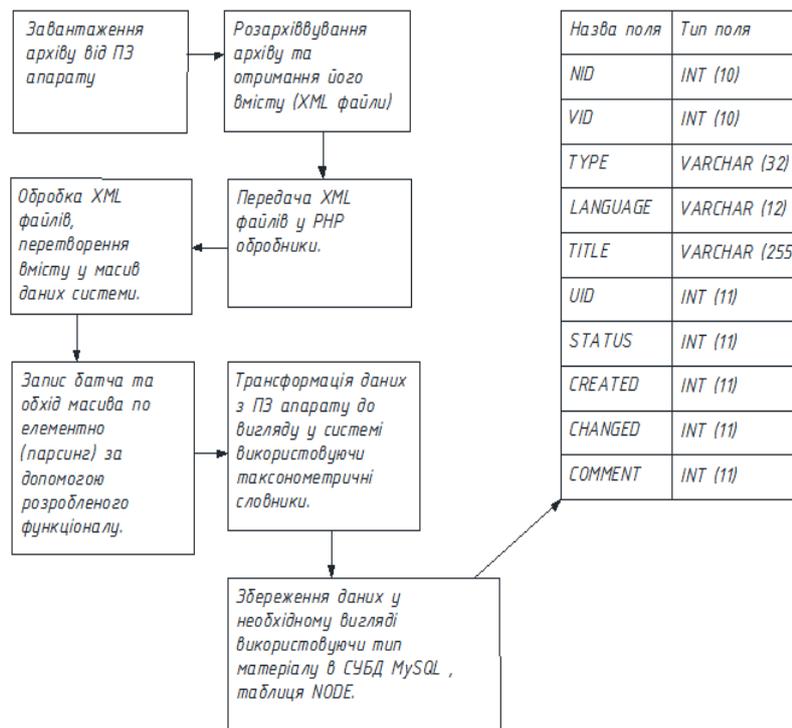


Рисунок 1. Алгоритм роботи універсальної системи трансформації даних від мед приладів у web-інтерфейс.

Завантаження архіву з XML файлами.

Першим етапом в роботі комплексу є завантаження у веб-інтерфейс архіву з вхідними даними – файлами XML. Для завантаження у веб-інтерфейсі створена відповідна веб-форма. Загальний вигляд створеної веб-форми для завантаження архіву з XML файлами представлена на рисунку 2. Дана форма забезпечує високоефективне завантаження архіву на сервер. Алгоритм очікує завантаження архіву з XML файлами візиту пацієнта, через створену веб - форму.

Після активізації режиму “Відвантажити” програмний продукт зберігає файли на сервері. Тільки після того, як файли буде збережено запускається батч, котрий “обходить” інформацію у файлах обробляє її і записує у БД MySQL, та одразу створює ноду у системі з отриманих даних

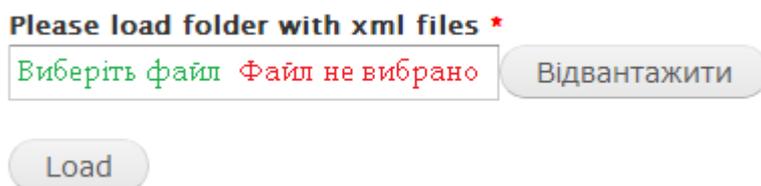


Рисунок 2. Веб - форма завантаження XML файлів з «візиту» пацієнта у веб-інтерфейс.

Батч використовується для того щоб розділити файл на менші частини тим самим зменшити навантаження на сервер. Після завантаження, архів із тимчасової папки переміщується в папку для подальшої обробки.

Отримання вмісту архіву.

Після завантаження у веб-інтерфейс, архів з вхідними даними – файлами XML необхідно отримати вміст архіву – його розархівувати. Як тільки завантажений архів потрапляє на сервер він (архів) миттєво піддається процедурі розархівування. Дана процедура проходить з використанням спеціальних інструментів у чітко визначену папку. Після завершення процедури розархівування архів автоматично видаляється з метою не нагромадження інформації на сервері.

Передача даних із XML файлів у PHP.

XML (Extensible Markup Language) - це розширювана мова розмітки, що є підмножиною мови SGML і тому має спільну з ним мету - розмітка будь-якого типу документів.

XML має багато спільного з мовою розмітки HTML, проте вони різні за своїм призначенням. HTML, як і XML, є підмножиною SGML, але призначений тільки для відображення інформації в браузері. XML же призначений для структурованого зберігання інформації і не містить жодних конструкцій для відображення цих даних.

Для відображення даних, що зберігаються в XML-форматі, використовуються різного роду перетворювачі, наприклад мову трансформацій XSLT. Комбінація XML + перетворювач дозволяє досягти того ж результату, що і використання HTML-формутованого відображення документа користувачеві. Однак у разі використання XML і перетворювача дані зберігаються окремо.

XML дуже схожий на HTML зі свого синтаксису, за винятком того, що теги XML можна придумувати власні. За аналогією з HTML всередині XML-тегів можна використовувати атрибути. Кожен тег XML повинен мати відповідний закриваючий тег (в HTML це не є обов'язковим)[2].

Для роботи з XML-документами ми використовуємо мову PHP. В PHP для цього існує два модуля, реалізують два різних стандарти обробки XML -даних: SAX (Simple API for XML) і DOM (Document Object Model).

Стандарт SAX не є стандартом W3C і описує метод обробки XML - документів з метою отримання даних з них [3]. Тобто цей метод обробки XML - документів дозволить тільки прочитати дані з XML-документа, і не більше того. Створювати і змінювати XML-документи з його допомогою неможливо.

SAX заснований на так званому подієвому програмуванні. Його особливість полягає в тому, що ви надаєте парсеру XML набір власних функцій, які займатимуться обробкою різних типів XML даних (елементів (тегів), тексту і т.п.), а парсер потім буде сам викликати ваші функції в процесі обробки XML-документа, передаючи їм знайдені дані. Функції будуть викликатися в тій же послідовності, в якій відповідні дані розташовуються в XML-документи.

Іншим стандартом для обробки XML - даних є DOM – стандарт W3C, специфікацію якого можна знайти на сайті консорціуму <http://www.w3c.org/DOM>. На відміну від SAX, цей метод дозволяє виробляти будь-які операції з XML-даних з досить зручною формою – представляючи XML -документ як дерево об'єктів.

Модуль, який реалізує цей стандарт, називається DOM XML. Він не входить в основний набір модулів PHP, але може бути встановлений як розширення. API цього модуля намагається якомога більш точно слідувати стандарту DOM level 2. Крім того, існує безліч додаткових функцій. Ці функції включені для сумісності з попередніми версіями розширення, і використовувати їх у нових скриптах не рекомендується. Крім того, у розширення DOM XML є проблеми з російською кодуванням. Парсер обробляє текст тільки в кодуванні UTF-8, тому текст потрібно щоразу перекодувати за допомогою функції `iconv`. Звідси і необхідність встановлення розширення `iconv` разом з DOM XML. Модуль DOM XML є потужним і зручним у використанні засобом обробки XML - документів. В своїй роботі ми будемо використовувати саме цей стандарт обробки XML –документів.

Аналіз та трансформація даних. Це найважливіший етап в роботі програмного забезпечення, оскільки необхідно коректно опрацювати інформацію та зберегти її у зручному форматі для подальшого відображення.

Підчас аналізу проводиться перевірка на наявність необхідних даних у веб-інтерфейсі для коректного їх збереження. За відсутності необхідних елементів вони автоматично створюються системою за рахунок чітко продуманого і реалізованого програмного коду.

Створення користувачів. Кожний окремий набір даних про результати обстеження необхідно прив'язати до конкретного користувача. В кожному XML файлі першим параметром є інформація про пацієнта.

На основі цієї інформації відбувається перевірка наявності даного пацієнта у веб-інтерфейсі. За відсутності він буде автоматично створений системою.

Створення «візитів». Після створення користувачів та необхідних елементів у веб-інтерфейсі варто підготувати та зберегти інформацію про результати обстеження даного пацієнта (відвідувача).

Для цього використовується структурна одиниця організації даних, нода, «візит», яка дозволяє організувати та зберегти коректним чином інформацію про обстеження пацієнта.

Для цього відбувається групування даних, приведення їх до заздалегідь погодженого формату та збереження всієї інформації у базі даних веб-інтерфейсу.

Генерація інтерфейсу: графіки візиту, графіки динаміки, рекомендації та мобільний Android додаток.

Веб-інтерфейс та мобільний додаток є основними елементами з якими будуть контактувати користувачі (пацієнти та лікарі) даного програмного комплексу.

Генерація інтернет інтерфейсу проходить в декілька етапів.

Перший етап передбачає: отримання із бази даних необхідної інформації про певного пацієнта та його результатів обстеження. Після отримання даних, відбувається їх візуалізація приклад представлення якої відображено на рисунку 3.

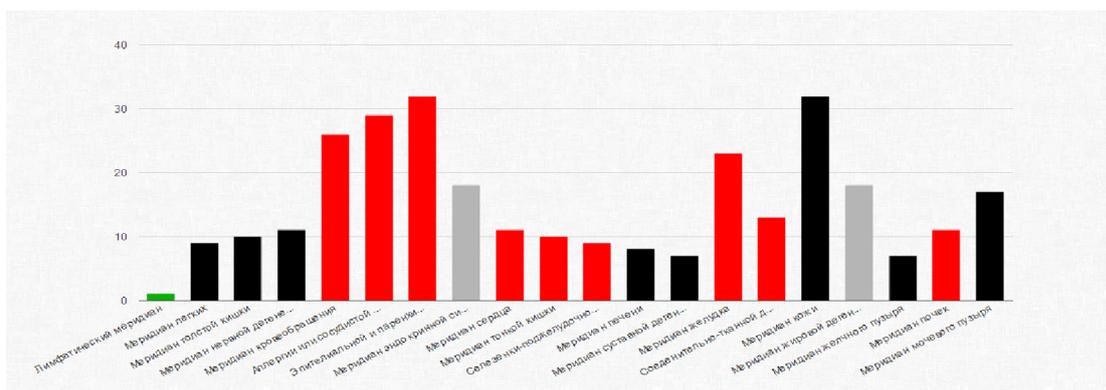


Рисунок 3 Приклад візуалізації отриманих даних

Текстові дані відображаються в незмінному вигляді, а числові значення результатів обстеження представляються у вигляді стовпчастих графіків, що полегшує виявлення відхилень та встановлення правильного діагнозу

Мобільний Android додаток

Мобільний додаток працює при умові роботи веб-інтерфейсу. Нами був розроблений додаток для Android платформ під версією 2.2 і вище. Він в свою чергу використовує для відображення даних СУБД MySQL яка наповнюється інформацією від CMS Drupal. На даний момент додаток може працювати тільки при активному підключенні до інтернету, так як не має власної БД. У майбутньому буде розроблена БД для мобільного додатку яка буде синхронізуватись з СУБД MySQL. І тому не буде необхідності у постійному підключенні до інтернету.

Розробка є базовою тому аналогічний додаток може бути виконаний і для інших пристроїв, наприклад під керуванням IOS або Windows Phone.

Висновок

В роботі коротко описано розроблений та практично реалізований алгоритм роботи універсальної системи трансформації даних від мед приладів у web-інтерфес. Алгоритм забезпечує високоефективне отримання даних із зовнішнього (локального) програмного продукту (мед апарату) до обробки, збереження та подальшого їх відображення у в глобальній мережі Інтернет в тому числі з використанням можливості мобільного додатку.

Список використаної літератури.

- 1) В.О. Сацик, О. М. Решетило, О.В. Сацик Обґрунтування вибору систем керування базою даних та управління контентом при створенні Web-сайту // Міжвузівський збірник «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво», 2013. - №12. - С.56-62.
- 2) <http://www.open-classroom.net/php-lections/3578-vzaimodejstviephpxml.html/>
- 3) <http://www.saxproject.org/>

УДК 004.42(07)

Н.А. Христинець, Я.П. Цяпич

Луцький національний технічний університет

HTML/SASS ЯК РОЗШИРЕННЯ ДЛЯ HTML/CSS ПРИ ВЕРСТЦІ ВЕБ-САЙТІВ

Н.А. Христинець, Я.П. Цяпич. Haml/sass як розширення для html/css при верстці веб-сайтів. Досліджено актуальність заміни стандартної реалізації гіпертекстової розмітки Html та стилей CSS на спрощену розмітку Haml та скриптову метамову Sass, яка інтерпретується в каскадні таблиці стилів CSS, при написанні клієнтської (front end) частини веб-сайту.

Ключові слова: верстка, Haml, Sass, препроцесорна мова, трансліювання кодів, розмітка сайту.

Н.А.Христинец, Я.П.Цяпич. Haml/sass как расширение для html/css в верстке веб-сайтов. Исследованы актуальность замены стандартной реализации гипертекстовой разметки Html и стилей CSS на упрощенную разметку Haml и скриптовый метаязык Sass, который интерпретируется в каскадные таблицы стилей CSS, при написании клиентской (front end) части сайта.

Ключевые слова: вёрстка, Haml, Sass, препроцессорный язык, трансляции кодов, разметка сайта.

N. Hrystynets, J. Tsyapych. Haml / sass as an extension to html / css layout with websites. In this research work was investigated the relevance replace the standard implementation of Hypertext Markup Html and sheets CSS at sproschynu Haml markup and scripting metalanguage Sass, which is interpreted in Cascading Style Sheets CSS, in writing clients' (front end) of the website.

Keywords: layout, Haml, Sass, preprocessing language translation codes, marking the site.

Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Haml (xHTML Abstraction Markup Language) – мова розмітки для спрощеної генерації xHTML. В свою чергу, еквівалент Haml для css – це Sass (Syntactically Awesome StyleSheets). Haml представляє з себе мову розмітки з спрощеним синтаксисом і написаний на ньому код може бути скомпільований в HTML. Як і інші препроцесори, він пропонує не тільки видозмінений синтаксис, але й нові конструкції мови: умовні оператори, цикли, вставки коду з інших файлів тощо. В свою чергу Sass – це мова, схожа до Haml, але призначена для спрощення створення CSS-коду. Код Sass спеціальною ruby-програмою трансліюється в звичайний CSS код. Синтаксис цієї мови дуже гнучкий, він враховує безліч дрібниць, які так бажані у CSS. Більш того, в ньому є навіть логіка (if, each), математика (можна складати як числа, рядки, так і кольори).

Актуальність проблеми формування клієнтської частини веб-сайту ґрунтується на тому, що використання Haml і Sass є набагато ефективнішими і необхідно, враховуючи, що частина роботи, яка повинна була б реалізовуватись на серверній частині, так званій backend розробці, може виконувати безпосередньо браузерним інтерпретатором, при чому код реалізації є більш лаконічним, зрозумілим і моноструктурним.

Проблемою є те, що при стандартній верстці макету сайту, при використанні стандартної розмітки, ми отримуємо багато коду і при цьому ж не можемо зробити нашу html-сторінку більш динамічною та інтерактивною в функціональному плані. Багато нововведень, які досі зв'язували руки верстальщикам при написанні клієнтської частини сайту, були розроблені і впроваджені в препроцесорних мовах, одними із яких є Haml і Sass. Ще одним аспектом проблеми є економія сил і часу, що є особливо важливо у роботі веб-студій, коли час виконання front end-частини проекту повинна виконуватись якомога швидше, щоб передати розробку веб-сайта в руки тих, хто програмуватиме функціонал (серверну частину).

Тому, виникнення таких технологій достатньо успішно вирішує проблеми, пов'язані з часом на виконання верстки, та ще й додають нові можливості, які розширюють функціональність мов, що використовуються під час верстки веб-сайтів.

Ціль статті. Метою даної роботи є демонстрування на прикладі простоти, лаконічності, додаткових можливостей та нового рівня абстрагування в Html-розмітці та в каскадних стилях CSS при верстці веб-сайту. Головним завданням є дослідити доцільність та необхідність реалізації в Html та CSS арифметики, циклів та змінних при розробці користувацької частини проекту сайту.

Виклад основного матеріалу дослідження. У даній роботі зображено порівняльний код, який демонструє спрощений синтаксис та появу нових можливостей в Haml/Sass [1,2]. Для початку наведемо простий код Haml в порівнянні з Html:

<p>Haml код:</p> <pre>#wrapper %section#content.main-content %header.header %h1 Заголовок h1 .post-date 28.08.2014 .post-entry %p Перший абзац тексту. %p Другий абзац тексту.</pre>	<p>Після компіляції отримаємо наступний html код:</p> <pre><div id="wrapper"> <section class="main-content" id="content"> <header class="header"> <h1>Заголовок h1</h1> <div class="post-date">28.08.2014</div> </header> <div class="post-entry"> <p>Перший абзац тексту.</p> <p>Другий абзац тексту.</p> </div> </section> </div></pre>
--	---

Перше, що заслуговує уваги - відсутність закриваючих тегів. Друге - замість закриваючих тегів використовуються відступи. Саме за допомогою табуляції визначається вкладеність. Імена тегів починаються з символу%, далі йде ім'я тега і його параметри class / id, якщо вони необхідні. Якщо ім'я тега опущено, як у випадку з блоком #wrapper, то за замовчуванням буде використовуватися тег div. Як бачимо, багато чого направлено на скорочення кількості коду і це має суттєву перевагу, так як нові можливості додають функціональності сайту.

Заслуговує увагу можливість використання в розмітці змінних, циклів, умовних операторів, масивів тощо. Оголошення змінної і приведення нижче код демонструє наступний приклад:

<pre>- some_var = 'Значення змінної' %p = some_var</pre>	<p>На виході отримуємо:</p> <pre><p> Значення змінної </p></pre>
--	--

З використанням цикла і оператора if, конструкція буде виглядати наступним чином:

<pre>.nav.nav-pagination %ol.pages - (1..6).each do i </pre>	<p>Компілюємо і отримуємо:</p> <pre><div class="nav nav-pagination"> <ol class="pages"></pre>
---	---

<pre>%li.page - if i == 3 %span.current #{i} - else %a{:href => '#'} #{i}</pre>	<pre><li class="page"> 1 <li class="page"> 2 <li class="page"> 3 <li class="page"> 4 <li class="page"> 5 <li class="page"> 6 </div></pre>
--	--

Якщо раптом буде потрібно збільшити або зменшити кількість сторінок, змінити імена класів або додати додаткову розмітку, достатньо буде декількох невеликих правок. В цьому полягає мобільність і гнучкість вибраного застосування [3]. Одними із нововведень в Sass, які можна відмітити окремо, є вкладеність, наслідування, інтерполяція і підстановка.

<pre>h1{ font-size: 12px; color: #ccc; } h1 a{ text-decoration: none; color: #ddd; }</pre>
--

Тобто, пишемо, що заголовок першого рівня необхідно привласнити властивості - кегль і колір шрифту. Посиланню, вкладеному у цей заголовок, присвоюємо властивості - прибираємо підкреслення і задаємо свій колір.

Тепер запишемо той самий код в Sass:

```
h1{
  font-size: 12px;
  color: #ccc;
  a{
    text-decoration: none;
    color: #ddd;
  }
}
```

Особливістю такого варіанту є те, що на Sass ми пишемо код так, як бачимо. Дивимось HTML-код - посилання вкладено у тег h1. Тому, в Sass-коді так і записуємо – всередині селектора h1 поміщаємо селектор a, кажучи тим самим Sass, що тег a вкладений в тег h1. Після конвертації в CSS-код у нас вийде точно такий код, як у першому прикладі (де представлений CSS-код).

Принцип наслідування реалізується наступним чином. За допомогою наслідування можна значно скоротити код і прискорити його написання. Принцип також простий - якщо для одного елемента заданий набір властивостей, то можна для іншого елемента вказати наслідуванню ці ж самі властивості. Наслідування в Sass виконується за допомогою директиви @extend. В наведеному нижче коді, ми бачимо, як заголовок h2 унаслідує властивості заголовка h1:

```
h1{
  font: {
    size: 30px;
    style: italic;
    weight: bold;
    family: Arial, sans-serif;
  }
  color: #ccc;
  padding-left: 10px;
}
h2{
  @extend h1;
  color: #aaa;
}
```

Під інтерполяцією тут мається на увазі підстановка значення змінної в назву CSS-властивості. Завдяки цьому, можна легко змінювати саму властивість у функції. Наприклад, таким чином:

```
$radius: 8px;
$vert: top;
$hor: left;

@mixin corners {

  Border-#{ $vert }-#{ $hor }-radius: $radius;

}
```

Підстановка (Mixin) в Sass повністю відповідає своїй назві за принципом застосування, але, в той же час, нагадує функцію. Тобто, Sass ще більше розширює можливості CSS і частково перетворює його з описової мови в мову програмування. Після оголошення mixin його підключають в потрібному місці коду за допомогою директиви @include. Зручність застосування підстановки полягає в тому, що не потрібно щоразу писати один і той самий код в різних місцях [4].

```
@mixin border-radius {
  -webkit-border-radius: $radius;
  -moz-border-radius: $radius;
  border-radius: $radius;
}
.box {
  height: 200px;
  width: 400px;
  background-color: #cc000;
  @include border-radius;
}
```

Висновки. Розглянуті вище технології дозволяють значно спростити написання важливих елементів веб-сайта. Вони розширюють можливості використання в «фронт енді» функціональності верстки за допомогою циклів, змінних, функцій тощо. При цьому стислість, лаконічність і зрозумілість коду виходить на новий рівень. Актуальність даних технологій постійно зростає, адже вони не тільки додають нових можливостей і забезпечують прозорість коду, але й суттєво економлять час при написанні клієнтської частини веб-сайту.

Список використаних джерел.

1. Брайан Хоган, К. Уоррен, М. Уэбер, К. Джонсон, А. Годин // Книга веб-программиста: секреты профессиональной разработки веб-сайтов. - Питер. - С. 197-203. - 288 с.
2. Зольников Д.С. PHP 5. Как самостоятельно создать сайт любой сложности. - М.: ИТ Пресс, 2005. - 109 с.
3. Мак Т., Вест Р. Dreamweaver MX 2004. Шаг за шагом. Самоучитель. - М.: ЭКОМ, 2006. - 312 с.
4. Хестер Н. Создание Web-страниц в Dreamweaver. - М.: ИТ Пресс, 2005. - 104 с.
5. Кристофер Шмитт. CSS. Рецепты программирования = CSS. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. - 592 с.
6. Энди Бадд, Камерон Молл, Саймон Коллизон. Мастерская CSS: профессиональное применение Web-стандартов. - М.: Вильямс, 2007. - 272 с.

УДК 629,113(0711): 004.01: 004.04

Я.П. Цяпич, О.К.Каганюк, К.Я. Бортник

Луцький національний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ І ЯКОСТІ ОБМІНУ ДАНИХ В ХМАРНИХ СЕРЕВЕРАХ

Цяпич Я.П., Каганюк О.К., Бортник К.Я. Підвищення безпеки і якості обміну даних в хмарних серверах. В даній науковій статті досліджені механізми хмарних розрахунків, а також розглянути проблемні питання по захисту даних в хмарному серверу Була розглянута одна із моделей, яка базується на загальноприйнятих технологіях по використанню хмарних серверів, яка дозволяє збільшити якість передачі даних і забезпечити захист інформації.

Ключові слова: підвищення безпеки та якості обміну даних, хмарні технології, математична модель підвищення безпеки обміну даних, вимоги безпеки даних в хмарних обчислень, HDFS.

Форм. 0. Рис. 0. Літ. 5.

Цяпич Я.П., Каганюк А.К., Бортник Е.Я. Повышение безопасности и качества обмена данных в облачных серверах.. В данной научной статье исследован механизм облачных вычислений, а так же рассмотрены проблемные вопросы по защите данных в облачной сервере. Была рассмотрена одна из моделей, которая базируется на общепринятых технологиях по использованию облачных серверов позволяющих увеличить качество передачи данных и обеспечить защиту информации.

Ключевые слова: повышение безопасности и качества обмена данных, облачные технологии, математическая модель повышения безопасности обмена данных, требования безопасности данных в облачных вычислениях, HDFS.

Форм. 0. Рис. 0. Лит. 5.

Tsyapych Ya.P., Kaganiuk A.K., Bortnik E.Y Improving the safety and quality of data exchange in the cloud sereverah. This research work investigates the mechanism of cloud computing and data protection issues in the cloud. Considered a model-based technology for the conventional cloud servers, which allows you to increase the quality of the transmission and protection in the cloud data exchange.

Keywords: improving the safety and quality of data exchange, cloud technology, mathematical model of increasing security data exchange requirements of data security in cloud computing, HDFS.

Form. 0. Fig. 0 Scr. 5.

Процеси роздільного та несинхронного розвитку двох компонентів: реального світу та кіберпространства в теперешній час придбають векторний формат, який направлений на створення структурованих та взаємо інтегрованих компонентів в КіберГеоСистеми. Остання еволюціонує в теперішній час створенням в кіберпросторі хмарних сервісів точного моніторингу та оптимального управління реальним світом на основі моделей, які от ображають усі земні процеси та явища. Тому створення хмарних сервісів для обчислення є **актуальною темою**.

«Хмарні» обчислення – нова глобальна парадигма обробки даних, популярність якої постійно зростає. Це стає **актуальним** для розвитку подібних технологій де приймають участь провідні світові розробники. До того ж «хмарні» сервіси розвиваються вже і в нашій країні. Ринок хмарних обчислень сьогодні величезний.

Сьогодні найпопулярнішими сервісами хмарних послуг є інтернет-додатки та віртуальні обчислювальні ресурси, які запропоновані у вигляді сервісів. Мова, яка піде в наступному розділі статті. «**Хмарні обчислення**» – це нова модель по створенню, використанню та доставці через Інтернет ІТ-сервісів з використанням динамічно масштабованих і віртуалізованих ресурсів. Під масштабованістю розуміється властивість ресурсів, які використовуються по обробці інформації, або підвищення можливостей з наростаючим обсягом робіт виникаючих в процесі обробки інформації[1,3].

Після аналізу широко використовуваної технології хмарних обчислень - HDFS (HadoopDistributed File System), ми здатні сформулювати вимоги до безпеки передачі даних для хмарних обчислень. HDFS використовується в великомасштабних хмарних обчисленнях в типовій конфігурації розподіленої файлової системи. Її основна мета полягає в управлінні комерційних апаратних засобів, у зв'язку з підтримкою Google, і перевагами відкритого вихідного коду і, це дає можливість що до застосуванню обчислень в хмарних серверах..

HDFS дуже схожа на існуючу розподілену файлову систему, таку як GFS (Google File System); вони мають ідентичні цілі, продуктивність, доступність і стабільність. HDFS спочатку використовувалися в мережевий пошуковій системі Apache Nutch і стала основою проекту Apache Hadoop.

HDFS використовувала провідний резервний режим. Провідним називається «Вузол імені» (NameNode), який управляє простором імені файлів і контролює доступ до клієнта. Інший

© Цяпич Я.П., Каганюк О.К., Бортник К.Я.

керуючий вузол «Вузол даних» (DataNode), який контролює доступ до свого клієнта. У цій накопичувальній системі, файл поділяється на невеликі складові, «Вузол імені» відображає файлові блоки а «Вузлу даних» зверху. У той час як HDFS не володіє сумісністю POSIX, файлова система все одно старається підтримувати «створення, усунення, відкриття, закриття, читання, змінення» або інші операції з файлами.

Аналізуючи HDFS, з точки зору вимог безпеки даних до хмарних обчислень, можна розділити на наступні групи:

- Перевірка достовірності Логіна клієнта: Переважна більшість хмарних обчислень перевіряють браузер клієнта, такі як ІЕ, і проводять ідентифікацію користувача згідно із запитом програм хмарних обчислень для первинної потреби.
- Присутність одиначної помилки з «Вузлом імені»: якщо «Вузол імені» атакують або зламують, це може привести до катастрофічних наслідків в системі. Тому ефективність «Вузла імені» в хмарних обчисленнях і його дієвість це ключ до успіху в інформаційній безпеці, тому посилення захисту «Вузла імені» дуже важливо.
- Швидке відновлення блоків даних і контроль за правом читання / запис: «Вузол даних» (DataNode) - це вузол накопичення даних, де можливі невдачі і труднощі з доступом до даних. В даний час кожен блок накопичення даних в HDFS має принаймні 3 репліки, які представляють резервну стратегію HDFS. Якщо необхідно забезпечити безпеку читання й запису даних, і HDFS не дала жодних докладних пояснень. В даному випадку необхідно забезпечити швидке відновлення з необхідністю повного контролю операції читання і запису даних, що не можливо до ігнорування даної операції.

В доповнення до трьох вищезазначених критеріїв, необхідно також враховувати і інші можливості, такі як контроль доступу, шифрування файлів, таких як попит на хмарні обчислення моделі з питань безпеки даних. [2]

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Ціль даного дослідження – є моделювання алгоритму процедури підвищення якості передачі та захисту даних в хмарних обчисленнях. В даній статі передбачається можливість розроблення та визначення концепції будови нової конфігурації в обчислюванні в хмарних серверах. Нова конфігурація складається з розмаїття нових технологій, таких як Hadoop, Hbase, що підвищує продуктивність системи хмарних обчислень, але в той же час може призвести до ризику. У середовищі хмарних обчислень користувачі створюють багато динамічних віртуальних організацій, які в першу чергу ґрунтуються на довірі між організаціями більше, ніж на рівні індивідуалів. Тому з тими користувачами, які ґрунтуються на вираженні обмежень на базі стратегії підтвердженень, працювати набагато важче. Це часто зустрічається на багатьох інтерактивних вузлах, де використовуються зв'язок між віртуальними машинами, є процес динамічний і непередбачуваний. Результатом розробляє мого проекту вважатиметься запропонований або розглянутий алгоритм(модель) оптимізації процесу передачі та захисту інформації при хмарних обчисленнях. Головним стримуючим фактором при роботі з хмарними ресурсами є питання безпеки – відсутність та контролю над серверами, які виконують обчислювальні процеси, є можливість витоку критично важливої інформації і пр. Серед інших стримуючих факторів можна відзначити сумніви в якості хмарних послуг, незначна кількість пропозицій, відсутність методик оцінки ефективності, неготовність змінювати підходи до ІТ-стратегій, неприйняття ІТ-персоналом (боязнь скорочень і т.п.), нерозуміння керівниками компаній переваг нових технологій.

Насамперед згадані побоювання справедливі у випадку банків та інших фінансових установ, що є об'єктом дуже жорсткого контролю з боку державних регуляторних органів. Національний банк України – головний регулятор вітчизняних банків – може дозволити їм використовувати хіба що приватні «хмари» (наприклад, для створення резервних ЦОД), але навряд чи коли-небудь дозволить використовувати «хмари» загального користування, оскільки в цьому випадку дані «розмиваються» по серверах, які знаходяться невідомо де (в географічному сенсі). У разі якщо банк захоче віддати свій приватний «хмара» на хостинг третій стороні, обов'язковою вимогою НБУ буде як мінімум самостійне (не аутсорсингове) адміністрування найважливіших програм конфіденційних даних.

А для вирішення багатьох завдань (таких, наприклад, як внутрішня бухгалтерія, CRM, HR та ін) фінансові організації цілком можуть використовувати «хмарні» обчислення вже сьогодні. З провайдером хмарних обчислень можна підписати відповідний договір про рівень обслуговування

(SLA), що передбачає серйозні фінансові штрафні санкції у випадку тих чи інших небажаних подій.[3]

Основні результати дослідження. у даній роботі розглядаються як перспектива впровадження певних удосконалень, на базі вже існуючих технологій, в безпеці та якості передачі даних в «хмарному» середовищі. Також описується модель практичної реалізації забезпечення захисту даних під час «хмарного» обміну. Модель даних у хмарних обчисленнях можна описати за допомогою математичних формул наступним чином:

$$D_f = (\text{NameNode}); \quad (1)$$

$$K_f = f * D_f; \quad (2)$$

$C(.)$: огляд вузлів;

D_f : розподілена матриця файлу f ;

K_f : режим розподілу даних у вузлі даних;

f - файл, f можна описати як

$f = \{F(1), F(2), \dots, F(N)\}$ що означає, що f - це множина n блоків файлів, де $F(i) \cap F(j) = \emptyset, i \neq j; 1 \leq i, j$

$i \in 1, 2, 3, \dots, n$;

D_f являється нульовою матрицею, - це $L * L$, де L - кількість вузлів даних.

Для підвищення безпеки даних хмарних обчислень, представляється Режим захисту даних для хмарних обчислень, який називається C2DSM. Його можна описати таким чином:

$$D_f = C_A(\text{Вузл імені}) \quad (3)$$

$$B_f = M * D_f \quad (4)$$

$$K_f = E(f) * D_f \quad (5)$$

$C_A(.)$: аутентифікація доступу до Вузлу імені;

D_f : модель захисту конфіденційності матриці розподілу файлів;

M - рішення окремих матриць;

$E(f)$ - зашифрований файл f блок за блоком, отримання зашифрованого файлового вектора.

У моделі використовувалася тришарова захисна структура системи, кожен шар якої виконує свої власні завдання для забезпечення захисту даних на всіх рівнях хмари.

- Перший шар відповідає за аутентифікацію користувачів, користувачів цифрових сертифікатів, виданих відповідними органами; управляє кодами доступу користувачів.
- Другий шар: відповідальний за шифрування даних користувача, а також захист конфіденційності користувачів певним способом.
- Третій шар: використання даних користувача для швидкого відновлення.

Захист всієї системи - це останній рівень даних користувача. За допомогою трирівневої структури аутентифікація користувача використовується для забезпечення цілісності даних. Аутентифікація користувача може керувати даними за допомогою таких операцій: додати, редагувати, видалити та ін. Якщо в системі аутентифікації користувача відбулося нелегальне втручання і небезпечний користувач входить в систему, шифрування файлів і захист конфіденційності можуть забезпечити цей рівень захисту. На цьому рівні дані користувача шифруються у випадку, якщо ключ доступу був введений нелегально, через функцію захисту конфіденційності, небезпечний користувач не зможе отримати повного доступу до інформації, що дуже важливо для захисту комерційних таємниць ділових користувачів в середовищі хмарних обчислень. Нарешті, швидке відновлення шару файлів за допомогою алгоритму відновлення дає даними користувача можливість швидко відновлюватися навіть при великих пошкодженнях.

У даній моделі виділяють наступні теореми.

- Теорема 1.

Якщо дані не в повному порядку тоді користувач, втрачає їх.

Перевірка:

D_f , якщо матриця розподілу файлів, то з формули (5), K_f є довжиною вектора L .
Якщо D_f не в повному порядку, D_f можна перетворити в $D_f^* D_f^*$, що є $(L-i) * (L-i)$ матрицею, $i \geq 1$;
 K_f стає $L-i$ вектором довжини, які приводять до скорочення у визначеній моделі.
• Теорема 2.

Якщо $\sum_{i=1}^n K_f(i) < n$, то дані користувача будуть пошкоджені. $K_f(i)$ позначає значення

точки і файлового вектора K_f .

Перевіримо:

$\sum_{i=1}^n K_f(i)$ означає кількість даних, які зберігаються у вузлі даних, з визначенням

$f = \{F(1), F(2), \dots, F(N)\}$, якщо $F(i)$ не існують, $i = 1, 2, \dots, n$, то приводить до помилки файлової пам'яті.

Якщо $\sum_{i=1}^n K_f(i) < n$, то буде $i = 1, 2, \dots, n$, нехай $K_f(i) = 0$, $F(i)$ не існує в f , файл

пошкоджено.

- Теорема 3.

Якщо існує матриця J , $J \neq M$, але $D_f = J \cdot D_f$, відбувається витік даних користувача.

Перевіримо:

M – матриця конфіденційності користувача. За допомогою матриці M ми можемо отримати D_f .

Якби існувала J , то незаконний користувач міг би отримати D_f за допомогою J . Тоді б стався витік особистих даних.[2]

Висновки

Розглянута вище модель дозволяє зробити деякі висновки та зауваження на рахунок безпеки та ефективності її рівнів. Також було важливим аспектом дослідження удосконалення алгоритмів та методів для підвищення безпеки обміну даних через «хмарні» сервери, що є дуже важливим при передачі конфіденційних та корпоративних даних. Можна відмітити такі основні напрацювання, висновки та рекомендації, які необхідно враховувати при підвищенні безпеки та якості даних в хмарних серверах:

- Підготовлена модель захисту даних, яка забезпечує новий рівень захисту та якості передачі даних між хмарними серверами.
- Проаналізована нова тришарова захисна структура системи, кожен шар якої виконує свої власні завдання для забезпечення захисту даних на всіх рівнях «хмари».
- Запропонована нова технологія хмарних обчислень, яка побудована на новій конфігурації і складається вже з існуючих засобів та технологій безпеки передачі даних.
 - Також було наведено принципи та модель захисту даних, які служать підґрунтям для удосконалення та підвищення безпеки даних при обміні в хмарних серверах

Список використаних джерел

1. http://uk.wikipedia.org/wiki/Хмарні_обчислення
2. http://uk.wikipedia.org/wiki/Модель_захисту_даних_для_хмарних_обчислень
3. <http://cbto.com.ua/library/hmarna-obrobka-danyh-mif-chy-realist>
4. Хаханова Г.В. (кандидатська, 05.12.02, 13.05.2009), науковий керівник – проф. Бараннік В.В. Структурно-каскадні методи стиску та відновлення даних в телекомунікаційних та цифрових системах реального часу;
5. Бондаренко М.Ф., Хаханов В.І., Енглезі І.П., Лобур М.В., Чумаченко С.В., Литвинова Є.І., Гузь О.А. Перспективні технології XXI століття: Облік моніторингу та управління дорожнім рухом - зелена хвиля // Україна, Одеса. С. 80-100, формат А5 (Розділ у колективній монографії).

УДК 004.896

П.М. Черкасець, П.С. Шолом, О.К. Каганюк
Луцький національний технічний університет

ПІДСИСТЕМА ЗЧИТУВАННЯ ШТРИХ-КОДІВ МОБІЛЬНОГО АГЕНТА POLOLU ЗРІ

Черкасець П.М., Шолом П.С., Каганюк О.К. Підсистема зчитування штрих-кодів мобільного агента Pololu Zpi. Розглянуто різні види технологій штрихового кодування як способу підвищення точності та швидкості збору інформації на кожній із ланок логістичного ланцюга. Розроблено програмне забезпечення для підсистеми зчитування штрих-кодів та здійснено перевірку його роботи.

Ключові поняття: мобільний агент Pololu Zpi, давач відбиття, штрих-код, програмне забезпечення

Рис. 6. Літ. 8

Черкасець П.Н., Шолом П.С., Каганюк А.К. Подсистема чтения штрих-кодов мобильного агента Pololu Zpi. Рассмотрены различные виды технологий штрихового кодирования как способа повышения точности и скорости сбора информации на каждой из звеньев логистической цепи. Разработано программное обеспечение для подсистемы считывания штрих-кодов и осуществлена проверка его работы.

Ключевые понятия: мобильный агент Pololu Zpi, датчик отражения, штрих-код, программное обеспечение

Рис. 6. Лит. 8

Petro M. Cherkasets, Pavlo S. Sholom, Oleksii K. Kahaniuk. Mobile agent Pololu Zpi barcode reading subsystem. Different types of barcode technology as a way to improve the information gathering accuracy and speed in each of the logistics chain links were considered. The software for the barcode reading subsystem was developed and a proof of its work was done.

Keywords: Pololu Zpi mobile agent, reflectance sensor, barcode, software

Fig. 6. Ref. 8

Постановка проблеми. Розробка новітніх технологій стала важливим напрямком у розвитку передових країн. Проте для виробництва на їх основі високотехнологічних товарів і послуг та виходу з ними на світові ринки необхідне використання на підприємствах передових технічних та програмних засобів автоматизації. Саме тому автоматизація та робототехніка є одним із пріоритетних напрямків розвитку промисловості в усіх розвинених країнах. Дана галузь є важливою також і в міжнародних програмах розвитку науково-технічного потенціалу. Використання роботів дозволяє полегшити або зовсім замінити людську працю на виробництві, в будівництві, при рутинній роботі, на роботах із важкими вантажами, шкідливими матеріалами, а також в інших складних або небезпечних для людини умовах. Однією із задач, яку дозволяє вирішити робототехніка є автоматизація сканування штрих-кодів товарів у виробництві, торгівлі, складському господарстві. Через кожен ланку логістичного ланцюга проходить велика кількість одиниць товарів. При цьому усередині кожної ланки товари неодноразово переміщуються по місцях зберігання та обробки. Уся система руху товарів – це безперервно пульсуючі дискретні потоки, швидкість яких залежить як від потенціалу (потужності) виробництва, ритмічності поставок, розмірів наявних запасів, так і від швидкості реалізації та споживання. Для того, щоб мати можливість ефективно управляти цією динамічною логістичною системою, необхідно в будь-який момент часу мати інформацію в детальному асортименті про матеріальні потоки, що входять і виходять з неї, а також про матеріальні потоки, що циркулюють всередині системи. Як свідчить зарубіжний і вітчизняний досвід, дана проблема вирішується шляхом використання при здійсненні логістичних операцій з матеріальним потоком мікропроцесорної техніки, здатної ідентифікувати (розпізнати) окрему вантажну одиницю [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблема штучного інтелекту в науці XXI століття охопила широке коло досліджень, пов'язаних зі створенням штучного аналогу інтелекту людини, розробкою так званого «суперінтелекту»; моделюванням окремих функцій і структур психіки; робототехнікою; впливом існуючих та потенційно можливих систем штучного інтелекту на людину та суспільство тощо. Результати досліджень у галузях обчислювальної техніки, кібернетики, синергетики, неврології, психології, лінгвістики, біо- та нанотехнологій дають змогу зробити прогнози на майбутнє стосовно розвитку штучного інтелекту та робототехніки як прикладної науки, що займається розробкою інтелектуальних технічних систем.

Над розробкою робото-технічних комплексів, особливо широкого призначення, працює ряд фахівців багатьох наукових та інженерно-конструкторських спеціальностей в Україні. В основі – методи штучного інтелекту та комп'ютерних наук [2]. Стрімкий розвиток робототехніки можливий

лише на основі праць дослідників, які займаються у цій галузі. Вивченням систем автоматичного, автоматизованого і ручного керування роботами та іншими засобами робототехніки, а також технічними системами і комплексами, що містять ці засоби, займались Андре П., Кофман Ж.-М., Лот Ф., Тайар Ж.-П. [3], Корендяєв А.І. [4] та ін. Зокрема, у роботі Джона Вільямса [5] детально розглядаються елементи схем, що використовуються у пристроях числового програмного управління (ЧПУ): інтегральні мікросхеми, контролери крокових двигунів та самі двигуни, мостові драйвери та інші елементи; описано технологію виготовлення друкованих плат в домашніх умовах методом термічного переносу електрографічного зображення з паперу на поверхню фольгованого пластику; наводяться різні схеми управління кроковими двигунами та відповідне програмне забезпечення тощо [6].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. З розвитком інформаційної технології все частіше постає питання миттєвого та надійного введення інформації про товар в ЕОМ для подальшого швидкого вирішення завдань, пов'язаних з фіксацією факту його надходження, отримання, відвантаження, продажу, передачі на наступні етапи руху тощо. Швидкість введення штрихового коду в порівнянні зі швидкістю вводу символів зростає в 1,5 – 2 рази, а достовірність даних підвищується на кілька порядків. Тому залишаються актуальними питання про впровадження роботів для ідентифікації окремої одиниці товару у виробництві, торгівлі, складському господарстві.

Метою дослідження є визначення оптимального варіанту кодування символу у вигляді штрих-коду та розробка підсистеми його зчитування на базі робото-технічної системи Pololu 3pi.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Для сканування (зчитування) різноманітних штрихових кодів необхідне спеціальне обладнання. Воно дозволяє отримувати інформацію про логістичні операції в момент і в місці їх здійснення – на складах промислових підприємств, оптових баз, магазинів, на транспорті. Отримана інформація обробляється в режимі реального масштабу часу, що дозволяє керуючій системі реагувати на неї в оптимальні терміни. Автоматизований збір інформації заснований на використанні штрихових кодів різних видів [1]. Підсистема зчитування включає в себе програмне та апаратне забезпечення. Роботу виконано на основі мобільного агента Pololu 3pi. Робот – це автоматичний пристрій з антропоморфною дією, яка частково або повністю замінює людину при виконанні робіт у небезпечних для життя умовах або при відносній недоступності об'єкта; автоматична автономна машина, яка здатна самостійно приймати та реалізовувати на фізичному рівні рішення в певних класах ситуацій, для функціонування в яких вона призначена; спеціальна програма для автоматизації рутинних завдань, яка найчастіше використовується в мережі Internet; людину або звіроподібна іграшка, здатна імітувати рухи живої істоти (такі пристрої виготовляються, зазвичай, для демонстрації досягнень в області мікроелектроніки та точної механіки).

Робот може управлятися оператором, або працювати по заздалегідь складеній програмі.

Робот Pololu 3pi є повною, високоефективною мобільною платформою, що керується C/C++ програмованим мікроконтролером ATmega328P фірми Atmel. Система працює на тактовій частоті 20 МГц і має 32 КБ флеш-пам'яті програм, 2 КБ оперативної та 1 КБ постійної пам'яті EEPROM. Робот є невеликим за розміром (9.5 см у діаметрі) та вагою (83 г без акумуляторів). Унікальна система живлення подає на двигуни постійний струм величиною 9.25 В незалежно від рівня заряду батареї. Регулювання напруги дозволяє роботу досягати швидкості 1 м/с, роблячи при цьому точні повороти та обертання.

Мобільна система включає в себе такі компоненти (рис. 1, 2):

- два металевих двигуна-редуктора (з передаточним числом 30:1);
- п'ять QTR-RC датчиків відбиття та схему управління ними;
- знімний 8x2 LCD дисплей (2 рядки з 8-ма символами у кожному з них);
- п'єзоелектричний зумер та потенціометр;
- п'ять користувачьких світлодіодів (3 зверху та 2 знизу);
- два світлодіоди для індикації живлення;
- три користувачькі кнопки (A, B і C), кнопки RESET та POWER;
- ISP роз'єм для програматора;
- роз'єм для підключення зарядного пристрою батареї;
- регулятор контрастності LCD дисплею, мікроконтролер ATmega328P;
- відсіки для акумуляторів та легкий круглий пластиковий ролик;

- лінійний та імпульсний стабілізатори напруги;
- схема визначення рівня заряду батарей.

Популярний та безкоштовний GNU C/C++ компілятор відмінно працює з роботом, програма AVR Studio компанії Atmel надає комфортне середовище розробки, а великий набір бібліотек, що пропонуються розробниками, робить комунікацію з усім інтегрованим обладнанням досить простою. Застосування мікроконтролерів ATmegaхх8 дозволяє системі Зрі бути сумісною з популярною платформою розробки Arduino. Незважаючи на свою завершеність та самодостатність, конструкція робота Pololu Зрі дає можливість оновлювати і допрацьовувати його, додаючи нові сенсори, давачі та інші модулі [7].

Розроблено програму, яка забезпечує рух робота по лінії. Визначення поточного положення системи Pololu Зрі здійснюється на основі даних від 5-ти давачів інфрачервоного випромінювання, що розташовані під платформою мобільного агента (рис. 2). Перед початком руху робота проводиться калібрування його давачів. Робот здійснює повороти ліворуч та праворуч на 90° відносно свого початкового положення, під час чого відбувається зчитування давачами даних із підстилаючої поверхні. Для кожного давача до ОЗП заноситься своє мінімальне та максимальне значення, що дає змогу отримати діапазон, який розбивається таким чином, щоб сформувати масив в межах від 0 до 1000. Оскільки такий масив формується для кожного давача окремо, то процес калібрування дозволяє усунути відмінності між давачами.

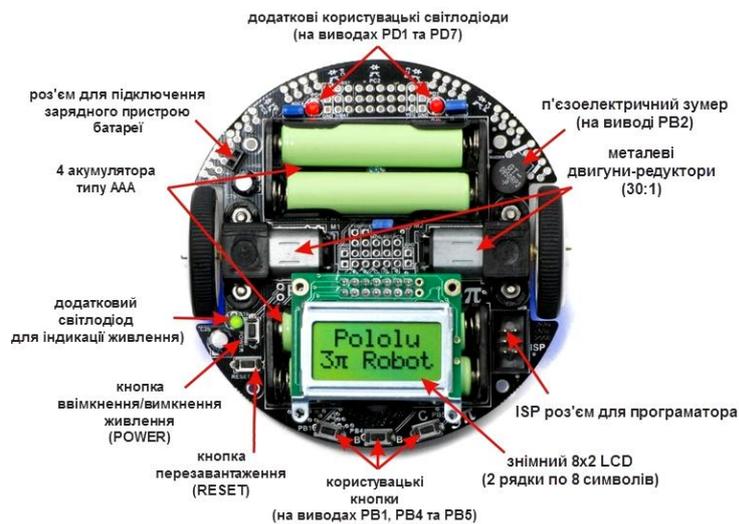


Рис. 1. Компоненти системи Pololu Зрі (вигляд зверху)

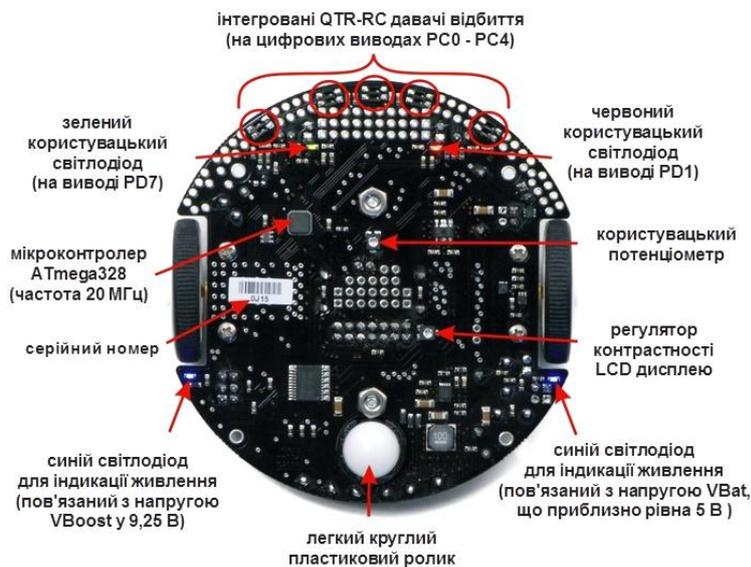


Рис. 2. Компоненти системи Pololu Зрі (вигляд знизу)

Оцінка положення робота відносно лінії здійснюється шляхом використання середньозважених індексів давачів, помножених на 1000. Нумерація давачів починається з нуля і проводиться зліва-направо [8]. Значення 0, повернене за цією формулою, означає, що лінія знаходиться безпосередньо під давачем 0, а повернене значення 1000 означає, що лінія розташована безпосередньо під давачем 1 і т.д. Проміжні значення показують, що лінія знаходиться між двома давачами. Максимальне значення, яке може повертатися за даною формулою, становить 4000 і означає, що 4-ий давач розташовано над лінією або ж ліворуч від неї, мінімальне – 0, тобто 0-ий давач знаходиться над лінією чи праворуч від неї.

Оскільки давачі робота 3рі розташовані не далеко один від одного по відношенню до ширини лінії (рис. 2), то значення, що повертається за формулою середньозважених індексів давачів, буде монотонним. Це дає змогу забезпечити необхідну точність для формування керуючого сигналу ПД-регулятором, який, у свою чергу, забезпечує необхідну точність визначення нового положення робота відносно лінії. Отже, дана підсистема дозволяє забезпечити необхідну точність руху робота по лінії [8].

Було розглянуто різні способи кодування інформації. Використання двомірного кодування є не доцільним, оскільки концепція зчитування такого коду перевищує можливості апаратної складової. Використання лінійного типу кодування (EAN, UPC, Code39 тощо) створює менше проблем при реалізації зчитування закодованого символу у порівнянні з двомірним, проте викликає ряд специфічних помилок, яких уникнути не можливо. Основною проблемою є те, що робот повинен рухатись перпендикулярно до ліній штрих-коду (рис. 3а), щоб результати його зчитування були достовірними.

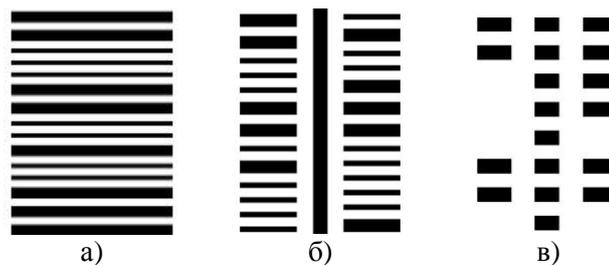


Рис. 3. Типовий вигляд штрих-коду:

а) – лінійного; б) – лінійного із центральною лінією; в) – лінійного із центральною лінією, розділеною на блоки

Щоб забезпечити перпендикулярність руху до ліній, вирішено додати центральну лінію для орієнтації руху робота (рис. 3б). Підсистема визначення положення робота відносно лінії забезпечує його точний перпендикулярний рух до ліній штрих-коду. Проте у цій підсистемі для слідування робота по лінії використовуються лише три середніх давача відбиття. Зміна плавності руху мобільного агента по лінії непомітна, оскільки лінія пряма. Два крайніх давача використовуються для зчитування штрихів, які розташовані по обидва боки лінії.

Хоча таке представлення дозволяє кодувати в два рази більше інформації (оскільки елементи штрих-коду вже розташовані по обидва боки лінії), проте ще залишилися проблеми, пов'язані з тим, що ширина штрихів є різною і розташовані вони не один навпроти одного, а хаотично. Це вимагає залучення додаткових електронних компонентів у систему. Тому вирішено розбити середню лінію на блоки і навпроти кожного з них розставити штрихи такої ж самої висоти. Таке представлення дозволить роботу відрізнити кінець одного штриха від початку іншого (рис. 3в). Наявність або відсутність бокового штриха кодується як 0 і 1 відповідно.

Щоб побудувати трек із вище описаним штрих-кодом, використано програму barcode generator utility, яка призначена для генерування штрих-коду із символів латинського алфавіту. Програма здійснює перетворення будь-якого слова у файл із розширенням *.ppm. Ці файли можна відкрити та роздрукувати за допомогою графічного редактора GIMP. Після запуску програми на екрані з'явиться консольне вікно із запитом ввести стрічку для кодування (наприклад, «computer»). Далі необхідно задати ім'я вихідного файлу (розширення задавати не потрібно). Після виконання програми у поточному каталозі буде створено два файли (один файл на чотири символи), які містять потрібні штрих-коди.

Створені файли можна відкрити за допомогою графічного редактора GIMP. Штрих-код для слова «computer» складається для двох частин: «comp» та «uter» (рис. 4). Крапка у верхньому лівому кутку означає початок штрих-коду.

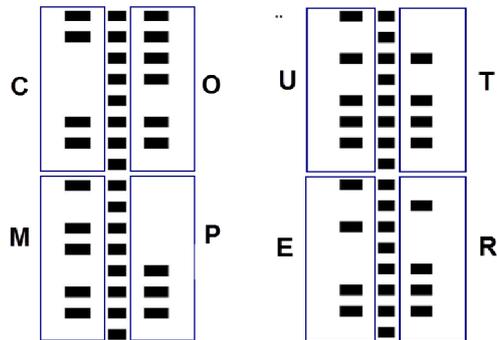


Рис. 4. Штрих-код для слова «computer»

Як видно з рисунка 4, кожен файл, створений програмою encoder.exe, містить по 4 символи. Зображення цих символів представлено шістнадцятьма горизонтальними штрихами по центру. Для того, щоб закодувати кожен символ таблиці ASCII, достатньо лише восьми бітів. Тому вісім штрихів здатні закодувати будь-яке слово. Розроблено програму зчитування цих кодів з треку роботом та їх декодування у символи, що відображаються на дисплеї системи (рис. 5). Програма завантажується у мікроконтролер за допомогою програматора USB AVR Programmer. Для розробки програмного забезпечення використано середовище розробки AVR Studio. Програмний код написано мовою C.



Рис. 5. Відображення символів на дисплеї робота

На рисунку 6 зображено мобільний агент Pololu 3pi у процесі зчитування штрих-коду.

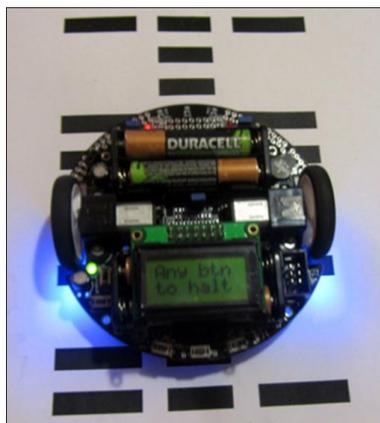


Рис. 6. Зчитування штрих-коду роботом із поверхні треку

Висновки. Розроблено програмне забезпечення для мобільного агента Pololu 3pi та алгоритм, що реалізує можливість зчитування нанесеного на трек штрих-коду та перетворення його назад у символи латинського алфавіту. Дана підсистема може бути прототипом для розробки складніших систем. Наприклад, роботів, що здатні навантажувати/відвантажувати деталі машин у

конкретне місце під час складального процесу, зчитуючи давачами штрих-код на деталі. Проте така система потребує складнішого апаратного та програмного забезпечення.

Список використаних джерел.

1. Никифоров В.В. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок. – М.: ГроссМедиа, 2008. – 192 с.
2. Сучасний стан та перспективи розвитку робототехніки в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://oldconf.neasmo.org.ua/node/2298>.
3. Андре П., Кофман Ж.-М., Лот Ф., Тайар Ж.-П. Конструирование роботов. – М.: Мир, 1986. – 360 с.
4. Корендяев А.И. Теоретические основы робототехники. Книга 1. – М.: Наука, 2006. – 383 с.
5. Вильямс Дж. Программируемые роботы. Создаем робота для своей домашней мастерской / Пер. с англ. А. Ю. Карцева – М.: НТ Пресс, 2006. – 240 с.
6. Губіш С.А. Модернізація системи Pololu 3рі для розв'язання задачі обходу перешкод. / С.А. Губіш, П.С. Шолом, О.К. Каганюк // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» – Луцьк: Видавництво Луцького НТУ. Вип. 12. – 2013. – С. 153-158.
7. Pololu 3рі Robot User's Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pololu.com/docs/0J21>
8. Шолом П.С., Здолбіцька Н.В. Пропорційно-інтегрально-диференціальне управління стабільністю руху мобільного агента 3рі по заданій траєкторії / П.С. Шолом, Н.В. Здолбіцька // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» – Луцьк: Видавництво Луцького НТУ. – Вип. 8. – 2012. – С. 125–129.

УДК004.056.5

А.А.Ящук

Луцький національний технічний університет

МЕТОДИ ЗАХИСТУ КОДУ .NET-ПРОГРАМ

Ящук А.А. Методи захисту коду Net-програм. У статті розглядаються актуальні методи захисту коду програм, що виконуються в середовищі .NetFramework.

Ключові слова: NetFramework.

Ящук А.А. Методы защиты кода Net-программ. В статье рассматриваются актуальные методы защиты кода программ, выполняемых в среде .Net Framework.

Ключевые слова: NetFramework.

Yaschuk A.A. The methods of Net code protection. The actual methods of protection of code of .Net Framework programs are considered in the article.

Keywords: NetFramework.

Постановка проблеми. Код, написаний будь-якою .NET мовою (C#, VisualBasic, F#та ін.) компілюється в IntermediateLanguage, який зазвичай називають IL або MSIL. Крім того, в програмі на .NET активно використовуються метадані, тобто вся інформація про класи, методи, властивості, атрибути і все інше, зберігається у виконуваному файлі [1]. Зі скомпільованих збірок (exe і dll) для платформи .NET код може бути легко відновлений на мовах високого рівня (C#, VB.net) [2]. Якщо в програмі є система ліцензування, то вона може бути легко знята, крім того вихідний код практично незахищений від копіювання і використання сторонніми особами. У випадку розробки комерційних програмних продуктів, призначених для роботи в середовищі .NetFramework актуальною є проблема захисту.

Мета. Дослідити сучасні методи і засоби захисту коду програм .NET Framework від несанкціонованого використання і модифікації.

Виклад основного матеріалу. Серед найбільш поширених на даний момент методами захисту програмних продуктів можна виділити [3]:

- виконання на стороні сервера (напр. веб-додатки ASP.NET). Даний метод захисту ґрунтується на технології клієнт-сервер, він дозволяє запобігти відсиланню коду програми користувачам, які будуть з нею працювати, так як сама програма зберігається, і виконується на сервері, а користувачі, використовуючи клієнтську частину цієї програми, отримують результати її виконання (рис. 1).

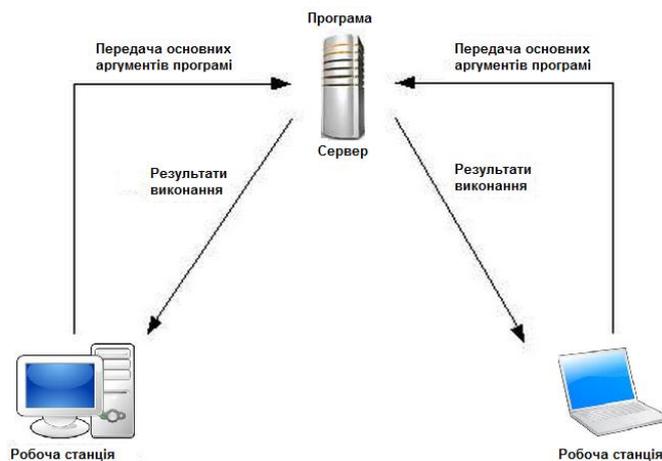


Рис. 1. Виконання програми на стороні сервера

.NET-додатки, що призначені для виконання на ПК можна захищати двома основними методами: пакування і обфускація [2].

Пакування – модифікація збірки таким чином, що на виході одержується WinAPI додаток, що містить в собі модуль для розпаковування і запакований IL-код.

Захист пакуванням має наступні недоліки:

- втрата кросплатформенності;

- зниження продуктивності. Затрачаються додаткові ресурси системи на розпаковування коду під час виконання;
- ненадійність методу. Для нормального виконання в середовищі .Net в будь-якому випадку потрібен доступ до оригінального IL-байткоду, тому отримати цей байткод теж реально.

Зважаючи на недоліки попереднього методу особливий інтерес представляє обфускація.

Суть процесу обфускації полягає в тому, щоб заплутати програмний код і усунути більшість логічних зв'язків у ньому, тобто трансформувати його так, щоб він був дуже важкий для вивчення і модифікації сторонніми особами.

Для реалізації обфускації .NET програм використовують ряд принципів:

перейменування класів, методів та інших елементів. Видаляються всі «підказки», які може використовувати зловмисник для швидкого пошуку класів, що відповідають, наприклад, за ліцензування. При «крадіжці» коду буде дуже важко розібратися в логіці програми, для чого і як створюються класи, і викликаються методи. Популярним варіантом є перейменування в недруковані символи, китайські ієрогліфи (рис.2, а). Аналогічний варіант – використання коротких, але друкованих ідентифікаторів (a, b, c, aa, ab, ac ...), (рис.2, б).

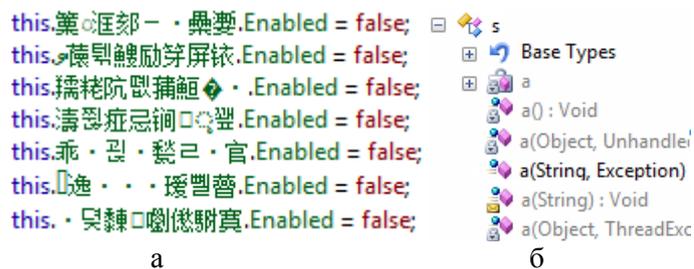


Рис.2. Обфускація, шляхом перейменування

Ще одним варіантом перейменування є – використання ключових слів мови високого рівня (C# або VB.net), або невалідність ідентифікаторів для цієї мови (наприклад ?123?) – цей варіант нічим не кращий двох попередніх, але вважається, що при «крадіжці» коду не скористаються деобфускатором, і на виході вийде некомпільований текст.

- об'єднання збірок і просторів імен (Namespace Flatten, Assembly Merge). Зі збільшенням кількості класів у збірці ускладнюється розуміння коду програми. Чим більше класів міститиме результуюча збірка, тим складніше без детального аналізу буде в ній знайти потрібну інформацію. Простори імен (namespace) зазвичай об'єднуються під час обфускації імен класів (щоб не було колізій з класами з однаковими іменами з різних просторів імен).

- створення великої кількості overload-методів з одним ім'ям, які мали до обфускації різні імена, і ніяк не були пов'язані. Також .net дозволяє створювати override-методи, імена яких відрізняються від імен методів, які вони перекрили. Це збиває з пантелику не лише зловмисників, а й додає зайві вимоги до деобфускатора.

- зміна вмісту класів Деякі обфускатори можуть об'єднувати декілька класів в один, або робити зі звичайного класу вкладений. Така обфускація часто призводить до помилок в результуючій програмі, і використовується рідко.

- обфускація control flow. На цьому етапі змінюється порядок інструкцій в код і змінюються самі інструкції. Дана методика дозволяє ввести в оману більшість декомпіляторів мов високого рівня, що дуже добре протидіє «крадіжкам» коду, заплутує кракерів і авторів генераторів ключів. Недоліком є іноді знижена продуктивність, оскільки чим більше ми заплутуємо хід виконання програми, тим довше вона виконується. У більшості випадків код методу розбивається на блоки, ці блоки перемішуються у випадковому порядку і «склеюються» за допомогою безумовних переходів (інструкції `br` і `br.s`).

Деякі обфускатори замінюють інструкції переходу (як оригінальні, так і вставлені) на завантаження константи і перехід на `switch`. Також можливий варіант:

```
if (5 < (3 - 6)) { // IL-сміття, або неправильний код }
```

- Invalid IL. В ділянки коду, які ніколи не будуть виконані, вставляються не описані в стандарті коді операції (тобто невалідні інструкції). В рефлексорі буде відображено приблизно наступне:

```
[STAThread]
Private static void Main()
{
    // Invalidmethodbody.
}
```

Дана методика не є складною для обходу.

- приховування рядків. Зазвичай це робиться якимось простим алгоритмом шифрування типу XOR на константу:

```
public static string decode(string str, int num)
{
    int length = str.Length;
    char[] chArray = str.ToCharArray();
    while (--length >= 0)
        chArray[length] = (char)(chArray[length] ^ num);
    return new string(chArray);
}
```

Можливе об'єднання рядків в один з викликом методу Substring(), приховування рядків в ресурси. У кожному випадку «шифрування» представлено у вигляді статичного методу з кількома аргументами, зазвичай це рядок і / або число. Криптографічні алгоритми не застосовується, оскільки справжнє шифрування, суттєво знизить продуктивність програми.

- використання специфічних атрибутів і багів декомпіляторів. Найбільш часто зустрічається атрибут [SuppressIldasm], який не дозволяє працювати на даній збірці з офіційним декомпілятором Microsoft - ildasm. В якості багів можна зустріти чисто технічні недоробки декомпілятора.

- інші методи. Іноді можна зустріти дуже схожий на приховування рядків підхід, але для ресурсів. Також використовується конвертування managed в unmanaged .net-коду. Тобто все перезбирають з позначками unmanaged. Практично вся функціональність в межах домена зберігається, але рефлексором код вже не подивитися.

На сьогоднішній день існує велика кількість як безкоштовних так і комерційних обфускаторів, що надають різний ступінь захисту програмних продуктів.

Dotfuscator (рис.3) – аналізує програми та робить їх меншими, швидшими і складнішими для декомпіляції [4]. До методів обфускації, що використовуються в Dotfuscator включають перейменування (заміна значущих ідентифікаторів з короткими безглуздими назвами), створення overload-методів з одним ім'ям; зміна потоку керування, шифрування строкових літералів. Dotfuscator включено до пакету VisualStudio.

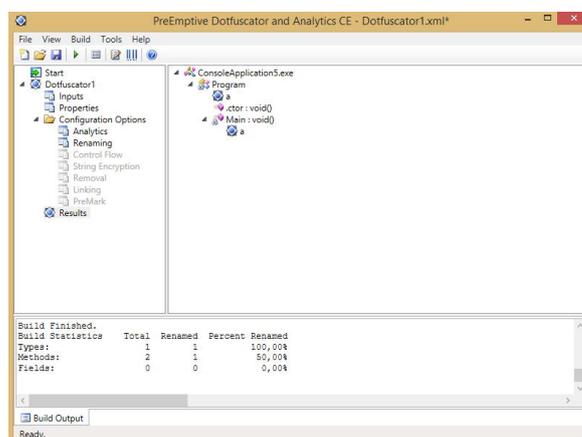


Рис.3. Програма Dotfuscator

.Net Reactor (рис.4)– обфускатор, який надає можливості не тільки захисту коду за допомогою обфускації, але і вбудовування в додаток механізмів перевірки ліцензій і реєстраційних ключів [5]. З його допомогою можна обмежити час або кількість запусків пробної версії, додати для продукту нескінченні або обмежені за часом ліцензії та багато іншого.

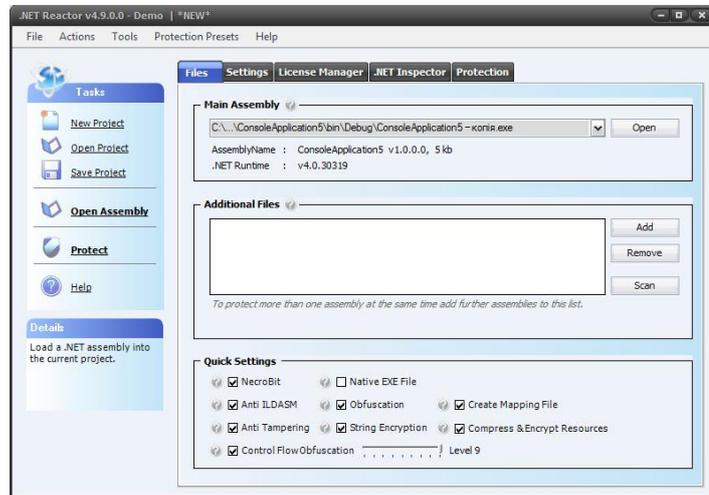


Рис.4. Програма .Net Reactor

DotNetProtector(рис.5) – система захисту коду .NET, яка заважає декомпіляції збірок [6]. Може застосовуватися для захисту в додатках Windows, бібліотеках DLL ASP і для захисту SQL збірок.

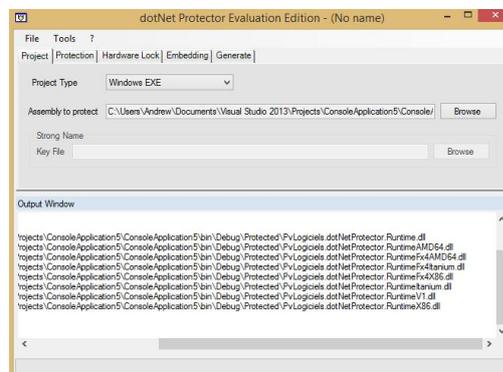


Рис.5. Програма DotNet Protector.

Для тестування захисту коду використовували декомпілятор JetBrains dotPeek (рис.6) [7]. Цей безкоштовний засіб дозволяє декомпілювати .NET 1.0-4.5 збірки в C#, експортувати код у VisualStudio, підтримує підсвічування синтаксису та ряд інших функцій.

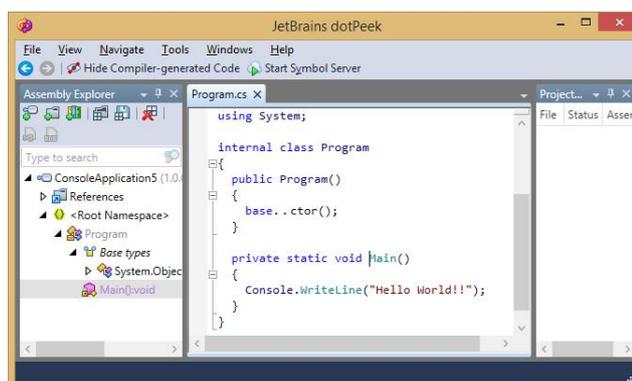


Рис. 6. С#-код програми HelloWorld, одержаний з захищеної збірки за допомогою декомпілятораJetBrains dotPeek



Рис.7. Декомпіляція за допомогою JetBrains dotPeekмодифікованої за допомогою засобів Dotfuscator (а), .Net Reactor (б) і DotNet Protector (в) збірки програми HelloWorld

На рис. 7. Показані результати декомпіляції програми «HelloWorld» захищеної за допомогою вищенаведених засобів.

Висновок:аналіз показує, що сучасні засоби захисту забезпечують прийнятний ступінь захисту програмного коду .Net-програм від аналізу і небажаної модифікації. Програми для обфускації часто комбінують у собі додаткові механізми захисту, зокрема протидії декомпіляції, вбудовування у готові продукти систем реєстрації і перевірки ліцензій. Поєднання обфускації і пакування збірки здатне суттєво підвищити ступінь захисту, однак можливі негативні наслідки, що полягають у зниженні швидкодії програми, зменшення її стабільності. Комерційні засоби захисту гарантують вищий ступінь захисту коду в порівнянні з безкоштовними. В цілому, питання підвищення захищеностікоду для платформи .NetFramework, розробки нових механізмів і засобів захистузалишається актуальним.

Список використаних джерел

1. Шилдт Г. С# 4.0: полное руководство / Герберт Шилдт. — М.: «Вильямс», 2011. — 1056 с. — ISBN 978-5-8459-1684-6.
2. Обфускаторы (и деобфускаторы) для .NET §1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL : <http://habrahabr.ru/post/74463/>– заголовок с экрана.
3. Обфускация и защита программных продуктов.[Электронныйресурс]. – Режимдоступа: URL :<http://citforum.ru/security/articles/obfus/>– заголовоксэкрана.
4. Dotfuscator [Electronic Resource]. – Mode of access :URL : <http://www.preemptive.com/>. – Title from the screen.
5. .NET Reactor[Electronic Resource]. – Mode of access :URL : <http://www.eziriz.com/> . – Title from the screen.
6. dotNet Protector [Electronic Resource]. – Mode of access :URL : <http://dotnetprotector.pvlog.com/> . – Title from the screen.
7. JetBrains dotPeek [Electronic Resource]. – Mode of access :URL : <https://www.jetbrains.com/decompiler/>– Title from the screen.

УДК 548.52

Боднар Д.І., Дутчак Б.І., Михальчук Р.І.
Луцький національний технічний університет

ДЕЯКІ НЕРІВНОСТІ ДЛЯ СЕРЕДНІХ ГАРМОНІЙНИХ, ЇХ КОНТИНУАЛЬНІ АНАЛОГИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Д.І. Боднар, Б.І. Дутчак, Р.І. Михальчук Деякі нерівності для середніх гармонійних, їх континуальні аналоги та застосування в системах автоматичного регулювання. Встановлено декілька нерівностей, як дискретного так і континуального характеру типу обернених середніх гармонійних.

Ключові слова: нерівність, диференціал, середнє гармонійне, функціонал, сума, інтеграл.

Форм. 11. Літ. 2.

Д.И. Боднар, Б.И. Дутчак, Р.И. Михальчук Некоторые неравенства для средних гармонических, их континуальные аналоги и применение в системах автоматического регулирования. Установлено несколько неравенств, как дискретного так и континуального характера типа обратных средних гармонических.

Ключевые слова: неравенство, функционал, среднее гармоническое, функционал, сумма, интеграл.

D. Bodnar, B. Dutchak, R. Mykhalchuk Some inequalities for harmonic means, their continuum analogs and application in control systems. Several discrete and continuum inequalities of the inverse harmonic mean type are obtained in the paper.

Keywords: inequality, differential, harmonic mean, functional, sum, integral.

Вступ. Задача дослідження та побудови аналітичної теорії гіллястих ланцюгових дробів [1] та їх континуального аналогу інтегральних ланцюгових дробів [2] зумовили появу нерівностей, які представляють на нашу думку і самостійний інтерес. Далі такі нерівності будуть наводитись в хронологічному порядку відповідно до того, як вони були встановлені.

Основна частина.

Теорема 1. Для додатніх дійсних чисел x_i та y_i ($i = \overline{1, n}$) мають місце нерівності

$$\left(\sum_{i=1}^n (x_i)^{-1} \right)^{-1} + \left(\sum_{i=1}^n (y_i)^{-1} \right)^{-1} \leq \left(\sum_{i=1}^n (x_i + y_i)^{-1} \right)^{-1}. \quad (1)$$

Доведення здійснюється методом математичної індукції.

При $n = 1$ нерівність (1) очевидна, при $n = 2$ справедливість встановлюється безпосередньо при допомозі елементарних обчислень.

Запровадивши позначення

$\bar{x}_{n-1}^{-1} = x_{n-1}^{-1} + x_n^{-1}$, $\bar{y}_{n-1}^{-1} = y_{n-1}^{-1} + y_n^{-1}$ і спираючись на індукцію, одержимо

$$\begin{aligned} \left(\sum_{i=1}^n x_i^{-1} \right)^{-1} + \left(\sum_{i=1}^n y_i^{-1} \right)^{-1} &= \left(\sum_{i=1}^{n-2} x_i^{-1} + \bar{x}_{n-1}^{-1} \right)^{-1} + \left(\sum_{i=1}^{n-2} y_i^{-1} + \bar{y}_{n-1}^{-1} \right)^{-1} \\ &\leq \left(\sum_{i=1}^{n-2} (x_i + y_i)^{-1} + (\bar{x}_{n-1} + \bar{y}_{n-1})^{-1} \right)^{-1} \leq \left(\sum_{i=1}^n (x_i + y_i)^{-1} \right)^{-1} \end{aligned}$$

Остання нерівність слідує з (1), де $n = 2$ і на місце x_1, x_2, y_1, y_2 покладено $x_{n-1}, x_n, y_{n-1}, y_n$ відповідно. Послідовно застосовуючи нерівність (1) встановлена.

Теорема 2. Нехай $(x_{1j}; x_{2j}; x_{3j} \dots x_{nj})$ ($j = \overline{1, k}$) впорядкована сукупність дійсних додатніх чисел. Тоді

$$\sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^n x_{ij}^{-1} \right)^{-1} \leq \left(\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^k x_{ij} \right)^{-1} \right)^{-1}. \quad (2)$$

Теорема 3. Справедливою є нерівність

$$\sum_{j=1}^n \left(\delta_j + \sum_{i=1}^n \frac{x_j}{x_i} \right)^{-1} \leq \frac{n}{n + \delta_{\text{сер}}}. \quad (3)$$

де x_i, δ_j ($i = \overline{1, n}; j = \overline{1, n}$) додатні дійсні числа, а

$$\delta_{cep} = n(x_1^{-1} + x_2^{-1} + \dots + x_n^{-1})^{-1}.$$

Доведення. Перш за все переконаємось що

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n \frac{x_j}{x_i} \right)^{-1} = 1$$

а далі вводим позначення $x_{ij} = \frac{x_i}{x_j}$ ($i, j = 1, \bar{n}$) $x_{n+1}, j = \delta_j^{-1} (j = 1, \bar{n})$ і застосовуємо (2).

Одержимо:

$$\sum_{j=1}^n \left(\delta_j + \sum_{i=1}^n \frac{x_j}{x_i} \right)^{-1} = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^{n+1} x_{ij}^{-1} \right) \leq \sum_{i=1}^{n+1} \left(\left(\sum_{j=1}^n x_{ij} \right)^{-1} \right) = \left(\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n \frac{x_i}{x_j} \right)^{-1} + \frac{\delta_{cep}}{n} \right)^{-1} = \frac{n}{n + \delta_{cep}}.$$

Як наслідок з попередньої теореми слідує нерівність

$$\sum_{j=1}^n \left(\delta + \sum_{i=1}^n \frac{x_j}{x_i} \right)^{-1} \leq \frac{n}{n + \delta}. \quad (4)$$

де δ - невід'ємне дійсне число.

Теорема 4. Нехай δ – невід'ємне дійсне число. Має місце нерівність

$$\sum_{i=1}^n \left(\delta + \sum_{j=1}^n \frac{x_i}{x_j} \right)^{-1} \geq (\delta + 1)^{-1}, \quad x_i > 0 \quad (5)$$

Доведення. Перш за все переконаємось в справедливості нерівності

$$\left(1 + \delta + Ax + \frac{x}{y} \right)^{-1} + \left(1 + \delta + Ay + \frac{y}{x} \right)^{-1} \geq \left(1 + \delta + A \frac{xy}{x+y} \right)^{-1}, \quad (6)$$

де $\delta \geq 0, A \geq 0, x > 0, y > 0$ – довільні додатні числа. Після нескладних обчислень остання нерівність зводиться до виду

$$\delta^2 + 2\delta + 2\delta A \frac{xy}{x+y} \geq 0.$$

Нерівність (5) доведемо методом математичної індукції. При $n = 1$ ця нерівність очевидна, при $n = 2$ справедливість (5) слідує з нерівності (6), якщо взяти $A = 0$.

Запровадивши позначення $\bar{x}_{n-1} = x_{n-1}^{-1} + x_n^{-1}$, тобто $\bar{x}_{n-1} = \frac{x_{n+1}x_n}{x_{n-1} + x_n}$ і застосувавши (6), де

$A = x_1^{-1} + x_2^{-1} + \dots + x_{n-2}^{-1}, x = x_{n-1}, y = x_n$ одержимо

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \left(\delta + \sum_{j=1}^n \frac{x_i}{x_j} \right)^{-1} &= \sum_{i=1}^{n-2} \left(\delta + \sum_{j=1}^n \frac{x_i}{x_j} + \frac{x_i}{\bar{x}_{n-1}} \right)^{-1} + \left(\delta + \sum_{j=1}^n \frac{x_{n-1}}{x_j} + 1 + \frac{x_{n-1}}{x_n} \right)^{-1} + \\ &+ \left(\delta + \sum_{j=1}^{n-1} \frac{x_n}{x_j} + \frac{x_{n-2}}{x_n} + 1 \right)^{-1} \geq \sum_{i=1}^{n-2} \left(\delta + \sum_{j=1}^n \frac{x_i}{x_j} + \frac{x_i}{\bar{x}_{n-1}} \right)^{-1} + \left(\delta + \sum_{j=1}^{n-2} \frac{\bar{x}_{n-1}}{x_j} + \frac{\bar{x}_{n-1}}{\bar{x}_{n-1}} \right)^{-1} \geq (\delta + 1)^{-1}. \end{aligned}$$

Теорема 5. Нехай $x(t) > 0$ - довільна функція з простору $C_{[a,b]}$, а $\delta > 0$ – деяке число.

Тоді:

$$\int_a^b \frac{d\tau}{\delta + x(\tau) \int_a^b \frac{dt}{x(t)}} \leq \frac{b-a}{\delta + (b-a)}.$$

Доведення. Дослідимо на екстремум функціонал

$$F[x(\cdot)] = \int_a^b \frac{d\tau}{\delta + x(\tau) \int_a^b \frac{dt}{x(t)}}.$$

Диференціал Гато даного функціонала буде рівний:

$$\begin{aligned} dF[x(\cdot)] &= dF(x; h) = \left. \frac{d}{d\varepsilon} F[x(t) + \varepsilon h(t)] \right|_{\varepsilon=0} = \\ &= \frac{d}{d\varepsilon} \left(\int_a^b \frac{d\tau}{\delta + (x(\tau) + \varepsilon h(\tau)) \int_a^b \frac{dt}{\delta + (x(t) + \varepsilon h(t)) \int_a^b \frac{dt}{x(t) + \varepsilon h(t)}}} \right) \Bigg|_{\varepsilon=0} = \\ &= - \int_a^b \frac{1}{\left(\delta + x(t) \int_a^b \frac{dt}{x(t)} \right)^2} \left[h(t) \int_a^b \frac{dt}{x(t)} - x(\tau) \int_a^b \frac{h(t) dt}{x^2(t)} \right] d\tau \end{aligned}$$

де $0 < h(t) < 1$, $h(t) \in C_{[a;b]}$, $h(a) = h(b)$

Скориставшись узагальненою теоремою про середнє значення, одержимо

$$\begin{aligned} dF(x; h) &= - \frac{1}{\left(\delta + x(\xi) \int_a^b \frac{dt}{x(t)} \right)^2} \left[\int_a^b h(t) dt \int_a^b \frac{dt}{x(t)} - \int_a^b x(t) d\tau \int_a^b \frac{h(t) dt}{x^2(t)} \right] = \\ &= - \frac{1}{\left(\delta + x(\zeta) \int_a^b \frac{dt}{x(t)} \right)^2} \cdot \left[\int_a^b h(t) dt \int_a^b \frac{d\tau}{x(\tau)} - \int_a^b \frac{h(t) dt}{x^2(t)} \int_a^b x(\tau) d\tau \right] = \\ &= - \frac{1}{\left(\delta + x(\zeta) \int_a^b \frac{dt}{x(t)} \right)^2} \cdot \int_a^b h(t) \left[\int_a^b \frac{d\tau}{x(\tau)} - \frac{1}{x^2(t)} \int_a^b x(\tau) d\tau \right] dt \end{aligned}$$

Прирівнюємо $dF(x; h)$ до нуля. На основі відомого факту варіаційного числення про рівність нулеві інтеграла від добутку двох функцій, отримаємо

$$\int_a^b \frac{d\tau}{x(\tau)} - \frac{1}{x^2(t)} \int_a^b x(\tau) d\tau \equiv 0.$$

Записане інтегральне рівняння має єдиний розв'язок $x(t) = const$, який являється екстремаллю для функціонала F.

Те, що при $x(t) = const$ функціонал F досягає максимуму слідує з того, що в цьому випадку $d^2 F(x; h^2) < 0$.

В цьому легко переконатись, шляхом безпосередньої перевірки, обчисливши значення

$$d^2 F(x; h^2) = \left. \frac{d^2}{d\varepsilon^2} F(x(t) + \varepsilon \cdot h(t)) \right|_{\varepsilon=0},$$

при $x(t) = const$.

На цьому і завершуємо доведення теореми.

Теорема 6. Нехай $x(t) > 0; y(t) > 0$ - функції з простору $C_{[a;b]}$. Має місце нерівність.

$$\frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{x(t)}} + \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{y(t)}} \leq \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{x(t) + y(t)}}. \quad (7)$$

Доведення. Використаємо нерівність (1).

Замінімо

$$x_i = \frac{x(\zeta_i)}{\Delta\zeta_i}; y_i = \frac{y(\zeta_i)}{\Delta\zeta_i}; (i=0;n-1), \Delta\zeta_i = \frac{b-a}{n}$$

ζ_i - довільні точки на проміжках розбиття $[a;b]$ на відрізки. А далі переходимо до границі при $n \rightarrow \infty$. Зауважимо, що знак рівності в нерівності (7) можливий при $y(t) \equiv \alpha x(t)$, де $\alpha > 0$ - дійсне число.

Теорема 7. Має місце нерівність

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{x_i(t)}} \leq \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{\sum_{i=1}^n x_i(t)}}, \quad (8)$$

де $x_i(t)$ - функції з $C_{[a;b]}$.

Доведення здійснюється методом математичної індукції.

При $n = 2$ одержуємо нерівність (7).

Нехай нерівність (8) виконується $n = k$, тоді при $n = k + 1$ отримуємо

$$\sum_{i=1}^{k+1} \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{x_i(t)}} = \sum_{i=1}^k \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{x_i(t)}} + \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{x_{k+1}(t)}} \leq \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{\sum_{i=1}^k x_i(t)}} + \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{x_{k+1}(t)}} \leq \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{\sum_{i=1}^{k+1} x_i(t)}}.$$

Нехай $X(t;\tau)$ додатня і неперервна функція на $[a;b] \times [a;b]$. І нехай при $\tau \rightarrow \tau_0$ ($\tau_0 \in [a;b]$) функція $X(t;\tau)$ рівномірно прямує до $z(t) = X(t;\tau_0)$. Розіб'ємо проміжок $[a;b]_\tau$ на n рівних частин. Тоді $X(t;\zeta_i) = z_i(t) > 0$ - неперервні функції однієї змінної на $[a;b]_i$, де ζ_i - деякі точки з проміжків розбиття.

Застосовуючи (8), можна записати

$$\sum_{i=1}^n \frac{\Delta\zeta_i}{\int_a^b \frac{dt}{X(t;\zeta_i)}} \leq \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{\sum_{i=1}^n X(t;\zeta_i)}}.$$

Переходимо до границі при $n \rightarrow \infty$, що повністю можливо при накладених умовах. Одержимо

$$\int_a^b \frac{d\tau}{\int_a^b \frac{dt}{X(t;\tau)}} \leq \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{\int_a^b X(t;\tau) d\tau}}. \quad (9)$$

Висновки. Відомо, що якщо f - опукла функція ($f'' > 0$), $\rho(t); x(t)$ довільні додатні функції на $[a;b]$, то має місце нерівність Ієнсена

$$f \left(\frac{\int_a^b \rho(t)x(t)dt}{\int_a^b \rho(t)dt} \right) \leq \frac{\int_a^b \rho(t)f[x(t)]dt}{\int_a^b \rho(t)dt} . \quad (10)$$

Як частинний випадок (10) при $\rho(t) \equiv 1$; та $f(t) = \frac{1}{t}$ отримуємо нерівність

$$\left(\int_a^b \frac{dt}{x(x)} \right)^{-1} \leq \frac{1}{(b-a)^2} \int_a^b x(t)dt \quad (11)$$

– аналог співвідношення між середніми гармонічним і арифметичним в $C_{[a,b]}$.

Застосовуючи (9), дамо оцінку лівої і правої сторони нерівності (8)

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{\int_a^b \frac{dt}{x_i(t)}} \leq \frac{1}{(b-a)^2} \int_a^b \left(\sum_{i=1}^n x_i(t) \right) dt$$

$$\left(\int_a^b \frac{dt}{\sum_{i=1}^n x_i(t)} \right)^{-1} \leq \frac{1}{(b-a)^2} \int_a^b \left(\sum_{i=1}^n x_i(t) \right) dt .$$

Тим самим встановлено, що отримана нерівність (8) більш точна, ніж відоме співвідношення (11) в тому розумінні, що

$$\sum_{i=1}^n \left(\int_a^b \frac{dt}{\sum_{i=1}^n x_i(t)} \right)^{-1} \leq \left(\int_a^b \frac{dt}{\sum_{i=1}^n x_i(t)} \right)^{-1} \leq \frac{1}{(b-a)^2} \int_a^b \left(\sum_{i=1}^n x_i(t) \right) dt .$$

Список використаних джерел.

1. Д. И. Боднар. Ветвящиеся цепные дроби. Киев. Наукова думка 1986. - 174с.
2. Р. И. Михальчук. Континуальный аналог цепных дробей. Дисс. на соиск. уч.ст.к.ф.-м.н. Луцк 1986.-120с.

УДК 539.3

Бортник К.Я., к.т.н.

Луцький національний технічний університет

АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ЗАДАЧІ ТЕОРІЇ ПРУЖНОСТІ ДЛЯ АНІЗОТРОПНОЇ ПЛАСТИНКИ З ЛАМАНОЮ ТРІЩИНОЮ

Бортник К.Я. Алгоритм розв'язання інтегральних рівнянь задачі теорії пружності для анізотропної пластинки з ламаною тріщиною. У статті запропоновано алгоритм визначення НДС для ламаної тріщини, який складає основу для побудови енергетичного критерію руйнування. Для визначення НДС побудовано модифіковані інтегральні рівняння, за яких умови на берегах основної тріщини задовольняються тотожно. В такому підході алгоритм розв'язування задачі спрощується, оскільки невідомими будуть тільки функції на скінченних, додаткових тріщинах, що дозволяє підвищити точність розрахунків.

Ключові слова: алгоритм, пластинка, модифіковані інтегральні рівняння, метод механічних квадратур, тріщина, напруження.

Бортник К.Я. Алгоритм решения интегральных уравнений задачи теории упругости для анизотропной пластинки с ломаной трещиной. В статье предложен алгоритм определения НДС для ломаной трещины, который составляет основу для построения энергетического критерия разрушения. Для определения НДС построено модифицированные интегральные уравнения, при которых условия на берегах основной трещины удовлетворяются тождественно. В таком подходе алгоритм решения задачи упрощается, поскольку неизвестными будут только функции на конечных, дополнительных трещинах, что позволяет повысить точность расчетов.

Ключевые слова: алгоритм, пластинка, модифицированные интегральные уравнения, метод механических квадратур, трещина, напряжения.

Bortnyk K.Y. Algorithm for solving integral equations problem of elasticity for anisotropic plate with broken crack. The algorithm for determining the NDS broken crack, which is the basis for building energy criterion destruction. To determine the NDS built modified integral rivnyannya under which conditions on the banks of the main crack satisfied identically. In this approach, an algorithm for solving the problem is simplified because the unknowns will only function on a finite, additional cracks, which can improve the accuracy of calculations.

Keywords: algorithm, modified integral equation, method of mechanical quadratures.

Постановка наукової проблеми. Сучасні технології дозволяють створювати композитні матеріали, які мають наперед задані механічні і міцнісні характеристики, стійкі до дії агресивних середовищ у широкому діапазоні робочих температур тощо. Тому такі матеріали широко використовуються для створення елементів конструкцій і деталей машин у машинобудуванні, суднобудуванні, автомобілебудуванні, авіаційній техніці, хімічній промисловості. В композитних матеріалах широко поширені процеси руйнування, які проходять шляхом утворення тріщино-подібних дефектів у процесі їх виготовлення чи експлуатації з подальшим їх ростом до критичних розмірів. У зв'язку з цим становить значний практичний інтерес виконати розрахунки на міцність композитних елементів конструкцій.

Розрахунки ж на міцність таких конструкцій можуть бути виконані на основі детального вивчення напружено-деформованого стану (НДС) біля тріщин. Алгоритм визначення НДС анізотропних елементів конструкцій складної форми може бути проведений, як правило, на основі чисельних методів і, зокрема, методів скінченних різниць та скінченних елементів [1,3,6,7,9].

Аналіз досліджень. Питанням розробки алгоритмів визначення НДС пластинчастих анізотропних елементів конструкцій присвятили свої дослідження Андрейків О.Є., Божидарнік В.В., Гудрамович В.С., Гриліцький Д.В., Грінченко В.Т., Максимович О.В., Сулима Г.Т., Скальського В.Р., Камінський А.О. та багато інших.

Сьогодні у наукових публікаціях достатньо широко висвітлено питання дослідження НДС при різних схемах навантаження для ізотропних зразків, а тому актуальною є проблема побудови методик визначення НДС біля тріщин, що змінюють напрямок у процесі росту для анізотропних матеріалів.

Виходячи з цього **мета** нашої статті полягає у розробці алгоритму розв'язання інтегральних рівнянь задачі теорії пружності для анізотропної пластинки з ламаною тріщиною.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Безпосереднє застосування загальних інтегральних рівнянь до розгляду пластинки із півнескінченною тріщиною є складною задачею, оскільки кількість невідомих на ній буде також нескінченною. Для ізотропної пластинки із півнескінченною тріщиною в [8] побудовано модифіковані інтегральні рівняння, за яких умови на берегах цієї тріщини задовольняються

тотожно. В такому підході розв'язування задачі спрощується, оскільки невідомими будуть тільки функції на скінченних, додаткових тріщинах, що дозволяє підвищити точність розрахунків.

Побудуємо такі рівняння і для випадку анізотропних пластинок. Розглянемо спочатку більш загальний випадок, коли пружна анізотропна пластинка займає область D , що обмежена контуром L_D . Прийmemo, що пластинка послаблена тріщиною, яка лежить на контурі L . Розглянемо випадок, коли пластинка перебуває під дією зусиль на нескінченності та зосереджених сил. Побудуємо інтегральні рівняння для такої пластинки з тріщиною таким чином, щоби умови на межі області D виконувались автоматично. З цією метою вводять [2] комплексні потенціали Лехніцького Φ_j, Ψ_j ($j=1, 2$), які є розв'язком задачі теорії пружності для області D з вільною від навантаження або закріпленою межею, за умови, що ці функції мають наступні особливості

$$\Phi_j \sim \frac{A_j}{z_{10} - z_1}, \quad \Psi_j \sim \frac{B_j}{z_{20} - z_2}, \quad (1)$$

де $z_j = x + s_j y, j=1, 2$; s_j – корені характеристичного рівняння [1]; α_{ij} – пружні сталі; $z_{10} = x_0 + s_1 y_0, z_{20} = x_0 + s_2 y_0, (x_0, y_0) \in D$.

Позначимо далі такі потенціали через $\Phi_j(z_1, T), \Psi_j(z_2, T)$, де T – точка з координатами (x_0, y_0) .

При так побудованих потенціалах $\Phi_j(z_1, T), \Psi_j(z_2, T)$ загальний розв'язок задачі теорії пружності для області D з тріщинами буде [5]

$$\begin{aligned} \Phi(z_1) &= \int_L [\Phi_1(z_1, T)g_1'(s) + \Phi_2(z_1, T)g_2'(s)]ds + \Phi_D(z_1), \\ \Psi(z_2) &= \int_L [\Psi_1(z_2, T)g_1'(s) + \Psi_2(z_2, T)g_2'(s)]ds + \Psi_D(z_2), \end{aligned} \quad (2)$$

де $g_j' = dg_j / ds$, $g_{1,2}$ – стрибок переміщень на берегах тріщин, $\Phi_D(z_1) = \Phi_D^P(z_1) + \Phi_D^\infty(z_1), \Psi_D(z_2) = \Psi_D^P(z_2) + \Psi_D^\infty(z_2)$, T – точка (ξ, η) , за якою проводиться інтегрування. Тут потенціали $\Phi_D^\infty, \Psi_D^\infty$ та Φ_D^P, Ψ_D^P – розв'язки задач теорії пружності для області D з однорідними умовами на межі при дії прикладених до пластинки на нескінченності зусиль або зосереджених сил відповідно.

Інтегральні рівняння для знаходження функцій $g_1'(s), g_2'(s)$ отримуємо після підстановки (2) в граничні умови за використання формули Сохоцького при граничному переході у вигляді

$$\int_\Gamma [g_1'(s)Q_1(Z, T) + g_2'(s)Q_2(Z, T)]ds = Q(Z), \quad Z \in L, \quad (3)$$

де $Q(Z) = Q_T(Z) - Q_D(Z)$; $Q_j(Z, T)$ – вектор напружень q_L в точці Z з координатами (x, y) на кривій L , який визначається за формулою [3] через комплексні потенціали $\Phi_j^D(z_1, T), \Psi_j^D(z_2, T)$; T – точка з координатами (ξ, η) ; $Q_D(Z)$ – вектор напружень, відповідний потенціалам $\Phi_D(z_1), \Psi_D(z_2)$.

Наприклад

$$\begin{aligned} Q_j(Z, T) &= (s_1 + i)z_1' \Phi_j^D(z_1, T) + \overline{(s_1 + i)z_1'} \overline{\Phi_j^D(z_1, T)} + \\ &+ (s_2 + i)z_2' \Psi_j^D(z_2, T) + \overline{(s_2 + i)z_2'} \overline{\Psi_j^D(z_2, T)}. \end{aligned}$$

Система алгебраїчних рівнянь, яка відповідає інтегральним рівнянням (3), будується методом механічних квадратур [2].

Побудуємо потенціали Φ_j, Ψ_j для задачі теорії пружності для напівнескінченної тріщини $x > 0$. Для цього необхідно побудувати допоміжні (дислокаційні) розв'язки $\Phi_j(z_1, M), \Psi_j(z_2, M)$, де M – точка $(x_0, y_0) \in D$, D – область, яку займає пластинка – поза тріщиною. Для їх знаходження введемо комплексні потенціали $\Phi_0(z_1), \Psi_0(z_2)$ для області D , за умови, що ці функції мають наступні особливості

$$\Phi_0(z_1) \sim \frac{A}{z_1 - z_{10}}, \quad \Psi_0(z_2) \sim \frac{B}{z_2 - z_{20}}, \quad (4)$$

та відповідні їм напруження на берегах тріщини рівні нулю. Тут A, B – довільні комплексні сталі; $z_{j0} = x_0 + s_j y_0$. За побудованих таким чином потенціалів дислокаційні розв'язки будуть

$$\Phi_j(z_1, M) = -\Phi_0(z_1)|_{A=A_j, B=B_j}, \quad \Psi_j(z_2, M) = -\Psi_0(z_2)|_{A=A_j, B=B_j}.$$

Потенціали повинні задовольняти при $x > 0, y = \pm 0$ умовам відсутності напружень

$$\operatorname{Re}(\Phi_0(z) + \Psi_0(z)) = 0, \quad \operatorname{Re}(s_1 \Phi_0(z) + s_2 \Psi_0(z)) = 0.$$

Відобразимо область z із розрізом $x > 0, y = \pm 0$ функцією $z = \zeta^2$ на верхню півплощину $\eta > 0$, де $\zeta = \xi + i\eta$. В результаті отримуємо для функцій $\Phi_1(\zeta) = \Phi_0(\zeta^2), \Psi_1(\zeta) = \Psi_0(\zeta^2)$ умови

$$\operatorname{Re}(\Phi_1(\xi) + \Psi_1(\xi)) = 0; \quad \operatorname{Re}(s_1 \Phi_1(\xi) + s_2 \Psi_1(\xi)) = 0, \quad -\infty < \xi < \infty$$

Ці функції в площині ζ мають полюси

$$\Phi_1(\zeta) \sim \frac{A}{2(\zeta - \zeta_1)}, \quad \Psi_1(\zeta) \sim \frac{B}{2(\zeta - \zeta_2)},$$

де $\zeta_1 = \sqrt{z_{10}}, \zeta_2 = \sqrt{z_{20}}$.

Використовуючи підхід [4], звідси отримуємо

$$\Phi_0(z) = \frac{1}{2\sqrt{z}} \left[\frac{A}{\sqrt{z} - \zeta_1} + \alpha_1 \frac{\bar{A}}{\sqrt{z} - \bar{\zeta}_1} + \beta_1 \frac{\bar{B}}{\sqrt{z} - \bar{\zeta}_2} \right], \quad (5)$$

$$\Psi_0(z) = \frac{1}{2\sqrt{z}} \left[\frac{B}{\sqrt{z} - \zeta_2} + \alpha_2 \frac{\bar{A}}{\sqrt{z} - \bar{\zeta}_1} + \beta_2 \frac{\bar{B}}{\sqrt{z} - \bar{\zeta}_2} \right],$$

де $\zeta_j = \sqrt{z_{j0}}; \operatorname{Im} \zeta_j > 0; \operatorname{Im} \sqrt{z} > 0$.

Тут $\alpha_1 = \frac{\bar{s}_1 - s_2}{\Delta_1}, \beta_1 = \frac{\bar{s}_2 - s_2}{\Delta_1}, \beta_2 = \frac{s_1 - s_2}{\Delta_1}, \alpha_2 = \frac{s_1 - \bar{s}_1}{\Delta_1}, \Delta_1 = s_2 - s_1$.

Знаходження основного напруженого стану (потенціалів $\Phi_D(z_1), \Psi_D(z_2)$).

Розглянемо випадок.

1) Однорідний напружений стан для пластинки з півнескінченною тріщиною з вільними від навантаження берегами. Будемо розглядати випадок, коли задані КІН K_I, K_{II} та береги тріщини вільні від навантаження. Однорідний напружений описується потенціалами

$$\Phi(z_1) = \frac{B_1}{\sqrt{z_1}}, \quad \Psi(z_2) = \frac{B_2}{\sqrt{z_2}}, \quad (6)$$

$$\text{де } B_1 = \frac{s_2 K_I + K_{II}}{2(s_2 - s_1)\sqrt{2\pi}} i, \quad B_1 = -\frac{s_1 K_I + K_{II}}{2(s_2 - s_1)\sqrt{2\pi}} i.$$

Безпосередньою перевіркою встановлюємо, що ці потенціали забезпечують відсутність напружень на берегах тріщини (при $x > 0$) та визначають задані КІН (відповідні їм напруження на продовженні тріщини при $y = 0, x < 0$ будуть $\sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}}, \tau_{xy} = \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}}, r = |x|$).

Результати розрахунків. Прийmemo, що в процесі руйнування на окремих елементарних етапах тріщина підростає вздовж прямої. Тому важливе значення має задача про визначення напружень біля тріщини, коли відношення довжини бічної частини тріщини до основної є нескінченно малою. Для моделювання такої задачі розглянемо тріщину, що складається із двох ланок: півнескінченної $x > 0$ та прямолінійної, довжиною l , яка нахилена під кутом θ до від'ємної півосі Ox , причому напрямком із максимальною жорсткістю матеріалу нахилений під кутом φ до основної тріщини. Покладаємо, що відомі КІН для півнескінченної тріщини (рис.1) - K_I^0, K_{II}^0 .

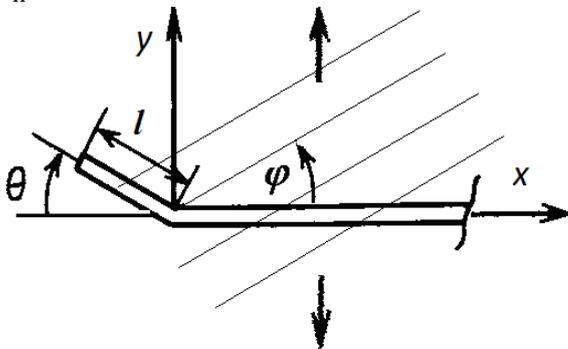


Рис.1. Схема задачі

Тоді коефіцієнти інтенсивності напружень для вершини нахиленої ланки у випадку анізотропної пластинки зображають у вигляді [11,12]

$$K_I = C_{11}(\varphi, \theta) K_I^0 + C_{12}(\varphi, \theta) K_{II}^0, \quad K_{II} = C_{21}(\varphi, \theta) K_I^0 + C_{22}(\varphi, \theta) K_{II}^0, \quad (7)$$

де φ – кут між напрямком з мінімальною (або максимальною) жорсткістю матеріалу і основною тріщиною.

Позначимо для пластинки із основною тріщиною через $K_{I\theta}^0(\varphi, \theta), K_{II\theta}^0(\varphi, \theta)$ КІН, які пов'язані із напруженнями на нахилених під кутом θ площинках співвідношеннями

$$\sigma_\theta = \frac{K_{I\theta}^0(\varphi, \theta)}{\sqrt{2\pi r}}, \quad \tau_{r\theta} = \frac{K_{II\theta}^0(\varphi, \theta)}{\sqrt{2\pi r}}, \quad (8)$$

де φ – кут нахилу дотичної у вершині тріщини до осі Ox .

Проведені розрахунки показали, що КІН K_I, K_{II} для дволанкової тріщини є близькі до КІН $K_{I\theta}, K_{II\theta}$ для основної тріщини на нахилених площинках. В зв'язку з цим запишемо

$$C_{ij} = K_{ij}^0 + \Delta C_{ij}, \quad (9)$$

де K_{11}^0, K_{12}^0 і K_{21}^0, K_{22}^0 дорівнюють величинам $K_{I\theta}^0(\varphi, \theta), K_{II\theta}^0(\varphi, \theta)$ при $K_I^0 = 1, K_{II}^0 = 0$ та $K_I^0 = 0, K_{II}^0 = 1$ відповідно.

Поправкові члени ΔC_{ij} визначались числово. Для цього знаходились КІН методом інтегральних рівнянь, а далі отримані дані описувались аналітично з використанням методу найменших квадратів. В результаті ці величини при $0 \leq \varphi \leq 90^\circ, 0 \leq \theta \leq 90^\circ$ записано у вигляді

$$\Delta C_{ij} = a_{00} + a_{10}x^2 + a_{20}x^4 + a_{01}y^2 + a_{02}y^4 + a_{11}x^2y^2 \quad (10)$$

де $y = \varphi/90^\circ$.

Для матеріалів ЕФ, ЕТФ та ЛУ-1 значення коефіцієнтів у формулі (10) наведено в таблицях 1а, 1б, 1в.

Таблиця 1.а.

Коефіцієнти формули (10) для матеріалу ЕФ

	a_{00}	a_{10}	a_{20}	a_{01}	a_{02}	a_{11}
ΔC_{11}	0,0012	-0,0152	0,0164	0,0044	0,0035	0,0066
ΔC_{12}	0,0027	-0,0473	0,0527	0,0686	0,0540	0,0030
ΔC_{21}	0,0014	-0,0210	0,0243	0,0044	-0,0083	0,0004
ΔC_{22}	0,0047	-0,0499	0,0580	0,2231	-0,0762	-0,0124

Таблиця 1.б.

Коефіцієнти формули (10) для матеріалу ЕТФ

	a_{00}	a_{10}	a_{20}	a_{01}	a_{02}	a_{11}
ΔC_{11}	0,0018	-0,0161	0,0155	-0,0008	0,0011	0,0118
ΔC_{12}	0,0027	-0,0597	0,0720	0,0469	0,0477	0,0543
ΔC_{21}	0,0030	-0,0286	0,0290	-0,0095	-0,0052	0,0138
ΔC_{22}	0,0004	-0,0618	0,0966	0,2093	-0,0666	-0,0313

Таблиця 1.в.

Коефіцієнти формули (10) для матеріалу Лу-1

	a_{00}	a_{10}	a_{20}	a_{01}	a_{02}	a_{11}
ΔC_{11}	0,0048	-0,0495	0,0539	-0,0104	-0,0079	0,0274
ΔC_{12}	0,0110	-0,1400	0,1596	0,0537	0,0246	0,0354
ΔC_{21}	0,0049	-0,0633	0,0749	-0,0244	-0,0015	0,0004
ΔC_{22}	0,0108	-0,1375	0,1773	0,1738	-0,0531	-0,0592

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Розглянута основна для побудови енергетичного критерію руйнування задача про визначення напружень біля ламаної тріщини, коли відношення довжини бічної ланки до основної є нескінченно малим. Використано підхід, в якому в композитній пластинці основна тріщина є півнескінченна. Для алгоритму визначення НДС, аналогічно, як і випадку ізотропних матеріалів, побудовано модифіковані інтегральні рівняння, за яких умови на берегах основної тріщини задовольняються тотожно. Детально розглянуто тріщину, що складається із двох ланок: півнескінченної та обмеженої довжини. КІН для вершини нахиленої ланки записано у вигляді аналогічному до відомих співвідношень для ізотропних матеріалів

Подальші наші дослідження стосуватимуться розгляду початкового процесу руйнувань, що зароджуються біля тонкостінного жорсткого включення.

Список використаних джерел

1. Бажанов В.Л. Пластинки и оболочки из стеклопластиков / В.Л. Бажанов // Под ред. И. И. Гольденבלата // М.: Высшая школа, 1970. – С. 408.

2. Божидарнік В.В. Пружна та гранична рівновага анізотропних пластинок з отворами і тріщинами / В.В. Божидарнік, О.В. Максимович // Монографія. – Луцьк: ЛДТУ, 2003. – С. 226.
3. Григоренко Я.М. Статика анізотропних толстостенних оболонок / Я.М. Григоренко, А.Т. Василенко, Н.Д. Панкратова // К.: Вища школа, 1985. – С. 190.
4. Космодамианский А.С. Напряженное состояние анізотропных сред с отверстиями или полостями / А.С. Космодамианский // Киев-Донецк: Вища школа, 1976. – С. 200.
5. Максимович О.В. Визначення напруженого стану біля крайових тріщин у анізотропних пластинчастих елементах конструкцій та деталях машин / О.В. Максимович // Международный сборник научных трудов Донецкого национального технического университета «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». – Донецк. – 2009. – Випуск 37. – С. 136-142.
6. Пискунов В.Г. Расчет неоднородных пологих оболочек и пластин методом конечных элементов / В.Г. Пискунов, В.Е. Вериженко, В.К. Присяжнюк и др. // К.: Вища школа, 1987. – С. 200.
7. Рассказов А.О. Теория и расчет слоист их ортотропных пластин и оболочек / А.О. Рассказов, И.И. Соколовская, Н.А. Шульга // К.: Вища школа, 1986. – С. 191.
8. Саврук М.П. Численный анализ в плоских задачах теории трещин / М.П. Саврук, П.Н. Осив, И.В. Прокопчук // К.: Наук. думка, 1989. – С. 248.
9. Саркисян В.С. Некоторые задачи математической теории упругости анізотропного тела / В.С. Саркисян // Ереван: Изд-во Ереван. ун-та. – 1976. – С. 536.
10. Максименко В.Н. Расчет напряженно-деформированного состояния анізотропной пластины с эллиптическим отверстием и тонкими жесткими включениями / В.Н. Максименко, С.А. Зорин // Прикл. механика и техн. физика. – 2007. – Т. 48. – № 4. – С. 173-180.
11. Саврук М.П. Численный анализ в плоских задачах теории трещин / М.П. Саврук, П.Н. Осив, И.В. Прокопчук // К.: Наук. думка, 1989. – С. 248.
12. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений. В 2-х томах / Под ред. Ю. Мураками // М.: Мир, 1990. – Т. 1. – С. 448.

УДК 621.316

Грицюк Ю.В., к.т.н.

Грицюк І.В., к.т.н.

Здолбівський А.П.

Луцький національний технічний університет

ВПЛИВ СПЕЦИФІЧНИХ ЖИВЛЯЧИХ НАПРУГ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ СТАТИЧНИХ ТИРИСТОРНИХ КОМПЕНСАТОРІВ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Грицюк Ю.В., Грицюк І.В., Здолбівський А.П. Вплив специфічних живлячих напруг на ефективність роботи статичних тиристорних компенсаторів реактивної потужності. Стаття містить ґрунтовний аналіз енергетичних процесів в тиристорних компенсаторах реактивної потужності при їх живленні напругами спеціальної форми; зокрема проведений розрахунок реактивної потужності, і коефіцієнта спотворення для випадку живлення тиристорного компенсатора амплітудно-модульованою напругою від джерела обмеженої потужності, а також зроблені відповідні висновки та окреслені можливості подальших досліджень в даному напрямку.

Ключові слова: бітиристорний ключ, модуляція напруги, біфуркація, кут керування, реактивна потужність.

Рис. 2. Форм. 17 Літ. 7.

Грицюк Ю.В., Грицюк І.В., Здолбівський А.П. Влияние специфических питающих напряжений на эффективность работы статических тиристорных компенсаторов реактивной мощности. Статья содержит подробный анализ энергетических процессов в тиристорных компенсаторах реактивной мощности при их питании напряжениями специальной формы; в частности проведен расчет реактивной мощности, и коэффициента искажения для случая питания тиристорного компенсатора амплитудно-модулированной напряжением от источника ограниченной мощности, а также сделаны соответствующие выводы и намечены возможности дальнейших исследований в данном направлении.

Ключевые слова: битиристорный ключ, модуляция напряжения, бифуркация, угол управления, реактивная мощность.

Hrytsiuk Yu., Hrytsiuk I., Zdobitsky A. Influence of specific supply voltages on the performance of static thyristor reactive power compensators. The article contains a detailed analysis of energy processes in the thyristor reactive power compensator in their supply voltage of special shape; in particular calculated reactive power and distortion factor for the case of power thyristor compensator amplitude-modulated voltage from the source of limited power, as well as the corresponding conclusions and identified opportunities for further research in this direction.

Keywords: bithyristor key modulation voltage, bifurcation, angle control, reactive power.

Постановка наукової проблеми. Більшість регульованих статичних тиристорних компенсаторів реактивної потужності (СТК) працює за принципом введення в мережу регульованого паралельного реактивного опору, яке здійснюється шляхом ввімкнення або вимкнення конденсаторів чи реакторів. Застосовуючи відповідне керування тиристорами, можна плавно регулювати реактивну потужність від найбільшої ємнісної до найбільшої індуктивної для даної напруги мережі.

Властивості та робочі характеристики сучасних СТК реактивної потужності визначаються принципом дії тиристорних пристроїв, які лежать в їх основі, а саме, тиристорно-регульованих реакторів й тиристорно-кутованих конденсаторів.

Проблема компенсації реактивної потужності є досить актуальною, особливо у разі наявності в системі електропостачання різкозмінних, несиметричних та нелінійних навантажень. Це стосується підприємств, де наявні прокатні стани, дугові сталеплавильні печі та інші потужні установки з високим рівнем споживання реактивної потужності та нестабільною динамікою споживання електроенергії. Такий характер навантаження призводить до коливань напруги і її відхилень від номінального значення, а також до спотворення синусоїдності кривої напруги. Як результат – збільшення втрат електричної енергії.

Завдяки своїм характеристикам саме СТК, як пристрої динамічної компенсації реактивної потужності, застосовуються в електричних мережах промислових підприємств з метою ліквідації негативних впливів специфічного навантаження.

Аналіз досліджень. Спотворення синусоїдної форми напруг та струмів в промислових електричних мережах (ПЕМ) виникають через нелінійність їх структурних елементів. Це відбувається переважно через вплив вентильних пристроїв, електромагнітних апаратів та електричних машин із насиченими магніто проводами. В роботі [1] доведено, що в загальному випадку криві напруг в ПЕМ можуть розглядатись як амплітудно-фазово-модульовані коливання

з випадковим або детермінованим законом зміни амплітуди та початкової фази. Несинусоїдність форми кривої живлячої напруги суттєво впливає на енергетичні процеси в СТК.

Як правило аналіз енергетичних процесів в СТК здійснюється за умови, що вони живляться синусоїдною напругою [2-6]. Це зумовлено або припущенням, що живлення здійснюється від мережі необмеженої потужності, або тим, що з метою зниження рівня вищих гармонік в мережі та їх впливу на роботу СТК до неї під'єднують фільтрокомпенсуючі пристрої (ФКП). Через те, що ФКП застосовують для компенсації вищих гармонік з найбільшими амплітудами, то вони не здатні повністю вирішити проблеми вищих гармонік, оскільки решта вищих гармонік разом можуть суттєво впливати на енергетичні процеси в СТК. Тому доцільно започаткувати використання ФКП для формування на затискачах СТК напруг живлення спеціальних форм, наприклад, амплітудно-модульованих або фазово-модульованих з детермінованими законами зміни амплітуди або фази.

Розглянемо вплив амплітудно-модульованої напруги живлення з детермінованим законом зміни амплітуди

Формулювання цілі статті. Визначення характеру та рівня впливу специфічних живлячих напруг на показники енергетичного процесу СТК.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Розглянемо вплив амплітудно-модульованої напруги живлення з детермінованим законом зміни амплітуди

$$u(\theta) = U_m (1 + q \cos \theta) \sin \theta = U_m (\sin \theta + 0,5q \sin 2\theta) , \quad (1)$$

де $\theta = \omega t$; ω - колова частота; U_m - амплітудне значення напруги; q - глибина модуляції, причому $0 \leq q \leq 2$, та фазово-модульованої напруги живлення з детермінованим законом зміни фази

$$u(\theta) = U_m \sin(\theta + q \sin \theta) , \quad (2)$$

де глибина модуляції $0 \leq q \leq 1$, на інтегральні показники енергетичного процесу в СТК із заземленою нейтраллю при симетричному керуванні тиристорами бітиристорних ключів (БК) компенсатора.

Фазово-модульовану напругу живлення можна подати наступним чином

$$\begin{aligned} u(\theta) &= U_m \sin \theta \cdot \cos q \sin \theta + U_m \cos \theta \cdot \sin q \sin \theta = \\ &= U_m \sin \theta [I_0(q) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} I_{2n}(q) \cos 2n\theta] + \\ &+ U_m \cos \theta \cdot 2 \sum_{n=1}^{\infty} I_{2n-1}(q) \sin(2n-1)\theta = \\ &= U_m [I_0(q) \sin \theta + \sum_{n=1}^{\infty} I_{2n}(q) \sin(2n+1)\theta - \\ &- \sum_{n=1}^{\infty} I_{2n}(q) \sin(2n-1)\theta + \sum_{n=1}^{\infty} I_{2n-1}(q) \sin 2n\theta + \\ &+ \sum_{n=1}^{\infty} I_{2n-1}(q) \sin(2n-2)\theta] , \end{aligned} \quad (3)$$

де $I_n(q)$, $n = 1, 2, 3, \dots$ – функції Бесселя дійсної змінної q ; n – індекс цієї функції.

Відомо [7], що чим більший індекс функції Бесселя, тим ширшою є область аргументів q , при яких ця функція дуже мала. Крім того, у формулі (3) можна нехтувати всіма спектральними складовими з номерами $n > q + 1 = 2$.

Із врахуванням зазначених вище міркувань, співвідношення (3) можна подати наступним чином

$$\begin{aligned} u(\theta) &= U_m [I_0(q) - I_2(q)] \sin \theta + U_m [I_1(q) - I_3(q)] \sin 2\theta = \\ &= U'_m (\sin \theta + q' \sin 2\theta) , \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{де } U'_m = U_m [I_0(q) - I_2(q)], \quad q' = \frac{I_1(q) - I_3(q)}{I_0(q) - I_2(q)} .$$

Порівняльний аналіз виразів (1) і (4) свідчить про те, що фазова модуляція напруги живлення за законом (2) при $0 \leq q \leq 1$ ізоморфна однотональній амплітудній модуляції напруги живлення за законом (1). Тому достатньо провести дослідження енергетичних процесів в СТК при його живленні амплітудно-модульованою напругою, а результати цього дослідження поширити і на СТК при його живленні фазово-модульованою напругою.

За умови ідентичності параметрів фазних реакторів струм через БК та навантаження не залежить від струмів інших фаз. Тому інтегральні показники енергетичного процесу в СТК можна визначити, розглядаючи процеси тільки в одній із фаз. Нехтуючи активним опором фазних реакторів, оскільки він значно менший реактивного, запишемо загальне рівняння рівноваги кола для СТК із заземленою нейтраллю при амплітудній модуляції напруги живлення (1):

$$\frac{di}{d\theta} = I_m (\sin \theta + 0,5q \sin 2\theta), \quad (5)$$

де $I_m = \frac{U_m}{\omega L}$ - амплітуда струму; L - індуктивність фазного реактора.

Розв'язуючи рівняння (5) при початкових умовах $\theta = 2$, $i(\alpha) = 0$, які визначаються моментом відкриття першого тиристора БК, отримаємо закон зміни струму через фазний реактор

$$i_1(\theta) = I_m (\cos \alpha + 0,25q \cos 2\alpha - \cos \theta - 0,25q \cos 2\theta), \quad (6)$$

Перший тиристор БК СТК вимикається, коли струм $i_1(\theta) = 0$. Прирівнюючи до нуля праву частину виразу (6) і розв'язуючи тригонометричне рівняння, знайдемо кут вимикання першого тиристора БК:

$$\alpha_{вим1} = \begin{cases} 2\pi - \alpha, & \text{якщо } 0 \leq q \leq 1, \frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \pi \\ 2\pi - \alpha, & \text{якщо } 0 \leq q \leq 2, \frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \alpha_{cp} \\ \pi - \arccos\left(\frac{2}{q} + \cos \alpha\right), & \\ \text{якщо } 0 \leq q \leq 2, \alpha_{cp} \leq \alpha \leq \pi - \arccos \frac{1}{q} \end{cases}, \quad (7)$$

де $\alpha_{cp} = \arccos\left(1 - \frac{2}{q}\right)$ - граничний кут вмикання тиристора.

Аналіз співвідношення (7) свідчить про те, що коли $0 \leq q \leq 1$, то тривалість провідного стану першого тиристора БК становить $2\pi - \alpha - \alpha = 2\pi - 2\alpha$. Якщо кут керування α тиристором змінюється у межах від $\frac{\pi}{2}$ до α_{cp} , то при $0 \leq q \leq 2$ тривалість провідного стану цього тиристора буде такою, як і в попередньому випадку. Коли кут керування тиристором α стає рівним α_{cp} при $0 \leq q \leq 2$, то має місце біфуркація, при якій тривалість провідного стану тиристора стрибком зменшується до величини $\pi - \arccos\left(\frac{2}{q} + \cos \alpha\right) - \alpha$.

Розв'язуючи рівняння (5) при початкових умовах $\theta = \pi + \alpha$, $i(\pi + \alpha) = 0$, які визначаються моментом відкриття другого тиристора БК, отримаємо закон зміни струму через фазний реактор

$$i_2(\theta) = I_m (-\cos \alpha + 0,25q \cos 2\alpha - \cos \theta - 0,25q \cos 2\theta). \quad (8)$$

Прирівнюючи до нуля праву частину виразу (8), знайдемо кут вимикання другого тиристора БК:

$$\alpha_{вим21} = 3\pi - \alpha;$$

$$\alpha_{\text{вим}22} = 2\pi - \arccos\left(-\frac{2}{q} + \cos \alpha\right).$$

Оскільки кут керування тиристором $\frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \pi$, то $\cos \alpha$ в цьому інтервалі від'ємний, і, тому при $1 \leq q \leq 2$ аргумент арккосинуса в $\alpha_{\text{вим}22}$ завжди за абсолютною величиною більший за одиницю і розв'язку $\alpha_{\text{вим}22}$ не існує. Таким чином, кут вимикання другого тиристора БК $\alpha_{\text{вим}22} = 3\pi - \alpha$ і він не залежить від глибини модуляції q . Тривалість провідного стану другого тиристора БК становить $3\pi - \alpha - (\pi + \alpha) = 2\pi - 2\alpha$.

Враховуючи зазначені вище особливості роботи БК СТК при його живленні амплітудно-модульованою напругою, визначимо основні інтегральні показники енергетичного процесу, а саме реактивну потужність, яку споживає компенсатор,

$$Q = -\frac{1}{2\pi} \oint i du = -\frac{1}{2\pi} \int_0^T i \frac{du}{d\theta} d\theta$$

та коефіцієнт спотворення струму

$$v = \frac{I_1}{I},$$

де I_1 та I – діючі значення, відповідно, першої гармоніки струму навантаження та струму навантаження.

Коли $0 \leq q \leq 1$, то реактивна потужність, яку споживає СТК, дорівнює

$$Q = -\frac{1}{2\pi} \left(\int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} i_1 \frac{du}{d\theta} d\theta + \int_{\pi+\alpha}^{3\pi-\alpha} i_2 \frac{du}{d\theta} d\theta \right),$$

де $\frac{du}{d\theta} = U_m (\cos \theta + q \cos 2\theta)$, а діючі значення струму першої гармоніки та струму через фазний реактор становлять відповідно

$$I_1 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left(\int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} i_1 \cos \theta d\theta + \int_{\pi+\alpha}^{3\pi-\alpha} i_2 \cos \theta d\theta \right), \quad (10)$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left(\int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} i_1^2 d\theta + \int_{\pi+\alpha}^{3\pi-\alpha} i_2^2 d\theta \right)}. \quad (11)$$

При глибокій амплітудній модуляції напруги живлення, коли $1 \leq q \leq 2$, основні інтегральні показники енергетичного процесу в СТК будуть визначатись по різному залежно від того, в яких межах знаходиться кут керування тиристорами α .

Коли $\frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \alpha_{\text{зр}} = \arccos\left(1 - \frac{2}{q}\right)$, то реактивна потужність та діючі значення струму першої гармоніки та струму через фазний реактор визначаються за формулами (9), (10), (11).

Якщо кут керування тиристорами α знаходиться в межах від $\alpha_{\text{зр}} = \arccos\left(1 - \frac{2}{q}\right)$ до $\alpha_{\text{вим.зр}} = \pi - \arccos\frac{1}{q}$, то СТК споживає реактивну потужність:

$$Q = -\frac{1}{2\pi} \left(\int_{\alpha}^{\pi - \arccos\left(\frac{2}{q} + \cos \alpha\right)} i_1 \frac{du}{d\theta} d\theta + \int_{\pi+\alpha}^{3\pi-\alpha} i_2 \frac{du}{d\theta} d\theta \right). \quad (12)$$

Як було зазначено вище, в цьому режимі при роботі першого тиристора БК спостерігається біфуркація, при якій тривалість провідного стану тиристора стрибком зменшується. При цьому через фазний реактор починає протікати не тільки реактивна, але й ортогональна до неї активна складова першої гармоніки струму через фазний реактор. Тому діюче значення першої гармоніки струму буде дорівнювати

$$I_1 = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1p}^2}, \quad (13)$$

$$\text{де } I_{1p} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left(\int_{\alpha}^{\pi - \arccos\left(\frac{2}{q} + \cos \alpha\right)} i_1 \cos \theta d\theta + \int_{\pi + \alpha}^{3\pi - \alpha} i_2 \cos \theta d\theta \right) - \text{діюче значення реактивної складової}$$

першої гармоніки, а $I_{1a} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\alpha}^{\pi - \arccos\left(\frac{2}{q} + \cos \alpha\right)} i_1 \sin \theta d\theta$ - діюче значення активної складової першої гармоніки струму через фазний реактор.

Діюче значення струму через фазний реактор буде складати

$$I = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left(\int_{\alpha}^{\pi - \arccos\left(\frac{2}{q} + \cos \alpha\right)} i_1^2 d\theta + \int_{\pi + \alpha}^{3\pi - \alpha} i_2^2 d\theta \right)}. \quad (14)$$

Коли $\pi - \arccos\left(\frac{2}{q}\right) \leq \alpha \leq \pi$, то основні інтегральні показники енергетичного процесу в СТК визначаються лише роботою другого тиристора БК:

$$Q = -\frac{1}{2\pi} \int_{\pi + \alpha}^{3\pi - \alpha} i_2(\theta) \frac{du}{d\theta} d\theta, \quad (15)$$

$$I_1 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\pi + \alpha}^{3\pi - \alpha} i_2 \cos \theta d\theta, \quad (16)$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\pi + \alpha}^{3\pi - \alpha} i_2^2 d\theta}. \quad (17)$$

У середовищі MathCAD було проведено інтегрування виразів (9)...(17). За результатами цих розрахунків на рис. 1, а, б подані залежності реактивної потужності у відносних одиницях

$Q_* = \frac{2Q}{U_m I_m}$ від кута керування тиристорами α при різних q , а на рис.2 а, б - залежності

коефіцієнта спотворення струму v .

Через ізоморфність розглядуваних напруг живлення і на підставі аналізу залежностей на рис. 1 а, б та рис. 2 а, б можна зробити наступні спільні висновки.

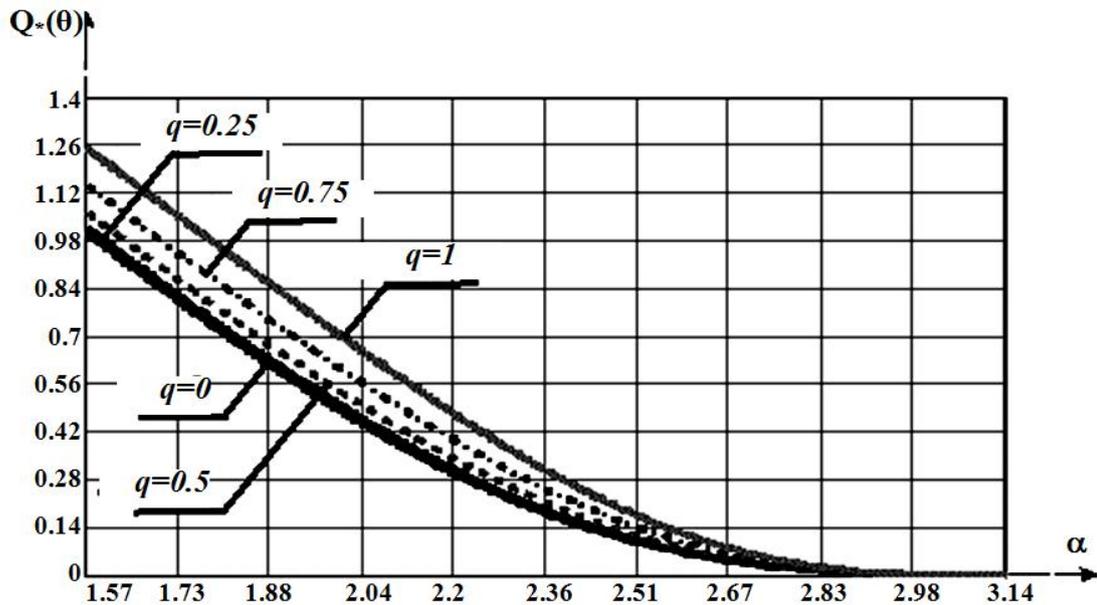
Висновки та перспективи подальшого дослідження.

1. У разі збільшення глибини модуляції q напруги живлення зростає величина реактивної потужності, яку споживає СТК.

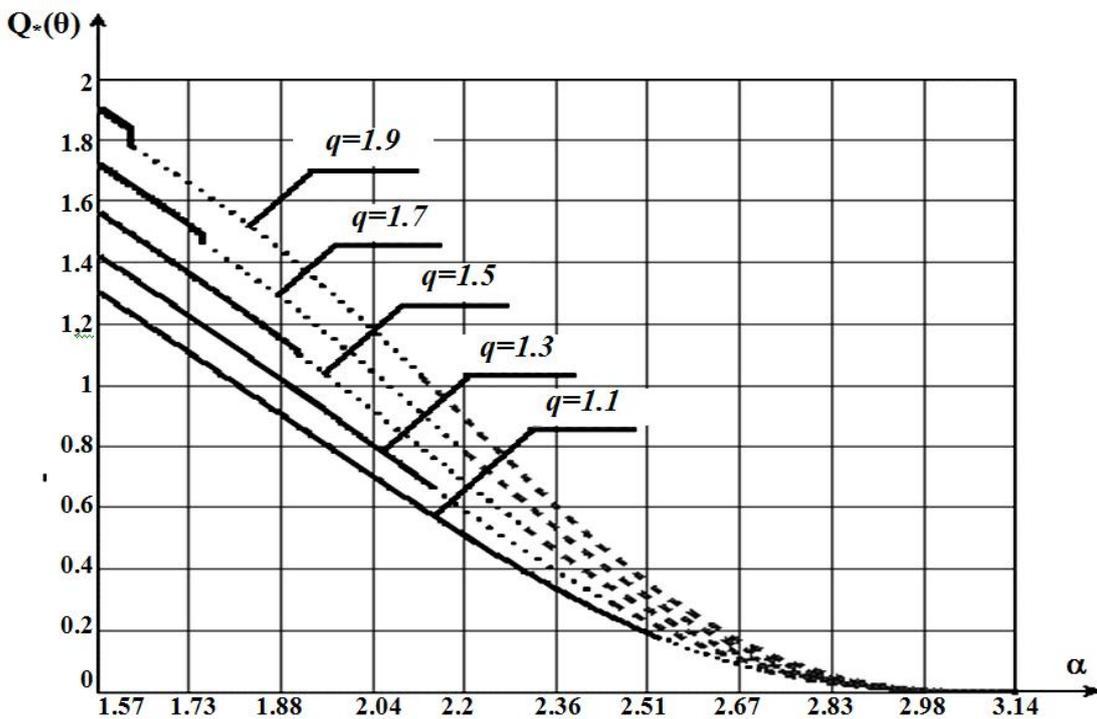
2. У разі збільшення глибини модуляції й напруги живлення зменшується величина коефіцієнта спотворення струму v , що викликає погіршення енергетичних показників тиристорного компенсатора реактивної потужності.

3. При глибокій модуляції напруги живлення, коли кут керування тиристорами α досягає граничного значення α_{cp} має місце біфуркація, завдяки якій величина реактивної потужності, яку споживає СТК, стрибком зменшується. Причому, при збільшенні глибини модуляції величина цього стрибка реактивної потужності теж зростає. Виникає новий фізичний ефект, який може бути застосований при створенні багаторежимних та багатоканальних систем керування СТК.

Подальші дослідження в напрямку вивчення енергетичних процесів в СТК можна поширити на статичні компенсатори інших видів із симетричним і несиметричним керуванням тиристорів БК та їх живленням іншими напругами спеціальних форм, наприклад амплітудно-фазово-модульованими або полігональними. Це перспективний напрям, оскільки він передбачає нетрадиційний підхід до вирішення проблем вищих гармонік.

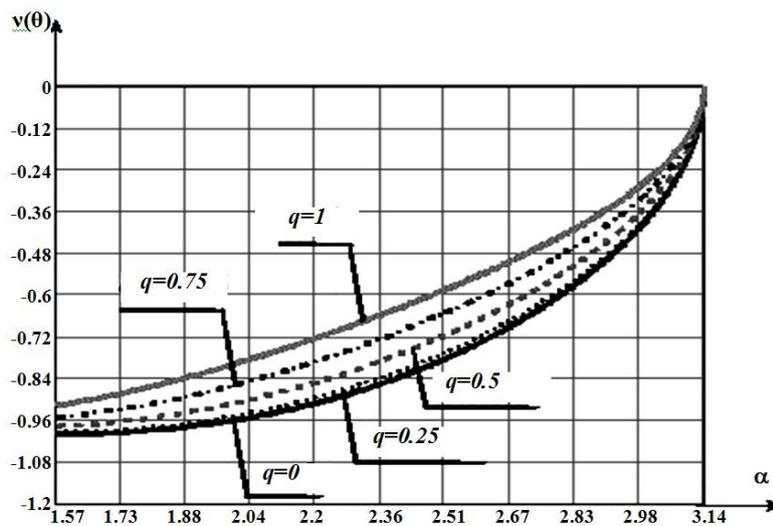


а) при $0 \leq q \leq 1$

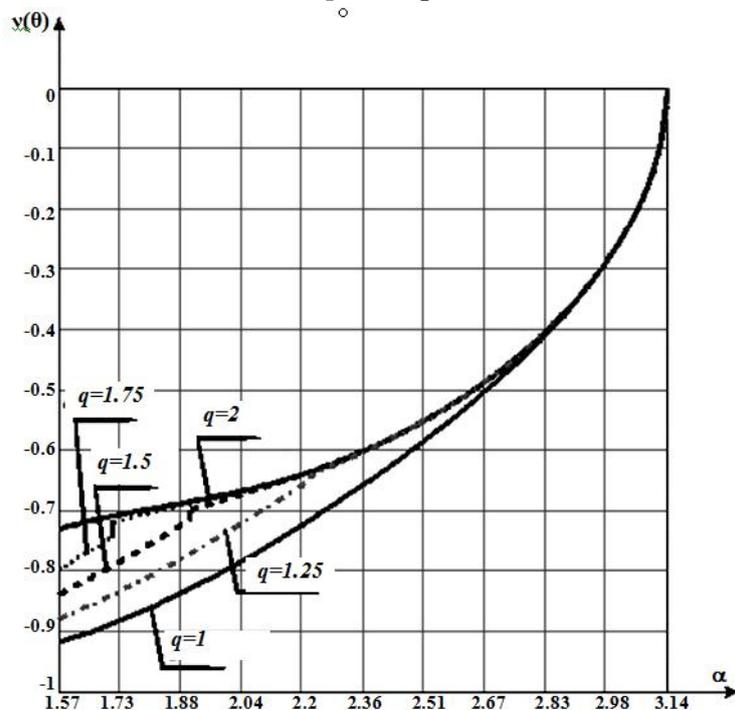


б) при $1 \leq q \leq 2$

Рис. 1. Графіки залежності $Q_*(\theta)$ від кута α .



а) при $0 \leq q \leq 1$



б) при $1 \leq q \leq 2$

Рис. 2. Графіки залежності $v(\theta)$ від кута α .

Список використаних джерел.

1. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2000.
2. Руденко В.С., Сенько В.И., Чижено И.М. Основы преобразовательной техники. – М.: Высшая школа, 1980.
3. Статические компенсаторы для регулирования реактивной мощности /Под. ред. Р.М. Матура. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
4. Дьюды Л. Силовая электроника в энергосистемах: статические компенсаторы реактивной мощности./ТИИЭР, т.70, №4, 1988.
5. Сегада М.С., Равлик О.М., Равлик Н.О. Математичне моделювання електромагнітних процесів в електричній мережі зі статичним тиристорним компенсатором. /Науково-технічний збірник „Гірнична електромеханіка та автоматика”, №69. – Дніпропетровськ: 2002.
6. Сегада М.С. Хвильові та електромагнітні процеси в електроенергетичних системах. Автореферат на здобуття наукової ступеня доктора технічних наук. – Київ, 2003.
7. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 1988.

УДК 629.113

П.О. Гуменюк, Л.О. Гуменюк, В.В. Лотиш
Луцький національний технічний університет

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ФІЗИЧНОЮ МОДЕЛЛЮ АВТОПОЇЗДА

Гуменюк П.О., Гуменюк Л.О., Лотиш В.В. Програмне забезпечення для керування фізичною моделлю автопоїзда. В роботі обгрунтовано необхідність розробки системи активної безпеки для автопоїздів. Описано програмне забезпечення, розроблене для керування фізичною моделлю автопоїзда з керованою причіпною ланкою. Наведено спосіб підключення базового ПЗ моделі до Windows-сумісного додатка для полегшення роботи з моделлю, зняття даних і запису їх для подальшої обробки.

Ключові слова: автопоїзд, модель, ПЗ

Гуменюк П.О., Гуменюк Л.О., Лотыш В.В. Програмное обеспечение для управления физической моделью автопоезда. В работе обоснована необходимость разработки системы активной безопасности для автопоездов. Описано программное обеспечение, разработанное для управления физической моделью автопоезда с управляемым прицепным звеном. Приведен способ подключения базового ПО модели к Windows-совместимому приложению для облегчения работы с моделью, снятия данных и записи их для последующей обработки.

Ключевые слова: автопоезд, модель, ПО

Gumeniuk P.O., Gumeniuk L.O., Lotysh V.V. Software to control physical model of multilink vehicle. In the paper the necessity of development of active safety systems for multilink vehicles is given. The developed software to control the physical model of trailer truck with a guided attached link is described. A method to connect the basic model's software to a Windows-compatible application for data acquiring and recording it for further processing is shown.

Keywords: multilink vehicle, model, software

Постановка проблеми. Зі зростанням загальної кількості транспортних засобів на дорогах зростає необхідність використання інтелектуальних систем, які повинні допомагати водієві утримувати бажаний курс, запобігати виникненню надмірної чи недостатньої поворотності, знижувати ризик перевертання, тощо. Іншими словами, це є системи активної безпеки, які є асистивними, а у випадках, коли людської реакції недостатньо – приймають керування транспортним засобом. При розробці систем активної безпеки для транспортних засобів доцільно перевіряти їх на різного роду моделях перед тим, як впроваджувати на реальних об'єктах. У випадку некоректної роботи якогось із елементів в такому випадку можна уникнути значних фінансових збитків і не ризикувати здоров'ям водія. Зазвичай електронні системи мають наступну будову: основою є електронний обчислювальний пристрій (ЕОП), роль якого, залежно від бажаних функцій, може виконувати контролер, мікропроцесор, чіп чи інший подібний елемент. ЕОП збирає дані з датчиків (наприклад, датчик натиснення педалі чи ультразвуковий датчик, розміщений у задній площині транспортного засобу), обробляє отриману інформацію та посилає вихідний керуючий сигнал на потрібні виконавчі механізми (наприклад, головний гальмівний циліндр чи двигун). Таким чином покращується курсова стійкість, безпека при паркуванні чи інші характеристики [1]. Електронний обчислювальний пристрій виконує наперед вказані дії залежно від записаних у нього інструкцій. Для кожної дорожньої ситуації набір подібних інструкцій може відрізнитись, а їхня кількість сягає тисяч рядків програмного коду. У випадку збою або некоректної обробки даних певною функцією можна отримати небажаний результат роботи системи вцілому, навіть при успішному спрацюванні всіх фізичних виконавчих органів. Саме тому написання якісного програмного коду є не менш важливим питанням, як і вибір компонентів системи.

Мета роботи. Для розробки системи активного впливу на курсову стійкість автопоїздів було створено масштабовану фізичну модель автопоїзда з керованою причіпною ланкою (рис.1). Вона складається з тягача, на якому розміщено мікропроцесорну плату Arduino Uno і плату керування моторами, а також тривісного напівпричепа. Передня вісь тягача і задня вісь напівпричепа керовані засобами сервоприводів [2]. Вся модель приводиться у рух чотирма електромоторами, зусилля від яких передаються на другу і третю осі тягача. У точці зчеплення розміщено датчик кута повороту для визначення кута складання моделі.

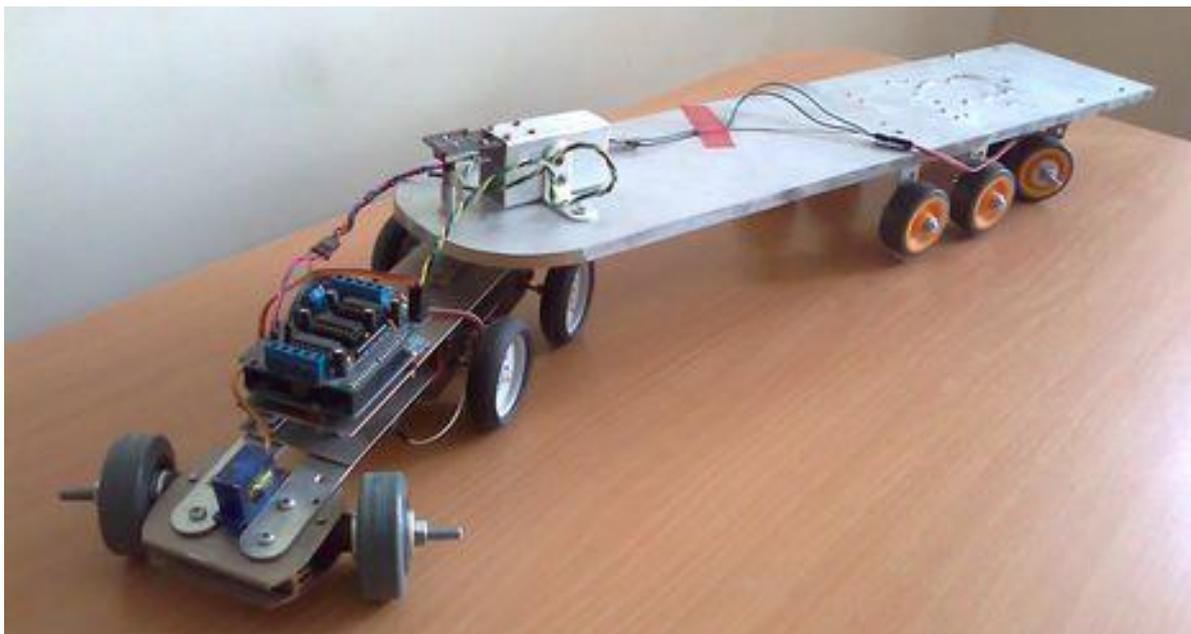


Рисунок 1. Модель автопоїзда з керованою причіпною ланкою.

Наступним завданням є написання програмного коду, який керуватиме моделлю для успішного виконання заданих маневрів, таких як поворот на 90° , розворот, рух по колу чи зміна смуги руху [3]. Під час проходження вказаних маневрів траєкторія руху середньої точки керованої осі тягача повинна співпадати із траєкторією руху середньої точки керованої осі напівпричепа, у цьому випадку можна буде стверджувати, що поведінка моделі відповідає поведінці реального об'єкта.

Результати роботи. Дана модель керується за допомогою плати Arduino на базі мікропроцесора ATmega328P, що належить до сімейства процесорів AVR [4]. Середовищем розробки плат Arduino є багатоплатформовий Java-додаток, що заснований на мові Processing. Синтаксис даного середовища подібний до C++, але використовує деякі додаткові бібліотеки. Програми, створені для роботи з платою Arduino називаються скетчами [5]. Після успішної компіляції скетч передається у процесор засобами віртуального COM-порта. Вбудований у середовище розробки монітор дозволяє реалізувати зворотній зв'язок із платою у процесі виконання програми. Можлива передача команд процесору, а також зчитування і відображення даних (рис.1). Разом з тим, серійний монітор не має графічної оболонки чи механізму збереження відображуваних даних. Тому, для полегшення роботи з моделлю і нарощування її функціональності було розроблено Windows-сумісний додаток, написаний мовою Delphi. Застосовуючи даний додаток керувати моделлю можна натисканням на кнопку, замість введення команди із клавіатури, що зручніше і економить час користувача.

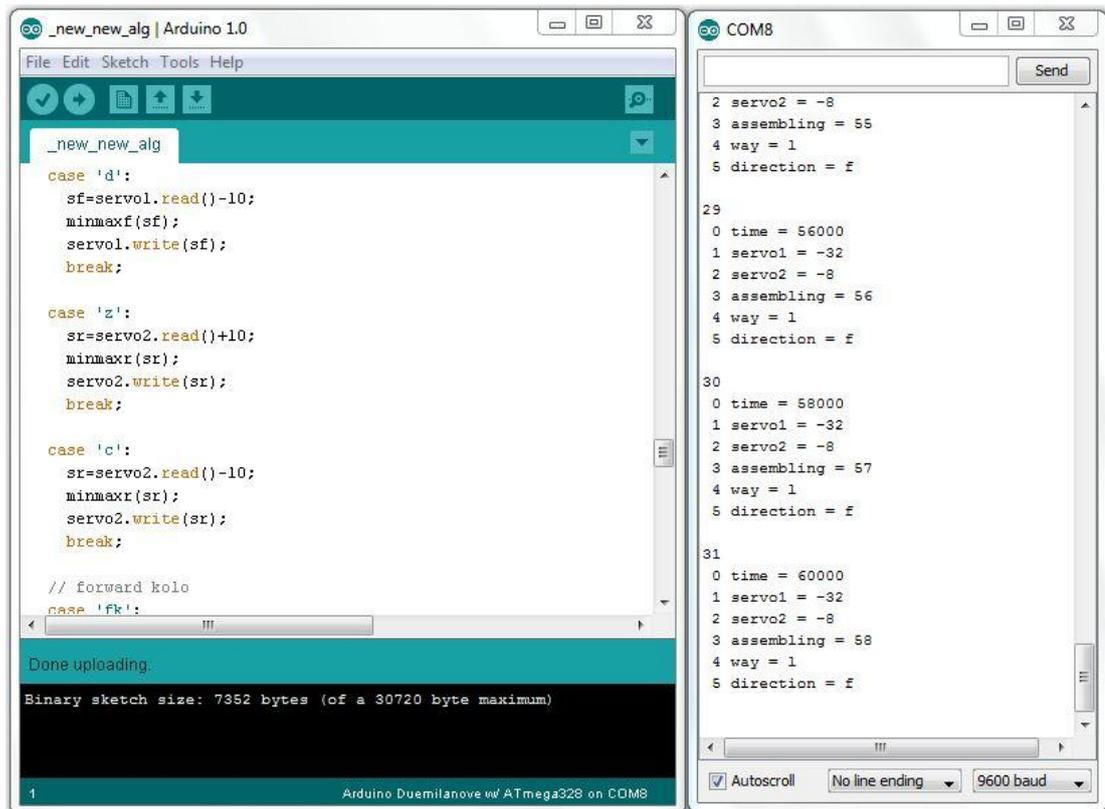


Рисунок 2. Середовище розробки скетчів Arduino (зліва) і серійний монітор (справа).

Оскільки COM-порт працює в середовищі Win32, то і підключення відбувається з використанням специфічних функцій WinAPI, подібно до роботи зі звичайними файлами. Будь-яка робота з портом починається з його відкриття, тому після запуску додатка в першу чергу потрібно вказати номер віртуального COM-порта, до якого підключена плата і відкрити його. Обмін даними з портом відбувається у асинхронному режимі, тобто операції зчитування і запису в порт виконуються паралельно з різних потоків. Мінімальна одиниця інформації, що передається у цьому режимі – один байт, тобто один символ. Передача кожного байта починається із старт-біта, що сигналізує приймачу про початок посилки, за яким ідуть біти даних і, можливо, біт паритету (парності). Завершує посилку стоп-біт, що гарантує паузу між послідовними послідовками. Старт-біт наступного байта посилається у будь-який момент після стоп-біта, тобто між передачами можливі паузи довільної тривалості. Старт-біт, що має завжди строго певне значення (логічний 0), забезпечує простий механізм синхронізації приймача по сигналу від передавача, тобто приймач і передавач працюють на одній швидкості обміну. Даний режим, на відміну від синхронного, більше імпонує ідеї багатозадачності Windows.

Після вибору номера і натиснення на кнопку Open, якщо до вказаного порта дійсно підключено обладнання, відразу ж почнеться обмін даними із процесором. Команди на плату можна передавати як за допомогою текстового рядка, так і натискаючи на потрібні кнопки (рис.2). У даній реалізації додатку за допомогою кнопок можна визначити швидкість моделі, а також задати поворот для керованих коліс тягача і напівпричепа. Напрямок руху задається групою вибору. Це зроблено по-перше, для кращої візуалізації, по-друге, через те, що активним може бути тільки один напрямок: модель не може одночасно рухатись вперед і назад. Крім того, є дві кнопки для виконання наперед прописаних маневрів повороту на 90° і зміни смуги руху. Користувачеві потрібно тільки обрати напрямок руху і натиснути на відповідну кнопку. Контролер автоматично встановить потрібні значення кутів повороту і буде їх змінювати так, щоб коліс керованих коліс тягача і напівпричепа збігались.

Дані, отримані від процесора відображаються у вікні зліва, під рядком вводу команд і автоматично записуються у текстовий файл (рис.3) для можливості подальшої роботи з ними, в тому числі для обробки та аналізу. Після завершення роботи з додатком COM-порт потрібно закрити, для уникнення можливих помилок виконання програми.

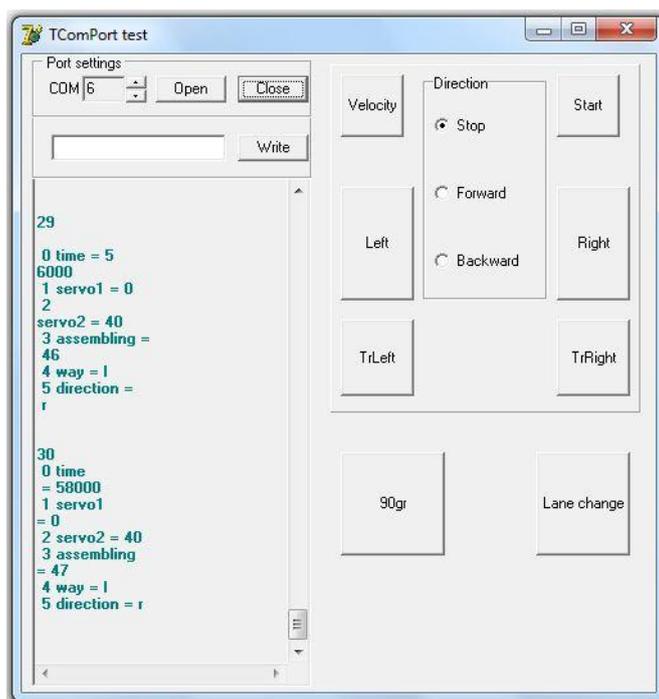


Рисунок 3. Windows-додаток для роботи з моделлю.

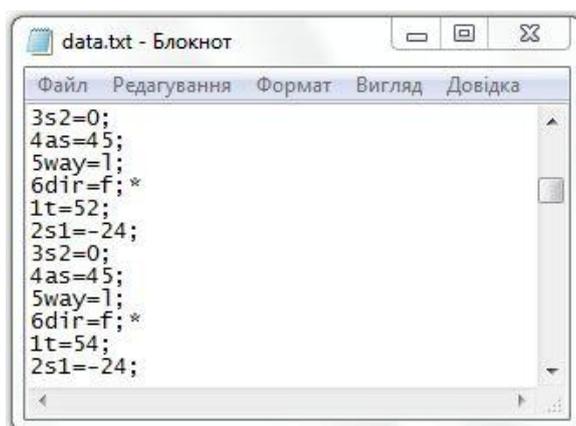


Рисунок 4. Дані, записані додатком.

Висновки. Представлене програмне забезпечення спрощує роботу з фізичною моделлю, полегшує обробку отриманих даних і дає змогу користувачеві як слідкувати за даними у ході експериментальних маневрів у режимі реального часу, так і вертатись до них пізніше.

Список використаних джерел.

1. Сахно В.П., Лотиш В.В., Гуменюк П.О. Покращення курсової стійкості автомобіля з використанням системи ESP // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Наук. журнал. – К.: НТУ. – 2011. – Вип. 8.
2. Гуменюк П.О. Розробка масштабованої моделі автопоїзда / Гуменюк П.О. // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк, ЛНТУ, 2012. – Вип. 37. – С.68-69.
3. Стельмашук В.В., Лотиш В.В., Придюк В.М. До визначення показників маневреності автопоїзда-контейнеровоза // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Автомобільний транспорт: проблеми и перспективи» Севастополь. – 2011. – Вип. 122.
4. Гуменюк П.О. Розробка масштабованої моделі сідельного тягача / Гуменюк П.О. // Матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції «Автомобільний транспорт: проблеми і перспективи» (м.Севастополь, 10-17 вересня 2012 року).
5. Brian W. Evans Arduino programming notebook. CreativeCommons, 1st edition. – 2007.
6. Delphi Developer's Guide. Sams Publishing. – 1999.
7. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // Official Journal of the European Communities. – 2002. – No L67/47 – 49.

УДК 004:338:48

О.К.Жигаревич, Н.В.Сахнюк, С.М.Мороз
Луцький національний технічний університет

ОБ'ЄКТ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ

О.К.Жигаревич, Н.В.Сахнюк, С.М.Мороз. Об'єкт системи електротехнічних розрахунків для електроприладів. Метою даної статті є опис розробки об'єкта системи електротехнічних розрахунків. Ідея полягає у створенні програмного середовища яке дозволить ефективно і зручно проводити розрахунки та перегляд результатів для розрахунків потужностей двигунів електропроводів верстатів та кранових механізмів.

Ключові слова: ElectriCS Pro, APM WinMachine - CAD/CAE, MSC.FlightLoads, MSC.Mvision, MSC.Construct, MSC.Akusmod, проектування, статичні дані, статистика.

О.К.Жигаревич, Н.В.Сахнюк, С.М.Мороз. Объект системы электротехнических расчетов для электроприборов. Целью данной статьи является описание разработки объекта системы электротехнических расчетов. Идея заключается в создании программной среды которое позволит эффективно и удобно проводить расчеты и просмотр результатов для расчетов мощностей двигателей электропроводов станков и крановых механизмов.

Ключевые слова: ElectriCS Pro, APM WinMachine - CAD/CAE, MSC.FlightLoads, MSC.Mvision, MSC.Construct, MSC.Akusmod, проектирование, статистические данные, статистика.

O.K.Zhigarevich, N.V.Sahnyuk, S.M.Moroz. Object electrical systems for electrical calculations. The purpose of this paper is to describe the development of object electrical calculations. The idea is to create a software environment that will effectively and conveniently provolyty calculations and reviewing the results of the calculations for the motor power wiring crane machines and mechanisms.

Keywords: ElectriCS Pro, APM WinMachine - CAD/CAE, MSC.FlightLoads, MSC.Mvision, MSC.Construct, MSC.Akusmod, design, static data object statistics.

Науково-технічний прогрес веде до стрімкого зростання об'єму інформації, яку фахівці-проектанти повинні враховувати у своїй повсякденній роботі. Ще порівняно недавно сума людських знань подвоювалася за десять років. Найближчим часом таке ж накопичення відбуватиметься за один-два роки. В результаті доля робочої сили, зайнятої обробкою інформації, особливо у сфері проектування, наукових досліджень та інженерно-технічної творчості, постійно росте.

Одним з результатів науково-технічної революції являється еспоненційне зростання складності використовуваної техніки, і головним чином проекрованої техніки, складність використовуваних технологій, транспортних і промислових зв'язків. За оцінками фахівців, складність продукції машинобудування(літак, автомобіль, трактор і т. д.) виросла в середньому в 8 разів за останні три десятиліття. Тому стає актуальною проблема автоматизації проектування.

Для цього було розроблено спеціальні системи автоматизованого проектування, котрі дозволяють прискорити проектування і підвищити якість проектів в цілому, а також швидше використати новітні досягнення науки і техніки, краще задовольняти потреби в нових виробках.

Постановка проблеми

В наш час комп'ютерних технологій швидко розвивається система удосконалення електротехнічного устаткування цехів, заводів та фабрик, що потребує змін, відповідно до розвитку суспільства. У зв'язку з цим відбувається масове поширення програмних систем та комплексів, які покликані на виконання автоматизованих розрахунків у тій чи іншій сфері а також спрощення виконання проектування різноманітних електротехнічних приладів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На даний момент програмних засобів які зорієнтовані на автоматизацію розрахунків у сфері електротехнічних розробок є дуже мало і всі вони в тій чи іншій мірі не задовольняють потреби користувачів, оскільки являють собою або програми орієнтовані на певну вузьку галузь, або лише програмами загального призначення без наявності додаткових можливостей та функцій.

Представники програмних комплексів даного напрямку:

1) ElectriCS Pro - система проектування електроустаткування призначена для проектування електроустаткування виробів загального машинобудування, авіації, суднобудування, приладобудування, верстатобудування, залізничного рухомого складу, може застосовуватися для проектування електроустаткування в енергетиці.

ElectriCS Pro дозволяє розробляти і підтримувати цифрову модель електроустаткування виробів у виробництві. Забезпечує розробку принципової схеми, автоматизує процес розробки монтажних рішень електроустаткування, забезпечує створення схеми з'єднань/підключень.

Недоліком даної програми являється те, що вона не надає засобів для графічного відображення графіків важливих характеристик, які використовуються при розрахунках та проектуванні. Також ElectriCS, на відміну від програми, розробленої у даному проекті, не володіє розділом статистичних даних, які при виконанні розрахунків також відіграють важливу роль.

2) APM WinMachine - CAD/CAE система автоматизованого розрахунку і проектування механічного устаткування і конструкцій в області машинобудування, розроблена з урахуванням останніх досягнень в обчислювальній математиці, області чисельних методів і програмування, а також теоретичних і експериментальних інженерних рішень. Ця система в повному об'ємі враховує вимоги державних стандартів і правил, що відносяться як до оформлення конструкторської документації, так і до розрахункових алгоритмів. APM WinMachine має широкі функціональні можливості для створення моделей конструкцій, виконання необхідних розрахунків і візуалізації отриманих результатів. Проте, не дивлячись на усі свої плюси, ця програма має один недолік, а саме дуже високі вимоги до ПК, на яких вона використовується, тому вона не є придатною для застосування у навчальних закладах, зважаючи на теперішній стан комп'ютерної техніки більшості з них.

3) MSC.visualNastran Enterprise - програмне забезпечення для проведення комплексу моделювання, досліджень і розрахунків, яке включає в себе потужну систему додатків (MSC.Nastran, MSC.Patran, MSC.Fatigue, MSC.Dytran, MSC.Marc, MSC.AMS, MSC.SuperModel, MSC.FlightLoads, MSC.Mvision, MSC.Construct, MSC.Akusmod), що дають змогу виконувати розрахунки у різноманітних областях електротехніки. Основним недоліком даної програми, не дивлячись на її різносторонність, є поверхневість, оскільки даний продукт дозволяє виконувати розрахунки лише деяких показників, залишаючи багато важливих речей поза увагою.

Виділення невіршених раніше частин

Описані вище програми мають дуже потужні програмні засоби для вирішення своїх задач але при цьому вони мають ряд суттєвих недоліків таких як:

- 1) Надмірне споживання системних ресурсів комп'ютера;
- 2) Відсутність можливостей побудови графіків навантаження;
- 3) Відсутність або некоректність функції відображення результатів виконаної роботи та розрахунків.

Формулювання мети дослідження. Поставленою задачею було створення об'єкту системи електротехнічних розрахунків до якого висувалися наступні вимоги:

- 1) повинен містити статистичні дані які необхідні при виконанні даних електротехнічних розрахунків;
- 2) бути простим у використанні;
- 3) не мати високих програмних та технічних вимог до комп'ютера користувача;
- 4) спосіб та порядок здійснення розрахунків повинен відповідати міжнародним стандартам.

Програмний комплекс створений на основі методичних рекомендацій до розрахунку потужності та електроприводів верстатів та кранових механізмів, котрі містять в собі дані, методику основних розрахунків і необхідні довідникові дані. Програмний продукт повинен бути простим у використанні.

Опис розробленої програмної системи. Усі складові модулі програми написані мовою C++, для розширення функціональних можливостей програми використовуються додаткові статистичні дані які знаходяться в окремих файлах, а також деякі графічні зображення. Робота можлива лише на операційних системах Windows. При використанні даної програми не потрібно використовувати додаткове програмне забезпечення.

В процесі створення програми розрахунків використовувалася мова програмування C++ — мова програмування високого рівня з підтримкою декількох парадигм програмування: об'єктно-орієнтованої, узагальненої та процедурної. У 1990-х роках C++ стала однією з найуживаніших мов програмування загального призначення. Її використовують для системного програмування, розробки програмного забезпечення, написання драйверів, потужних серверних та клієнтських програм, а також для розробки розважальних програм, таких як відеоігри. C++ суттєво вплинула на інші, популярні сьогодні, мови програмування: C# та Java.

При створенні С++ прагнули зберегти сумісність з мовою С. Більшість програм на С справно працюватимуть і з компілятором С++. С++ має синтаксис, заснований на синтаксисі С.

Нововведеннями С++ порівняно з С є:

- підтримка об'єктно-орієнтованого програмування через класи;
- підтримка узагальненого програмування через шаблони;
- доповнення до стандартної бібліотеки;
- додаткові типи даних;
- обробка винятків;
- простори імен;
- вбудовані функції;
- перевантаження операторів;
- перевантаження імен функцій;
- посилання і оператори управління вільно розподіленою пам'яттю.[1]

Програмна система являє собою програму, яка виконує складні електротехнічні розрахунки, збереження результатів, їх перегляд та подальша робота з ними, надає можливість скористатися розділом статистики, яка може знадобитися користувачеві при роботі з програмою.

Розроблений об'єкт системи електротехнічних розрахунків має інсталяційний файл та зберігається на компакт-диску для швидкого встановлення. Але після інсталяції можна скопіювати папку з програмою на флеш-накопичувач, та швидко розповсюдити програму у разі потреби на багатьох комп'ютерах за короткий період часу.

При встановленні програми, потрібно буде ввести пароль. Цей процес детально розписаний в наступному розділі. Інсталяційна програма запропонує вибрати мову інтерфейсу під час роботи з нею, директорію в яку буде інстальована програма. В кінці інсталяції, майстер запропонує відкрити файл ReadMe.txt, для того, щоб дізнатися, як правильно провести налаштування перед початком роботи з програмою.

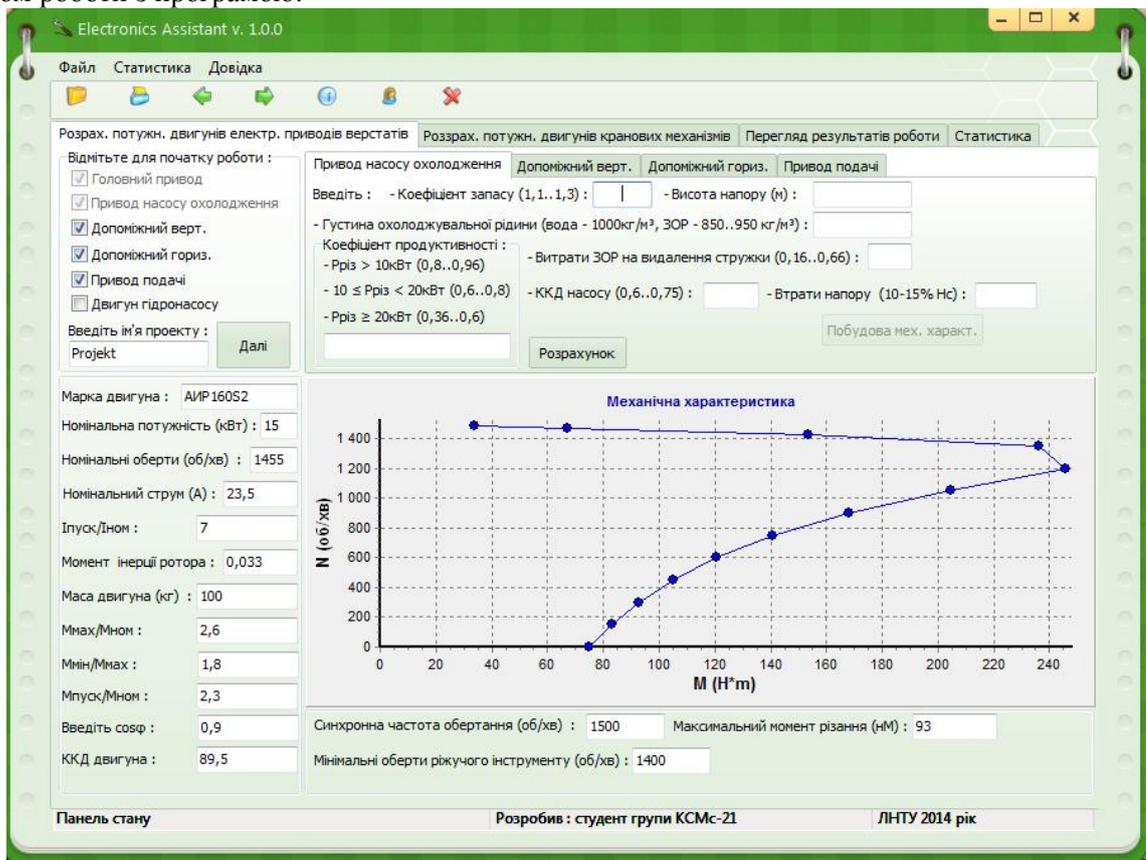


Рис. 1 Головне вікно програми

Опис алгоритмів: Даний програмний продукт виконаний за допомогою технології використання процедур обробки подій. Завдяки цьому, усі розрахунки, показ діаграм, вивід результатів, показ статистичних даних та ін. відбувається лише при взаємодії користувача з інтерфейсом програми, а саме: натискання на кнопки, переключення вкладок, введення даних в

текстові поля, активацію перемикачі. Тому алгоритм роботи програми являє собою набір методів і процедур які виконуються під час обробки тієї чи іншої події, усі алгоритми даного програмного продукту можна поділити на декілька видів:

1) Перевірка введеного тексту – при введенні тексту в поле вводу відбувається перевірка кожного символу на відповідність умові, яку було задано згідно з потребами в обмеженнях рамок введення тих чи інших символів для виконання деякої задачі, після перевірки якщо символ не відповідає умові відбувається обнулення символу а також виводиться повідомлення про помилку та невідповідність введеного символу, якщо ж текст який вводиться задовольняє задану умову то програма виконується далі.[1]

2) Алгоритм роботи програми при обробці події натиснення на кнопку «Далі» є таким: спочатку перевіряється наявність введення імені проекту у відповідному полі, якщо ім'я не введене, то виводиться повідомлення про помилку, якщо з іменем все гаразд, відбувається створення каталогу на жорсткому диску ПК, в якому будуть зберігатися усі файли що будуть створені при роботі користувача з програмою (так званий каталог проекту). Після цього відбувається перевірка на активність (виділення) перемикачів, якщо перемикач активний, то відбувається створення каталогу на вінчестері ПК, у якому будуть зберігатися результати роботи процедури обробки події, початок роботи з якою має активувати перемикач, дана перевірка виконується 2 рази після чого група на якій розміщуються перемикачі головного привода та двигуна насоса охолодження стає неактивною. Після цих дій знову 2 рази виконується перевірка на активність наступних перемикачів, якщо вони активні, то створюються відповідні каталоги, якщо ні, програма працює далі. Після останньої перевірки групи перемикачів відбувається оголошення (формування) рядка з результатами і відбувається додавання цього рядка до списку рядків виводу із подальшим збереженням файлу на ПК.

3) Алгоритм розрахунку механічної характеристики: при початку обробки події що запускає дану дію відбувається перевірка 15-и полів вводу на наявність тексту. Текст в полях має бути обов'язково присутнім оскільки це необхідно для виконання розрахунків. Якщо ж потрібні дані не були введені про це буде виведено відповідне повідомлення про помилку, якщо ж усі дані були введені, відбувається очищення заголовку діаграми та присвоєння змінним значень, які були введені в поля вводу. Після цього відбувається оголошення масиву та присвоєння йому значень із подальшим формуванням рядка, в який буде записано результат. Після виконання цих дій діаграма стає видимою, до неї додається заголовок та відбувається очищення графіків, потім відбувається запуск циклу, в процесі якого відбувається виконання поставлених електротехнічних розрахунків, формування рядка та побудова діаграми, після проходження усіх ітерацій циклу відбувається збереження діаграми, задання покажчика та копіювання зображення в буфер обміну. Після цих дій відбувається збереження зображення, а також очищення проміжкових результатів. Потім виконується 3 перевірки величини показника двигуна (<10 , $<10<20$, >20). Хоча перевірки три, дійсною із них може бути лише одна. При успішному проходженні перевірки умови відбувається виконання електротехнічних розрахунків та формування рядка виводу. Після виконання усіх вище вказаних дій відбувається розрахунок нових параметрів із подальшим формуванням рядка, задання покажчиків збереження результату у файл та видалення діючого рядка.[3]

Робота з програмою: Об'єкт системи електротехнічних розрахунків являє собою програму, яка виконує складні електротехнічні розрахунки, збереження результатів розрахунків, їх перегляд та подальша робота з ними, надає можливість скористатися розділом статистики, яка може знадобитися користувачеві при виконанні розрахунків.

Для роботи з програмою потрібно щоб на комп'ютері був встановлений браузер Internet Explorer.

Програма містить в собі 3 папки та 64 файли (кількість файлів в процесі користування програмою буде збільшуватися).

Для того, щоб запустити програму, потрібно відкрити файл «neWETW.exe». З'явиться вікно «Форми входу», в якому потрібно ввести ім'я користувача та його пароль. Після цього (у разі коректного вводу), відкриється головне вікно програми, з яким можна працювати.

За допомогою цієї програми, можна виконати:

- 1) розрахунки потужності двигунів електричних приводів верстатів;
- 2) розрахунки потужності двигунів кранових механізмів (аналітичним методом);
- 3) перегляд зроблених розрахунків.[2]

В програмі є розділ статистичних даних, які стануть у нагоді під час виконання розрахунків.

Для того щоб розпочати роботу, потрібно вибрати одну з вкладок. Для розрахунку потужності двигунів електричних приводів верстатів, потрібно перейти на першу вкладку. Далі, ввести ім'я проекту, в поле вводу та відмітити ті двигуни, які повинні брати участь в розрахунках. Після цього натиснути кнопку "Далі". З'являться нові вкладки, там потрібно ввести вхідні дані в поля вводу (працювати потрібно з кожним двигуном окремо, тобто не закінчивши розрахунок одного, не переходити до розрахунку іншого) для початку розрахунку. Після вводу всіх вхідних даних в поля вводу, потрібно натиснути на кнопку "Розрахунок" (після цього, можна перейти до наступного етапу розрахунків), стане активна кнопка "Розрахунок механічної характеристики". Вибравши з каталогу потрібний двигун, та заповнивши нові поля (які з'явилися) потрібно натиснути на цю кнопку для закінчення розрахунку. Далі, перейти до наступного двигуна та виконувати все аналогічним чином. Перед тим, як натиснути на кнопку "Розрахунок", або "Розрахунок механічної характеристики", потрібно перевірити чи правильно були заповнені всі поля для вводу вхідних даних. Після натиснення кнопки "Далі", буде неможливо змінити вибрані двигуни для розрахунку (додати нові, або видалити існуючі). [4]

Для того, щоб виконати розрахунок потужності двигунів кранових механізмів (аналітичним методом) , потрібно вибрати другу вкладку. Потрібно ввести ім'я проекту в поле вводу, та натиснути кнопку "Продовжити роботу". Після цього заповнити всі поля вхідними даними, та натиснути кнопку "Розрахунок". [5]

Для виконання перегляду результатів, потрібно перейти на 3 вкладку "Перегляд результатів роботи". Ввівши ім'я проекту в поле вводу потрібно натиснути кнопку "Відкрити", або ж виконати те саме, за допомогою пункту меню (Файл->Відкрити). Кнопка "Вперед" та "Назад" допомагають в навігації під час перегляду (в пункті меню "Файл", ці кнопки також дублюються, відповідними по назві пунктами меню). "Файл", має також пункт меню "Вихід", за допомогою нього можна вийти з програми. Для перегляду статистичних даних, які були занесені до програми, потрібно перейти на четверту вкладку "Статистика" - це розділ статистики. Потрібно вибрати один з пунктів випадаючого списку, та натиснути кнопку "відкрити", також можна переглядати статистику за допомогою одного з пунктів меню "Статистика".[6]

Характеристика програми: Програмний комплекс розроблений для операційної системи Windows. Програму можна копіювати з однієї папки в іншу, або з одного комп'ютера на інший, тому що вона не є зв'язаною з реєстром операційної системи. Потрібно зважити на те, якщо будуть втрачені папки (або ж програму скопіювати без них), з яких програма черпає свої ресурси, то вона буде некоректно працювати. Єдиним виходом з цієї ситуації буде виконати процес інсталяції .

Висновки

В результаті написання статті було досліджено проектування програмної системи, для виконання електротехнічних розрахунків.

В процесі розробки використовувалась різна наукова література, довідкові інформаційні сайти інтернету розроблена за технологією використання процедур обробки подій. Даний програмний продукт складається із основного файлу програми, а також додаткових html-файлів статистики та графічних зображень, які призначені для розширення функціональних можливостей програми.

Список використаних джерел

1. Глушаков С.В., «Язык программирования С++», / С.В. Глушаков, А.В.Коваль, С.В.Смирнов, Х:Фолио 2002. – 500с.
2. Зеленов А.Б. «Теория электропривода. Часть 1:Учебн пособ». /А.Б Зеленов. – Алчевск: ДонГТУб, 2005. - 394с.
3. Зеленов А.Б. «Теория электропривода. Часть 2:Учебн пособ». /А.Б Зеленов. – Алчевск: ДонГТУб, 2005. - 513с.
4. Автоматичні вимикачі загального застосування до 630А. Довідник. М.: Інформзлектро, 1996. - 426с.
5. Мазепа С.С. та ін. «электрообладнання промислових підприємств». Львів. «Магнолія плюс». 2004. -259с.
6. Гарнець В. М. Методологія створення машин : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В. М. Гарнець, А. В. Безух ; Мін. освіти і науки України. - К. : Хай-Тек Прес, 2010. - 375 с.

УДК 519.7:004.8

Я.В.Лотиш, Л.О.Гуменюк, В.В.Лотиш
Politechnika Lubelska (Польща)
Луцький національний технічний університет

КОМП'ЮТЕРНА ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ СОРТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ З ЕЛЕМЕНТОМ НЕЙРОУПРАВЛІННЯ

Я.В. Лотиш, Л.О. Гуменюк, В.В. Лотиш. Комп'ютерна імітаційна модель сортувального пристрою з елементом нейроуправління. В роботі отримана імітаційна модель сортування зі звичайним режимом роботи та з режимом з нейроуправлінням. Вона дозволяє імітувати роботу сортувального механізму. Розробка даної моделі дозволила відпрацювати режими нейронавчання та нейророботи механізму сортування.

Ключові слова: імітаційна модель, нейронні системи, нейроуправління, сортування об'єктів.

Ya.V.Lotysh, L.A.Gumenyuk, V.V.Lotysh. Computer simulation model of the sorting devices with an element of neurocontrol. We obtain the simulation model of sorting with normal operation and with the regime of neurocontrol. It allows you to simulate the work of sorting mechanism. Development of this model allowed to work out a regimes of neuro control and neuro work of sorting mechanism.

Keywords: simulation model, neural system, neurocontrol, sorting objects.

Я.В.Лотыш, Л.А.Гуменюк, В.В.Лотыш. Компьютерная имитационная модель сортировочного устройства с элементом нейроуправления. В работе получена имитационная модель сортировки с обычным режимом работы и с режимом с нейроуправлением. Она позволяет имитировать работу сортировочного механизма. Разработка данной модели позволила отработать режимы нейрообучения и нейророботы механизма сортировки.

Ключевые слова: имитационная модель, нейронные системы, нейроуправление, сортировка объектов.

Постановка проблеми

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На сьогодні штучні нейронні системи отримали широке поширення для вирішення різноманітних задач інтелектуального управління, прогнозування в умовах невизначеності, нелінійності, стохастичності завдяки своїм можливостям навчання за даними, що характеризують функціонування досліджуваного об'єкта.

Такі системи представляють собою новий міждисциплінарний науковий напрям, близький до інтелектуальних систем, тому, що, на відміну від керованих систем, які розвиваються на стику кібернетики, математики, електроніки та інших наук, нейронні системи синтезуються з нейроінформатикою, зокрема з нейрокеруванням.

Аналіз відомих теоретичних та інженерних підходів до управління складними об'єктами показав, що найбільш доцільною на сьогодні є технологія „інтелектуального” управління, де АСУ наслідує інтелектуальні функції людини при управлінні певним об'єктом, тобто має здатність до імітації мислення та навчання по відношенню до об'єкту управління, впливу навколишнього середовища та умов свого функціонування. З інженерної точки зору інтелектуальне управління повинно мати наступні властивості: здатність до навчання та адаптивність, живучість, простий алгоритм керування, дружній по відношенню до користувача людино - машинний інтерфейс, здатність до включення нових компонентів, що забезпечують кращі рішення в умовах обмежень, що накладаються технічними засобами. Найкраще цим умовам відповідають нейромережеві методи управління завдяки властивостям адаптації та узагальнення.

Метою роботи є розробка імітаційної комп'ютерної моделі сортування зі звичайним режимом роботи та з режимом з нейроуправлінням (відлагодження режиму нейроуправління).

Основні результати дослідження.

Для відображення роботи системи управління сортування об'єктів розроблена імітаційна модель.

Імітаційна модель працює в двох режимах роботи :

- перший - реакція на спрацювання однієї з кнопок;
- другий - використовуючи опереджувальну можливість сортування на базі нейро підходу.

Вхідними даними алгоритму є початкове положення гнучкого механізму, стан кнопок на екранній формі, а також режим роботи моделі (Без нейро, Нейро).

Якщо імітаційна модель знаходиться в режимі «Без нейро», то реакцією на вхідні дані буде нахил гнучкого механізму в одну із трьох сторін, після чого він повертається в початкове положення. Напрямок нахилу буде залежати від того, яка саме з кнопок була натиснута.

Якщо модель перебуває в режимі «Нейро», то вона здійснює навчання завдяки використанню навчальної вибірки. При натисканні на кнопку здійснюється поворот механізму та повернення його в початкове положення. Далі проходить обробка даних, на основі якої визначається положення виконавчого механізму. Обробка даних проходить з використанням навченої нейронної мережі, завдяки якій визначається реакція моделі, що матиме вигляд пошуку найбільшої ймовірності натискання однієї з кнопок та повернення гнучкого механізму в певне положення.

Для програмної реалізації імітаційної моделі застосовується мова програмування Delphi з використанням компонента NeuralBase [1] для роботи з нейромережею.

Оскільки програма має два режими роботи – вибирається потрібний (Без нейро, Нейро) (рис.1.1).



Рис.1.1. Режими роботи імітаційної моделі.

Якщо вибраний режим Без нейро, то при натисканні на одну з трьох кнопок механізм здійснить рух у відповідну сторону (рис.1.2), після чого повернеться в початкове положення.

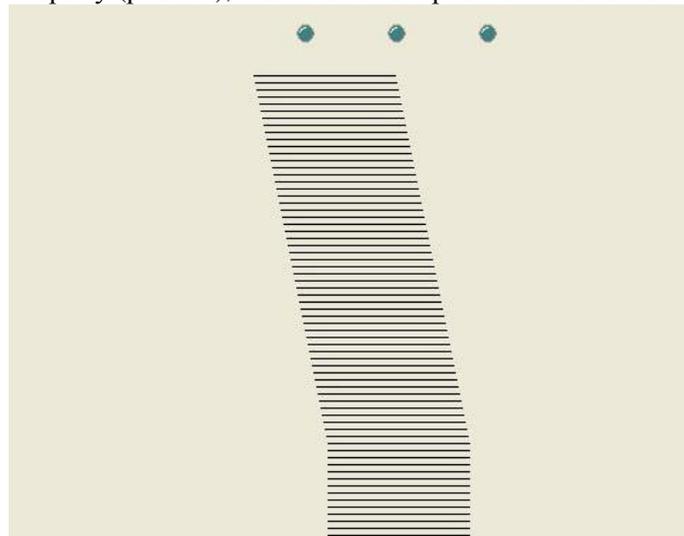


Рис.1.2.Імітаційна модель гнучкого механізму.

На прикладі натискання на ліву кнопку програмна реалізація має вигляд :

```
AbLED1.Checked:=True;  
Vlivo();  
sleep(5);  
AbLED1.Checked:=False;  
NazadVpravo();
```

Процедури Vlivo() та NazadVpravo() створюють імітацію руху гнучкого механізму, при якому Vlivo() повертає механізм вліво, а NazadVpravo() – в початкове положення.

Якщо вибраний режим Нейро, тоді використовується компонент NeuralBase для роботи з нейромережами (рис.1.3).



Рис.1.3.Компонент NeuralBase.

На початку програми формується навчальна вибірка – видаляються всі попередні приклади з неї. Це виконується завдяки процедурі `NeuralNetBP.ResetPatterns`. Далі створюються вхідні та вихідні вектори нейромережі :

```
SetLength(xInputVector, 3);  
SetLength(xOutputVector, 1);
```

Потім у вектори записується інформація, на основі якої нейронна мережа проходитиме навчання. Ці дані стануть прикладами для нейронної мережі, по яких буде прийматися рішення.

```
xInputVector[0] := 0;  
xInputVector[1] := 0;  
xInputVector[2] := 0;  
xOutputVector[0] := 0.4;
```

Приклади будуть записані в навчальну вибірку за допомогою функції `NeuralNetBP.AddPattern()`.

Далі необхідно натиснути на кнопку «Навчити» (рис.1.4). В процедурі `TMainForm.Button3Click` змінній `prbEpoch.Max` присвоюється кількість епох навчання. Під час запуску цієї процедури активізується процедура `TMainForm.NeuralNetBPEpochPassed` для відображення процесу навчання. Процес навчання проходить завдяки використанню функції `NeuralNetBP.TeachOffLine` [2-5].

```
NeuralNetBP.EpochCount := strtoint(Edit2.text);  
prbEpoch.Max := NeuralNetBP.EpochCount;  
prbEpoch.Position := 0;  
NeuralNetBP.TeachOffLine;
```

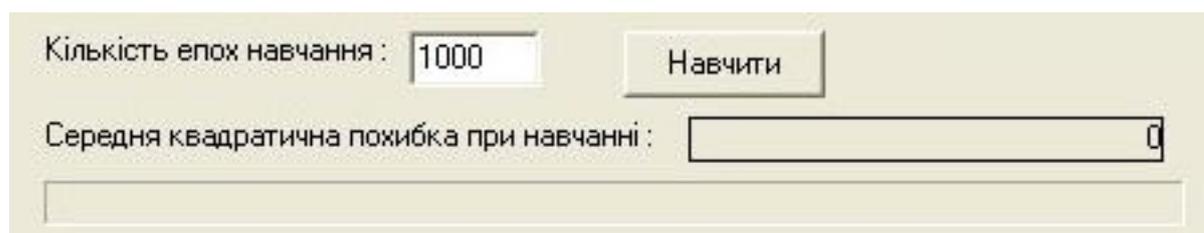


Рис.1.4.Навчання нейронної мережі

Процедура `TMainForm.NeuralNetBPEpochPassed`, яка використовується для відображення швидкості навчання та середньої квадратичної помилки при навчанні (рис.1.5), має вигляд:

```
prbEpoch.Position := prbEpoch.Position + 1;  
sttError.Caption := FloatToStr(NeuralNetBP.TeachError);
```

Тут `prbEpoch.Position` – це поточний стан перебігу навчання, який відображається на панелі, а `sttError.Caption` – середня квадратична похибка при навчанні.



Рис.1.5. Відображення процесу навчання.

При натисканні на одну з трьох кнопок, імітаційна модель здійснить нахил виконавчого механізму у відповідне положення і поверне його в початкове.

Потім програма присвоїть змінній *S* значення кнопки, яка була натиснута, та відправить його в процедуру *Port1RxChar*, де проходить основна обробка даних.

В процедурі *Port1RxChar* створюється вхідний вектор *SetLength(xInputVector, 3)*.

Залежно від того, яке саме значення *S* було відправлене, налаштовується вхідний вектор .

Вхідний вектор ініціалізується значеннями, відповідними до кількості натискань:

```
InputVector[0]:=Natusk1;  
xInputVector[1]:=0;  
xInputVector[2]:=0;
```

За допомогою функції *NeuralNetBP.Compute(xInputVector)* вхідний вектор подається на вхід нейронної мережі. Отримані значення з вихідного вектора записуються у вихідний масив *Mas_imov*.

```
Mas_imov[1]:= NeuralNetBP.Output[0]
```

Позиція гнучкого механізму визначається завдяки функції *pozition()*, в яку відправляються дані з масиву *Mas_imov*.

Отримані результати записуються у змінну *R1*.

```
R1:=pozition(Mas_imov);
```

Змінні *R1* та *R0* відображають значення, де найбільша ймовірність натискання кнопки (*R1*) та попереднє положення сервоприводу (*R0*). Процедура *Mechanism* відображає положення, в якому буде перебувати виконавчий механізм.

```
Mechanism(R0,R1);
```

Висновки

Таким чином, отримана імітаційна модель, яка дозволяє імітувати роботу сортувального механізму. Робота даної моделі дозволила відпрацювати режими нейронавчання та нейророботи механізму сортування. В подальшому даний підхід буде використано при розробці програмного апаратного комплексу сортування на базі нейропідходу.

Список використаних джерел

1. <http://www.basegroup.ru/>
2. <http://iasa.org.ua/lectons/tpr/neuro/hopfield.htm>
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C_%D0%A5%D0%BE%D0%BF%D1%84%D0%B8%D0%BB%D0%B4%D0%B0
4. J. Hopfield, «Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities», *Proceedings of National Academy of Sciences*, vol. 79 no. 8 pp. 2554—2558, April 1982.
5. http://sernam.ru/book_gen.php?id=69
6. Суровцев И.С., Ключин В.И., Пивоварова Р.П. Нейронные сети. — Воронеж: ВГУ, 1994. — 224 с.
7. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика. — М.: Мир, 1992.
8. Горбань А.Н. и др. Нейроинформатика. — Электронная публикация.
9. Интернет: Sarle, W.S., ed. (1997), Neural Network FAQ, part 1-7: Introduction, periodic posting to the Usenet newsgroup comp.ai.neural-nets, URL <ftp://ftp.sas.com/pub/neural/FAQ.html>.
10. Мкртчян С.О. Нейроны и нейронные сети. (Введение в теорию формальных нейронов) — М.: Энергия, 1971. — 232 с.
11. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. - М.: Мир, 1985. - 509 с.
12. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику. — М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. - 272 с.
13. Muller B., Reinhardt J. Neural Networks. An introduction. — Berlin: Springer-Verlag, 1991. — 266p.
14. Волькенштейн М.В. Биофизика: Учеб. руководство. — М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат.лит., 1988. - 592 с.
15. Басканова Т.Ф., Ланкин Ю.П. Нейросетевые алгоритмы самостоятельной адаптации.// Научная сессия МИФИ-99. Всероссийская научно-техническая конференция "Нейроинформатика-99". Сборник научных трудов. В 3 частях. Ч.1.- М.: МИФИ, 1999.- С.17-24.
16. Дорогов А.Ю., Алексеев А.А. Математические модели быстрых нейронных сетей. В сб. научн. тр. СПбГЭТУ "Системы управления и обработки информации". Вып.490, 1996.
17. Ф.Уоссермен, Нейрокомпьютерная техника, М., Мир, 1992.
18. Омату С., Халид М., Юсоф Р. Нейроуправление и его приложения. Пер. с англ. Н.В. Батина; Под. Ред. А.И. Галушкина, В.А. Птичкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 272 с.
19. Artificial Neural Networks: Concepts and Theory, IEEE Computer Society Press, 1992.

УДК 539.3

Максимович О.В., Іванюк Т.В.

Луцький національний технічний університет

ЧИСЛОВИЙ ПІДХІД ДО РОЗРАХУНКУ НАПРУЖЕНЬ У АНІЗОТРОПНІЙ ПІВПЛОЩИНІ З ВИРІЗАМИ

Максимович О.В., Іванюк Т.В. Числовий підхід до розрахунку напружень у анізотропній півплощині з вирізами. Розроблено алгоритм розрахунку напружено-деформованого стану біля вирізів у анізотропних пластинках.

Ключові слова: Анізотропія, пластинка, виріз, напруження.

Максимович О.В., Іванюк Т.В. Числовой подход к расчету напряжений в анизотропной полу плоскости с вырезами. Разработан алгоритм расчета напряженно - деформированного состояния около вырезов в анизотропных пластинках.

Ключевые слова: Анизотропия, пластинка, вырез, напряжения.

O. Maksimovich, T. Ivanyuk. A numerical approach to the calculation of stresses in anisotropic pitosin with cutouts. The algorithm of calculation is worked out tensely - deformed state near cuts in anisotropic plates.

Keywords: Anisotropy, plate, cut, tension.

Розглядається задача про визначення напружено-деформованого стану (НДС) анізотропної півплощини із вирізами та тріщинами, що розміщені вздовж кривих L_j ($j=1, \dots, J$). Прийmemo, що пластинка перебуває під дією зусиль на нескінченності, прикладених до тріщин зусиль (X_T, Y_T) , які приймаються однаковими на її протилежних берегах.

Питання дослідження напружень біля вирізів для анізотропних матеріалів вивчено в літературі в значно меншій мірі, ніж для ізотропних матеріалів. У роботі розроблений алгоритм визначення НДС анізотропної півплощини з вирізами за допомогою методу граничних інтегральних рівнянь, який використовують стосовно до пластинок із тріщинами.

Інтегральні рівняння задачі. Розв'язок задачі будемо визначати через комплексні потенціали Лехніцького $\Phi(z_1)$, $\Psi(z_2)$, де $z_j = x + s_j y$, s_j – корені характеристичного рівняння

$$\Delta(s) = \alpha_{11}s^4 - 2\alpha_{16}s^3 + (2\alpha_{12} + \alpha_{66})s^2 - 2\alpha_{26}s + \alpha_{22} = 0, \quad (1)$$

причому $\text{Im } s_j > 0$, α_{ij} – пружні сталі.

Розглянемо довільну криву Γ , яка лежить в області D , що займає пластинка та виберемо на ній додатній напрямок обходу. Введемо вектор напружень \underline{S}_Γ на дотичній до кривої площинці, нормаль до якої розміщена справа відносно вибраного напрямку обходу. Проекції вектора напружень \underline{S}_Γ (X, Y) і похідні від переміщень (u, v) за дуговою координатою на кривій через комплексні потенціали Лехніцького визначаються за формулами [1-2]

$$Y = -2 \text{Re} \left[\Phi(z_1) z_1' + \Psi(z_2) z_2' \right], \quad X = 2 \text{Re} \left[s_1 \Phi(z_1) z_1' + s_2 \Psi(z_2) z_2' \right], \\ u' = 2 \text{Re} \left[p_1 \Phi(z_1) z_1' + p_2 \Psi(z_2) z_2' \right], \quad v' = 2 \text{Re} \left[q_1 \Phi(z_1) z_1' + q_2 \Psi(z_2) z_2' \right], \quad (2)$$

де $u' = du / ds$, $v' = dv / ds$, $p_j = \alpha_{11}s_j^2 - \alpha_{16}s_j + \alpha_{12}$, $q_j = \alpha_{12}s_j - \alpha_{26} + \alpha_{22} / s_j$,

$z_j' = dx / ds + s_j dy / ds$, ds – диференціал дуги на Γ .

На основі (2) маємо взаємозв'язок [1]

$$\Phi(z_1) = \frac{-v' + s_1 u' + p_1 X + q_1 Y}{\Delta_1 z_1'}, \quad \Psi(z_2) = \frac{-v' + s_2 u' + p_2 X + q_2 Y}{\Delta_2 z_2'}, \quad (3)$$

де $\Delta_1 = a_{11}(s_1 - \bar{s}_1)(s_1 - s_2)(s_1 - \bar{s}_2)$, $\Delta_2 = a_{11}(s_2 - \bar{s}_1)(s_2 - s_1)(s_2 - \bar{s}_2)$,

Для побудови загального розв'язку задачі розглянемо спочатку нескінченну область, що містить розріз L .

На основі співвідношень (3) та [1,3] отримуємо інтегральні представлення для комплексних потенціалів

$$\Phi(z_1) = \frac{1}{2\pi\Delta_1 i} \int_L \frac{(-g_2' + s_1 g_1') ds}{t_1 - z_1} + \Phi_s(z_1), \quad \Psi(z_2) = \frac{1}{2\pi\Delta_2 i} \int_L \frac{(-g_2' + s_2 g_1') ds}{t_2 - z_2} + \Psi_s(z_2), \quad (4)$$

де $g_1 = u^+ - u^-$, $g_2 = v^+ - v^-$; u^\pm, v^\pm – граничні значення переміщень при підході до розрізу зліва і справа відносно вибраного напрямку; ds – диференціал дуги; комплексні потенціали з індексом s визначають напружений стан нескінченної суцільної пластинки, який виникає тільки від дії зосереджених сил і навантаження на безмежності. Зазначимо, що функції g_1, g_2 – стрибки переміщень на берегах тріщини.

Підставимо представлення (4) в формули для визначення вектора напружень на тріщині. Використовуючи формули Сохоцького при граничному переході, маємо при $(x, y) \in L$

$$\begin{aligned} 2\operatorname{Re}[\Phi(z_1)z_1' + \Psi(z_2)z_2'] &= -Y_T, \\ 2\operatorname{Re}[s_1\Phi(z_1)z_1' + s_2\Psi(z_2)z_2'] &= X_T, \end{aligned} \quad (5)$$

де інтеграли із представлення (4) розглядаються в сенсі головного значення за Коші.

Перепишемо представлення (4) у вигляді

$$\begin{aligned} \Phi(z_1) &= \int_L [g_1'\Phi_1(z_1, t_1) + g_2'\Phi_2(z_1, t_1)] ds + \Phi_s(z_1), \\ \Psi(z_2) &= \int_L [g_1'\Psi_1(z_2, t_2) + g_2'\Psi_2(z_2, t_2)] ds + \Psi_s(z_2), \end{aligned} \quad (6)$$

де $\Phi_1 = \frac{A_1}{t_1 - z_1}$, $\Phi_2 = \frac{A_2}{t_1 - z_1}$, $\Psi_1 = \frac{B_1}{t_2 - z_2}$, $\Psi_2 = \frac{B_2}{t_2 - z_2}$,

$$A_1 = -\frac{is_1}{2\pi\Delta_1}, \quad A_2 = \frac{i}{2\pi\Delta_1}, \quad B_1 = -\frac{is_2}{2\pi\Delta_2}, \quad B_2 = \frac{i}{2\pi\Delta_2}.$$

Розглянемо тепер випадок, коли пружна анізотропна пластинка займає задану область (півплощину), яку позначимо через D . Побудуємо інтегральні рівняння для такої пластинки з тріщинами таким чином, щоби умови на границі області D виконувались автоматично. З цією метою спочатку побудуємо комплексні потенціали Лехніцького $\Phi_j^D(z_1), \Psi_j^D(z_2)$ ($j=1, 2$), які є розв'язком задачі теорії пружності для області D з вільною від навантаження границею, за умови, що ці функції мають наступні особливості

$$\Phi_j^D(z_1) \sim -\frac{A_j}{z_1 - z_{10}}, \quad \Psi_j^D(z_2) \sim -\frac{B_j}{z_2 - z_{20}}, \quad (7)$$

де $z_{10} = x_0 + s_1 y_0, z_{20} = x_0 + s_2 y_0$, (x_0, y_0) - деяка точка, що лежить в області D . Позначимо знайдені потенціали у вигляді $\Phi_j^D(z_1, x_0, y_0), \Psi_j^D(z_2, x_0, y_0)$.

Загальний розв'язок задачі теорії пружності для області D з тріщинами можна записати у вигляді

$$\begin{aligned} \Phi(z_1) &= \int_L [\Phi_1^D(z_1, \xi, \eta)g_1'(s) + \Phi_2^D(z_1, \xi, \eta)g_2'(s)] ds + \Phi_D(z_1), \\ \Psi(z_2) &= \int_L [\Psi_1^D(z_2, \xi, \eta)g_1'(s) + \Psi_2^D(z_2, \xi, \eta)g_2'(s)] ds + \Psi_D(z_2), \end{aligned} \quad (8)$$

де $\Phi_D = \Phi_{DP} + \Phi_{D\infty}$, $\Psi_D = \Psi_{DP} + \Psi_{D\infty}$, (ξ, η) - точка, за якою проводиться інтегрування. Тут потенціали $\Phi_{D\infty}(z_1), \Psi_{D\infty}(z_2)$ – відповідають прикладеному на нескінченності навантаженню за умови, що границя вільна від навантаження. Потенціали $\Phi_{DP}(z_1), \Psi_{DP}(z_2)$ – розв'язок задачі теорії пружності, що відповідає прикладеним до пластинки зосередженим силам при вільній від навантаження границі області D .

Крім цього, необхідно задовольнити умови однозначності переміщень, які для випадку для внутрішніх тріщин запишуться

$$\int_L g_1' ds = 0, \int_L g_2' ds = 0. \quad (9)$$

Для реалізації даного розв'язку необхідно побудувати розв'язок задачі теорії пружності для області D (півплощина $y < 0$), з вільною від навантаження границею, за умови, що ці функції мають полюси (7). Використовуючи результати [1], маємо

$$\Phi_j^D(z_1) = -\left(\frac{A_j}{z_1 - z_{10}} + \alpha_1 \frac{\bar{A}_j}{z_1 - z_{10}} + \beta_1 \frac{\bar{B}_j}{z_1 - z_{20}} \right),$$

$$\Psi_j^D(z_2) = -\left(\frac{B_j}{z_2 - z_{20}} + \alpha_2 \frac{\bar{A}_j}{z_2 - z_{10}} + \beta_2 \frac{\bar{B}_j}{z_2 - z_{20}} \right), \quad (10)$$

де $\alpha_1 = \frac{s_1 - s_2}{\Delta_1}$, $\beta_1 = \frac{s_2 - s_2}{\Delta_1}$, $\beta_2 = \frac{s_1 - s_2}{\Delta_1}$, $\alpha_2 = \frac{s_1 - s_1}{\Delta_1}$, $\Delta_1 = s_2 - s_1$.

Розглянемо випадок, коли півплощина має виріз, який обмежений контуром L_v , межа якого вільна від навантаження. Позначимо точки, в яких виріз виходить на межу півплощини через A_v, B_v . При розрахунках виріз вважаємо внутрішньою тріщиною, що лежить на кривій L_v з вершинами в точках A, B при $A \rightarrow A_v, B \rightarrow B_v$. Прийmemo, що береги цієї тріщини вільні від навантаження, точки A, B мають однакову ординату h , яку при розрахунках будемо спрямовувати до нуля. Числовий алгоритм розв'язування інтегральних рівнянь, які отримують на основі зображень (8) шляхом задоволення заданих умов на берегах тріщин для пластинок із тріщинами наведено в [1,2,4].

Результати розрахунків. Розглянуто випадок розтягу півплощини із вирізом зусиллями p , що діють паралельно до межі пластинки. В таблиці 1 наведено значення віднесених до p напружень у вершині півкругового вирізу залежно від відстані вершин тріщини h для ізотропного матеріалу та композитних матеріалів EF, LU , коли жорсткість матеріалу більша в напрямку осі Oy або напрямку осі Ox . При розгляді останнього випадку тут і далі біля матеріалів вказуватимемо індекс '90'. Крім цього в таблиці наведено відношення напружень σ у вершині вирізу до максимальних напружень σ_0 на межі кругового отвору у відповідній нескінченній пластинці.

Таблиця 1. Напруження біля півкругового вирізу

$h/R \cdot 10^n$	Ізо		EF		EF_{90}		LU		LU_{90}	
N	σ/p	σ/σ_0	σ/p	σ/σ_0	σ/p	σ/σ_0	σ/p	σ/σ_0	σ/p	σ/σ_0
1	3,1617	1,0541	4,013	1,0569	3,4055	1,0516	3,325	1,0453	7,9578	1,0641
2	3,0741	1,0249	3,8911	1,0248	3,3026	1,0198	3,2149	1,0107	7,6883	1,0281
3	3,0663	1,0223	3,8805	1,022	3,2939	1,0171	3,2063	1,008	7,6653	1,025
4	3,0655	1,0221	3,8794	1,0217	3,293	1,0168	3,2055	1,0078	7,663	1,0247
5	3,0654	1,022	3,8793	1,0217	3,2929	1,0168	3,2054	1,0077	7,6625	1,0246
6	3,0654	1,022	3,8793	1,0217	3,2929	1,0168	3,2053	1,0077	7,6625	1,0246
7	3,0654	1,022	3,8793	1,0217	3,2929	1,0168	3,2053	1,0077	7,6625	1,0246

Отримані напруження за даним алгоритмом добре узгоджуються із відомими в літературі даними для ізотропного матеріалу [5].

Із таблиці видно, що напруження біля вирізів можуть бути розраховані на основі заміни вирізів відповідною внутрішньою тріщиною, вершини якої доцільно розміщувати на відстані $h/R = 10^{-5} \div 10^{-7}$ від межі пластинки.

Виконано розрахунки напружень у вершині півеліптичного вирізу з півосями a в горизонтальному напрямку та b у вертикальному. В таблиці 2 наведено відносні максимальні напруження для вирізів із відношенням півосей $b/a = 3, 5, 20$.

Табл.2. Напруження біля півеліптичного вирізу

n	b/a=3			b/a=5			b/a=20		
	Ізо	ЛУ	LU ₉₀	Ізо	ЛУ	LU ₉₀	Ізо	ЛУ	LU ₉₀
1	7,4901	7,7973	21,5066	11,9169	11,2882	16,9646	45,386	45,836	136,068
2	7,4202	7,714	21,2887	11,8502	11,2225	16,8673	44,785	47,396	136,629
3	7,4133	7,7053	21,259	11,844	11,216	16,8578	45,477	46,178	136,701
4	7,4129	7,7048	21,2648	11,8438	11,2157	16,8573	45,387	47,089	136,694
5	7,4129	7,7046	21,2634	11,8438	11,2157	16,8573	45,379	46,616	136,557
6	7,4129	7,7046	21,2633	11,8438	11,2157	16,8573	45,378	46,591	136,426
7	7,4129	7,7046	21,2633	11,8438	11,2157	16,8573	45,378	46,589	136,541

Для визначення напружень у ізотропних пластинках із еліптичним вирізом запропонована формула [5], похибка якої не перевищує 1%

$$\sigma / p = \frac{1 + 2,48\gamma + 1,16\gamma^2}{1 + 0,517\gamma}, \quad (11)$$

де $\gamma = b/a$.

Розраховані за цією формулою відносні напруження будуть 7,401 при $b/a = 3$, 11,827 при $b/a = 5$ та 45,379 при $b/a = 20$. Тобто, наведені в таблиці 1 та розраховані за формулою (11) напруження відрізняються не більше за 0,2% в перших двох випадках та $\sim 0,002\%$ при $b/a = 20$.

Із таблиці видно, що і для витягнутих вирізів, біля яких виникають високі напруження, може бути використаний запропонований підхід, в якому виріз заміняється внутрішньою тріщиною.

Розраховані віднесені до σ_0 напруження для пластинок із вирізами у вигляді сегмента круга в анізотропній пластинці, жорсткість матеріалу в якій максимальна в горизонтальному напрямку. Ці напруження залежно від кута θ між віссю Ox і дотичною до межі вирізу в точці її перетину із межею наведено на рис.1, де кривим 1–5 відповідають: ізотропний матеріал, ЕФ (крапки), ЕТФ, ЛУ, СФ2, СФ1

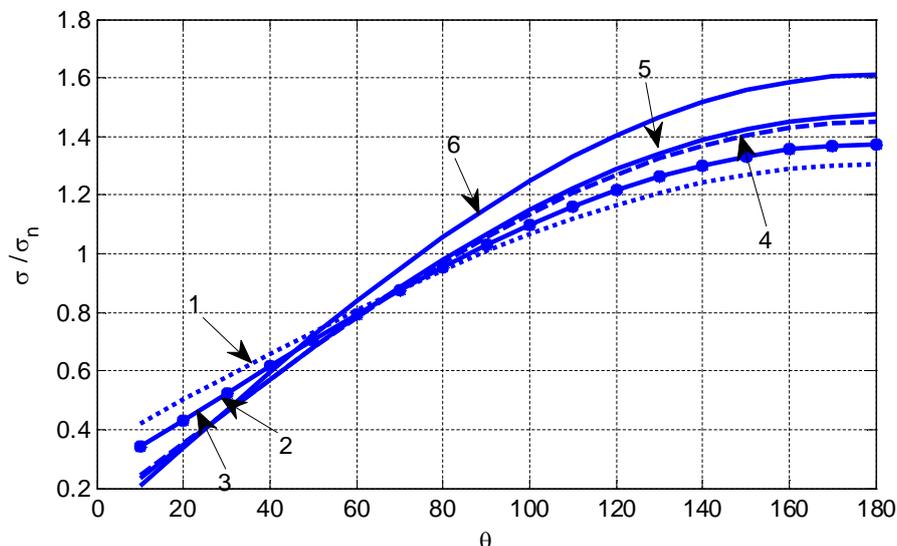


Рис.1. Відносні ККН для сегментних вирізів

Висновок. Запропоновано підхід до дослідження напружень біля вирізів у анізотропній пластинці, який базується на заміні вирізу внутрішньою тріщиною, що лежить на його межі. Проведені в роботі числові експерименти показали, що розробленим методом можуть бути розраховані з високою точністю напруження біля півеліптичних вирізів, якщо вершини тріщини розмістити на відстанях $(10^{-5} \div 10^{-7})a$, де a – менша піввісь еліпса.

Список використаних джерел

1. Божидарнік В.В. Пружна та гранична рівновага анізотропних пластинок з отворами і тріщинами / В.В. Божидарнік, О.В. Максимович // Монографія. – Луцьк: ЛДТУ, 2003. – С. 226.
2. Максимович О. Розрахунок напруженого стану анізотропних пластинок з отворами і криволінійними тріщинами при врахуванні контакту їхніх берегів / О. Максимович // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2009. – № 3. – С. 36-42.
3. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости / Н.И. Мухелишвили // М.: Наука, 1966. – С. 708.
4. Саврук М.П. Численный анализ в плоских задачах теории трещин / М.П. Саврук, П.Н. Осив, И.В. Прокопчук // К.: Наук. думка, 1989. – С. 248.
5. Саврук М.П., Казберук А. Единый подход к решению задач о концентрации напряжений около острых и закругленных угловых вырезов. Прикл. механика, т.43, 2007, №2, с.70-87.

УДК 539.3:620.179.17

Ю.Я. Матвіїв

Луцький національний технічний університет

РОЗПОДІЛ НАПРУЖЕНЬ У ПРУЖНІЙ МАТРИЦІ В ОКОЛІ ДОВІЛЬНО ОРІЄНТОВАНИХ ВКЛЮЧЕНЬ МЕНШОЇ ЖОРСТКОСТІ

Ю.Я. Матвіїв. Розподіл напружень у пружній матриці в околі довільно орієнтованих включень меншої жорсткості. За допомогою розрахункової моделі показано характер розподілу напружень у пружній матриці в околі довільно орієнтованих включень з жорсткістю нижчою ніж матриця. Показано, що максимальні напруження в околі порожнини є більшими за відповідні напруження в околі включення тієї ж форми. Це свідчить про те, що некоректно вважати порожнинами включення, жорсткість яких є суттєво меншою ніж матриця. Отримані числовим методом дані добре узгоджуються з результатами аналітичних розрахунків.

Ключові слова: напруження, матриця, включення, порожнина, руйнування, акустична емісія.

Форм. 3. Табл. 2. Рис. 6. Літ. 19.

Ю.Я. Матвиив. Распределение напряжений в упругой матрице в окрестности произвольно ориентированных включений меньшей жесткости. С помощью расчетной модели показан характер распределения напряжений в упругой матрице в окрестности произвольно ориентированных включений с жесткостью более низкой чем матрица. Показано, что максимальные напряжения около полости являются больше соответствующих напряжений возле включения той же формы. Это свидетельствует о том, что некорректно считать полостями включения, жесткость которых является существенно меньше, чем матрица. Полученные числовым методом данные хорошо согласовываются с результатами аналитических расчетов.

Ключевые слова: напряжение, матрица, включение, полость, разрушение, акустическая эмиссия.

Yu. Matviyiv. Allocation of stress intensity factor in an elastic matrix in the vicinity of sparingly oriented inclusions which rigidity is lower than that of the matrix. Numerical modeling has revealed the distribution of stress in an elastic matrix in the vicinity of a sparingly oriented pores and inclusions which are less rigid than the matrix. The maximum values of stress near the pore are greater than the corresponding stresses in case of inclusions of the same shape. Therefore, even inclusions with rigidity substantially lower than that of matrix could not be considered as pores. The results of numerical modeling agree well with analytical calculations.

Keywords: stress intensity, matrix, inclusion, cavity, destruction, accustic emission.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими практичними завданнями, актуальність проведених досліджень. У сучасному машинобудуванні, транспорті, будівництві та інших галузях техніки широко використовують різноманітні металеві сплави, які мають значну кількість включень різного походження. Останні сприяють зародженню та розвитку ранніх стадій руйнування у таких конструкційних матеріалах за навантажень, які набагато нижчі від експлуатаційних. Це, у свою чергу, призводить до макроруйнування виготовлених із них деталей чи елементів конструкцій часто набагато швидше, ніж визначено розрахунковим ресурсом їх експлуатування. Ось чому важливо вміти діагностувати руйнування включень у згаданих конструкційних матеріалах з метою запобігання передчасному руйнуванню останніх. Для цього використовують методи неруйнівного контролю, які побудовані на різних фізичних явищах [7].

Міцність і характер руйнування тіл з включеннями залежить від багатьох чинників, зокрема від фізико-механічних характеристик включення і матриці, від форми і розміру включення, а також від міцності зчеплення між компонентами матеріалу. На підставі експериментальних досліджень, присвячених вивченню цієї проблеми, показано, що у процесі деформування тіл з включеннями, здебільшого, початком руйнування (зародження тріщин) є руйнування самого включення [14]. Тому значну зацікавленість представляє вивчення напружено-деформованого стану тіл з включеннями, що призводить до зародження тріщиноутворення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Суттєвий внесок у розв'язання окреслених науково-технічних задач зробили відомі українські вчені: Ю.Н. Подільчук (розв'язання просторових задач про напружений стан трансверсально-ізотропних тіл з включеннями); О.Є. Андрейків (розв'язання динамічних задач теорії тріщин про руйнування крихких включень); Г.Т. Сулим (оцінка впливу форми включень на концентрацію напружень у твердому тілі); В.П. Силованюк та М.М. Стадник (розв'язання задач про руйнування попередньо напружених і трансверсально-ізотропних тіл з дефектами типу включень різної форми); В.В. Божидарник (оцінка концентрації напружень навколо включень), а також такі вчені як О.М. Гузь, В.Б. Рудницький, М.В. Делявський, М.Г. Стащук, М.М. Кундрат та багато інших [1-4, 15-17].

Невирішені питання проблеми та шляхи її розв'язання. Однак і до нині проблема оцінки

розподілу напружень в околі довільно орієнтованих включень меншої жорсткості не є вирішеною повністю. На її часткове розв'язання направлені дослідження даної праці.

Як показано у працях [5,6,13], на початкових стадіях руйнування пошкоджені області розвиваються всередині матеріалу і локально поширюються у стиснутій зоні зразка, тому виявити їх оптично, як того вимагають методики нормативних документів, неможливо. Після цього, унаслідок злиття мікротріщин у макротріщини, відбувається вихід останніх на бокову поверхню зразка вже після суттєвого розвитку руйнування [13]. Тому для ефективного виявлення його скритих початкових стадій застосовують метод акустичної емісії (АЕ) [6,13]. Наприклад, аналіз одержаних результатів АЕ-контролю, фрактографії і даних літературних джерел дав можливість описати механізми та динаміку процесів руйнування чавунів і сформулювати моделі докритичного розповсюдження у них макротріщин, що супроводжується випромінюванням АЕ. Показано високу ефективність цього методу для оцінки стадій та механізмів руйнування чавунів різноманітної модифікації.

Вже у перших працях, де вивчали АЕ із кристалів, зауважили, що на її генерацію суттєво впливають границі зерен [18]. Для підтвердження цієї гіпотези низка дослідників, вивчаючи проблему руйнування алюмінієвих сплавів, зіставляла експериментальні АЕ-дані для монокристалів алюмінію різної чистоти [19]. Отримані результати часто носили суперечливий характер і не підтверджувалися дослідженнями структури матеріалу. Не дивлячись на те, що силова дія на алюміній та його сплави порівняно з іншими металами та конструкційними сплавами приводить до генерування сигналів АЕ високого рівня, перші теоретичні концепції про зв'язок між дислокаційними явищами і параметрами сигналів, розроблені ще недостатньо повно.

Добрим модельним матеріалом щодо вивчення напруженого стану твердих тіл із включеннями є чавун. Включення графіту у структурі чавуну у літературі прийнято розглядати як внутрішні дефекти відповідних розмірів, форми і розташування, які є концентраторами напружень та місцями зародження і розвитку руйнування. У діагностичному аспекті важливими є задачі визначення геометричних параметрів таких включень. Вирішення їх полягає у розробці нових методів досліджень прямих контактних задач динамічної теорії пружності. Їх теоретична сторона передбачає математичне моделювання динамічної взаємодії складових композиту, яким фактично є чавун, а також розробку числових аналітичних алгоритмів дослідження механічних явищ, які при цьому виникають. Щодо алгоритму розв'язання відповідних обернених задач, то виникають певні труднощі теоретичного та обчислювального характеру, зумовлені нелінійністю та некоректністю обернених, а також недостатнім вивченням прямих задач. Для їх розв'язання найчастіше використовують числові методи.

Метод скінченних елементів достатньо широко застосовують для розв'язання задач механіки руйнування: розрахунку параметрів руйнування для областей різної форми; моделювання процесів руйнування чи поведінки тіл з нерухомою чи ростучою тріщиною в умовах, для яких ще не побудовані адекватні математичні моделі; аналізу міцності реальних конструкцій з точки зору опору крихкому руйнуванню [8].

На сучасному етапі розвитку комп'ютерних технологій існують ефективні програмні комплекси реалізації задач МСЕ, наприклад, ANSYS, FEMLAB, ABAQUSE, NASTRAN тощо.

Мета дослідження. На підставі наявних даних провести експериментальні дослідження, в яких з'ясувати характер розподілу напружень у матриці і в околі довільно орієнтованих включень з жорсткістю нижчою, ніж матриця.

Результати числового розрахунку розподілу напружень у матриці та на включенні. Розглянемо задачу про руйнування еліпсоїдального включення у суцільному середовищі, описану у праці [16], та спробуємо змоделювати і розрахувати напруження у включенні та його околі та порівняти їх з даними, отриманими з аналітичних залежностей. Напруження у включенні, що діють по нормалі до площини перерізу по великій осі еліпсоїда, визначають за формулою [16]:

$$\sigma_{zz} = \frac{\sigma^{\infty} q [E(k) + 2\beta(1 - v^2)]}{2\beta q(1 - v^2) + E(k)}, \quad (1)$$

Тут $q = E_B/E_M$ – відношення модулів Юнга графітового включення і матриці чавуну, $\beta = b/c$ – відношення довжин півосей еліпсоїда (b – велика вісь), $k^2 = (a^2 - b^2)/a^2$,

$E(k) = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \alpha} d\alpha$ – повний еліптичний інтеграл другого роду, ν – коефіцієнт Пуассона, σ^∞ – напруження розтягу, що прикладені на нескінченості.

Напруження в околі включення обчислимо за формулою:

$$\sigma_{zz} = \frac{[2\beta(1 - q\nu^2) + E(k)]\sigma^\infty}{2\beta q(1 - \nu^2) + E(k)}, \quad (2)$$

Відзначимо, що узгодження результатів, отриманих за формулами (1) і (2), з відомими даними для еліптичного [9] і сферичного [16] включень свідчить про їх високу точність.

У літературі доволі поширеним є твердження про те, що у чавунах графітові включення можуть розглядатися як порожнини, оскільки їх модуль пружності на порядок менший від модуля пружності металічної матриці. Формула (2) дозволяє оцінити справедливість такого припущення. Зокрема, поклавши $q = 0$, знайдемо наближене значення концентрації напружень в околі еліпсоїдальної порожнини за формулою

$$\sigma_{zz} = \frac{[2\beta + E(k)]\sigma^\infty}{E(k)}. \quad (3)$$

У розрахунковій моделі матриці зі сферичним включенням розміри тіла та включення підбирали так, щоб вони були максимально наближені до розмірів реальних включень, а грані тіла суттєво не впливали на розподіл напружень у під час навантаження, оскільки воно є безмежним. Щоб максимально відобразити властивості реального матеріалу і наблизити результати досліджень до конкретних прикладних задач, фізико-механічні характеристики матеріалів включення та матриці поклали такі: *пружне тіло (матриця)*: $20 \cdot 10^{10}$ Па – модуль Юнга; 0,3 – коефіцієнт Пуассона; 7850 кг/м^3 – густина; *включення*: $1,4 \cdot 10^{10}$ Па – модуль Юнга; 0,25 – коефіцієнт Пуассона; 2300 кг/м^3 – густина [1].

Модель тіла та схема навантаження приведені на рис. 1. Розміри тіла вибрали $120 \times 50 \times 50$ мкм, а в його центрі розмістили пружне еліпсоїдальне включення. Щоби дослідити зміну розподілу напружень у тілі та включенні за переходу від кулеподібної форми до пластинчастої, у процесі експерименту змінювали співвідношення осей включення. Величина півосей початкового включення дорівнює 5 мкм (форму включення міняли на еліпсоїдальну шляхом збільшення однієї осі еліпсоїда у напрямку перпендикулярному напрямку прикладених зусиль навантаження).

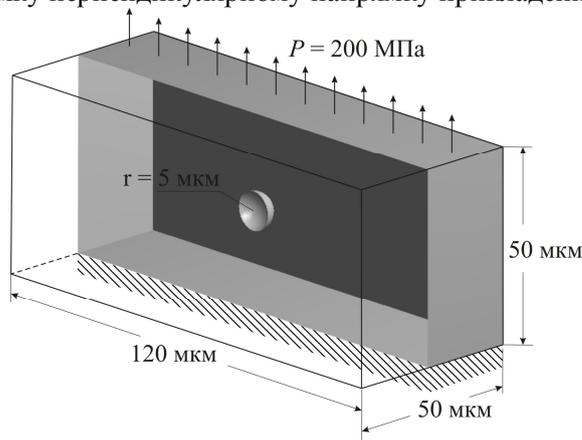


Рис.1

Розбиття тіла проводили з використанням тривимірних скінченних елементів у вигляді тетраедра з 10-ма вузлами. Аналогічне розбиття на скінченні елементи застосовували для включення. Кількість елементів у тілі з наявним включенням та без нього становить 11651 та 11414, відповідно. Математичний розрахунок проводили за допомогою програми ANSYS. Розміри елементів розбиття, що становить 3 мкм, оптимізували так, щоб процес обрахунку не потребував багато часу а результат був стабільним, тобто не був чутливим до зменшення розмірів елементів.

Щоб розрахувати дану модель, нижню грань защемили, тобто її переміщення по осі z $u_z = 0$, а до верхньої приклали розподілене навантаження (тут і далі для ілюстрацій прикладів

розрахунку прийматимемо напруження на нескінченості $\sigma^\infty = 200$ МПа). Отримали розподіл напружень (рис 2,а), який свідчить про те, що навантаження призводить до концентрації максимальних напружень в околі порожнини. Аналогічно змодельовали навантаження тіла з включенням графіту такого ж розміру. Розподіл напружень у ньому показано на рис. 2,б, а результати обчислень наведені у таб. 1.

Розрахунки показують, що максимальні напруження в околі порожнини є більшими за відповідні напруження в околі включення. Це свідчить про те, що некоректно вважати порожнинами включення, жорсткість яких є суттєво меншою ніж матриця.

Щоб перевірити дану методику розрахунку розподілу напружень за наявності включень еліпсоїдальної форми, поступово збільшували параметр β (відношення півосей еліпсоїда: a – велика вісь, c – мала вісь), який міняє форму включення з кулеподібної на еліпсоїдальну.

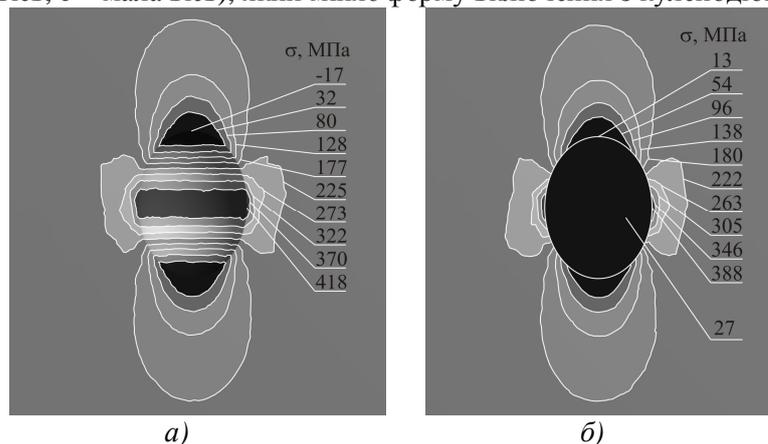


Рис.2

Таблиця 1

Максимальні напруження	Числовий розрахунок, МПа	Розрахунок за формулами (1)-(3), МПа
в околі порожнини	418	455
в околі включення	388	394
у включенні	27	48

Покладемо значення зовнішнього напруження 200 МПа у формули (1)-(3), і вирахуємо напруження, що виникають у тілі в околі кулеподібного включення графіту та порожнини такої ж форми. Дані порівняємо із результатами, отриманими із числового розрахунку аналітичної моделі (таб. 2). Як бачимо, аналітичний розрахунок у матриці та на включенні дає добру збіжність з числовим методом.

Таблиця 2

Співвідношення півосей еліпсоїда $\beta = a/c$	Напруження у включенні, МПа		Напруження в околі включення, МПа	
	Числовий розрахунок	Аналітичний розрахунок	Числовий розрахунок	Аналітичний розрахунок
1	28	48	450	394
2	33	53	459	442
3	35	56	486	460
4	35	56	513	468
5	37	57	542	472
6	38	57	547	475
7	38	58	548	477
8	41	58	551	478
9	42	58	552	479
10	42	58	554	480

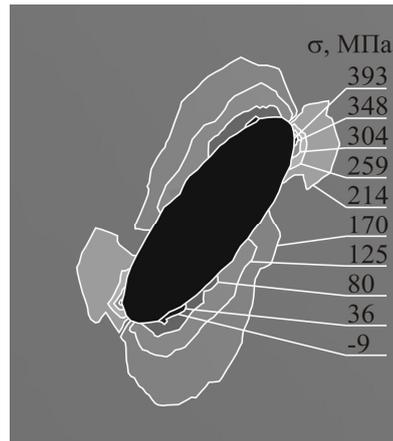


Рис.3

Досліджували також як змінюються напруження у графітовому включенні та його околі за різної орієнтації великої осі до напрямку прикладання сил та зміни співвідношення осей. На рис. 3 зображено розподіл напружень у тілі за орієнтації включення під кутом 45° до напрямку прикладання зусиль розтягу. Напруження, що виникають в околі включення зображені на рис. 4. Як видно, вони збільшуються зі зміною форми включення від кулеподібної до пластинчастої і зменшуються за орієнтації включення з наближенням великої осі до положення, паралельного напрямку розтягу. Як бачимо, чим менші значення β , тим менше змінюються значення максимального напруження під час зміни положення великої осі до напрямку прикладання сил.

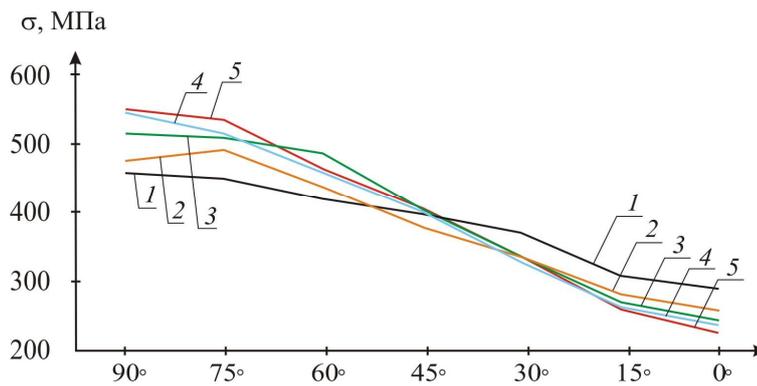


Рис.4

Включення у матеріалі бувають не тільки пластинчасті чи кулеподібні, а можуть приймати форми наближені до призматичних. Зокрема, алюмінієві сплави містять у своїй структурі такі включення [11]. Змоделюємо тіло з призматичним включенням (рис. 5.) та обчислимо розподіл у ньому напружень. Для початку візьмемо включення кубічної форми зі сторонами $a = b = c = 10$ мкм і помістимо його у центр тіла, розміри та схема навантаження якого аналогічні описаній вище задачі. Фізико-механічні характеристики матеріалів включення та матриці поклали такі: *пружне тіло (матриця)*: $7,1 \cdot 10^{10}$ Па – модуль Юнга; 0,33 – коефіцієнт Пуассона (алюмінієвий сплав); 2770 кг/м^3 – густина; *включення*: $3 \cdot 10^{10}$ Па – модуль Юнга; 0,27 – коефіцієнт Пуассона; 2700 кг/м^3 – густина. Грані включення максимально заокруглені ($r = 1$ мкм) для зменшення концентрації напружень поблизу них. У процесі дослідження змінювали форму включення через співвідношення сторін b/c та його орієнтацію у тілі. На рис. 5 проілюстровано розподіл напружень у матриці та у кубічному включенні за орієнтації під кутом 90° двох граней до напрямку прикладання зусиль розтягу.

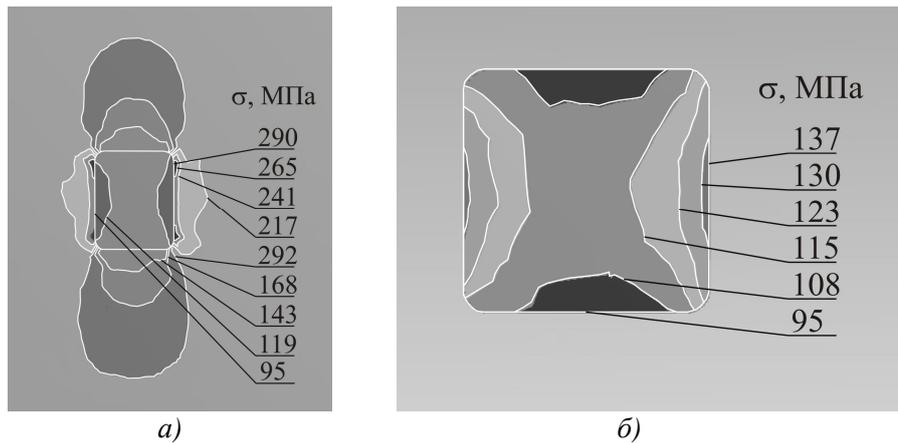


Рис.5

На рис. 6 приведено графік зміни максимальних напружень, що виникають у призматичному включенні за різної орієнтації його великих граней та співвідношення сторін. Як видно, найбільші напруження виникають в околі включення за орієнтації великих граней під кутом 45° до напрямку дії сил.

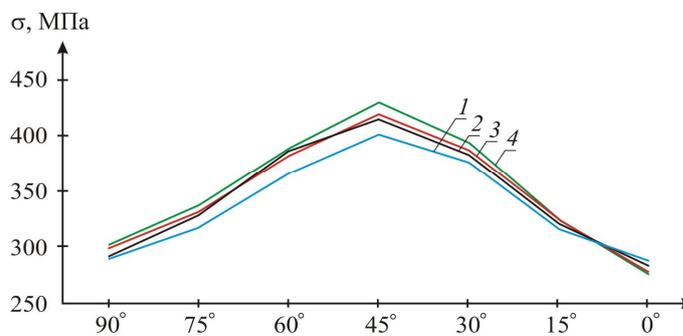


Рис.6

Таким чином, за результатами числових розрахунків отримано кількісний розподіл напружень у матриці і на включенні та показано, що суттєвий вплив на цей розподіл мають форма та розміри включень, їх орієнтація до напрямку прикладання сил.

Висновки. За результатами числових розрахунків розподілу напружень розтягу на матриці і крихкому включенні встановлено, що некоректно моделювати останнє порожниною. Для включень еліпсоїдальної форми найсприятливішою для руйнування є орієнтація його великої осі під кутом 90° до напрямку дії сил. Що витягнутіше включення, то схильніше воно до руйнування і сильніше змінює розподіл напружень у залежності до кута прикладання сил. Призматичні включення найчутливіші до зовнішніх розтягуючих напружень під час орієнтації їх великих граней під кутом 45° до напрямку дії навантаження.

Отримані результати дають змогу на якісно новому рівні діагностувати руйнування включень у різноманітних конструкційних матеріалах з метою запобігання передчасному їх руйнуванню.

Список використаних джерел.

1. Андрейкив А.Е., Лысак Н.В. Метод акустической эмиссии в исследовании процессов разрушения. – Киев: Наук. думка, 1989. – 176 с.
2. Божидарник В.В., Сулим Г.Т. Концентрация напружень біля тонкого теплопассивного включення // Вісн. Львів. політехн. ін-ту. – 1992. – Вип. 262. – С. 10–14.
3. Гузь А.Н., Рудницький В.Б. Основы теории контактного взаимодействия упругих тел с начальными (остаточными) напряжениями. – Хмельницький: – 2006. – 710 с.
4. Кундрат Н.М. Отслоение включения в ортотропной композиции // Прикл.механика. – 2000. – 36, №9. – С. 123–128.
5. Лысак Н.В., Скальський В.Р., Сергиенко О.Н. Использование метода акустической эмиссии для исследования разрушения чугунов // Техн. диагностика и неразрушающий контроль – № 3. – 1989. – С. 37–45.
6. Методические особенности определения статической трещиностойкости чугунов / А.Н. Ткач, Н.В. Лысак, Т.Я.

- Юськів, В.Р. Скальський и др. // Физ.-хим. механика материалов. – 1988. – №1. – С. 68–73.
7. Механіка руйнування і міцність матеріалів. Довідниковий посібник / Т.5. Неруйнівний контроль і технічна діагностика / Під ред. З.Т.Назарчука. – Львів: фізико-мех. ін-т. ім. Г.В.Карпенка НАН України, 2001. – 1134 с.
 8. Морозов Е.М., Никишков Г.П. Метод конечных элементов в механике разрушения. – М.: Наука, 1980. – 354 с.
 9. Петерсон Р. Коэффициенты концентрации напряжений. – М.: Мир, 1977. – 302 с.
 10. Подильчук Ю.Н., Добривечер В.В О термонапряженном состоянии трансверсально-изотропного тела с жестким эллиптическим включением, подверженном действию равномерного теплового потока в плоскости включения // Прикл. механика. – 1996. – 32, №8. – С. 31–40.
 11. Разрушение алюминиевых сплавов при растягивающих напряжениях / М.Е. Дриц, А.М. Корольков, Ю.П. Гук и др. – М.: Наука, 1973. – 215 с.
 12. Распределение напряжений вблизи остроугольных дефектов / М.В. Делявський, Л.П. Мазурак, Л.Т. Бережницький, Р.С. Громяк // Физ.-хим. механика материалов. – 1979. – 15, №3. – С. 46–55; – №6. – С. 71–76.
 13. Скальський В.Р., Коваль П.М. Акустична емісія під час руйнування матеріалів, виробів і конструкцій. Методологічні аспекти відбору та обробки інформації. – Львів: Сполом, 2005. – 396 с.
 14. Скальський В.Р., Сергієнко О.М., Окрепкий Ю.С. Підходи до оцінки руйнування включень у твердому тілі (Огляд)//Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2007. – №3. – С. 18–25.
 15. Стащук Н.Г. Продольный сдвиг изотропного тела с прямолинейным жестким включением // Там же. – 1980. – 16, №3. – С. 78–82.
 16. Структура та опір руйнуванню залізобуглецевих сплавів / О.П. Остап, І.П. Волчок, О.Б. Колотілкін та ін. – Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка, 2001. – 272 с.
 17. Сулим Г.Т. Основи математичної теорії термопружної рівноваги деформівних твердих тіл з тонкими включеннями. Монографія. – Львів: Дослідно-видавничий центр НТШ, 2007. – 716 с.
 18. Acoustic emission during plastic deformation of Al single crystals and bicrystals / К. Kitagawa, М. Ueda, Y. Hirose, H. Ishi // Met. Fac. Technol. Kanazawa Univ. – 1980. – 13, №2. – P. 175–185.
 19. Rouby D. and Fleischmann P. Spectral analysis of acoustic emission from aluminium crystals undergoing plastic deformation // Phys. Stat. Solidi (A). – 1978. – 48, №2. – P. 439–445.

УДК 681.25

Решетило А.О., Решетило О.М.

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕМИКАННЯ ШВИДКОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ

А.О. Решетило, О.М. Решетило. Аналіз існуючих автоматичних коробок перемикання швидкостей автомобіля. У статті розглянуто такі види автоматичної коробки перемикання передач, як: гідротрансформаторна коробка перемикання передач, безступінчаста автоматична трансмісія, преселективна коробка перемикання передач.

Ключові слова: коробка перемикання передач (КПП), автоматична коробка перемикання передач (АКПП), гідротрансформаторна коробка перемикання передач, вариатор, преселективна коробка перемикання передач.

А.А. Решетило, А.Н. Решетило. Анализ существующих автоматических коробок переключения скоростей автомобиля. В статье рассмотрены следующие виды автоматической коробки переключения передач, как гидротрансформаторная коробка переключения передач, бесступенчатая автоматическая трансмиссия, преселективная коробка переключения передач.

Ключевые слова: коробка переключения передач (КПП), автоматическая коробка переключения передач (АКПП), гидротрансформаторная коробка переключения передач, вариатор, преселективная коробка переключения передач.

A.A. Reshetylo, A.N. Reshetylo. Analysis of the existing automatic swith-box car. The article deals with the following types of automatic gearbox as hidrottransformatorna gearbox, automatic transmission besstupenchataja, preselektivna checkpoint.

Keywords: gearbox (CPR), automatic gearbox, hidrottransformatorna gearbox, CVT, preselekcium checkpoint.

Постановка проблеми.

Покращення експлуатаційних якостей сучасного автомобіля привело до значного ускладнення його конструкції. А оснащення автомобілів автоматичною трансмісією дозволило різко знизити об'єм навантаження, яке зазнає водій під час руху, що також сприятливо відбилося на ходовій частині, двигуні і швидкісних якостях автомобіля. Надійність і простота експлуатації визначили подальше широке використання цього винаходу.

Незважаючи на мінуси з огляду економічності та обслуговування автоматичної коробки перемикання швидкостей, чимало авто концептів на сучасному етапі розвитку відмовляється від звичних і значно дешевших в розробці механічних коробок передач. Спрощуючи це тим, що водій здатен більше зосередитись на дорожній ситуації. Мабуть, самий вагомий аргумент на користь вибору автоматичної коробки перемикання швидкостей - комфорт за кермом. Напевно, це єдине, з чим беззастережно погодяться всі водії, незалежно від їх переваг. Коли ти живеш в мегаполісі, де застрягти в пробці або плентатися в тягучці, справа звичайна, автоматична коробка перемикання швидкостей дає велику перевагу - не потрібно постійно смикати важіль, вимикати зчеплення і переживати, що таке керування педалями не кращим чином позначається на стані механічної коробки передач. В результаті, водій менше втомлюється і менше схильний до стресів. А спокій за кермом, як відомо, запорука безпеки.

Виклад основного матеріалу дослідження.

В даний час автоматичні трансмісії застосовуються і на легкових, і на повнопривідних автомобілях, і навіть на вантажному транспорті. При використанні транспортного засобу з ручним керуванням, для підтримання необхідної швидкості, водію необхідно часто користуватися важелем перемикання передач.

З цієї причини він зобов'язаний постійно стежити за навантаженням двигуна та швидкістю автомобіля. Застосування автоматичної трансмісії виключає необхідність постійного користування перемикаючим важелем. Зміна швидкості виконується автоматично, залежно від навантаження двигуна, швидкості руху транспортного засобу і бажань водія. Тому, в порівнянні з ручною коробкою передач, автоматична трансмісія має наступні переваги:

- збільшує комфортність водіння автомобіля за рахунок звільнення водія від контрольних функцій;

- автоматично і плавно проводить перемикання, погоджуючи навантаження двигуна, швидкість його руху, ступінь натиснення на педаль газу;

- оберігає двигун і ходову частину автомобіля від перевантажень;
- допускає і ручне, і автоматичне перемикання швидкостей.

Все розмаїття автоматичних трансмісій, що застосовуються сьогодні, умовно можна розділити на два типи. Основна відмінність цих типів полягає в системах управління і контролю за використанням трансмісії.

Для першого типу характерно те, що функції управління та контролю виконуються спеціальним гідравлічним пристроєм. А в другому типі - функції управління і контролю виконують електронний пристрій.

Складові частини ж і вузли автоматичних трансмісій обох типів практично однакові. Існують деякі відмінності в компонованні і пристрої автоматичної трансмісії передньопривідного і задньопривідного автомобіля. Автоматична трансмісія для передньопривідних автомобілів більш компактна і має всередині свого корпусу відділення головної передачі - диференціал. Незважаючи на ці відмінності, основні функції та принцип дії всіх автоматів однакові. Для того щоб забезпечити рух, а також для виконання інших своїх функцій, автоматична трансмісія повинна бути оснащена наступними вузлами: механізмом вибору режиму руху, гідротрансформатором, коробкою передач, вузлом управління і контролю.

Автоматична коробка перемикання передач (рис. 1) складається з:

Гідротрансформатор (ГТ) - відповідає зчепленню в механічній трансмісії, але не вимагає безпосереднього управління з боку водія.

Планетарний ряд - відповідає блоку шестерень в механічній коробці передач і служить для зміни передавального відносини в автоматичній трансмісії при перемиканні передач.

Гальмівна стрічка, передній фрикціон, задній фрикціон - компоненти, з яких здійснюється перемикання передач.

Пристрій управління. Цей вузол складається з маслосборника (піддон коробки передач), шестеренчатого насоса і клапанної коробки. Клапанна коробка являє собою систему каналів з розташованими в них клапанами і плунжерами, які виконують функції контролю й управління. Це пристрій перетворює швидкість руху автомобіля, навантаження двигуна і ступінь натиснення на педаль газу в гідравлічні сигнали. На основі цих сигналів, за рахунок послідовного включення і виходу з робочого стану фрикційних блоків, автоматично змінюються передавальні відносини в коробці передач.

Гідротрансформатор (або torque converter в зарубіжних джерелах) служить для передачі крутного моменту безпосередньо від двигуна до елементів автоматичної коробки передач. Він встановлений в проміжному кожусі, між двигуном і коробкою передач і виконує функції звичайного зчеплення. В процесі роботи цей вузол, наповнений трансмісійною рідиною, несе досить високі навантаження і обертається з досить великою швидкістю. Він не тільки передає крутий момент, поглинає і згладжує вібрації двигуна, але і приводить в дію масляний насос, що знаходиться в корпусі коробки передач. Масляний насос наповнює трансмісійною рідиною гідротрансформатор і створює робочий тиск в системі управління і контролю. Тому є невірним думку про те, що автомобіль, оснащений автоматичною трансмісією, можна завести примусово, не використовуючи стартер, а розігнавши його до високої швидкості. Шестерні насос отримує енергію тільки від двигуна, і якщо двигун не працює, то тиск в системі управління і контролю не створюється, в якому б положенні не перебував важіль вибору режиму руху. Отже, примусове обертання карданного вала не зобов'язує коробку передач працювати, а двигун - обертатися.

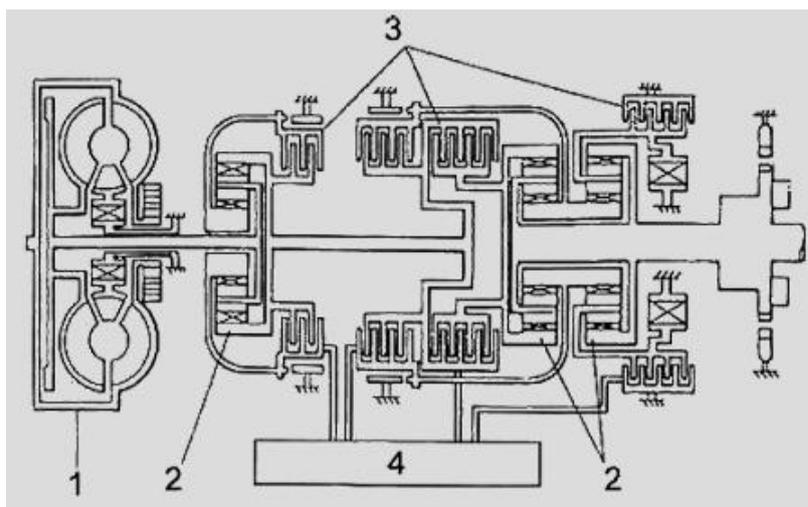


Рисунок 1. Спрощена кінематична схема автоматичної коробки перемикання передач

Гідротрансформаторна коробка перемикання передач

Гідротрансформаторна трансмісія автомобіля (рис. 2) є найпоширенішою в світі.

Сам гідротрансформатор не є частиною коробки перемикання швидкостей і виконує, по суті, роль зчеплення, передаючи крутний момент при рушанні автомобіля. На швидкості, при високих оборотах, гідротрансформатор блокується муфтою, скорочуючи витрату енергії (палива). Крім того, гідротрансформатор є хорошим гасителем різних коливань, як двигуна, так і коробки передач, збільшуючи, тим самим, ресурс обох агрегатів.

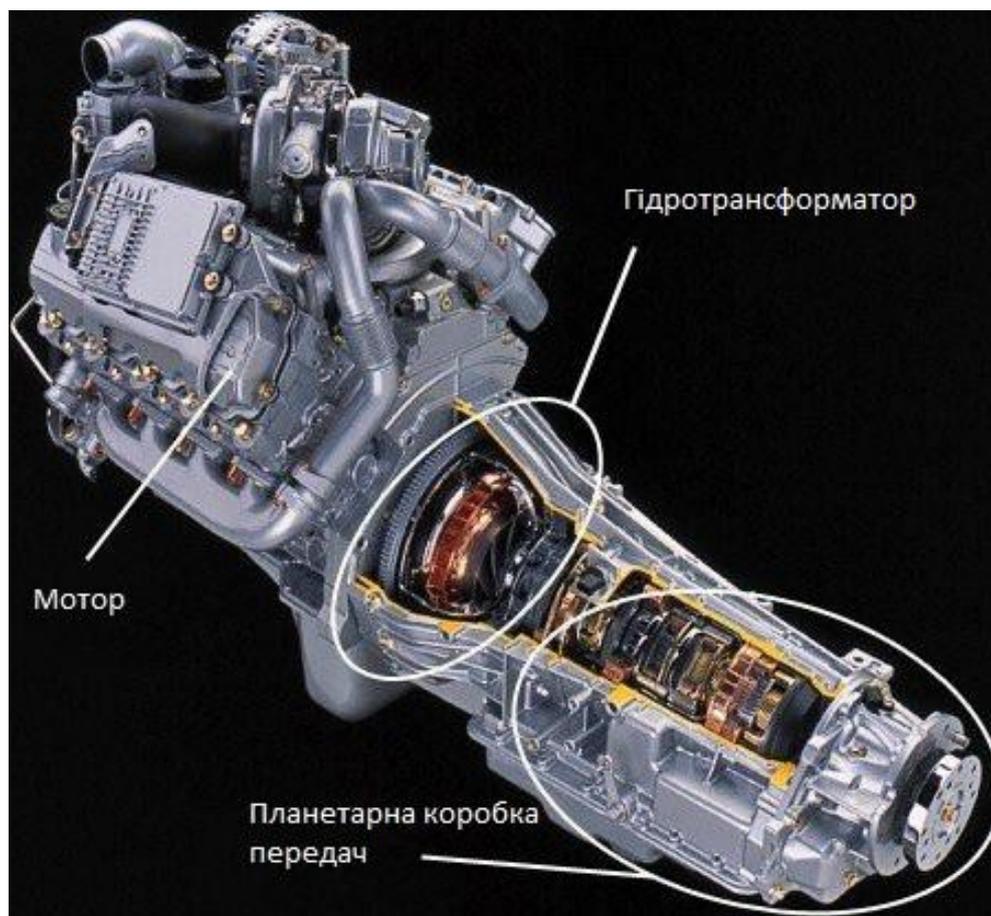


Рисунок 2. Гідротрансформаторна трансмісія

Жорсткого зв'язку між двигуном і механічною частиною автоматичної коробки перемикачів швидкостей немає. Крутний момент передається за допомогою трансмісійного масла, яке циркулює під тиском в замкнутому колі. Саме така схема забезпечує роботу двигуна з ввімкненою передачею, коли автомобіль нерухомий, і саме тому, якості трансмісійного масла приділяється так багато уваги.

Відповідальність за перемикач передач несе гідравлічна система, і зокрема, так званий гідроблок. В сучасних «автоматах» ним керує електроніка, яка і дозволяє трансмісії працювати в різних режимах: стандартному, спортивному або економічному.

Незважаючи на складність, механічна частина гідротрансформаторної автоматичної коробки передач досить надійна і підлягає ремонту. Найвразливішим її місцем, як правило, є гідроблок, несправна робота клапанів якого, супроводжується неприємними ударами при перемикачнях.

Характеристики сучасних автомобілів, оснащених класичним АКПП, дуже сильно залежать від керуючої електроніки, яка отримує інформацію з багатьох датчиків. Зчитуючи з них інформацію, комп'ютерний інтелект автоматичної коробки передач автомобіля відправляє команду на перемикач передач в необхідні моменти. Таку поведінку ще називають адаптивністю коробки. Тому регулярне оновлення програмного забезпечення автоматичної коробки перемикачів швидкостей може позитивно вплинути на поведінку автомобіля.

Враховуючи сукупність усіх факторів, можна сказати, що автоматична гідротрансформаторна коробка передач автомобіля найбільш ефективно управляє розподілом крутного моменту двигуна, проста в обслуговуванні і є найбільш виправданим вибором.

Безступінчаста автоматична трансмісія (або варіатор)

CVT або Continuously Variable Transmission - так найчастіше позначається варіатор. Хоча за зовнішніми ознаками ця трансмісія нічим не відрізняється від звичайної коробки автомат, працює вона абсолютно за іншим принципом.

У варіаторі передач, як таких, не існує, у ньому нічого не перемикається. Зміна передавальних чисел відбувається безперервно і постійно, незалежно від того сповільнюється автомобіль або розганяється. Цим пояснюється абсолютна плавність роботи безступінчастої коробки перемикачів передач, яка забезпечує комфорт в автомобілі, оберігаючи водія від яких би то не було поштовхів і ударів.

Якщо максимально опустити технічні деталі, конструкція варіатора являє собою дві пари конусоподібних шківів, між якими по змінюваному радіусу обертається пас (рис. 3). Боковини шківів можуть рухатися і розсуватися, забезпечуючи тим самим зміну передавальних чисел (рис. 4). Сам пас, на який лягає основне навантаження, є складним інженерним пристроєм і більше схожий або на ланцюг, або на стрічку, яка зібрана з металевих пластинок.

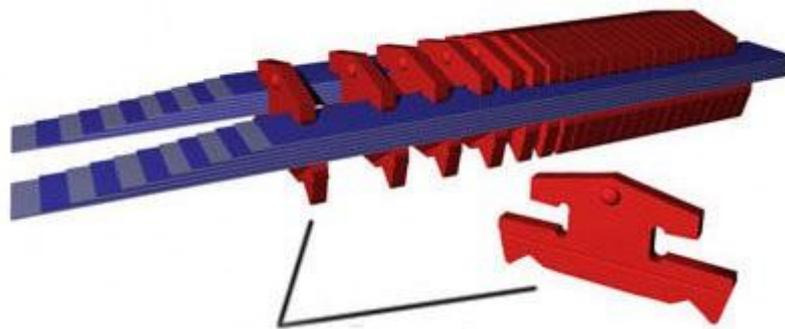


Рисунок 3. Конструкція варіатора

Крім плавності варіатора позитивною властивістю є швидкість його роботи, оскільки варіатор не витрачає час на перемикач передач.

Наприклад, при розгоні, безступінчаста коробка відразу виявляється на піку крутного моменту, забезпечуючи максимальне прискорення автомобіля. Правда, суб'єктивно це відчуття здійснюється за відсутності перемикачів.

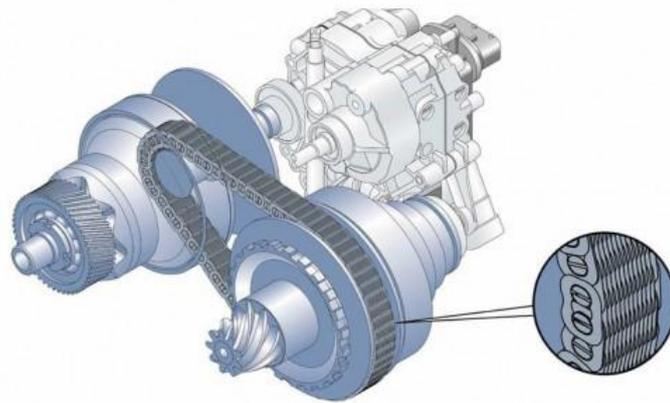


Рисунок 4. Принцип роботи варіатора

Преселективна коробка перемикання передач – це вдосконалена коробка-робот. Назва у кожної фірми-виробника, як правило, своя, але найпоширеніше - **DSG (Direct Shift Gearbox)** німецького концерну Volkswagen. Трансмсія (рис. 5) являє собою як би дві коробки перемикання передач зібрані в одному корпусі. Перемиканням парних передач займається одна з них, перемиканням непарних і задньої - друга. Кожна із них має власне зчеплення.

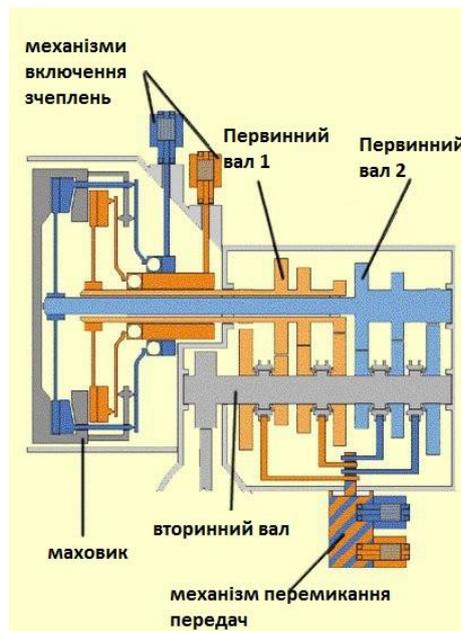


Рисунок 4. Принцип дії преселективної КПП

Особливістю преселективної коробки є постійно ввімкнені дві передачі одночасно, тільки одне зчеплення ввімкнене, а інше вмикається у разі розімкнення першого. Причому, цей процес займає частки секунди, забезпечуючи надшвидку зміну передач і варіаторну плавність.

До недоліків можна віднести конструктивну складність преселективної коробки, а, отже, і високу вартість, як самого автомата, так і його ремонту в разі несправності.

Але в кожному разі, преселективна коробка перемикання передач, на сьогоднішній день, є найвищим досягненням серед автоматичних трансмісій.

Висновки.

Аналіз існуючих автоматичних коробок перемикання швидкостей автомобіля показав, що:

- 1) автоматична гідротрансформаторна коробка передач автомобіля найбільш ефективно управляє розподілом крутного моменту двигуна, проста в обслуговуванні і є найбільш

виправданим вибором, вона дозволяє зменшити витрату пального, однак для забезпечення високої адаптивності необхідно регулярно оновлювати програмне забезпечення і слідкувати за робото здатністю датчиків, виконавчих елементів, провідників та контролера;

- 2) безступінчаста варіаторна автоматична трансмісія за конструкцією є дуже простою і не вимагає значних капіталовкладень під час виконання її ремонту та технічного обслуговування, як наприклад автоматична гідротрансформаторна коробка перемикачів швидкостей, забезпечує швидке перемикачів швидкостей, оскільки варіатор не витрачає час на перемикачів передач, однак пас швидко зношується;
- 3) преселективна коробка перемикачів передач є найбільш складною, оскільки складається з двох коробок та має два зчеплення, тому вона є найбільш дорогою в обслуговуванні та ремонті, однак вона має найвищу швидкість перемикачів передач і варіаторну плавність.

Список використаної літератури

1. <http://tezcar.ru/u-akpp.html>
2. <http://www.kolesa.ru/article/kak-vybrat-avtomaticheskuyu-korobku-pereklyucheniya-peredach-2011-10-18>
3. <http://www.drive.ru/technic/2007/10/18/594535.html>
4. <http://www.infocar.ua/arts/article-8564.html>
5. ATSG (automatic transmissions servis grup). «Устройство и ремонт автоматических трансмиссий автомобилей. АКПП-1980-2007г.» ATSG Miami Florida USA. 2008.

Л. Г. Грінченко
 Луцький національний технічний університет

ПОПЕРЕЧНИЙ ЗГИН ТОНКОЇ ІЗОТРОПНОЇ ПРЯМОКУТНОЇ ПЛИТИ, ЖОРСТКО ЗАКРІПЛЕНОЇ НА КОНТУРІ

Л. Г. Грінченко. Поперечний згин тонкої ізотропної прямокутної плити, жорстко закріпленої на контурі. В роботі розглянутий згин тонкої ізотропної прямокутної плити, з певними граничними умовами. Через базові функції і функції форми визначені: функція прогину, кути поворотів нормалей. Проведено числові розрахунки розподілу, прогину та згинних моментів в головних перерізах плити.

Ключові слова: плита, напруження, згин.

Л. Г. Гринченко. Поперечный изгиб тонкой изотропной прямоугольной плиты, жестко закрепленной на контуре. В работе рассмотрен изгиб тонкой изотропной прямоугольной плиты, с определенными граничными условиями. Через базовые функции и функции формы определены: функция прогиба, углы поворота нормалей. Проведены числовые расчеты для распределения прогиба и сгинальных моментов в главных разрезах плиты.

Ключевые слова: плита, напряжение, изгиб.

L. G. Grinchenko. Transverse bend of thin isotope rectangular plate, rigidly fixed in the contour. In the work is studied the bend of thin isotope rectangular plate, with definite limiting conditions. Through the basic functions and the functions of the form are determined function of deflexion and angles of normal bending. Numerical calculations of distribution, bending and curving moments in main cutting of the plate.

Keywords: flag, tension, bend.

Розглянемо тонку прямокутну ізотропну плиту з розмірами в плані $2a_j$ ($j = 1, 2$) і товщиною h жорстко закріплену на контурі і завантажену на верхній поверхні сталим навантаженням $q(x_1, x_2) = q_0$. Згин такої пластини описується диференціальним рівнянням четвертого порядку [1-4]:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x_1^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x_1^2 \partial x_2^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial x_2^4} = \frac{q_0}{D}; \quad (1)$$

Тут $w(x_1, x_2)$ – прогин плити; $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ – її циліндрична жорсткість; де E і ν відповідно модуль Юнга і

коефіцієнт Пуасона матеріалу плити. Моменти M_{11} , M_{22} в плиті визначаються за формулами:

$$M_{11} = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} \right), \quad M_{22} = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} \right) \quad (2)$$

через функцію прогину $w(x_1, x_2)$. Для розрахунку напружено-деформованого стану плити необхідно знати функцію прогину $w(x_1, x_2)$. Знаходимо її з розв'язку диференціального рівняння (1), задовільнивши при цьому відповідні граничні умови. Загальний розв'язок неоднорідного диференціального рівняння (1) шукаємо у вигляді суми

$$w = w_0 + w_* \quad (3)$$

загального розв'язку w_0 однорідного диференціального рівняння:
$$\frac{\partial^4 w}{\partial x_1^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x_1^2 \partial x_2^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial x_2^4} = 0 \quad (4)$$

і часткового розв'язку w_* неоднорідного диференціального рівняння (1). Цей розв'язок вибираємо у вигляді:

$$w_* = \frac{q_0 (x_1^2 - a_1^2) \cdot (x_2^2 - a_2^2)}{8D} \quad (5)$$

Загальний розв'язок однорідного рівняння (4) шукаємо у вигляді [5]:

$$w_0 = \sum_{k=1}^{\infty} \left[f_k^{[1]}(x_1) \cos \delta_k^{[2]} x_2 + f_k^{[2]}(x_2) \cos \delta_k^{[1]} x_1 \right] \quad (6)$$

Підставивши вираз (6) до рівняння (4) після розділення змінних приходимо до системи двох незв'язних диференціальних рівнянь $f_k^{[j]^{(iv)}}(x_j) - 2\delta_k^{[3-j]^{(2)}} f_k^{[j]''}(x_j) + \delta_k^{[3-j]^4} f_k^{[j]}(x_j) = 0, j=1, 2 \quad (7)$

на невідомі функції $f_k^{[j]}(x_j)$. Часткові розв'язки даної системи вибираємо у вигляді

$$f_k^{[j]}(x_j) = R_k^{[j]*} \exp(\lambda_k^{[j]} x_j), \quad (8)$$

де $R_k^{[j]*}, \lambda_k^{[j]}$ невідомі параметри. Підставляючи ці розв'язки до рівнянь (7) отримуємо характеристичні рівняння на

параметри $\lambda_k^{[j]}$:
$$\lambda_k^{[j]^4} - 2\delta_k^{[3-j]^2} \cdot \lambda_k^{[j]^2} + \delta_k^{[3-j]^4} = 0. \quad (9)$$

Корені
$$\lambda_{(1,2)k}^{[j]} = \delta_k^{[3-j]}; \quad \lambda_{(3,4)k}^{[j]} = -\delta_k^{[3-j]} \quad (10)$$

цих рівнянь є кратні, тому загальний розв'язок однорідного рівняння (4) набуває вигляду:

$$w_0 = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[R_{1(k)}^{[1]*} \exp(\delta_k^{[2]} x_1) + R_{2(k)}^{[1]*} x_1 \exp(\delta_k^{[2]} x_1) \right] \cos(\delta_k^{[2]} x_2) + \left[R_{1(k)}^{[2]*} \exp(\delta_k^{[1]} x_2) + R_{2(k)}^{[2]*} x_2 \exp(\delta_k^{[1]} x_2) \right] \cos(\delta_k^{[1]} x_1) \right\} \quad (11)$$

Оскільки розглядувана задача є симетричною то прогин плити повинен бути парною функцією змінних x_1, x_2 . Представимо його у вигляді:

$$w_0 = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[R_{1(k)}^{[1]*} ch(\delta_k^{[2]} x_1) + R_{2(k)}^{[1]*} x_1 sh(\delta_k^{[2]} x_1) \right] \cos(\delta_k^{[2]} x_2) + \right. \\ \left. + \left[R_{1(k)}^{[2]*} ch(\delta_k^{[1]} x_2) + R_{2(k)}^{[2]*} x_2 sh(\delta_k^{[1]} x_2) \right] \cos(\delta_k^{[1]} x_1) \right\} \quad (12)$$

При збільшенні кількості наближень k експоненціальні функції суттєво зростають. Тому для кращої можливості проведення числових розрахунків розв'язок (12), нормуємо представивши його у вигляді [6]:

$$w_0 = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \Phi_{1(k)}^{[1]}(x_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \Phi_{2(k)}^{[1]}(x_1) \right] C_k^{[2]}(x_2) + \right. \\ \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \Phi_{1(k)}^{[2]}(x_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(x_2) \right] \cdot C_k^{[1]}(x_1) \right\}, \quad (13)$$

де

$$\Phi_{1(k)}^{[j]}(x_j) = \frac{ch(\delta_k^{[3-j]} x_j)}{\exp(\delta_k^{[3-j]} a_j)}; \quad \Phi_{2(k)}^{[j]} = \frac{x_j}{a_j} \cdot \frac{sh(\delta_k^{[3-j]} x_j)}{\exp(\delta_k^{[3-j]} a_j)} \quad (14)$$

$$\tilde{R}_{1(k)}^{[j]} = R_{1(k)}^{[j]*} \exp(\delta_k^{[3-j]} a_j); \quad \tilde{R}_{2(k)}^{[j]} = R_{2(k)}^{[j]*} \cdot a_j \exp(\delta_k^{[3-j]} a_j); \\ C_k^{[j]}(x_j) = \cos(\delta_k^{[3-j]} x_j); \quad \delta_k^{[j]} = \frac{(2k-1)\pi}{2a_j}; \quad \delta_k = \frac{(2k-1)\pi}{2}. \quad (15)$$

Загальний розв'язок неоднорідного рівняння (1) отримуємо за формулою (3), враховуючи співвідношення (5), (13). Подамо його в безрозмірних величинах

$$w = \frac{q_0 a_1^4}{D} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \Phi_{1(k)}^{[1]}(x_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \Phi_{2(k)}^{[1]}(x_1) \right] C_k^{[2]}(x_2) + \right. \\ \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \Phi_{1(k)}^{[2]}(x_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(x_2) \right] C_k^{[1]}(x_1) + \frac{(x_1^2/a_1^2 - 1)(x_2^2/a_2^2 - 1)}{8} \right\}. \quad (16)$$

Диференціюючи функцію прогину $w(x_1, x_2)$ по змінних x_1, x_2 отримуємо вирази на кути поворотів нормалей до серединної поверхні плити після деформації

$$\varphi_1 = \frac{\partial w}{\partial x_1} = \frac{q_0 a_1^4}{D} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \Phi_{1(k)}^{[1]'}(x_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \Phi_{2(k)}^{[1]'}(x_1) \right] C_k^{[2]}(x_2) + \right. \\ \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \Phi_{1(k)}^{[2]}(x_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(x_2) \right] C_k^{[1]'}(x_1) + \frac{x_1(x_2^2/a_2^2 - 1)}{4} \right\}. \quad (17)$$

$$\varphi_2 = \frac{\partial w}{\partial x_2} = \frac{q_0 a_1^4}{D} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \Phi_{1(k)}^{[1]}(x_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \Phi_{2(k)}^{[1]}(x_1) \right] C_k^{[2]'}(x_2) + \right. \\ \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \Phi_{1(k)}^{[2]'}(x_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]'}(x_2) \right] C_k^{[1]}(x_1) + \frac{x_2(x_1^2/a_1^2 - 1)a_2^2}{4a_1^2} \right\}. \quad (18)$$

$$\text{Невідомі сталі } x_j = \pm a_j \text{ маємо граничні умови: } w \Big|_{x_i = a_i} = 0; \quad \varphi_i = \frac{\partial w}{\partial x_i} \Big|_{x_i = a_i} = 0; \quad (19)$$

де $\varphi_i(x_i)$ кут повороту грані $x_i = a_i$.

Для зручності обчислень запишемо отримані співвідношення в безрозмірних змінних

$$w = \frac{q_0 a_1^4}{D} \sum_{k=1}^K \left\{ \left[R_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]}(\xi_1) + R_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]}(\xi_2) + \right. \\ \left. + \left[R_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(\xi_2) + R_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]}(\xi_1) \right\} + \frac{q_0 \cdot a_2^2 (\xi_1^2 - 1)(\xi_2^2 - 1)}{8a_1^2}, \\ \frac{\partial w}{\partial x_1} = \left(\frac{q_0 a_1^4}{D} \right) \left[\frac{1}{a_1} \sum_{k=1}^K \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]'}(\xi_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]'}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]}(\xi_2) + \right. \right. \\ \left. \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(\xi_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]'}(\xi_1) \right\} + \frac{a_2^2}{8a_1^2} (\xi_2^2 - 1) 2\xi_1 \cdot \frac{1}{a_1} \right]; \quad (20)$$

$$\frac{\partial w}{\partial x_2} = \left(\frac{q_0 a_1^4}{D} \right) \left[\frac{1}{a_2} \sum_{k=1}^K \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]}(\xi_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]'}(\xi_2) + \right. \right. \\ \left. \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(\xi_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]}(\xi_1) \right\} + \frac{a_2^2}{8a_1^2} (\xi_1^2 - 1) 2\xi_2 \cdot \frac{1}{a_2} \right];$$

де: $R_{1(k)}^{[j]} = \frac{\tilde{R}_{1(k)}^{[j]}}{\left(\frac{q_0 a_1^4}{D} \right)}$; $R_{2(k)}^{[j]} = \frac{\tilde{R}_{2(k)}^{[j]}}{\left(\frac{q_0 a_1^4}{D} \right)}$;

$$\Phi_{1(k)}^{[j]}(\xi_j) = \frac{1}{2} \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_j) \right] + \frac{1}{2} \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 + \xi_j) \right]; \quad (21)$$

$$\Phi_{2(k)}^{[j]}(\xi_j) = \frac{1}{2} \xi_j \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_j) \right] - \frac{1}{2} \cdot \xi_j \cdot \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 + \xi_j) \right];$$

$$\Phi_{1(k)}^{[j]'}(\xi_j) = \frac{1}{2} \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_j) \right] \cdot \delta_k \frac{a_j}{a_{3-j}} - \frac{1}{2} \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 + \xi_j) \right] \delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}};$$

$$\Phi_{2(k)}^{[j]'}(\xi_j) = \frac{1}{2} \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_j) \right] + \frac{1}{2} \xi_j \cdot \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_j) \right] \delta_k \frac{a_j}{a_{3-j}} - \quad (22)$$

$$- \frac{1}{2} \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 + \xi_j) \right] + \frac{1}{2} \xi_j \cdot \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 + \xi_j) \right] \delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}};$$

Підставляючи вирази (17), (18), (20) до граничних умов $w|_{\xi_1=1} = 0$; $\varphi_1 = \frac{\partial w}{\partial x_1} |_{\xi_1=1} = 0$;

$$w|_{\xi_2=1} = 0; \quad \varphi_2 = \frac{\partial w}{\partial x_2} |_{\xi_2=1} = 0; \quad (23)$$

і враховуючи, що $C_k^{[1]}(1) = C_k^{[2]}(1) = 0$ отримуємо систему $2k + 2$ алгебраїчних рівнянь на невідомі коефіцієнти $\tilde{R}_{\nu(k)}^{[j]}$,

$$\nu = 1, 2 \quad \tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]}(1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]}(1) = 0;$$

$$\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]}(1) = 0;$$

$$\sum_{k=1}^K \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]'}(1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]'}(1) \right] \cdot C_k^{[2]}(\xi_2) + \right. \quad (24)$$

$$\left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(\xi_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]}(1) \right\} + \frac{a_2^2}{4a_1^2} (\xi_2^2 - 1) = 0;$$

$$\sum_{k=1}^K \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]}(\xi_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]'}(1) + \right.$$

$$\left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]'}(1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]'}(1) \right] \cdot C_k^{[1]}(\xi_1) \right\} + \frac{a_2^2}{4a_1^2} (\xi_1^2 - 1) = 0;$$

З перших $2k$ рівнянь системи (24) знаходимо:

$$R_{2(k)}^{[j]} = - \frac{\Phi_{1(k)}^{[j]}(1)}{\Phi_{2(k)}^{[j]}(1)} R_{1(k)}^{[j]} \quad ; \quad (25)$$

Підставляючи ці зв'язки до інших двох рівнянь даної системи отримуємо систему двох рівнянь зі змінними коефіцієнтами на визначення невідомих коефіцієнтів $R_{1(k)}^{[1]}$, $R_{2(k)}^{[2]}$

$$\sum_{k=1}^K \left\{ R_{1(k)}^{[1]} \left[\Phi_{1(k)}^{[1]'}(1) - \frac{\Phi_{1(k)}^{[1]}(1)}{\Phi_{2(k)}^{[1]}(1)} \Phi_{2(k)}^{[1]'}(1) \right] \cdot C_k^{[2]}(\xi_2) + \right. \quad (26)$$

$$\left. + R_{2(k)}^{[2]} \left[\Phi_{1(k)}^{[2]}(\xi_2) - \frac{\Phi_{1(k)}^{[2]}(1)}{\Phi_{2(k)}^{[2]}(1)} \Phi_{2(k)}^{[2]}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]}(1) \right\} + \frac{a_2^2}{4a_1^2} (\xi_2^2 - 1) = 0;$$

$$\sum_{k=1}^K \left\{ R_{1(k)}^{[1]} \left[\Phi_{1(k)}^{[1]}(\xi_1) - \frac{\Phi_{1(k)}^{[1]}(1)}{\Phi_{2(k)}^{[1]}(1)} \Phi_{2(k)}^{[1]}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]'}(1) + \right. \\ \left. + R_{1(k)}^{[2]} \left[\Phi_{1(k)}^{[2]'}(1) - \frac{\Phi_{1(k)}^{[1]}(1)}{\Phi_{2(k)}^{[1]}(1)} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]'}(1) \right] \cdot C_k^{[1]}(\xi_1) \right\} + \frac{a_2^2}{4a_1^2} (\xi_1^2 - 1) = 0; \quad (27)$$

Систему рівнянь (26), (27) розв'язуємо методом колокацій. Для цього проміжок $\xi_1 \in [0;1]$ та $\xi_2 \in [0;1]$ розбиваємо на ряд інтервалів довжиною $\frac{1}{K}$ і записуємо цю систему рівнянь для кожної точки:

$$\xi_1 = 0; \xi_1 = \frac{1}{K}; \xi_1 = \frac{2}{K}; \dots, \xi_1 = \frac{K-1}{K} \text{ та } \xi_2 = 0; \xi_2 = \frac{1}{K}; \xi_2 = \frac{2}{K}; \dots, \xi_2 = \frac{K-1}{K}.$$

Кількість точок колокацій (параметр K) вибираємо так, щоб досягти заданої точності задоволення системи рівнянь (26), (27). В рахунках покладено $\nu = 0,3$. Точність задоволення граничних умов перевіряли за максимальним відхиленням від нуля лівих частин рівнянь (26), (27) при відомих уже коефіцієнтах $R_{\nu(k)}^{[j]}$, табулюючи їх як функції від ξ_1, ξ_2 з кроком $H = 0.01$. В результаті табуляції встановлено, що для десяти точок колокацій ($K = 10$) максимальне відхилення від нуля за абсолютною величиною на всьому інтервалі $\xi_j \in [-1;1]$ у випадку, коли відношення сторін плити задовільняє умові: $\frac{a_1}{a_2} = 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1.0$ для рівняння (26) не перевищує $9.551644 \cdot 10^{-5}$, для рівняння (27) не перевищує $4.864484 \cdot 10^{-5}$. У випадку відношення $\frac{a_1}{a_2} = 1.11; 1.25; 1.43; 1.67; 2.00$ максимальне відхилення від нуля за абсолютною величиною для рівняння (26) не перевищує $4.856289 \cdot 10^{-5}$, для рівняння (27) не перевищує $9.549409 \cdot 10^{-5}$, тобто точність задоволення граничних умов є достатньо висока. Знаючи параметри $R_{\nu(k)}^{[j]}$ визначаємо прогин $w(x_1, x_2)$ в кожній точці плити, а маючи функцію прогину за формулами (2) легко знаходимо моменти в плиті. Запишемо вирази для кривин волокон через які визначаються згинні моменти в

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} = \left(\frac{q_0 a_1^4}{D} \right) \left[\frac{1}{a_1^2} \sum_{k=1}^K \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]''}(\xi_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]''}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]}(\xi_2) + \right. \right. \\ \left. \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]}(\xi_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]''}(\xi_1) \right\} + \frac{a_2^2}{8a_1^2} (\xi_2^2 - 1) 2 \cdot \frac{1}{a_1^2} \right]; \\ \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} = \left(\frac{q_0 a_1^4}{D} \right) \left[\frac{1}{a_2^2} \sum_{k=1}^K \left\{ \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[1]}(\xi_1) + \tilde{R}_{2(k)}^{[1]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[1]}(\xi_1) \right] \cdot C_k^{[2]''}(\xi_2) + \right. \right. \\ \left. \left. + \left[\tilde{R}_{1(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{1(k)}^{[2]''}(\xi_2) + \tilde{R}_{2(k)}^{[2]} \cdot \Phi_{2(k)}^{[2]''}(\xi_2) \right] \cdot C_k^{[1]}(\xi_1) \right\} + \frac{a_2^2}{8a_1^2} (\xi_1^2 - 1) 2 \cdot \frac{1}{a_2^2} \right]; \quad (28)$$

де

$$\Phi_{1(k)}^{[j]}(\xi_j) = \frac{1}{2} \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_j) \right] \cdot (\delta_k)^2 \cdot \left(\frac{a_j}{a_{3-j}} \right)^2 + \frac{1}{2} \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 + \xi_j) \right] (\delta_k)^2 \cdot \left(\frac{a_j}{a_{3-j}} \right)^2; \\ \Phi_{2(k)}^{[j]}(\xi_j) = \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_j) \right] \delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} + \frac{1}{2} \xi_j \cdot \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 - \xi_j) \right] (\delta_k)^2 \cdot \left(\frac{a_j}{a_{3-j}} \right)^2 + \\ + \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 + \xi_j) \right] \cdot \delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} - \frac{1}{2} \xi_j \exp \left[-\delta_k \cdot \frac{a_j}{a_{3-j}} (1 + \xi_j) \right] \cdot (\delta_k)^2 \cdot \left(\frac{a_j}{a_{3-j}} \right)^2;$$

проведені числові розрахунки розподілу прогину та згинних моментів в головних перерізах ($\xi_j = 0$) плити. Результат обчислень графічно представлені на рис. 1, 3, 5, 7, 9.

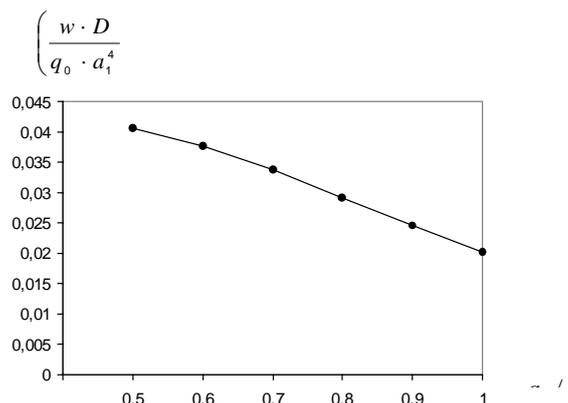


Рис. 1. Зміна максимального прогину плити в залежності від співвідношення її сторін.

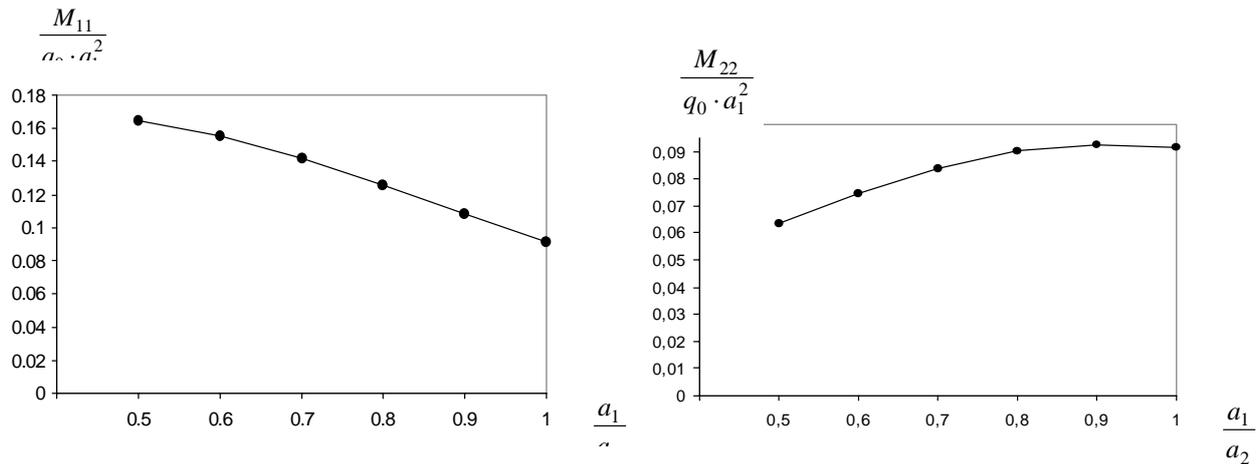


Рис. 2. Зміна максимального згинного моменту $M_{11} / q_0 a_1^2$ в центрі плити в залежності від співвідношення її сторін. Рис. 3. Зміна максимального згинного моменту $M_{22} / q_0 a_1^2$ в центрі плити в залежності від співвідношення її сторін.

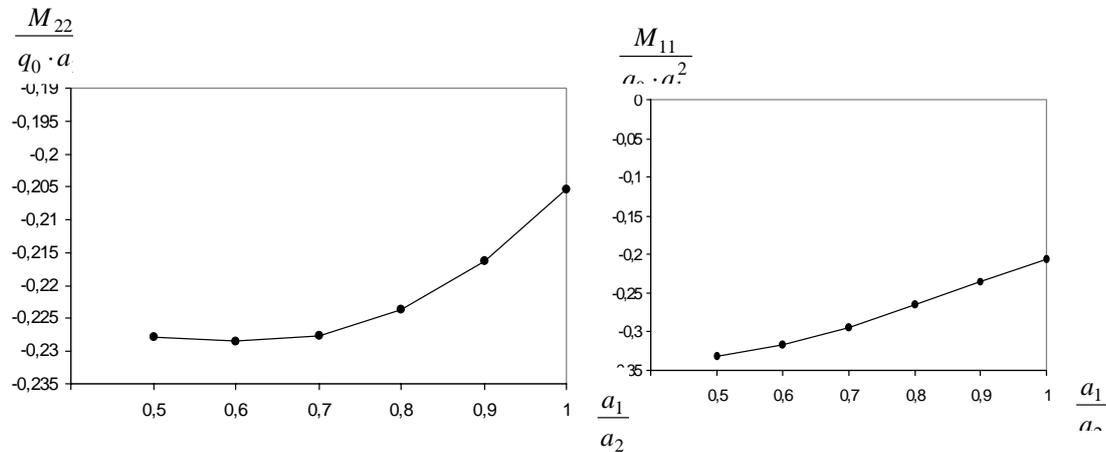


Рис. 4. Зміна максимального згинного моменту $M_{22} / q_0 a_1^2$ на краю плити ($x_2 = a_2; x_1 = 0$) в залежності від співвідношення її сторін. Рис. 5. Зміна максимального згинного моменту $M_{11} / q_0 a_1^2$ на краю плити ($x_1 = a_1; x_2 = 0$) в залежності від співвідношення її сторін. На рисунках 1-5 представлені графіки зміни відносних величин прогину w , та згинних моментів M_{11}, M_{22} в центрі плити та на її краях в залежності від співвідношення сторін a_1 / a_2 . Залежність максимального прогину плити (в її центрі) від співвідношення a_1 / a_2 ілюструє рисунок 1. Із збільшенням a_1 / a_2 прогин падає і досягає найменшого значення для квадратної плити. Графіки зміни моментів M_{11} (рис.2) та M_{22} (рис.3) в центрі плити мають протилежний характер: збільшення a_1 / a_2 приводить до зростання моменту M_{22} і падіння моменту M_{11} . Із збільшенням відношення a_1 / a_2 згинний момент M_{11} на краю плити ($x_1 = a_1, x_2 = a_2$) суттєво зростає (рис.4) в той же час згинний момент M_{22} (рис.5) майже не залежить від співвідношення сторін.

Список використаних джерел.

1. Тимошенко С.П., Войновски-Кригер. Пластины и оболочки.-М.: Наука, 1966.- 635с.
2. Бережницький Л.Т., Делявський М.В., Панасюк В.В. Изгиб тонких пластин с дефектами типа трещин.-Киев: Наукова думка, 1979.- 400с.
3. Прусов И.А. Метод сопряжения в теории плит.-Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 1975.- 256 с.
4. Kączkowski Z. Płyty. Obliczenia statyczne.- Warszawa: Arkady, 1980.-
5. Делявський М.В. Расчет напряженного состояния в толстой ортотропной плите под действием изгибающей нагрузки // Пробл. прочности .- № 11-12.- С. 117-123.
6. Delyavskyy M., Gołaś J., Podhorecka A.: O pewnym podejściu do rozwiązywania płyt wielowarstwowych, XLV Konf. Nauk. Krynica 99, s.63-70.

УДК 261.462

В.Д. Рудь, Л.М. Самчук, Ю.С. Повстяна
Луцький національний технічний університет

МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕАКТОРА ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ СВС-ПРОЦЕСУ ПОРИСТИХ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

В.Д. Рудь, Л.М. Самчук, Ю.С. Повстяна. **Модернізація реактора для здійснення свс-процесу пористих порошкових матеріалів.** Модернізовано реактор для здійснення процесу СВС. Конструкція реактора дозволяє використовувати мікротермопарну та пірометричну методики при дослідженні пористих порошкових матеріалів. В результаті модернізації конструкції реактора для синтезу отримані достовірні експериментальні результати по спостереженню за хвилею горіння для пористих порошкових матеріалів. Висновки та отримані результати спонукають до подальшого наукового та практичного дослідження.

Ключові слова: реактор, СВС – процес, СВС – реакція, пористі порошкові матеріали.

Форм. 11. Літ. 8.

В.Д. Рудь, Л.М. Самчук, Ю.С. Повстяна. **Модернизация реактора для осуществления свс-процесса пористых порошковых материалов.** Модернизировано реактор для осуществления процесса СВС. Конструкция реактора позволяет использовать микротермопарную и пирометрическую методики исследования пористых порошковых материалов. В результате модернизации конструкции реактора для синтеза получены достоверные экспериментальные результаты по наблюдению за волной горения для пористых порошковых материалов. Выводы и полученные результаты побуждают к дальнейшему научного и практического исследования.

Ключевые слова: реактор, СВС - процесс, СВС - реакция, пористые порошковые материалы.

V. Rud', L. Samchuk, U. Povstyana. **Modernization of reactor for implementation svс- process porous powder materials.** Modernized reactor in the process of SHS. The design of the reactor can be used mikrotermoparnu and pyrometric methods in the study of porous powder materials. As a result, upgrading reactor design for the synthesis of reliable experimental results obtained by observation of the combustion wave for porous powder materials. Conclusions and findings stimulate further research and practical research.

Keywords: reactor, SHS – process, SHS - reaction, porous powder materials.

Мета роботи. Отримання порошкових пористих проникливих матеріалів в режимі СВС-горіння.

Вступ. Прискорений розвиток техніки потребує створення нових конструкційних, в тому числі пористих матеріалів, здатних працювати в умовах високих температур, механічних навантажень, агресивних середовищах. Пористі проникні матеріали привабливі тим, що мають хорошу відтворюваність таких властивостей як пористість, проникність, можливість формоутворення в процесі виготовлення, можливість введення каталізаторів в процесі приготування шихти, а також можливість багаторазової термічної регенерації. Завдяки наявності в пористих матеріалах взаємопов'язаних пор і, як наслідок, проникності їх для рідин і газів, вони знаходять широке застосування в багатьох галузях народного господарства: космічній техніці та сільському господарстві, машинобудуванні та медицині, радіоелектронній та хімічній промисловості, атомній енергетиці та приладобудуванні. Враховуючи якісні фізико-хімічні показники, виготовлення пористих проникних матеріалів є актуальним завданням для сучасного виробництва.

Постановка проблеми.

Одним з важливих напрямків порошкової металургії є створення проникних порошкових матеріалів, працездатність та область застосування яких визначається наявністю взаємозв'язаної структури пор. Ця структура забезпечується всіма операціями технологічного процесу, але вирішальні етапи технології - це формування та спікання заготовок, які визначають не тільки розміри, форму, густину, продуктивність, безпеку і культуру праці, але й впливає на ряд найважливіших властивостей готового продукту [1].

Одним із головних напрямків розвитку виробництва є широке впровадження маловідходних і безвідходних технологій виготовлення заготовок. Такими заготовками є заготовки, що отримуються методами порошкової металургії та із композиційних матеріалів [2].

Підвищити ефективність методів порошкової металургії, враховуючи великий об'єм відходів машинобудівного комплексу України, можливо за рахунок процесів саморозповсюджувального синтезу.

Викладення основного матеріалу дослідження.

Одним з найбільш перспективних методів отримання порошкових пористих матеріалів є технологія самопоширюючого високотемпературного синтезу (СВС). СВС забезпечує можливість отримання цілого ряду продуктів з унікальними комплексами експлуатаційних властивостей. При цьому СВС як метод отримання пористих матеріалів поєднує в собі малу енергоємність, безвідходність і можливість динамічного варіювання структурних та інших властивостей продуктів. Використання даної технології підвищує рівномірність поророзподілення порошкових композиційних матеріалів та збільшує локальну проникність, що пов'язано з процесами СВС-горіння, збільшенням середніх розмірів пор, більш рівномірним розподілом густини по об'єму і відсутністю поверхневого закриття пор. Ці передумови дозволяють використовувати економічну і просту технологію отримання пористих виробів [1].

На сьогоднішній день багато розроблено та вдосконалено установок для здійснення СВС - процесу. Основним елементом в технології СВС є реактор. Конструкції реакторів різноманітні і вони класифікуються [2]:

- за фазовим складом реагуючих речовин (гомогенні, гетерогенні, гетерогенно - каталітичні);
- за структурою потоків (ідеального перемішування, ідеального витіснення, з комбінованою структурою потоку);
- за конструктивними ознаками (трубчасті, ємнісні, полицні, комбіновані);
- за тепловим режимом (ізотермічні, адіабатичні);
- за отриманням продуктів реакції (періодичної дії та безперервної дії);
- за призначенням (лабораторні, пілотні, напівпромислові і промислові).

При всьому різноманітті реакторів, їх математичний опис представлено матеріальним і тепловим балансами і дозволяє вирішити два завдання:

- 1) за заданими конструкціями апарату та параметрами вхідного потоку визначити параметри процесу і характеристики вихідного потоку;
- 2) за заданими параметрами вхідного і вихідного потоку підібрати конструкцію апарату і параметри процесу.

Вирішення цих завдань дозволяє здійснити аналіз, синтез, оптимізацію технологічних процесів і можливо тільки при наявності:

- адекватної математичної моделі реактора;
- алгоритмів розв'язання прямих і обернених задач різного типу в їх комп'ютерній реалізації.

Аналіз хімічних реакторів, в яких протікають гомогенні реакції, складається з наступних етапів:

- попередній аналіз, пов'язаний з розрахунком фізико-хімічних властивостей, стехіометрії і термодинаміки;
- кінетичний аналіз реакції;
- гідродинамічний аналіз, пов'язаний з вибором структури потоку;
- складання детермінованої математичної моделі реактора;
- вибір алгоритму і рішення математичного опису реактора;
- збір інформації про параметри роботи реактора в різних умовах;
- визначення параметрів моделі реактора.

В Луцького національного технічного університету розроблений реактор для здійснення процесу СВС. Однак інтенсивна його експлуатація виявила ряд недоліків:

1. Ніхромові спіралі для ініціювання процесу запалення розташовані на боковій поверхні зразка. Це приводить до того, що хвиля горіння розповсюджується одночасно по висоті зразка та у поперечному перерізі. Спостереження за швидкістю горіння за допомогою термопар не дало якісного результату.

2. В конструкції реактора була недосконалою система відеоспостереження за процесом синтезу і тому співставлення теоретичних розрахунків з експериментальними результатами здійснювалося тільки на якісному рівні.

3. В конструкції реактора було передбачено тільки один штуцер для підводу захисного середовища. Це збільшувало час на проведення синтезу з різними захисними середовищами. Крім того, така система підводу різного роду газів не дозволяла якісно проводити відновлення окислених зразків перед початком синтезу.

Вивчення фронту СВС горіння порошкових матеріалів на основі мікротермопарної методики є недостатнім, оскільки за цим методом можна виміряти тільки температуру хвилі горіння. Як відомо, процес СВС горіння умовно можна поділити на чотири області: зона попереднього прогрівання, спалахуюча зона, високотемпературна зона протікання екзотермічної реакції і зона догорання. В останній зоні в більшій степені відбуваються дифузійні процеси, що супроводжуються процесами фазових і структурних перетворень [3]. Тому при дослідженні пористих матеріалів виникає завдання експериментального виявлення теплових мікронеоднорідностей структури і динаміки їх розвитку.

З урахуванням цих недоліків конструкцію реактора було модернізовано. Креслення вже модернізованого реактора представлено на рис. 1. Реактор розрахований на спікання зразків діаметром 40 мм та максимальною висотою 220 мм.

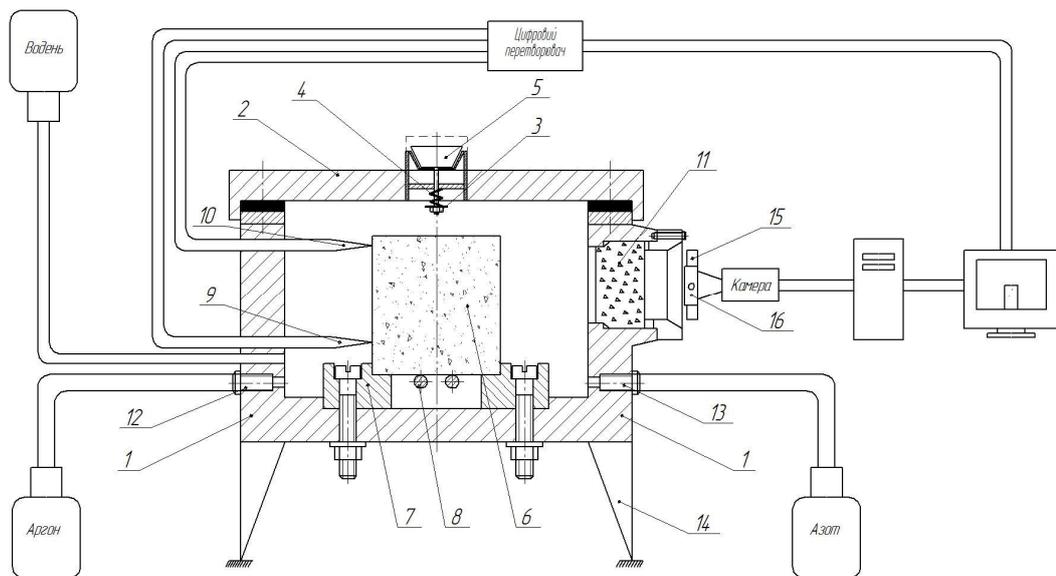


Рисунок 1 – Реактор для здійснення СВС-процесу

1 – корпус; 2 – роз'ємна кришка; 3 – регулювальна гайка; 4 – спіраль; 5 – запобіжний клапан; 6 – зразок; 7 – підковоподібна підложка; 8 – ніхромові спіраль; 9, 10 – термопар; 11 – вікно спостереження; 12, 13 – штуцер; 14 – стійка; 15 – світлофільтр; 16 – тримач.

Технічно реактор виконаний у вигляді термоізованої ємності, із роз'ємною кришкою 2, яка дозволяє ставити дослідні зразки на підковоподібну підложку 7 всередині реактора. В кришку вмонтований клапан 5, який складається з корпуса, пружини і регулювальної гайки 6. Клапан служить запобіжником у випадку вибухонебезпечної ситуації. Корпус реактора 1 виготовлений з нержавіючої сталі марки 95X18 і розміщений на стійки 14. Досліджуваний зразок 6, який знаходиться на підложці, нагрівається за допомогою ніхромової спіралі 8 марки Х20Н80, з діаметром ніхрому 0,8 мм, діаметром стрижня 3 мм та довжиною спіралі 68 см, яка під'єднана до блоку живлення. Фронт горіння розповсюджується по зразку до протилежного боку від ніхромової спіралі. Температура нагрівання зразка контролюється за допомогою вольфрам-ренієвих термопар 9, 10 марки ВР-5 та ВР-20, підключених до комп'ютера через аналого-цифровий перетворювач моделі В7-35. В термоізовану ємність приєднано балон з воднем, який забезпечує захист поверхні зразка від процесу окислення. Через штуцери 12 і 13 приєднано балони із аргонем та азотом. З одної із бокових сторін розміщено вікно спостереження із кварцового скла 11 товщиною 6 мм. Спостереження за процесом горіння здійснюється за допомогою відеокамери моделі Nikon D5100. Оскільки процес СВС-горіння супроводжується яскравим світінням, для отримання якісного зображення використовується світлофільтр 15 серії ND₄, діаметром 62 мм та

товщиною 1 мм. Вибір світлофільтра регламентується моделлю об'єктива Nikon 1855 та його параметрами, зокрема діаметром 62 мм. Фільтр такого типу призначений для зменшення кількості світла, що потрапляє при зйомці на матрицю камери, а також для коригування кольору, яскравості та контрастності. Світлофільтр кріпиться до об'єктива камери різьбовим з'єднанням за допомогою спеціального тримача 16. Камера під'єднана до комп'ютера, за допомогою якого на основі комп'ютерних програм будуються різні графічні залежності: поширення хвилі горіння у дослідному зразку, зміна температури від часу.

Розробка засобів реєстрації та контролю явищ теплових мікронеоднорідностей важлива для розвитку СВС-технології на новому технологічному рівні – програмно-керованому синтезі матеріалів в процесі поширення фронту хвилі горіння. Це завдання можна визначити за допомогою пірометричної методики. В основі даної методики лежить використання пристрою для пірометрії, побудованому на базі кольорової цифрової відеокамери та персонального комп'ютера. Метод пірометрії дозволяє візуалізувати процес горіння. Оригінальні пірометричні методики для вивчення теплової структури хвилі СВС, засновані на обробці даних відеозапису процесу, методом колірної пірометрії шляхом співставлення суцільних спектрів випромінювання конденсованих продуктів реакції і еталонної світловимірювальної лампи [4]. В даний час для вивчення динаміки горіння успішно застосовуються цифрові високошвидкісні відеокамери, а комп'ютерна обробка та відеозйомка методами колірної пірометрії дозволяє вивчати теплову мікроструктуру фронту горіння, а також отримувати локальний розподіл температури в полі відеокадру.

Для перевірки економічності вдосконаленого реактора запишемо тепловий баланс для періоду нагрівання дослідного зразка (2) використовуючи загальний вираз теплового балансу (1):

$$\sum Q_{1i} = \sum Q_{2j}, \quad (1)$$

$$\sum Q_{11} = \sum Q_{21} + \sum Q_{22} \quad (2)$$

та періоду проходження СВС процесу

$$\sum Q_{11} + \sum Q_{12} = \sum Q_{21} + \sum Q_{22}, \quad (3)$$

де $\sum Q_{12}$ – теплота внутрішніх джерел, яка виділяється в результаті проходження хімічної реакції, коли відбувається процес спікання в зразку

$$\sum Q_{12} = V \cdot q_V, \quad (4)$$

де V - об'єм дослідного зразка, м³; q_V - об'ємний питомий тепловий потік від внутрішніх джерел теплоти в дослідному зразку, Дж/м³.

Як зазначено вище у виразі (1), у першому наближенні, $\sum Q_{21}$ - це теплота, яка витрачається на нагрів дослідного зразка та всіх інших елементів установки, як загального умовного тіла. Тому в подальшому викладенні для підвищення достовірності моделі у виразах (2) та (3) цей член потребує деталізації:

$$\sum Q_{21} = Q_{зр.} + Q_{шт.} + Q_{підл.} + Q_{корп.} + Q_{терм.} + Q_{серед.}, \quad (5)$$

де $Q_{зр.}$ – теплота, яка витрачається на нагрів зразку, Дж; $Q_{шт.}$ – теплота, яка витрачається на нагрів штативу, Дж; $Q_{підл.}$ – теплота, яка витрачається на нагрів підковоподібної підложки, Дж; $Q_{корп.}$ - теплота, яка витрачається на нагрів корпусу установки, Дж; $Q_{терм.}$ - теплота, яка витрачається на нагрів корпусу термопари, Дж; $Q_{серед.}$ – теплота, яка витрачається на нагрів середовища (повітря) в корпусі установки, Дж.

Для визначення витрат теплоти по складових теплового балансу використовуємо вираз:

$$Q = Mc(t_1 - t_2) = \frac{V}{\rho} c(t_1 - t_2). \quad (6)$$

де t_1 та t_2 - відповідно температура більш нагрітого об'єкту, який втрачає теплоту, та менш нагрітого об'єкту, який приймає теплоту, c – питома масова теплоємність матеріалу елемента установки або зразку, Дж/кг·К; V - об'єм дослідного зразка, м³; ρ – густина матеріалу елемента установки або зразку, кг/м³.

Другий член $\sum Q_{22}$ враховує втрати тепла в навколишнє середовище і запишеться в наступному вигляді:

$$\sum Q_{22} = Q_{\text{б.н.}} + Q_{\text{вн.}} + Q_{\text{вип.}}, \quad (7)$$

де $Q_{\text{б.н.}}$ – втрати теплота в навколишнє середовище через бокові поверхні установки, Дж; $Q_{\text{вн.}}$ – втрати теплота в навколишнє середовище через верхню та нижню поверхні установки, Дж; $Q_{\text{вип.}}$ – втрати теплота в навколишнє середовище через випромінювання від зовнішніх поверхонь установки, Дж. Визначення втрат теплоти (6) через плоску частину стінки установки:

$$Q = Fk(t_1 - t_2), \quad (8)$$

та при теплопередачі через циліндричну частину стінки установки :

$$Q = \pi Lk_l(t_1 - t_2), \quad (9)$$

де t_1 та t_2 - відповідно температура більш нагрітого об'єкту, який втрачає теплоту, та менш нагрітого об'єкту, який приймає теплоту, °C; F – площа поверхні через яку відбувається теплопередача, м²; L - довжина циліндричної поверхні через яку відбувається теплопередача, м; k – коефіцієнт теплопередачі, який визначає потік теплоти через одиницю площі багат шарової поверхні, через яку відбувається теплопередача, Вт/м²К; k_l – коефіцієнт теплопередачі, який визначає потік теплоти через одиницю довжини багат шарової циліндричної поверхні стінки через яку відбувається теплопередача, Вт/мК.

Коефіцієнти теплопередачі визначаються з виразів [5]:

$$\frac{1}{k} = R_s = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{j=1}^m \frac{1}{\alpha_j} + \sum_{u=1}^p \frac{\delta_u}{\lambda_u} \quad (10)$$

та

$$\frac{1}{k_l} = R_l = \sum_{i=1}^n R_{li} = \sum_{j=1}^m \frac{1}{\alpha_j d_j} + \sum_{u=1}^p \frac{1}{2\lambda_u} \ln \frac{d_{u+1}}{d_u} \quad (11)$$

де R_s та R_l - відповідні сумарні термічні опори, м²К/Вт; R_i та R_{li} - відповідні термічний опір i – го шару чи термічної перешкоди із n , м²К/Вт; α_j – коефіцієнт тепловіддачі на j -тій термічній перешкоді із m , які виникають на шляху теплового потоку, Вт/м²К; d_j - діаметр поверхні j -тої термічної перешкоди матеріалу, м; λ_u – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -того шару термічного перешкоди, Вт/м•К; δ_u – товщина i -того шару термічної перешкоди, м; d_u та d_{u+1} – відповідно внутрішній та зовнішній діаметри поверхонь i -того шару термічної перешкоди, м.

Коефіцієнт тепловіддачі визначається із залежності [5]:

$$\alpha = \frac{\lambda Nu}{l}, \quad (12)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/мК; l – характерний розмір, м; Nu – число Нусельта.

Для визначання числа Нусельта в таких умовах використовуємо розрахункову формулу [5], яка запропонована М. А. Михеевим:

$$Nu = c (Gr Pr)^n, \quad (13)$$

Pr – число Прандля:

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} \quad (14)$$

та Gr – число Грасгофа:

$$Gr = \frac{g\beta\Delta T l^3}{\nu^2}, \quad (15)$$

де g – прискорення земного тяжіння, м/с²; β - коефіцієнт об'ємного розширення, 1/К; ν – кінематична в'язкість, м²/с. Втрати теплоти в навколишнє середовище через випромінювання від зовнішніх поверхонь установки [6, 7]:

$$Q = \sigma_o \varepsilon_{np} F \left(\left(\frac{t_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_2}{100} \right)^4 \right) \quad (16)$$

де t_1 та t_2 - відповідно температура більш нагрітого об'єкту, який втрачає теплоту, та менш нагрітого об'єкту, який приймає теплоту, °K; F – площа поверхні з якої відбуваються втрати теплоти, м²; ε_{np} – приведений коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням відповідно для кожного конкретного випадку; σ_o – постійна Стефана-Больмана [8], $\sigma_o = 5,6710^{-8}$ Вт/(м²•К⁴).

Визначаємо складові витрат теплоти для нашої дослідної установки з виразів (2) та (3) при цьому будемо вважати, що тепловий баланс складається для умов стабілізації теплообміну між дослідною установкою та навколишнім середовищем, а у виразах (6) та (7-8) різницю температур представляємо у вигляді:

$$\theta'_{\text{стаб.}} = t_{\text{ст.зр.}} - t_{\text{нс.}} = t_1 - t_2, \quad (17)$$

де $t_{\text{ст.зр.}}$ - температура стінки дослідного зразку при умові стабілізації.

Тоді з виразу (16) визначаємо теплоту на нагрів дослідного зразка:

$$Q_{\text{зр.}} = Mc(t_1 - t_2) = \frac{V_{\text{зр.}}}{\rho} \cdot (t_1 - t_2) = m_{\text{зр.}} \cdot c_{\text{зр.}} \cdot \theta'_{\text{стаб.}} \quad (18)$$

Висновок. В результаті модернізації конструкції реактора для СВС отримані достовірні експериментальні результати по спостереженню за хвилию горіння для пористих порошкових матеріалів.

Для точнішого дослідження фронту СВС горіння вдосконалений реактор дозволяє використовувати міктермопарну та пірометричну методики. Конструкція реактора дозволяє фіксувати процес поширення хвилі горіння за допомогою відеозйомки та вимірювати температуру горіння за допомогою термопар. На онові відеоспостереження за допомогою комп'ютерних програм можна візуалізувати процес горіння та визначити теплові мікронеоднорідності структури порошкових зразків та будувати графічні залежності.

Список використаних джерел.

1. Кирдяшкин А.И., Саламагов В. Г., Габбасов Р.М., Максимов Ю.М., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. Особенности оптического излучения реакционных систем в процессе СВС // Горение и плазмохимия: Материалы IV Международного симпозиума. – Алматы Казахстан, 2007. – С. 56 – 58.
2. Найбороденко Ю.С. Закономерности и механизм реакционного спекания и безгазового горения смесей металлических порошков. Дисс. канд. физ-мат. наук. Томск 2004. 207с.
3. Зенин А.А. О теплообмене микротермопар в условиях горения конденсированных веществ. ПМТФ, 2003, №5, с.125-131.
4. Гарколь, Д. Новая методика высокоскоростной яркостной пирометрии для исследования процессов СВС. / Д. А. Гарколь, П. Ю. Гуляев, В.В. Евстигнеев, А. Б. Мухачев // ФГВ. – 2004 – № 1(30). – С. 72-77.
5. Тихонов А. Н., Самарский Л.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1977, - 736 с.
6. Carslaw H.S., Jaeger J.C. Conduction of heat in solids. Oxford University Press, 1980.
7. Исаченко В.П. Осипова В.А. Сукомел А.С. Теплопередача: Учебник для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. 416 с.
8. Кутателадзе, С.С. Основы теории теплообмена, – Новосибирск: Наука. – 1989. – 416 с.

УДК 519.64(045)

В.Ю. Серeda, професор

Луцький національний технічний університет

ПРО МОДИФІКАЦІЮ УЗАГАЛЬНЕНОГО МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ІНТЕГРАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТИПУ ФРЕДГОЛЬМА ДРУГОГО РОДУ

Серeda В.Ю. Про модифікацію узагальненого методу розв'язання інтегральних рівнянь типу Фредгольма другого роду. В роботі розглядається модифікація узагальненого методу розв'язання лінійних інтегральних рівнянь типу Фредгольма другого роду. Суть її полягає в тому, що область визначення ядра розбивається на скінченну кількість прямокутників і на кожному з них рівняння розв'язується узагальненим методом. Виводиться апріорна оцінка похибки методу.

Ключові слова: рівняння, інтегральне рівняння, оцінка похибки, параметр, метод.

Форм. 37. Літ. 4.

Серeda В.Ю. О модификации обобщенного метода решения интегральных уравнений типа Фредгольма второго рода. В работе рассматривается модификация обобщенного метода решения линейных интегральных уравнений типа Фредгольма второго рода. Суть ее заключается в том, что область определения ядра разбивается на конечное число прямоугольников и на каждом из них уравнение решается обобщенным методом. Выводится априорная оценка погрешности метода.

Ключевые слова: уравнение, интегральное уравнение, оценка погрешности, параметр, метод.

Sereda V. Modification of the generalized method of solving of integral equations of Fredholm type of the second kind. The paper considers a modification of the generalized method of solving of linear integral equations of Fredholm type of the second kind. Its essence is that the domain of the core is divided into finite number of rectangles and on each of these the equation is solved by generalized method. Apriori estimation of error of the methods is deduced.

Keywords: equation, integral equation, estimation of error, parameter, method.

Постановка проблеми. Лінійні та нелінійні інтегральні рівняння є математичними моделями багатьох задач математичної фізики, механіки і техніки. Тому проблема пошуку оптимальних методів їх розв'язання була і є актуальною в даний час. Оскільки інтегральні рівняння, як правило, розв'язуються наближено, то зусилля математиків були і є зосередженими на пошуку оптимальних методів їх наближеного розв'язання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Початок цим методам був покладений ще в роботах Фредгольма [1;2], Шмідта, Гурса і Ністрема вкінці XIX століття. В зв'язку з бурхливим розвитком обчислювальної техніки почали розвиватись наближені методи розв'язання інтегральних рівнянь. Детальний аналіз цих методів зроблений в статті автора [3].

Аналізуючи наближені методи розв'язання рівнянь типу Фредгольма, можна стверджувати, що вони розвивалися в напрямках розширення області застосування цих методів і в отриманні зручної і ефективної методики обчислення похибки одержаного результату.

Мета дослідження полягає в побудові модифікації узагальненого методу розв'язання рівнянь вищенаведеного виду, основи якого викладені в статті автора [3], яка дає можливість розширити область застосування цього методу і одержувати результати з більшою точністю.

Основні результати досліджень.

Для розв'язання лінійних інтегральних рівнянь типу Фредгольма другого роду

$$\varphi(x) = P_0(x) + \lambda \int_a^b K(x,s)\varphi(s)ds, \quad (1)$$

де $\varphi(x)$ – шукана, $P_0(x)$, $K(x,s)$ – задані функції деякого класу (класу C , L_2 або L_p) відповідно в областях $a \leq x \leq b$ і $a \leq x, s \leq b$, λ – параметр рівняння, a, b – скінченні або нескінченні межі інтегрування, автором був запропонований узагальнений метод [3]. При цьому область інтегрування $a \leq x, s \leq b$ розглядалась як суцільний квадрат. Проте, в багатьох випадках ефективність методу підвищується, якщо область інтегрування поділити на m прямокутників прямими, паралельними осі OX : $s = s_k$ ($k = \overline{0, m}$, $s_0 = a$; $s_m = b$) і в кожному з таких прямокутників ядро $K(x,s)$ рівняння (1) представити у вигляді суми двох ядер – виродженого і „малого“, як це робилось в [3]:

$$K(x, s) = \sum_{k=1}^m K_k(x, s) + D(x, s), \quad (2)$$

$$K_k(x, s) = \sum_{i=1}^{n_k} P_{ik}(x) Q_{ik}(s) \quad (3)$$

при $s_{k-1} \leq s \leq s_k$, $k = \overline{1, m}$, де n_k – кількість членів апроксимації ядра на k -му прямокутнику (для кожного прямокутника це число, взагалі кажучи, різне).

Розв'язок $\varphi(x)$ інтегрального рівняння (1) шукається у вигляді

$$\varphi(x) = M_0(x) + \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} M_{ik}(x), \quad (4)$$

де
$$\alpha_{ik} = \int_{s_{k-1}}^{s_k} Q_{ik}(s) \varphi(s) ds \quad (i = \overline{1, n}; k = \overline{1, m}; n = \max\{n_1, n_2, \dots, n_m\}), \quad (5)$$

а $M_{ik}(x)$ – невідомі функції. Для їх визначення підставимо вираз (4) в (1) і, враховуючи (2), проведемо деякі тотожні перетворення

$$\begin{aligned} M_0(x) + \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} M_{ik}(x) &= P_0(x) + \lambda \int_a^b \left(\sum_{k=1}^m K_k(x, s) + D(x, s) \right) \cdot \left(M_0(s) + \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} M_{ik}(s) \right) ds = \\ &= P_0(x) + \lambda \int_a^b D(x, s) M_0(s) ds + \lambda^2 \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} \int_a^b D(x, s) M_{ik}(s) ds + \\ &+ \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m P_{ik}(x) \int_{s_{k-1}}^{s_k} Q_{ik}(s) \left(M_0(s) + \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} M_{ik}(s) \right) ds = \\ &= P_0(x) + \lambda \int_a^b D(x, s) M_0(s) ds + \lambda^2 \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} \int_a^b D(x, s) M_{ik}(s) ds + \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} P_{ik}(x). \end{aligned} \quad (6)$$

Прирівнюючи в (6) відповідні вирази, які стоять при α_{ik} і вільні члени, одержимо $n \cdot m + 1$ лінійних інтегральних рівнянь

$$M_0(x) = P_0(x) + \lambda \int_a^b D(x, s) M_0(s) ds, \quad (7)$$

$$M_{ik}(x) = P_{ik}(x) + \lambda \int_a^b D(x, s) M_{ik}(s) ds \quad (i = \overline{1, n}; k = \overline{1, m})$$

з одним і тим же „малим“ ядром $D(x, s)$.

Як відомо, рівняння (7) легко розв'язуються наближеними ітераційними методами при достатній малості величини

$$q = |\lambda| \sqrt{\int_a^b \int_a^b D^2(x, s) dx ds} < 1. \quad (8)$$

В цьому методі цього завжди можна досягнути як збільшенням n_k ($k = \overline{1, m}$), тобто кількості членів апроксимації на прямокутниках $s_{k-1} \leq s \leq s_k$ ($k = \overline{1, m}$), так і шляхом подрібнення області $a \leq x, s \leq b$, тобто збільшенням кількості прямокутників.

Розв'язавши рівняння (7) і враховуючи співвідношення (5), для визначення параметрів α_{ik} в (4) одержуємо систему $n \cdot m$ лінійних алгебраїчних рівнянь

$$A\alpha = b. \quad (9)$$

$$\text{де} \quad A = E - \lambda C, \quad (10)$$

E – одинична матриця, C – nm -квадратна матриця з елементами

$$C_{ik,rs} = \int_{s_{k-1}}^{s_k} Q_{ik}(s) M_{rs}(s) ds \quad (i, r = \overline{1, n}; k, s = \overline{1, m}), \quad (11)$$

$\vec{\alpha} = \{\alpha_{ik}\}$, $\vec{b} = \{b_{ik}\}$ – nm -компонентні вектори,

$$b_{ik} = \int_{s_{k-1}}^{s_k} Q_{ik}(s) M_0(s) ds \quad (s_{k-1} \leq s \leq s_k, k = \overline{1, m}). \quad (12)$$

Покажемо, що якщо функції $M_0(x)$ і $M_{ik}(x)$ є розв'язками рівнянь (7), а параметри α_{ik} ($i = \overline{1, n}; k = \overline{1, m}$) визначаються з системи алгебраїчних рівнянь (9), то функція $\varphi(x)$, визначена рівністю (4), дійсно є розв'язком рівняння (1).

Дійсно, підставляючи (4) в (1), одержимо:

$$\begin{aligned} \varphi(x) - P_0(x) - \lambda \int_a^b K(x, s) \varphi(s) ds &= M_0(x) + \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} M_{ik}(x) - P_0(x) - \\ &- \lambda \int_a^b \left[\sum_{k=1}^m K_k(x, s) + D(x, s) \right] \cdot \left[M_0(s) + \lambda \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m \alpha_{rs} M_{rs}(s) \right] ds = \\ &= P_0(x) + \lambda \int_a^b D(x, s) M_0(s) ds + \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} P_{ik}(x) + \lambda^2 \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} \int_a^b D(x, s) M_{ik}(s) ds - \\ &- P_0(x) - \lambda \int_a^b \sum_{k=1}^m K_k(x, s) M_0(s) ds - \lambda \int_a^b D(x, s) M_0(s) ds - \lambda^2 \int_a^b \sum_{k=1}^m K_k(x, s) \cdot \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m \alpha_{rs} M_{rs}(s) - \\ &- \lambda^2 \int_a^b \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m D(x, s) \cdot \alpha_{ik} M_{ik}(s) ds = \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} P_{ik}(x) - \lambda \int_a^b \sum_{k=1}^m K_k(x, s) M_0(s) ds - \\ &- \lambda^2 \int_a^b \sum_{k=1}^m K_k(x, s) \cdot \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m \alpha_{rs} M_{rs}(s) ds = \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik} P_{ik}(x) - \\ &- \lambda^2 \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \int_{s_{k-1}}^{s_k} P_{ik}(x) Q_{ik}(s) \cdot \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m \alpha_{rs} M_{rs}(s) ds - \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \int_{s_{k-1}}^{s_k} P_{ik}(x) Q_{ik}(s) M_0(s) ds = \\ &= \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m P_{ik}(x) \left[\alpha_{ik} - \lambda \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m \int_{s_{k-1}}^{s_k} Q_{ik}(s) M_{rs}(s) ds - \int_{s_{k-1}}^{s_k} Q_{ik}(s) M_0(s) ds \right]. \end{aligned}$$

Вираз, який стоїть у квадратних дужках, є ні що інше, як система алгебраїчних рівнянь (9), яку задовольняють параметри α_{ik} . Значить, цей вираз дорівнює нулю і, отже,

$$\varphi(x) - P_0(x) - \lambda \int_a^b K(x, s) \varphi(s) ds = 0,$$

тобто функція (4) дійсно є розв'язком рівняння (1).

Зауваження. Оскільки кількість членів апроксимації ядра на кожному з m прямокутників береться, взагалі кажучи, різною, а $n = \max\{n_1, n_2, \dots, n_m\}$, то $P_{ik}(x) = Q_{ik}(s) \equiv 0$ при

$$i > n_k \quad (k = \overline{1, m}) \text{ і, отже, } \alpha_{ik} = \int_{s_{k-1}}^{s_k} Q_{ik}(s) \varphi(s) ds = 0$$

Звідси випливає, що порядок системи лінійних алгебраїчних рівнянь (9) зменшується і дорівнює $n_1 + n_2 + \dots + n_m$.

Кількість обчислювальної роботи при цьому також відповідно зменшується.

Розглянемо тепер питання про оцінку похибки наближеного розв'язання рівняння (1) запропонованим методом (наприклад, в просторі функцій C) в тому випадку, коли допоміжні рівняння (7) розв'язуються яким-небудь методом наближено.

Тоді замість функцій $M_0(x)$ і $M_{ik}(x)$ ($i = \overline{1, n}; k = \overline{1, m}$) одержимо їх наближення, відповідно, $M_0^*(x)$ і $M_{ik}^*(x)$ і, отже, замість параметрів α_{ik} ($i = \overline{1, n}; k = \overline{1, m}$) будуть параметри

$$\alpha_{ik}^* = \int_{s_{k-1}}^{s_k} Q_{ik}(s) \varphi^*(s) ds = 0, \quad (13)$$

де
$$\varphi^*(x) = M_0^*(x) + \lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \alpha_{ik}^* M_{ik}^*(x) - \quad (14)$$

наближений розв'язок даного рівняння (1).

Параметри α_{ik}^* знаходяться з системи

$$A^* \overset{\mathbf{r}}{\alpha}^* = \overset{\mathbf{1}}{b}^*, \quad (15)$$

де
$$A^* = E - \lambda C^*, \quad (16)$$

E – одинична матриця, $C^* = \{c_{ik,rs}^*\}$ – $n \cdot m$ -квадратна матриця з елементами

$$c_{ik,rs}^* = \int_{s_{k-1}}^{s_k} Q_{ik}(s) M_{rs}^*(s) ds, \quad (17)$$

$\overset{\mathbf{r}}{\alpha}^* = \{\alpha_{ik}^*\}$, $\overset{\mathbf{1}}{b}^* = \{b_{ik}^*\}$ – $n \cdot m$ -компонентні вектори, причому

$$b_{ik}^* = \int_{s_{k-1}}^{s_k} Q_{ik}(s) M_0^*(s) ds \quad (i = \overline{1, n}; k = \overline{1, m}), \quad (18)$$

а α_{ik}^* виражається рівністю (13).

Для оцінки похибки методу скористаємось співвідношеннями (4) і (14), згідно з якими

$$\|\varphi(x) - \varphi^*(x)\| \leq \|M_0(x) - M_0^*(x)\| + |\lambda| \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m [\|\alpha_{ik}^*\| \cdot \|M_{ik}(x) - M_{ik}^*(x)\| + \|M_{ik}(x)\| \cdot |\alpha_{ik} - \alpha_{ik}^*|]$$

або, ввівши позначення

$$\|M_0(x) - M_0^*(x)\| = r_0, \quad \|M_{ik}(x) - M_{ik}^*(x)\| = r_{ik}, \quad (19)$$

$$\|\varphi(x) - \varphi^*(x)\| \leq r_0 + |\lambda| \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m [\|\alpha_{ik}^*\| \cdot r_{ik} + \|M_{ik}(x)\| \cdot |\alpha_{ik} - \alpha_{ik}^*|]. \quad (20)$$

Визначимо або оцінимо всі величини, які входять у праву частину нерівності (20).

Оцінки величин r_0 і r_{ik} ($i = \overline{1, n}; k = \overline{1, m}$) тут відомі при розв'язанні рівнянь (7) конкретним наближеним методом.

Величини $|\alpha_{ik}^*|$ відомі в результаті розв'язання системи (15) або можуть бути оцінені нерівностями

$$|\alpha_{ik}^*| \leq \|\overset{\mathbf{r}}{\alpha}^*\|_1 \leq N \cdot \|\overset{\mathbf{1}}{b}^*\|_1 \leq N q_{ik} \|M_0^*(x)\|, \quad (21)$$

де
$$q_{ik} = \int_{s_{k-1}}^{s_k} |Q_{ik}(s)| ds, \quad (22)$$

$$N = \left\| (A^*)^{-1} \right\|_1. \quad (23)$$

Оскільки для кожного з рівнянь (7) виконується нерівність (8), то для оцінки величин $\|M_{ik}(x)\|$ ($i = \overline{1, n}; k = \overline{1, m}$), згідно з [4]. Згідно з [4] знаходимо, що

$$\|M_{ik}(x)\| \leq \frac{R_{ik}}{1-q} \cdot q + \|P_{ik}(x)\|, \quad (24)$$

де

$$R_{ik} = \frac{|\lambda|}{q} \left\| \sqrt{\int_a^b |P_{ik}(x)|^2 dx \int_a^b |D(x,s)|^2 ds} \right\|. \quad (25)$$

а

$$q = |\lambda| \sqrt{\int_a^b \int_a^b D^2(x,s) dx ds}.$$

Нарешті, для оцінки величин $|\alpha_{ik} - \alpha_{ik}^*|$ ($i = \overline{1, n}; k = \overline{1, m}$), скориставшись системами (9) і (15), одержимо:

$$A^* (\overset{\mathbf{r}}{\alpha} - \overset{\mathbf{r}}{\alpha}^*) = \overset{\mathbf{f}}{f} + \lambda (C - C^*) (\overset{\mathbf{r}}{\alpha} - \overset{\mathbf{r}}{\alpha}^*), \quad (26)$$

де A^* – матриця (16), а $\overset{\mathbf{f}}{f}$ – $n \cdot m$ -компонентний вектор

$$\overset{\mathbf{f}}{f} = \overset{\mathbf{b}}{b} - \overset{\mathbf{b}}{b}^* + \lambda (C - C^*) \overset{\mathbf{r}}{\alpha}^*, \quad (27)$$

Згідно з (26)

$$|\alpha_{ik} - \alpha_{ik}^*| \leq \|\overset{\mathbf{r}}{\alpha} - \overset{\mathbf{r}}{\alpha}^*\|_1 \leq \frac{N \|\overset{\mathbf{f}}{f}\|_1}{1 - |\lambda| \cdot N \cdot \|C - C^*\|_1}. \quad (28)$$

Оскільки

$$|b_{ik} - b_{ik}^*| \leq \int_{s_{k-1}}^{s_k} |Q_{ik}(s)| \cdot \|M_0(s) - M_0^*(s)\| ds = r_{0i} q_{ik}, \quad (29)$$

$$|c_{ik,rs} - c_{ik,rs}^*| \leq \int_{s_{k-1}}^{s_k} |Q_{ik}(s)| \cdot \|M_{rs}(s) - M_{rs}^*(s)\| ds = r_{rs} q_{ik}, \quad (30)$$

то

$$\|C - C^*\|_1 \leq \gamma Q, \quad (31)$$

де

$$\gamma = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m r_{ik}, \quad Q = \max_{i,k} q_{ik}. \quad (32)$$

Із співвідношень (27), враховуючи (21), (30), (29), (31) і (32), маємо:

$$\|\overset{\mathbf{f}}{f}\|_1 \leq r_0 Q + \lambda N Q^2 \gamma \|M_0^*(x)\|$$

або

$$\|\overset{\mathbf{f}}{f}\|_1 \leq Q \mu, \quad (33)$$

де

$$\mu = r_0 + |\lambda| N Q \gamma \|M_0^*(x)\|. \quad (34)$$

Підставивши замість величин $\|\overset{\mathbf{r}}{f}\|_1$ і $\|C - C^*\|_1$ в (28) їх оцінки, відповідно (33) і (31), одержимо:

$$|\alpha_{ik} - \alpha_{ik}^*| \leq \frac{N Q \mu}{\Delta}, \quad (35)$$

де

$$\Delta = 1 - |\lambda| N \gamma Q. \quad (36)$$

Шляхом покращення апроксимації в прямокутниках $s_{k-1} \leq s \leq s_k$ ($k = \overline{1, m}$) або збільшенням кількості їх, або зменшенням r_{ik} ($i = \overline{1, n}; k = \overline{1, m}$), а, отже, і γ , тут завжди можна досягнути виконання умови $\Delta > 0$.

З врахуванням оцінок (21), (24) і (35) з (20) одержуємо:

$$\|\varphi(x) - \varphi^*(x)\| \leq \mu \left(1 + \frac{\delta |\lambda| Q N}{\Delta} \right), \quad (37)$$

де
$$\delta = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \|M_{ik}(x)\|.$$

Одержана оцінка є апіорною, поскільки всі величини в правій частині нерівності (37) апіорі відомі.

Якщо, зокрема, рівняння (7) розв'язувати наближено методом послідовних наближень, процес ітерацій якого в силу виконання умови (8) буде збіжним, то після v_0, v_{ik} ітерацій для кожного з рівнянь (7) відповідно, одержимо наближення $M_0^*(x) = M_{0,v_0}(x)$,

$$M_{ik}^*(x) = M_{ik,v_{ik}}(x) \text{ з похибкою (див. [4]) } r_0 \leq R_0 \frac{q^{v_0+1}}{1-q}, \quad r_{ik} \leq R_{ik} \frac{q^{v_{ik}+1}}{1-q} \quad (i = \overline{1, n}; k = \overline{1, m})$$

і якщо $v = \min\{v_0, v_{ik}\}$, то згідно з (37)

$$\|\varphi(x) - \varphi^*(x)\| \leq L \frac{q^{v+1}}{1-q}, \quad \text{де } L = \beta \left(1 + \frac{|\lambda| N Q \delta}{\Delta} \right),$$

$$\beta = R_0 q^{v_0-v} + |\lambda| N Q \|M_0^*(x)\| \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m R_{ik} q^{v_{ik}-v}.$$

З останньої нерівності випливає, що запропонований метод збігається рівномірно.

Висновки. Таким чином, побудована модифікація узагальненого методу розв'язання лінійних інтегральних рівнянь типу Фредгольма другого роду так само, як і узагальнений метод, узагальнює відомі методи послідовних наближень, метод заміни ядра виродженням, ітераційний метод осереднення функціональних поправок і метод смуг; дає можливість розв'язувати рівняння і в тих випадках, коли ці методи не дають результатів; оцінка похибки його має апіорний характер. В порівнянні з узагальненим методом запропонована модифікація підвищує його ефективність.

Список використаних джерел.

1. Fredholm J. Sur une nouvelle methode pour la resolution du probleme de Dirichlet, Kong. Vetenskaps – Akademtes Förh., Stockholm, 1900.
2. Fredholm J. Sur une classe d'equations fonctionnelles, Acta Math., 27, 1903.
3. В.Ю. Серета Про методи розв'язання інтегральних рівнянь типу Фредгольма другого роду, Міжвузівський збірник «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». Луцьк, 2011. Випуск №3.
4. Михлин С.Г. Лекции по линейным интегральным уравнениям. – Физматгиз, 1959.

УДК 62 – 523.3

Сомов Д.О., Сацик В. О., Смолянкін О.О., Грудецький Р.Я.
Луцький національний технічний університет

РОЗРАХУНОК ВІБРАЦІЙНИХ МОДУЛІВ НА ОБОЛОНКАХ ВИСОКОГО ТИСКУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Д. О. Сомов, В. О. Сацик, Смолянкін О.О., Грудецький Р.Я. Досліджено режими переходу гідравлічного двигуна через резонанс. Запропоновано використання режиму переключень коливань з координати X на Y і навпаки для створення вібраційних приводів періодичної дії з великим вібротяговим зусиллям за рахунок махового накопичувача енергії. Розроблений експериментальний комплекс може бути використаний як для одностороннього, так і для сухого ізостатичного пресування.

Ключові слова: оболонки високого тиску, гідравлічний вібраційний модуль, перехідна характеристика.

Д. А. Сомов, В. А. Сацик, Смолянкін О.О., Грудецький Р.Я. Исследованы режимы перехода гидравлического мотора через резонанс. Предложено использование режима переключения колебаний с координате X на Y и на оборот для создания вибрационных приводов периодического действия с большим вибротяговым усилием за счет махового накопителя энергии. Разработанный экспериментальный комплекс может быть использован как для одностороннего, так и для сухого изостатического прессования.

Ключеві слова: оболочки высокого давления, гидравлический вибрационный модуль, переходная характеристика

D. Somov, V. Satsyk, O.Smolyankin, R.Hrudetsky Investigated modes of transition hydraulic motor through resonance. The use of regime switching oscillations with coordinates X to Y and vice versa to create vibration actuators batch vibrotiahovym with great effort by flywheel energy storage. Designed experimental complex can be used for both one-way and dry isostatic pressing.

Keywords: membrane under high pressure, hydraulic vibration module, the transient response.

Постановка проблеми

При коливаннях пружних систем здійснюється розсіювання енергії в зовнішнє середовище, а також в матеріалі пружних елементів і вузлах з'єднання деталей конструкції. Ці втрати є силами непружного опору на подолання яких неперервно і необернено вирачається

Зниження металоемкості конструкцій та одночасне забезпечення заданого ресурсу і надійності є важливими для проектування нових машин та споруд. У сучасних умовах промисловість повинна орієнтуватись на прискорене створення техніки, розробленої на основі найновіших відкриттів та винаходів, на удосконалення технологічних процесів, максимально економлячи вихідну сировину, матеріали, електроенергію, паливо.

Серед багаточисельних факторів, які підвищують ефективність технологічних процесів і машин, є цілеспрямоване використання вібрацій. В сучасній техніці застосовують велику кількість вібраційних машин для різноманітних технологічних операцій. Вібраційна техніка і технологія з кожним роком розширюють галузь свого застосування і займають все міцніші позиції в різних галузях промисловості, будівництва, транспорту, сільського господарства.

Однією з перспективних галузей промисловості, де інтенсивно застосовується вібраційна техніка і технології, є порошкова металургія. Значення порошкової металургії в сучасному промисловому комплексі велике, тому що технологічні прийоми та методи порошкової металургії в деяких випадках – єдиноможливі для створення нових матеріалів із заданими властивостями. Цими методами отримують найбільш тверді, стійкі проти механічного зносу, жароміцні, жаростійкі, хімічно стійкі матеріали, а також матеріали з пористістю, що регулюється. Методами порошкової металургії можна отримати однорідні сплави двох або більш складових, наприклад міді з графітом, заліза з графітом та ін.

Використання вібраційної техніки дозволяє корінним чином вдосконалити традиційні технологічні процеси виробництва деталей з порошків. Застосування вібраційних технологій у масовому та багатосерійному виробництві можливе при наявності спеціального устаткування – високопродуктивного, дешевого, надійного і простого в експлуатації. В умовах ринкової економіки, коли швидко змінюється номенклатура виробів, а об'єм партій незначний, використання спеціального вібропресового обладнання мало ефективно. Більш раціонально проводити модернізації існуючого обладнання шляхом дооснащення його спеціальними вібраційними комплексами.

© Сомов Д.О., Сацик В. О., Смолянкін О.О., Грудецький Р.Я.

Розширене застосування вібраційної технології потребує поглибленого вивчення фізичних закономірностей впливу вібрації на хід технологічних процесів. Вивчення і розвиток процесів віброформування в порошковій металургії відбувається за трьома основними напрямками:

- розробка основ пресування;
- створення нових технологічних процесів;
- вдосконалення традиційних способів пресування шляхом створення нового обладнання та інструменту.

В якості вібраційного приводу застосовуються дебалансні, ексцентрикові, електродинамічні, пневматичні, гідравлічні та інші вібратори. Різновидом вібраційних машин є гідравлічні вібратори з виконавчим механізмом на оболонках високого тиску. Значне поширення гідравлічних приводів у різних галузях машинобудування зумовлюється рядом їх істотних переваг:

- високою питомою потужністю;
- довговічністю;
- плавним регулюванням параметрів вібрацій в широких межах;
- можливістю отримання великих вібротягових зусиль.

Значною мірою використанню гідравлічних вібраторів сприяє широке засвоєння і випуск промисловістю різних гідроагрегатів, які використовуються в гідравлічних вібраторах.

Все більше з'являється різних гідрофікованих машин і агрегатів, а це дає можливість, в разі необхідності, використовувати на цих машинах вібратори з гідравлічним підведенням енергії.

Незважаючи на різноманітність схемних та конструктивних рішень гідравлічних вібраторів, їх застосування обмежено рядом причин. Так, наприклад, велика кількість енергії витрачається гідравлічними вібраторами на непродуктивні опори, не завжди досягаються оптимальні розрахункові режими роботи. Це ставить перед дослідниками ряд завдань, рішення яких буде сприяти більш широкому використанню гідравлічного вібраційного приводу:

- створення нових конструкцій гідравлічних вібраторів та вібраційних модулів;
- вивчення резонансних, перехідних і нестационарних режимів роботи гідравлічних вібраторів;
- вдосконалення методики розрахунку та аналізу динамічної системи привід - вібратор - навантаження.

Тому розробка та дослідження нових конструкцій гідравлічних модулів на оболонках високого тиску для вібраційного пресування порошкових матеріалів є актуальною.

Викладене вище дозволяє сформулювати питання, рішення якої присвячена дана стаття: розробка та дослідження нової конструкції вібраційного модуля з гідравлічним насосом – пульсатором для вібраційного пресування сипких порошкових матеріалів, який дозволяє отримувати якісні заготовки складних та габаритних виробів з пластичних порошкових матеріалів, а також створення наукової та експериментально обґрунтованої методики розрахунку параметрів вібраційного ущільнення.

Вимоги для дослідження вібраційних машин

При розробці і дослідженні нових вібраційних машин для пресування порошкових матеріалів і нових технологій вібраційного ущільнення необхідно проводити великий об'єм експериментальних досліджень, зокрема:

1. Дослідження статичних і динамічних характеристик гідравлічного вібраційного приводу з отриманням амплітудно-частотних характеристик.
2. Дослідження нелінійних факторів і їх вплив на характеристики вібраційного приводу.
3. Дослідження взаємодії привідного двигуна і коливальної системи.
4. Вивчення нестационарних режимів роботи: розгін, гальмування, поведінка системи при нелінійному законі збудження вібрацій.
5. Дослідження параметричних коливань.
6. Дослідження резонансного коливального контуру вібраційного приводу, як "індикатора" протікання технологічного процесу.
7. Конструкторське опрацювання, створення і випробування нових схем і елементів гідравлічного вібраційного приводу, в тому числі:
 - для складних законів і форм коливань виконавчого органу;
 - для приводів з великими вібротяговими зусиллями;

- випробування на довговічність.

8. Проведення технологічних досліджень по вібраційній абразивній обробці деталей, вібраційному стиранню, вібраційному ущільненню, вібраційному пресуванню і ін.

Розробка та визначення режимів роботи експериментального комплексу.

Для проведення таких експериментальних досліджень і випробувань пропонується експериментальний вібраційний комплекс, який включає експериментальний вібраційний стенд, систему керування, контрольно-вимірювальні датчики і прилади (рис. 1).

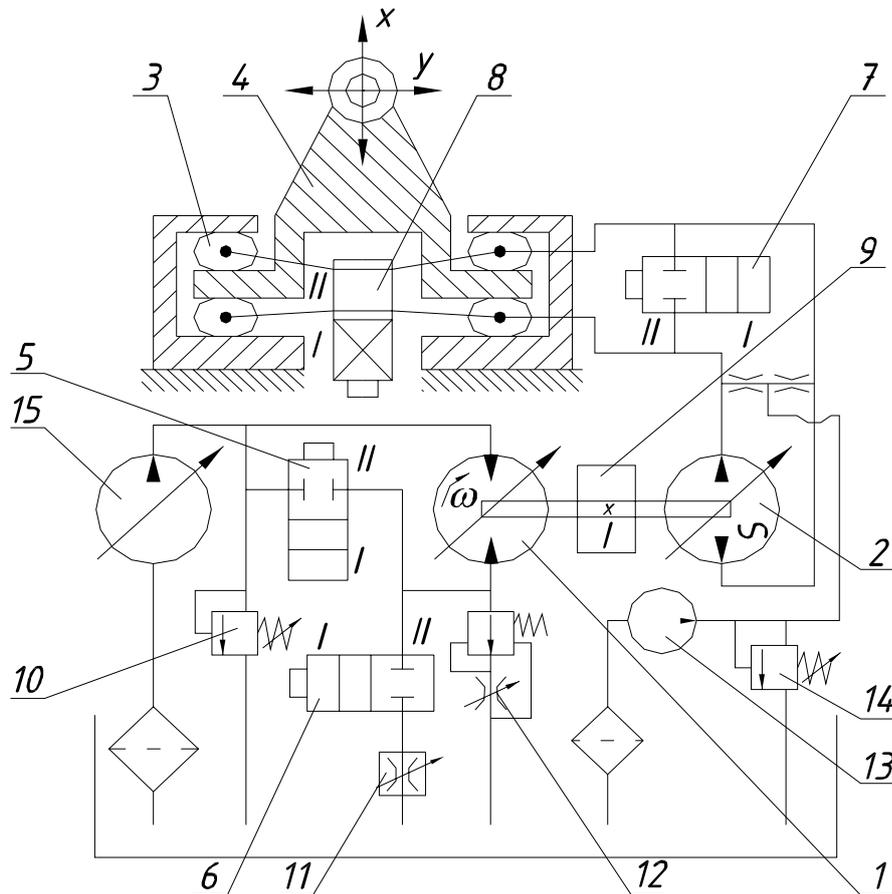


Рис. 1. Схема гідравлічного вібраційного модуля на оболонках високого тиску

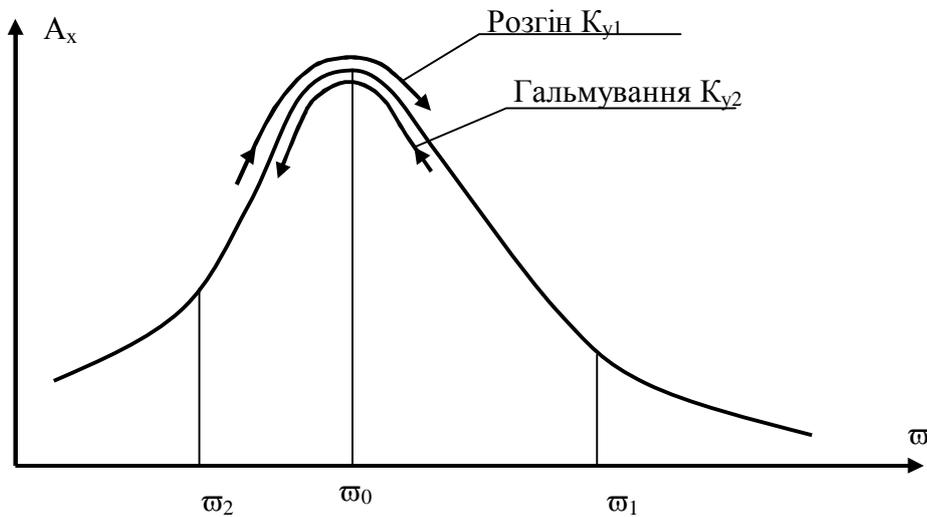
При розгоні гідро двигуна 1 електромагнітні крани (розподільники) 5, 6, 7, 8 (ЕМК 5, 6, 7, 8) включені в позицію II. На зливі гідро двигуна працює підпирний клапан 12, який налагоджений на режим розгону K_{y1} (коефіцієнт втрат). При досягненні гідро двигуном 15 частоти ω_1 (рис. 2) спрацьовує датчик швидкості, ЕМК 5, 6 переключасться в позицію II. Починається розгін гідро двигуна, а далі цикл автоматично повторюється.

Подібний режим роботи можна забезпечити і по координаті Y. Для цього досить переключити ЕМК 8 у позицію I.

Експериментальна установка дозволяє одержати комбінований режим роботи з переключенням коливань з координати X на Y і назад (рис. 3). Для цього необхідно в датчику кутової швидкості установити додаткову фіксовану частоту ω_3 , на якій відбувається переключення ЕМК 8 з позиції I на II при прямому проході через резонанс, і з позиції II на I при зворотному проході. Тут вважаємо, що $\omega_{0X} > \omega_{0Y}$ (ω_{0X} і ω_{0Y} – резонансні частоти).

Використання режиму переключень дозволяє створювати вібраційні приводи періодичної дії з великим вібротяговим зусиллям, використовуючи приводний двигун малої потужності і маховий накопичувач енергії. Амплітудно – частотна характеристика такого режиму приведена на рис. 4. При розгоні ПД ЕМК 7 включений у позицію I ($K_n \rightarrow \infty$). Гідропульсатор 2 працює на

холостому ході і ПД розганяє маховик 9 до частоти ω_1 . На цій частоті ПД переключється на режим гальмування (ЕМК7 включається в поз. II). Виконується зворотній перехід через резонанс.



перемикання з K_{y2} на K_{y1} перемикання з K_{y1} на K_{y2}

Рис. 2. Прохід через резонанс з переключенням K_y ($K_{y2} > K_{y1}$)

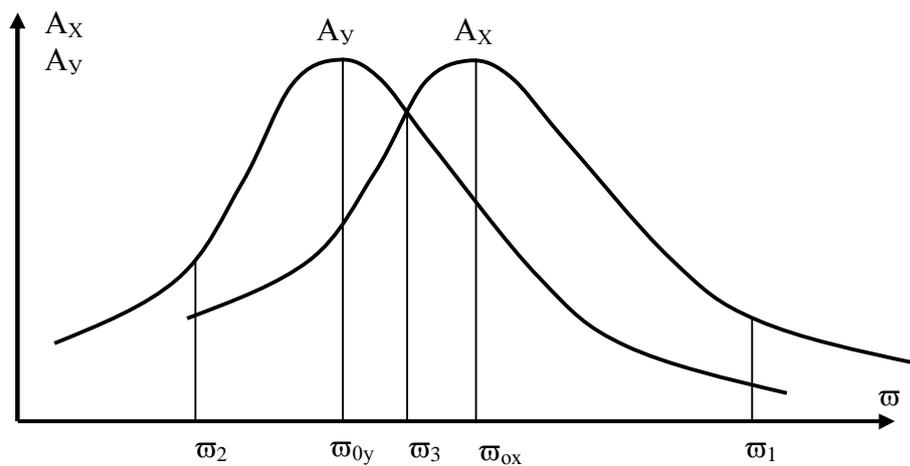


Рис. 3. Режим переходу через резонанс за координатами X та Y

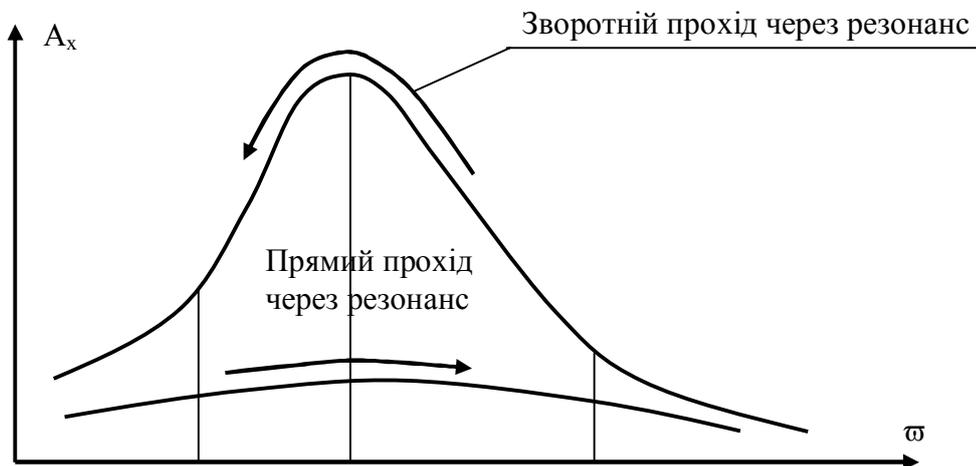


Рис. 4. Вібраційний привід з маховим накопичувачем енергії



Рис. 5. Загальна блок – схема проектування та розрахунку вібраторів на оболонках високого тиску

Загальна методика проектування гідравлічних вібраторів об'ємного регулювання з використанням підтиснених оболонок високого тиску представлена у вигляді блок-схеми на рис. 5.

3. Висновки.

1. Розроблено конструктивну схему гідравлічного вібратора для ущільнення порошкових матеріалів, якій дозволять реалізувати просторові коливання прес-форми.

2. Досліджено частотно-амплітудні характеристики вібраційного комплексу на оболонках високого тиску при різноманітних режимах роботи.

3. Розроблено експериментальне і дослідно-виробничне обладнання, систему управління і контролю основними параметрами процесу із застосуванням комп'ютерних технологій.

4. Розроблено інженерну методику проектування вібраційних гідравлічних модулів.

Список використаних джерел

1. Динамика гидропривода. Колл. Автор. Под ред. В.Н. Прокофьева. М.:Машиностроение, 1972.-292 с.
2. Шаповал В.Н. и др. Вибрационные приводы в металлообработке.-К: Техника, 1983.
3. Иващенко В. В. Исследование некоторых параметров и особенностей вибрационного уплотнения порошковых материалов: Дис. к. т. н. : 0.171. – Киев, 1966. – 223 с.
4. Обертюх Р. Р. Разработка методики проектного расчета и создание новой конструкции вибропресса для прессования металлопорошковых заготовок в капсулах при возвратно-винтовом движении вибростолы: Дис. к. т. н.: 05.03.05. – М., 1986. – с. д. с. п.
5. Шаталова И. Г. и др. Физико – химические основы вибрационного уплотнения порошковых материалов. – М.: Наука. – 1965. – 162 с.

6. Машины вибрационного и виброударного действия / Р. Д. Искович – Лотоцкий, И. Б. Матвеев, В. А. Крат. – К.: Техніка, 1982. – 208 с.
7. Ю. Я. Ткачук. Розробка методу віброформування заготовок з металевих порошків, Автореферат (05. 02. 08) Луцьк. – 1996.
8. Вибрационные стелды для уплотнения порошков /Иващенко В. В., Чагин Д. И., Багман Г. А. И др. // Порошковая металлургия. – 1984. – №12. – с. 86 – 89.
9. Сомов Д. А. Экспериментальная установка для вибропрессования / Международная конференция “Новейшие процессы и материалы в порошковой металлургии”. – Киев. 1997. – с. 156 – 157.
10. Сомов д. О., Рудь В. Д., Ткачук Ю. Я. Автоматизований контроль параметрів при вібраційному формуванні порошкових матеріалів. Наукові нотатки., Луцьк 2001. вип. № 8. с 227 – 233.
11. Смолянки О. А. Автоматизированный комплекс для определения механических характеристик при сложном нагружении. Тези доп. Міжнар. семінару. Реологічні моделі та процеси деформування пористих і композиційних матеріалів. Луцьк. 1997.

УДК 621.9.048.6

В.М. Тимошук, доцент

О.В. Гуда, доцент

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕБАЛАНСНИХ ВІБРОЗБУДНИКІВ НА ЇХ САМОСИНХРОНІЗАЦІЮ

Тимошук В.М., Гуда О.В. Дослідження впливу динамічних та конструктивних параметрів дебалансних віброзбудників на їх самосинхронізацію. Збудовано модель самосинхронізації довільного числа «майже однакових» дебалансних віброзбудників, що розміщені на тримкому тілі з одним «ступупальним» ступенем вільності; а також модель двократної самосинхронізації трьох дебалансних віброзбудників, встановлених на пружно-підвішеному тримкому тілі, яке може здійснювати малі плоскі коливання. Наведено результати комп'ютерного моделювання самосинхронізації дебалансних віброзбудників з використанням динамічної моделі асинхронного електродвигуна.

Ключові слова: вібраційна машина, дебалансний віброзбудник, самосинхронізація, асинхронний електродвигун. Форм. 2. Рис. 5. Літ. 9.

Тимошук В.Н., Гуда О.В. Исследование влияния динамических и конструктивных параметров дебалансных вибровозбудителей на их самосинхронизацию. Построена модель самосинхронизации произвольного числа «почти одинаковых» дебалансных вибровозбудителей расположенных на несущем теле с одной степенью свободы; а также модель двократной самосинхронизации трьох дебалансных вибровозбудителей, установленных на на плоско колеблющемся несущем твердом теле, которое может совершать малые плоские движения. Приведены результаты компьютерного моделирования самосинхронизации дебалансных вибровозбудителей с использованием динамической характеристики асинхронного электродвигателя.

Ключевые слова: вибрационная машина, дебалансный вибровозбудитель, самосинхронизация, асинхронный электродвигатель.

Tymoshchuk V. N., Guda O.V. The investigation of influence of dynamic and constructional parameters of unbalanced vibro-exciter on their self-synchronization. By building the model of self-synchronization of arbitrary number of "almost identical" unbalanced exciters placed on a trembling body with one translational degree of freedom is made, and also the model double self-synchronization of three unbalanced vibration exciters installed on elastic-suspended durable body that can make small plane oscillations. The investigation simulation of self-synchronization of unbalanced vibro-exciter.

Keywords: vibration machine unbalanced vibro-exiter, self-synchronization, asynchronous motor.

Постановка проблеми. Більшість вібраційних машин з самосинхронізуючими збудниками, що самосинхронізуються серійно випускаються й успішно працюють у самих різноманітних виробництвах. На даний час теорія синхронізації динамічних систем розроблена досить повно. Переважна більшість результатів отримана аналітичними методами [1-4]. Однак, для розширення можливості практичного застосування явища самосинхронізації досить важливим є питання про умови встановлення синхронних режимів. Теоретично отримані умови існування та стійкості (у малому) стаціонарних режимів руху ще не гарантують встановлення цих режимів при початкових умовах, що зустрічаються у реальних системах. Отже, слід вдаватися до постановки експерименту чи до комп'ютерного моделювання досліджуваних процесів.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. У роботах [5-7] для дослідження самосинхронізації дебалансних віброзбудників використовувалося чисельне моделювання. Проте, у цих та інших існуючих малочисельних працях, моделювання виконувалося з використанням лінійних характеристик електродвигунів. Однак, на теперішній час розроблено більш точні моделі двигунів.

Мета роботи. Більшість особливостей постановки та розв'язання задач про синхронізацію механічних віброзбудників можуть бути проілюстровані на найпростішому прикладі двох дебалансних збудників, що розміщені на пружно закріпленому несучому тілі, яке може здійснювати прямолінійні коливання (рис. 1). Система характеризується трьома узагальненими координатами – кутами повороту віброзбудників φ_k та переміщеннями тримкого тіла x .

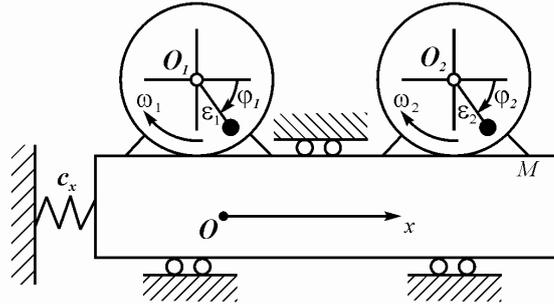


Рис. 1. Схема вібраційної машини

Рівняння руху розглядуваної коливної системи можуть бути записані у вигляді:

$$I_s \ddot{\varphi}_s = L_s - R_s + m_s e_s (\ddot{x} \sin j_s + g \cos j_s), \quad (s = 1, 2),$$

$$M \ddot{x} + b_x \dot{x} + c_x x = \sum_{s=1}^2 m_s e_s (\ddot{\varphi}_s \sin j_s + j_s \dot{\varphi}_s \cos j_s). \quad (1)$$

Тут M – сумарна маса тримкого тіла разом з масами збудників; m_s, e_s, I_s – відповідно, маса s -го ротора збудника, його ексцентриситет і момент інерції відносно осі обертання; c_x – жорсткість, пов'язана з переміщенням тримкого тіла у напрямку осі x ; b_x – коефіцієнт опору лінійного демпфуючого елемента; L_s, R_s – електромагнітний момент s -го двигуна та момент сили опору обертання; g – прискорення вільного падіння.

Для аналізу впливу електромагнітних перехідних процесів в асинхронному двигуні на динаміку руху роторів збудників застосовано лінеаризовану динамічну характеристику, використану в роботах [8, 9]. Електромагнітний момент асинхронного двигуна для цієї моделі описується диференціальними рівняннями

$$T_D^2 \xi \ddot{L}(t) + T_D \xi \left(2 - \frac{T_D}{s} \right) \dot{L}(t) + \left(1 - \frac{T_D \xi}{s} \right) L(t) = 2 \xi L_{\max} s_a, \quad (2)$$

де $L(t)$ – електромагнітний момент, що розвивається двигуном; $T_D = \frac{1}{100\pi s_{\dot{\delta}}}$ – електромагнітна

стала часу; $\xi = \frac{1}{1 + s_a}$; $s_a = \frac{\omega_c - \varphi}{\omega_c}$ – відносне ковзання; $s = \omega_c - \varphi$ – поточне ковзання; ω_i –

номінальна кутова швидкість двигуна; $s_{\dot{\delta}} = \frac{s_i + \sqrt{\Delta s_i}}{1 + \sqrt{\Delta s_i}}$ – критичне ковзання; $s_i = \frac{\omega_c - \omega_i}{\omega_c}$ –

номінальне ковзання; $\Delta = \frac{\lambda_i (\lambda_{\max} - 1)}{\lambda_{\max} - \lambda_i}$; $\lambda_i = \frac{L_i}{L_i}$; $\lambda_{\max} = \frac{L_{\max}}{L_i}$; L_i, L_{\max}, L_i – пусковий,

максимальний (критичний) та номінальний моменти двигуна.

Момент сил опору обертанню ротора збудника обчислюється за формулою $R_s = 0,5 f m_s \varepsilon_s \varphi_s^2 d$. Зазначимо, що в порівнянні з цим моментом, втрати від тертя в підшипниках електродвигуна є незначними внаслідок зрівноваженості його ротора.

Чисельне інтегрування рівнянь електромеханічної системи (1), (2) здійснювалося за допомогою програмного пакета Maple 10 за таких значень параметрів: $m_1 = 0,95 \text{ ẽã}$; $m_2 = 1,05 \text{ ẽã}$; $\varepsilon_1 = 0,032 \text{ ẽ}$; $\varepsilon_2 = 0,037 \text{ ẽ}$; $I_1 = 0,0028 \text{ ẽã}^2$; $I_2 = 0,003 \text{ ẽã}^2$; $\dot{I} = 27 \text{ ẽã}$; $\tilde{n}_x = 1 \cdot 10^5 \text{ ẽ} / \text{ ẽ}$; $d = 0,02 \text{ ẽ}$; $f_1 = 0,004$; $f_2 = 0,007$. Передбачається, що у вібраційній машині використані трифазні асинхронні електродвигуни серії 4А з короткозамкнутим ротором, потужністю 0,09-0,25 кВт та частотою обертання 1500 об/хв.

Основний матеріал і результати. Розглянемо більш важливий, з практичної точки зору, зарезонансний випадок ($p_x < \omega$). З графіків (рис. 2, а, б) слідує: встановлені на спільній рухомій основі два дебалансні збудники, що приводяться в рух від незалежних електродвигунів, обертаються з однаковою середньою кутовою швидкістю – синхронною швидкістю (рис. 2, криві 1, 2; $\omega_{\text{сінхр}} = 146,5 \text{ c}^{-1}$), тоді як ті ж самі збудники, встановлені на нерухомій основі, мають різні парціальні швидкості (рис. 2, а, криві 3, 4; $\omega_1 = 148,6 \text{ c}^{-1}$, $\omega_2 = 144 \text{ c}^{-1}$). При цьому, кутова швидкість синхронного обертання наближено дорівнює середньому арифметичному парціальних швидкостей збудників. За графіком, побудованим для періоду усталеного руху (рис. 2, б) видно, що кутові швидкості збудників стають однаковими лише в середньому, що синхронна швидкість кожного із збудників не є сталою – вона увесь час коливається біля якогось певного значення $\omega_{\text{сінхр}}$. Наведені результати свідчать, що збудники в усталеному русі обертаються з кутовою швидкістю, близькою до швидкості холостого ходу (різниця становить 2,2–2,9%).

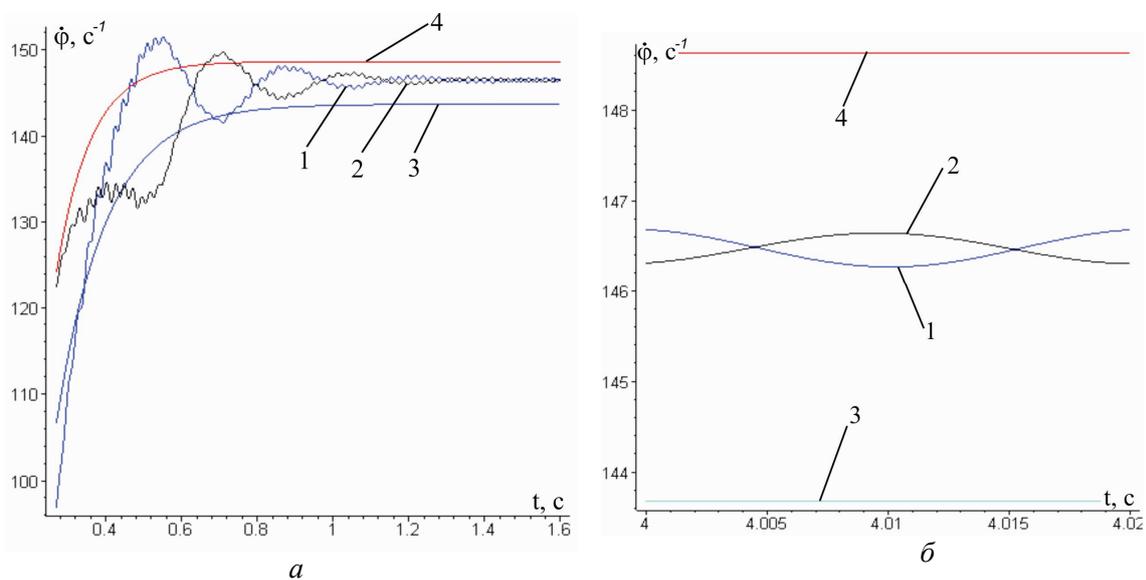


Рис. 2. Залежність від часу синхронних (1, 2) і парціальних (3, 4) швидкостей збудників: а) з моменту пуску; б) усталений рух

Звернемо увагу також на те, що встановлення ротора збудника на рухому основу призводить до того, що його кутова швидкість дещо зменшується (на 1,3–1,9%) у порівнянні з парціальною швидкістю (пов'язано з втратами енергії на коливання пружно підвішеного несучого тіла) та що виникають періодичні коливання швидкості. При цьому коливання швидкості незначні – максимальні величини відхилень малі порівняно з середнім значенням швидкості – 0,3...0,5%.

Різниця фаз між роторами збудниками при встановленні синхронного режиму стає сталою і наближено дорівнює 180° (рис. 3, а, крива 1). У той час, зсув фаз між цими ж збудниками, у випадку встановлення їх на нерухомій основі лінійно зростає з часом (рис. 3, а, крива 2). При цьому, у випадку самосинхронізації можна говорити лише про деякий середній зсув фаз, оскільки його величина може вважатися сталою лише при розгляді відносно тривалого періоду часу, а в межах одного циклу усталеного руху періодично коливається поблизу деякого середнього значення. За рис. 3, б можна оцінити величину цих коливань, яка є одним з основних параметрів оцінки стабільності синхронного режиму руху збудників [4]. У розглядуваному випадку за період усталених коливань зсув фаз змінюється у досить незначних межах: $187,6^\circ - 187,8^\circ$.

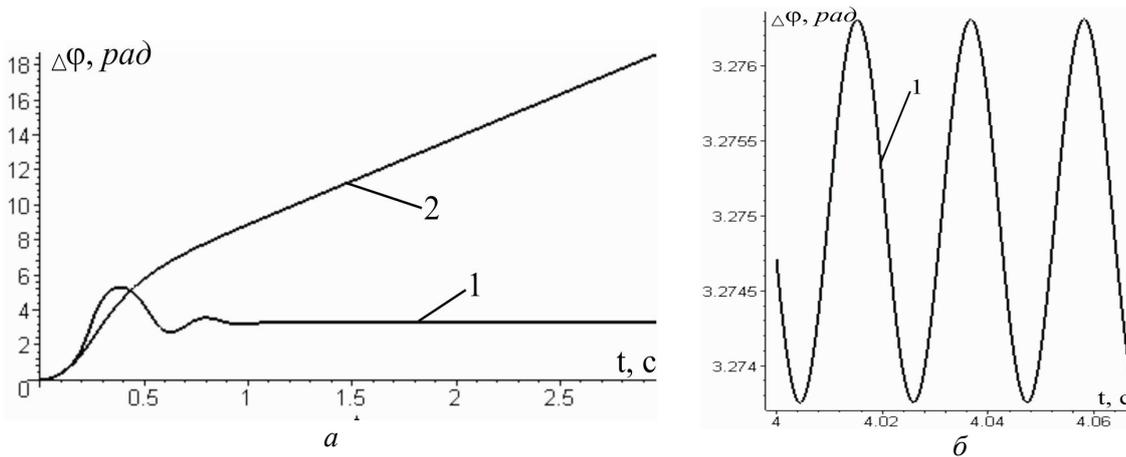


Рис. 3. Залежність різниці фаз між збудниками від часу: а) з моменту пуску; б) усталений рух: 1 – $p_x < \omega$; 2 – збудники на нерухомій основі

Суттєве зменшення амплітуди усталених коливань (рис. 4) через 1–1,5 с після пуску електродвигунів є наслідком встановлення синхронно-протифазного режиму обертання збудників внаслідок якого їх збурюючі сили практично зрівноважуються одна одною. При цьому, несуче тіло не є нерухомим, а як слідує з результатів досліджень, – вібрає з дуже незначною амплітудою ($A < 0,4 \text{ і } \dot{i}$) та частотою, яка дорівнює частоті збурення.

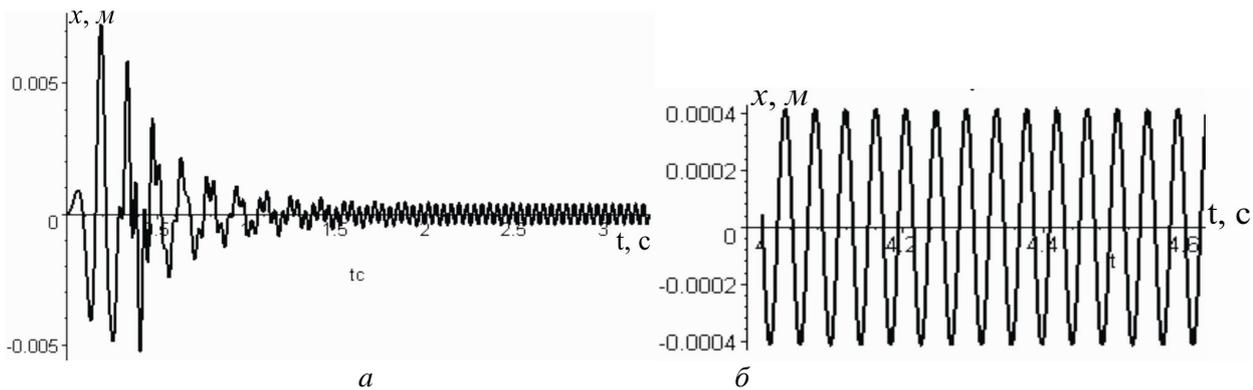


Рис. 4. Залежність від часу переміщення несучого тіла: а) з моменту пуску; б) усталений рух

Ефект самосинхронізації має місце також за значно більшої різниці між парціальними швидкостями збудників (істотної розбіжності між параметрами електродвигунів та збудників), у цьому разі, зсув фаз між збудниками буде все помітніше відрізнятися від 180° , і як наслідок, амплітуда коливань несучого тіла дещо збільшиться.

Графіки на рис. 2, а та рис. 5, а, б демонструють динаміку виходу роторів збудників на синхронний режим руху. Починаючи з моменту часу $t > 0,3 \text{ с}$, на графіку кутових швидкостей (рис. 2, а) можна спостерігати спроби збудників обертатися з однаковою швидкістю. Встановлено, якщо коливна система допускає самосинхронізацію, то вона настає практично відразу після виходу електродвигунів на усталений режим обертання. У розглядуваному випадку час встановлення синхронного режиму руху становить близько 1–1,5 с.

Коливання електромагнітних моментів двигунів (рис. 5, а, б) перед встановленням усталеного режиму руху також демонструють процес виникнення самосинхронізації. Прослідковується взаємозалежність моментів: якщо на одному з двигунів обертальний момент збільшується, то на іншому – навпаки, спадає; спостерігаються проміжки часу, протягом яких при зростанні моменту на одному з двигунів, інший двигун переходить у генераторний режим роботи. Згідно наведених графіків, «повільний» віброзбудник гальмується з меншим за абсолютною величиною вібраційним моментом і протягом меншого проміжку часу, проте пришвидшується

сильніше й довше, ніж «швидкий»; максимальні величини вібраційних моментів в усталеному режимі є значно більшими за моменти двигунів та моменти опору обертанню.

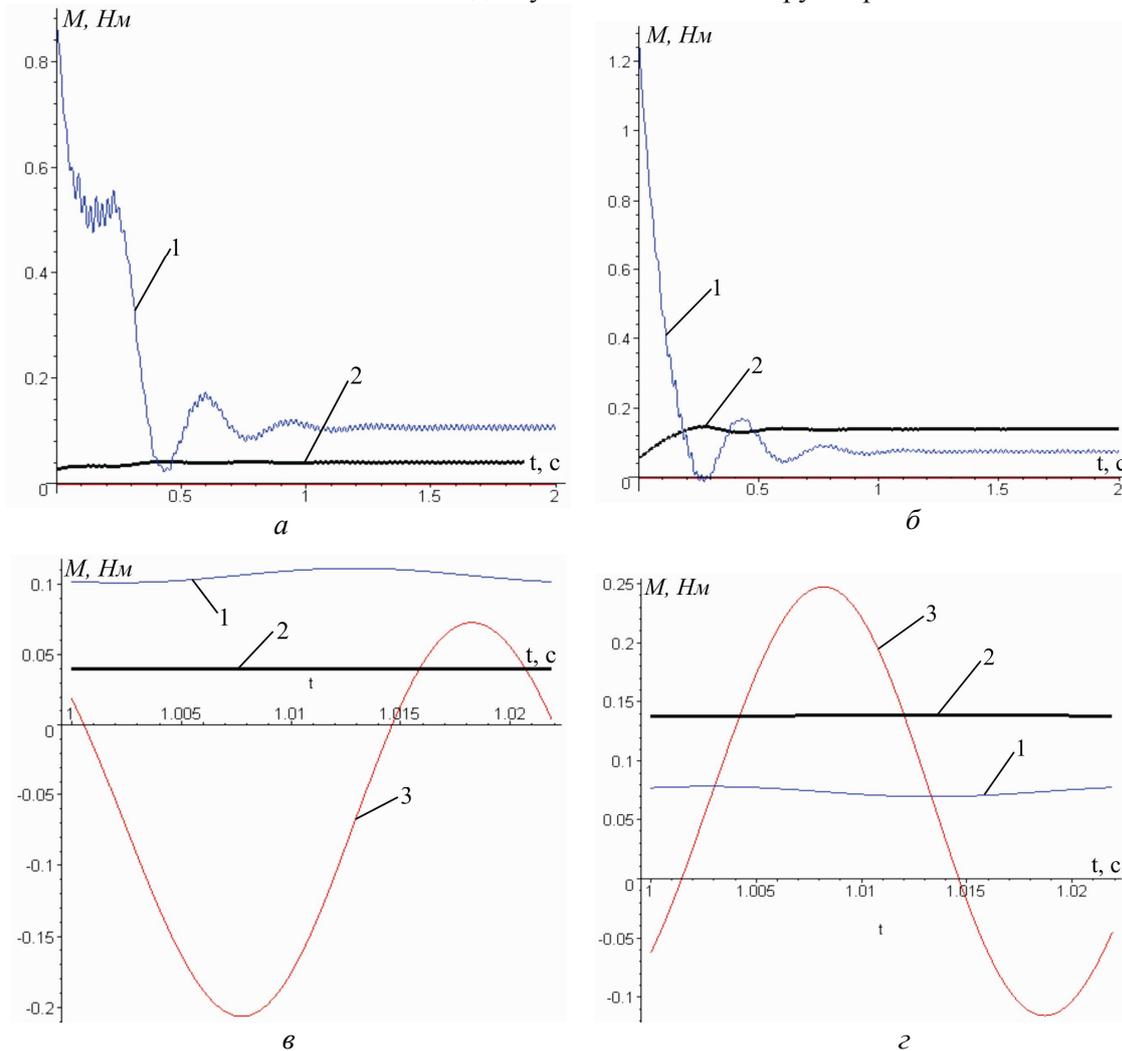


Рис. 5. Залежність від часу моментів: 1 – двигуна, 2 – опору обертанню; 3 – вібраційного моменту, з моменту пуску (а, б) для усталеного руху (в, г); для «швидкого» збудника (а, в); для «повільного» збудника (б, г)

Зауважимо, що такі вібраційні моменти (значні за величиною та змінні за напрямком) додатково навантажують жорсткі кінематичні зв'язки (ланцюги, зубчасті колеса) у разі застосування кінематичної синхронізації віброзбудників.

Проаналізувавши величину та розмах коливань моментів, що діють на кожний з віброзбудників, можна констатувати справедливості припущень, прийнятих під час аналітичних досліджень [3]; моменти двигунів та моменти опору обертанню при усталеному русі змінюються в незначних межах та допускають лінеаризацію; основний вплив на самосинхронізацію роторів збудників чинять вібраційні моменти.

У випадку дорезонансного руху отримано аналогічні графічні залежності. Відмінність полягає лише у значеннях досліджуваних параметрів: кут зсуву фаз між роторами збудників у стійкому синхронному русі приймає значення, близьке до нуля. При цьому, віброзбудники обертаються практично синфазно, і, як наслідок, несуче тіло здійснює вимушені коливання з частотою, яка дорівнює частоті збудючої сили та амплітудою $A \approx 4 \dot{\lambda} \dot{\lambda}$, що узгоджується з аналітичними результатами.

Висновки. Наведена методика дає змогу докладно аналізувати динамічні процеси, що мають місце при самосинхронізації дебалансних віброзбудників з урахуванням їх взаємодії з

асинхронними електродвигунами; дозволяє досліджувати вплив динамічних та конструктивних параметрів системи на самосинхронізацію збудників; підбирати основні параметри вібромашини.

Проведене чисельне моделювання явища самосинхронізації показує добру узгодженість з відомими аналітичними та експериментальними результатами.

Список використаних джерел

1. Блехман И.И. Самосинхронизация в природе и технике / И.И. Блехман – М.: Наука, 1981. – 352 с.
2. Нагаев Р.Ф. Самосинхронизация инерционных вибровозбудителей // Нагаев Р.Ф., Гузев В.В. Под ред. К.М.Рагульска. – Л.: Машиностроение, 1990. – 178 с.
3. Блехман И.И. Синхронизация динамических систем / И.И. Блехман– М.: Наука, 1971. – 896 с.
4. Вибрации в технике. Справочник. Т.4 / Под ред. Э.Э.Лавендела – М.: Машиностроение. 1981. – 509 с.
5. Румянцев С.А. Динамика переходных процессов и самосинхронизация движений вибрационных машин / С.А.Румянцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 134 с.
6. Ярошевич М.П. Складні випадки в теорії самосинхронізації механічних віброзбудників / М.П.Ярошевич.– Луцьк: ЛДТУ, 2005. – 192 с.
7. Ярошевич Т.С. Чисельне моделювання самосинхронізації дебалансних віброзбудників/ Т.С.Ярошевич, В.М.Тимошук, М.П.Ярошевич //Вісник НУ "Львівська політехніка". -2006.-№556.-с.103-107.
8. Шатохин В.М. Анализ и параметрический синтез нелинейных силовых передач машин: монографія / В.М. Шатохин. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008.-456с.
9. Ярошевич Н.П. Компьютерное моделирование двойного пуска вибрационных машин с инерционным возбуждением колебаний / Н.П.Ярошевич В кн. Нелинейные проблемы теории колебаний и теории управления. Вибрационная механика. – СПб.: Наука, 2009. – С. 170-192.

УДК 658.512.011.56

Л.Ю.Федік

Луцький національний технічний університет

НАЙБІЛЬШЗАСТОСОВУЮЧІ СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Л.Ю.Федік. Найбільшзастосовуючі системи автоматизованого проектування. У статті висвітлено актуальність застосування і завдання САПР. Розглянуто основні особливості найбільш поширених САПР. Зокрема: AutoCAD, CATIA, Pro/Engineer, ADEM, Vocad-3D, T-FLEX, КОМПАС, Electric, Free CAD, Qcad Community Edition, BRL-CAD, Cadmech. А також застосування CAD, CAE, CAM-Систем і АСУП.

Ключові слова: система автоматизованого проектування, програма, деталь, креслення.

Л.Ю.Федик. Наиболееиспользуемые системы автоматизированного проектирования. В статье освещены актуальность применения и задачи САПР. Рассмотрены основные особенности наиболее распространенных САПР. В частности: AutoCAD, CATIA, Pro / Engineer, ADEM, Vocad-3D, T-FLEX, КОМПАС, Electric, Free CAD, Qcad Community Edition, BRL-CAD, Cadmech. А также применение CAD, CAE, САМ-систем и АСУП.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, программа, деталь, чертежи.

L.Yu.Fedik. Naybilshzastosovuyuchi CAD system. The article highlights the relevance and application of CAD tasks. The basic features of the most common CAD. In particular: AutoCAD, CATIA, Pro / Engineer, ADEM, Vocad-3D, T-FLEX, Compass, Electric, Free CAD, Qcad Community Edition, BRL-CAD, Cadmech. Also, the use of CAD, CAE, CAM-systems and CAM.

Keywords: computer-aided design program, detail drawings.

Постановка проблеми. На сьогодні, центральною ланкою у створенні продукції є виробниче підприємство. Його конкурентоспроможність і прибутковість безпосередньо залежать від економічної діяльності підприємства. Зокрема, згідно підвищення якості виробів, скорочення і надійності термінів виконання замовлень, їх індивідуалізації, швидкого реагування на потреби ринку. А цього можна досягнути завдяки автоматизації, використання високих технологій і гнучкості виробництва.

Зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. У сучасному автоматизованому виробництві широке поширення одержали системи автоматизованого проектування (САПР). Які дозволяють проектувати технологічні процеси з меншими затратами часу і засобів виробництва, витратами матеріалів, з більшою точністю проектуючих процесів, застосуванням програм обробки деталей, що скорочує час їх обробки.

Система САПР, зазвичай, охоплює створення геометричних моделей виробів (твердотільних, тривимірних, складових), а також генерацію креслень проектуючих виробів і їх супровід [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. CAD/CAM/CAE системи класифікуються на «важкі» і «легкі». Повномасштабні повнофункціональні CAD/CAM/CAE системи на робочих станціях називаються "важкими" САПР-ами, а всі інші - "легкими". В останні 2-3 роки значну частку продажів на ринку САПР склали так звані системи «середнього» класу, що функціонують на платформі WINDOWS 95/NT.

Вирішення невирішених раніше частин загальної проблеми. Усічені версії своїх «важких» САПР для персональних комп'ютерів випустили практично всі виробники CAD/CAM/CAE систем. Прикладом можуть слугувати, зокрема, системи PT/Product фірми PTC і Prelude фірми MATRA DATAVISION. Велика кількість нових «середніх» САПР випущена низкою американських фірм: Solid Works Corp., Solid Edge (Intergraph Corp.), Microstation 95 (Bentley Systems), Autodesk Mechanical Desktop (Autodesk Ltd.) [2, 3].

Формулювання цілей статті. Оскільки, програмні комплекси САПР відносяться до найбільш складних сучасних програмних систем, які базуються на операційних системах Unix, Windows, мовах програмування C, C++, Java і інших, сучасних CASE технологіях, реляційних і об'єктно-орієнтованих системах керування базами даних (СКБД), стандартах відкритих систем і обміну даними в комп'ютерних середовищах, то метою є характеристика найбільшзастосовуючих САПР. Серед найбільш поширених САПР є AutoCAD. Це універсальна система автоматизованого проектування, що поєднує у собі функції двовимірного креслення й тривимірного моделювання. Ця система є найвідомішим продуктом компанії Autodesk. На даний момент у світі налічується близько шести мільйонів користувачів AutoCAD.

AutoCAD з'явився в 1982 році і був однією з перших САПР, розроблених для PC. Він швидко завоював популярність серед проєктувальників, інженерів і конструкторів різних галузей промисловості завдяки демократичним цінам. AutoCAD дозволяє легко й швидко створювати на основі моделі розрізи й проєкції, ефективно формувати комплекти креслень і керувати ними: групувати їх за розділами проєкту та іншими логічними категоріями, створювати переліки аркушів, керувати видами креслень, архівувати комплекти проєктної документації та організовувати спільну роботу фахівців. Система автоматизованого проєктування CATIA розроблена французькою фірмою Dassault Systems. CATIA V1 була анонсована в 1981 році. У даний момент у світі використовуються дві версії – V4 і V5, які значно відрізняються між собою. CATIA V4 була анонсована в 1993 році й створювалася для Unix- подібних операційних систем, CATIA V5 була анонсована в 1998 році, і це перша з версій, що може працювати під керуванням Microsoft Windows. За запевненням Dassault Systèmes CATIA V5 була відтворена з "нуля" і втілила в собі передові технології САПР кінця 20-го століття - початку 21-го століття. То б то тривимірне моделювання і колективну роботу в реальному часі. Для зв'язку між людьми, що перебувають у різних точках світу, у САПР передбачені засоби простого підключення до Web. Зокрема, PLM 2.0 – це новий підхід, що відкриває можливість використовувати інтелектуальні результати онлайн-взаємозв'язку. Кожен користувач може придумувати, розробляти продукти та обмінюватися інформацією на універсальній 3D-мові. Користувачі можуть у наочній формі оперувати одночасно віртуальними та реальними об'єктами. Основними конкурентами CATIA є *NX (Unigraphics)* і *Pro/ENGINEER*.

Pro/Engineer – це CAD система високого рівня. Вона містить у собі всі необхідні модулі для твердотілого моделювання деталей і створення креслярської документації. Має вбудовані можливості для проєктування зварених конструкцій [4, 5].

Заслуговує на увагу продукт компанії SolidWorks Corporation – SolidWorks. Це система автоматизованого проєктування у трьох вимірах, що працює під керуванням Microsoft Windows. Вона розроблена як альтернатива для двовимірних програм САПР. Програма з'явилася в 1993 році і склала конкуренцію таким продуктам як AutoCAD та Autodesk Mechanical Desktop, SDRC IDEAS (сьогодні Unigraphics NX) і Pro/ENGINEER. Головні завдання програми - надати користувачеві потужність тривимірної САПР системи за ціною системи двовимірної САПР. САПР SolidWorks придбала популярність завдяки простому інтерфейсу. Основний продукт SolidWorks включає інструменти для тривимірного моделювання, створення креслень, роботи з листовим металом, звареними конструкціями і поверхнями довільної форми. Крім цього існує можливість імпортування великої кількості файлів 2D і 3D CAD програм. Є API для програмування в середовищі Visual Basic і C. Також включена програма для аналізу методом кінцевих елементів початкового рівня CosmosXpress.

САПР ADEM (Automated Design Engineering Manufacturing) – це російська інтегрована CAD/CAM/CAPP-система, призначена для автоматизації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (КТПП). ADEM створено як єдиний продукт, що включає в себе інструментарій для проєктантів і конструкторів (CAD), технологів (CAPP - Computer-Aided Process Planning) і програмістів ЧПК. Тому він містить декілька різних предметно-орієнтованих САПР під єдиною логікою керування і на єдиній інформаційній базі. ADEM дозволяє автоматизувати такі види робіт як: 3D і 2D моделювання та проєктування; оформлення проєктно-конструкторської й технологічної документації; проєктування технологічних процесів; аналіз технологічності й нормування проєкту; програмування устаткування. ADEM знайшов застосування у різних галузях промисловості: авіаційній, атомній, аерокосмічній, машинобудівній, металургійній, верстатобудівній і ін. Однією з перших 3D-CAD програм для проєктування металоконструкцій, яка розвивається більше як тридцять років є Vocab-3D. Вона дозволяє конструктору в найкоротші терміни і з великою точністю виконувати дуже складні проєкти будинків і споруд. Після створення 3D-моделі, простановка номерів позицій, створення креслень і специфікацій відбувається в автоматичному режимі, що зменшує кількість помилок під час отримання кінцевого результату. А велика кількість інтерфейсів дозволяє передавати дані з програми в інші додатки (DXF (2D & 3D), DWG, DBF, XML, PDMS, SDNF, SDS / 2 .. і т. д.). Інтерфейс DSTV надає користувачам можливість отримання файлів для верстатів ЧПК.

Продукт T-FLEX CAD - повнофункціональна система автоматизованого проєктування, що володіє сучасними засобами розробки проєктів будь-якої складності. Система об'єднує параметричні можливості тривимірного моделювання із засобами створення та оформлення

конструкторської документації відповідно до стандартів серії ЄСКД. T-FLEX CAD розроблений російською компанією Топ Системи. Програмний комплекс T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM являє собою набір сучасних програмних засобів для вирішення завдань технічної підготовки виробництва будь-якої складності в різних галузях промисловості. Комплекс об'єднує системи для конструкторського і технологічного проектування, модулі підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК і інженерних розрахунків. Всі програми комплексу функціонують на єдиній інформаційній платформі системи технічного документообігу і ведення складу виробів.

Програмний комплекс T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM включає в себе:

1. конструкторську підготовку виробництва:
 - T-FLEX CAD 3D - тривимірне параметричне твердотільне моделювання;
 - T-FLEX CAD 2D - параметричне креслення та моделювання;
 - T-FLEX CAD LT - автоматизацію креслення;
 - T-FLEX CAD 3D SE - підготовку креслень за 3D моделями;
2. бібліотеки - бібліотеки параметричних елементів:
 - T-FLEX друковані плати - конвертор з електронних САПР
3. технологічну підготовку виробництва:
 - T-FLEX технологія - проектування технологічних процесів;
 - T-FLEX нормування - технічне нормування;
 - T-FLEX ЧПУ - підготовку програм для верстатів з ЧПК;
 - T-FLEX NC Tracer - імітацію процесу обробки деталей;
4. розрахункові системи:
 - T-FLEX Аналіз – звично елементний аналіз;
 - T-FLEX Динаміка - динамічний аналіз механічних систем;
 - T-FLEX Розрахунки - зубчаті передачі ;
 - T-FLEX / Пружини - конструювання пружних елементів;
5. прикладні системи:
 - T-FLEX / ІС - інженерний довідник;
 - T-FLEX / Розкрій - оптимізацію розкрою листового матеріалу;
 - T-FLEX / Штampi - проектування оснащення штампів;
 - T-FLEX / Прес-форми - проектування оснащення прес-форм;
6. документообіг:
 - T-FLEX DOCs - управління проектами та документообігом [4, 5, 6].

Набула широкого застосування система автоматизованого проектування КОМПАС, розроблена російською компанією АСКОН з можливостями оформлення проектної й конструкторської документації відповідно до стандартів серії ЄСКД і СПДБ (Система проектної документації для будівництва). КОМПАС існує у двох версіях: Компас-Графік і КОМПАС-3D. Відповідно призначених для плоского креслення і тривимірного проектування.

КОМПАС-Графік може використовуватися як повністю інтегрований в КОМПАС-3D модуль роботи з кресленнями та ескізами, так і в якості самостійного продукту. Він повністю закриває завдання 2D-проектування та випуску документації. КОМПАС-Графік автоматично генерує асоціативні види тривимірних моделей (у тому числі розрізи, перерізи, місцеві розрізи, місцеві види, види за стрілкою, види з розривом). Всі вони асоційовані з моделлю: зміни в моделі приводять до зміни зображення на кресленні. Стандартні види автоматично будуються в проекційному зв'язку. Дані в основному написі креслення (позначення, найменування, маса) синхронізуються з даними із тривимірної моделі.

Існує велика кількість додаткових бібліотек до системи КОМПАС, які автоматизують різні спеціалізовані завдання. Cadmech – це САПР компанії Intermech, яка значно розширює можливості AutoCAD в області проектування машинобудівних креслень. Cadmech прискорює проектування в порівнянні з «чистим» AutoCAD в кілька разів і скорочує терміни освоєння AutoCAD до 2-3 днів. САПР Cadmech створений спільними зусиллями конструкторів і програмістів, тому максимально враховує специфіку роботи конструктора-механіка.

Широко використовується для розробки електричних схем і проектування топології друкованих плат система Electric VLSI Design System. Крім іншого, це зручний інструмент для використання мов опису апаратури, таких як VHDL і Verilog. Electric був open-source проектом протягом багатьох років, і зараз він легко доступний через FSF (Free Software Foundation).

Electric VLSI – це система автоматизованого проектування надвеликих інтегральних схем (НВІС). За допомогою Electric можна розробляти інтегральні МОП і біполярні схеми, друковані плати або схеми будь-якого типу. Electric має безліч стилів редагування, що включають планування, схематику, ілюстрації, архітектурне проектування. Electric може взаємодіяти з різними специфікаціями і форматами файлів, як VHDL, CIF, GDS II. Найціннішою в Electric є система прив'язок, яка дає можливість здійснювати проектування зверху вниз з дотриманням цілісності всіх з'єднань.

Вільною САПР, яка підходить для навчання під час комп'ютерного графічного проектування є FreeCAD (AS. Koh's). Її особливістю є наявність засобів моделювання руху і написана на мові Smalltalk. Розробник FreeCAD Юрген Райгель, що працює в корпорації DaimlerCrisler, позиціонує свою програму як перший безкоштовний інструмент проектування механіки (порівнюючи свій продукт з такими розвиненими невеликими системами як CATIA версій 4 і 5, SolidWorks), створений на основі бібліотеки Open CASCADE. Мета програми - надати базовий інструментарій цієї бібліотеки в інтерактивному режимі [5, 6]. Qcad Community Edition - проста 2-мірна САПР з відкритим кодом, яка придатна для креслення архітектурних планів. Працює під Windows, MacOS X та на * nix системах. Вона досить успішно застосовується в таких країнах, як Тайвань. Деякі тайванські компанії взяли її в якості стандартного рішення. Випуск безкоштовної для особистого використання версії Qcad Community Edition слідує за кілька місяців після професійної версії. Одна ліцензія на професійну версію коштує \$ 33. Qcad надає інструменти для креслення точок, прямих, дуг, кіл, еліпсів, ламаних, NURBS-кривих, тексту, розмірів, штрихування та суцільної заливки. Він також може працювати з растровими зображеннями і має безліч інших інструментів. Командний рядок розташований під головним вікном, у якому можна контролювати хід креслення. З іншого боку, Qcad не підтримує DWG-файли, які використовуються у AutoCAD. BRL-CAD - багатоплатформовий САПР з відкритим кодом. Вона представляє з себе потужний 3D САПР для моделювання складових об'ємних тіл (CSG). BRL-CAD включає в себе інтерактивний геометричний редактор, паралельне променеве трасування, підтримку для прорачунку (rendering) і геометричного аналізу. Продукт BRL-CAD розробляється більше 20 років і використовується збройними силами США. Весь проект поширюється у вихідному коді. Працює на платформах BSD, IRIX, Linux, MacOS X, Solaris і Windows. Cadmech - САПР компанії Intermech. Ця система, значно розширює можливості AutoCAD в області проектування машинобудівних креслень. Cadmech прискорює проектування в порівнянні з В «чистимВ» AutoCAD в кілька разів і скорочує строки освоєння AutoCAD до 2-3 днів. Cadmech створений спільними зусиллями конструкторів і програмістів, тому максимально враховує специфіку роботи конструктора-механіка [4, 5, 6].

Висновки з даного дослідження і перспективи у даному напрямку. Найбільше застосування в нашій країні отримали САПР, які відносяться до класу "легких" або "середніх" CAD/CAM/CAE. CAD-Системи використовуються, в основному, для автоматизації креслярських робіт у конструкторських підрозділах підприємства. У цих же підрозділах застосовують і CAE-системи, але геометрична модель об'єкта при цьому будується заново, а не береться з CAD-системи. САМ-системи переважно використовуються в двох напрямках: автоматизація підготовки керуючих програм для технологічного обладнання з ЧПК і автоматизація підготовки паперової технологічної документації (маршрутні, операційні карти і т.п.). Вихідні дані для цих підсистем (в тому числі і геометричні) також вводяться знову засобами САМ. Слід відмітити, що процес інтеграції САПР з іншими автоматизованими системами, які працюють усередині підприємства, в даний час активно розвивається на багатьох підприємствах. А також активізується зв'язок САПР з системами АСУП. При цьому АСУП надає САПР інформацію про склад виробів (замовлень) і графік технічної підготовки для їх виробництва. Отримані в результаті роботи проектні рішення використовуються підсистемами АСУП для формування економічних показників виробництва і подальших управлінських рішень.

Список використаних джерел

1. http://otherreferats.allbest.ru/programming/00082343_0.html
2. <http://ukrefs.com.ua/page,2,172153-Prikladnoe-programmnoe-obespechenie.html>
3. <http://ukrdoc.com.ua/text/945/index-1.html?page=5>
4. <http://vchitel.info/konspekti-urokiv/informatika/11-klas-informatika/1850-ponyattya-programi-yak-avtomatizovanoyi-sistemi.-skladovi-programi-dani-logika-interfeys.-ponyattya-obyekta-u-programuvanni.-vlaktivosti-obyekta.html>
5. <http://ua-referat.com>
6. <http://ukrdoc.com.ua/text/945/index-1.html?page=5>

УДК 004.42(07)

Н.А. Христинець

Луцький національний технічний університет

СПОСОБИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОЦЕСІ ТЕОРЕТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ПОРОШКОВИХ СУМІШЕЙ

Христинець Н.А. Способи імітаційного моделювання в процесі теоретичного дослідження поведінки порошкових сумішей. В роботі проведено дослідження параметрів імітаційних методів поведінки дисперсних сумішей порошків для отримання градієнтного матеріалу з урахуванням вібраційних характеристик.

Ключові слова: вібраційне формування, імітаційна модель, порошкова суміш, дисперсне середовище, частки порошків, сегрегація.

Христинець Н.А. Способы имитационного моделирование в процессе теоретического исследования поведения порошковой смеси В работе проведено исследование параметров имитационных методов поведения дисперсных смесей порошков для получения градиентного материала с учетом вибрационных характеристик.

Ключевые слова: вибрационное формирование, имитационная модель, порошковая смесь, дисперсная среда, частицы порошков, сегрегация.

N. Hrystynets. Methods in process simulation theoretically investigation of behavior powder mixture. This paper studied the vibration parameters for obtaining the gradient forming material with intermediate values of the height of the existing layers and heterogeneous characteristics of the height of the sample.

Key words: vibration molding, plastic deformation gradient separation, modeling, dispersed mixture.

Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. З удосконаленням комп'ютерних технологій, появою нових математичних методів розрахунку в останнє десятиріччя інтенсивно розвивається методологія і практика математичного та комп'ютерно-імітаційного моделювання технологічних процесів порошкової металургії.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. На сьогоднішній день питанню візуального моделювання процесу вібраційного формування порошкових матеріалів присвячено багато робіт як вітчизняних, так і зарубіжних авторів. Зокрема, розроблено ряд програмних продуктів, що дозволяють дослідити процеси сегрегації сумішей методами молекулярної динаміки, дискретних елементів тощо.

Цілі статті. Метою статті є узагальнення існуючих методів побудови імітаційних моделей поведінки дисперсних сумішей з подальшим виявленням характеру розподілу у них основних компонентів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вивчення структурних характеристик металів і сплавів – одна з ключових задач сучасного матеріалознавства, на основі якої базується процес створення нових та покращення властивостей вже існуючих матеріалів. Реалізація високоякісного металографічного аналізу пов'язана з відомими труднощами, що зумовлені великими фізичним навантаженням на організм дослідника (зокрема органи зору), суб'єктивністю спостережень та невеликою швидкістю процесу дослідження. Застосування приладів, які працюють на основі лінійної механічної розгортки оптичних об'єктів вносить свої обмеження на інтерпретацію сигналів, що одержуються, а також позбавляє можливості „інтелектуального” втручання у процес вимірів

Система віброформування порошкової суміші може бути описана алгоритмом імітації. Відтворення за допомогою комп'ютерної програми процесу функціонування складної системи поведінки часток у віброуючому контейнері в часі було розглянуто раніше. У результаті багатократних прогонів імітаційних моделей було отримано інформацію про властивості реальної системи.

До імітаційного моделювання прибігають, коли:

- дорого або неможливо експериментувати на реальному об'єкті;
- неможливо побудувати аналітичну модель, тому що в системі є час, причинні зв'язки, наслідки, нелінійності, стохастичні (випадкові) змінні;
- необхідно зімітувати поведінку системи в часі.

Імітаційне моделювання може застосовуватися у різних сферах діяльності. Особливо ефективним є це моделювання при вирішенні наступних завдань:

- проектування та аналіз виробничих систем;
- оцінка різних систем озброєнь;
- визначення вимог до устаткування та протоколів мереж зв'язку;
- модернізація різних процесів у діловій сфері;
- аналіз фінансових і економічних систем.

Тобто, при моделюванні процесу формування виробу, імітаційна модель виступає як можливість конструкторського вирішення системного аналізу і технологічного завдання розподілу часток дисперсного середовища. Своєю речю, вона є інструментальним засобом, що забезпечує автоматизовану підтримку самого процесу. Автоматизована підтримка інших етапів системного аналізу засобами імітаційної системи не є обов'язковою. Однак саме ступінь автоматизації визначає можливості імітаційної системи і є основою їх класифікації. З урахуванням етапності системного аналізу і технологічних завдань, що розв'язуються на них, виділимо можливий набір засобів імітаційної системи, що автоматизують виконання ряду функцій, реалізованих на цих етапах.

Створення моделі може бути підтримано наступними засобами автоматизації:

- а) частково готовою моделлю або моделями;
- б) компіляторами з алгоритмічної мови високого рівня, спеціалізація якого полегшує процес складання алгоритмів імітації;
- в) спеціальною мовою високого рівня, що дозволяє виконати інформаційний або математичний опис моделі системи;
- г) конверторами моделей, що дозволяють здійснювати перетворення моделей одного виду в моделі іншого виду (інформаційної в математичну, математичної в імітаційну, інформаційної в імітаційну);
- д) засобами контролю погодженості різних видів моделей з концептуальним поданням моделі.

Перевірка адекватності та технічної реалізованості може виконуватися з використанням:

- а) програм обчислення показників адекватності;
- б) автоматизованої технології проведення обмеженого експерименту з імітаційною моделлю;
- в) програм обчислення характеристик складності моделі;
- г) програм обчислення ресурсних показників методу рішення завдання.

Корекція моделі може забезпечуватися:

- а) автоматизованими технологіями редагування текстів моделей;
- б) програмами еквівалентних перетворень математичних і алгоритмічних моделей заданого класу.

Створення алгоритму рішення завдання може підтримуватися:

- а) методоорієнтованими бібліотеками та пакетами програм;
- б) конструкторами алгоритмів рішення завдань;
- в) інформаційними системами підтримки прийняття рішень тощо.

Складання і уточнення схеми рішення завдання може виконуватися з використанням:

- а) програмних засобів контролю інформаційної сумісності сімейства завдань;
- б) редакторів текстів обчислювальних схем тощо.

В теорії напружень та деформацій дисперсна середовище, що складається з безлічі дискретних частинок, може бути розглянута як статистичний макроскопічний еквівалент, доступний для математичного аналізу методами механіки суцільного середовища.

Однак, з одного боку це твердження може бути обґрунтоване на відомих допущеннях теорії механіки суцільного середовища про однорідність і сплошності середовища, а з іншого - в статистичному макроскопічному еквіваленті сипучого середовища механікою суцільного середовища не було прийнято ніяких припущень або умов про співвідношення між навантаженнями і деформаціями, як це зроблено стосовно рідини, газу та твердого тіла, що деформується. Ці співвідношення повинні встановлюватися

експериментально в кожному конкретному випадку. Крім того, сама природа процесу градиентного вібраційного поділу передбачає кінцевою метою досягнення неоднорідності, градиентному дисперсної суміші.

Укрупнене процес моделювання розділимо на 2 частини:

1) моделювання при дії вібрації поведінки ДС, як суцільний, з певними застереженнями;

2) імітаційне моделювання руху частинки в ДС.

Для створення рухливості частинок дисперсний матеріал приводять в сдвигове рух, при якому повинно долатися порогове тертя між частинками.

Так, в роботі [1] моделювання вібраційної сегрегації здійснювалося за аналогією з методом молекулярної динаміки за допомогою готового програмного продукту. Метод молекулярної динаміки є однією з різновидів методу динаміки часток, коли в якості часток виступають атоми або молекули. У разі, коли частки являють собою більші утворення (зерна, гранули, макроскопічні частинки), часто використовують термін «молекулярна динаміка», хоча правильніше в цьому випадку говорити про динаміку часток або дискретних елементів. Метод дискретних елементів був використаний для імітаційного моделювання і вперше застосований для дослідження механіки гірських порід. При моделюванні процесу цим методом задаються початкові положення і швидкості частинок. Потім, виходячи з цих початкових даних і також задаються фізичні закони взаємодії частинок, обчислюються сили, що діють на кожну частинку. При цьому можна враховувати самі різні закони взаємодії, достатньо, щоб для їх опису існували розв'язувані рівняння.

Найбільш відомі програми для розрахунків методом дискретних елементів – Chute Maven (Hustrulid Technologies Inc.), PFC2D і PFC3D, EDEM (DEM Solutions Ltd.), GROMOS 96, ELFEN, MIMES, PASSAGE®/DEM.

На рис. 3.4 представлені деякі результати досліджень з використанням програми (DEM Solutions Ltd) для двох, трьох і чотирьох типів часток, що відрізняються як за розмірами, так і за щільністю [2].

Представлені зображення є фрагментами імітаційного моделювання і відповідають досить великому часу протікання процесу, при якому стан сумішей можна вважати стаціонарним. Кожному малюнку поставлена у відповідність колонка чисел, що вказує на відносні щільності частинок, відносні розміри яких показані в другій колонці. Рис. 3.4 а) описує випадок ефективного поділу трьох типів частинок, що відрізняються як за щільністю, так і за розмірами. На рис 3.4 б) і в) показано проблемне розділення трьох і двох типів часток однакової щільності, що відрізняються за розміром. На рис. 3.4 г) представлена картина поділу суміші чотирьох типів частинок у випадку, коли два сорти великих і два сорти дрібних частинок, що відрізняються в два рази по щільності, мають однаковий розмір. В цьому випадку розділення ефективне, але вимагає значно більшого часу. Рис. 3.4 д) і е) відповідають ефективному розділенню часток з різними комбінаціями щільностей і розмірів.

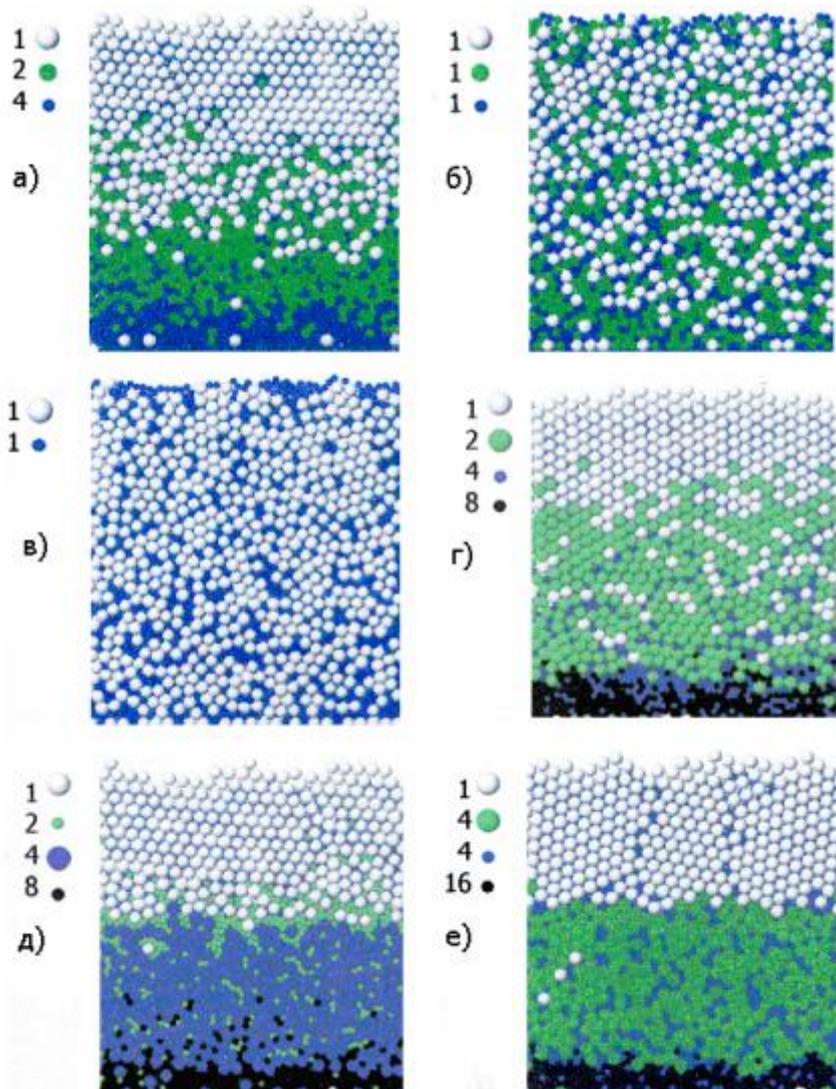


Рис. 1.1 – Деякі результати досліджень вібраційної сегрегації методами імітаційного моделювання

Особливий інтерес представляє якісне дослідження поведінки двокомпонентних сумішей для з'ясування принципових закономірностей їх поведінки під дією вібрації. На рис. 3.5 представлено стан двокомпонентної суміші часток рівних діаметрів (1,5мм) через 60с. впливу вібрації з амплітудою 2мм і частотою 25Гц з різним співвідношенням щільності.

При поділі сипучої речовини одночасно протікають два процеси: рух окремих частинок під дією локальних деформацій середовища і просіювання дрібних фракцій під дією гравітації через решітку великих часток.

Тому природно було б при описі реології ДС нарівні з рівняннями нерозривності, перенесення імпульсу та масопереносу використовувати і рівняння дифузії. Не кажучи про складність реалізації такої моделі, вона, тим не менш, не гарантує отримання адекватного результату через істотно стохастичного характеру самого процесу поділу. Якщо рішення рівнянь механіки суцільного середовища при деяких припущеннях ще можна звести до хоча б чисельному увазі, то дифузионная складова просто втрачає сенс з причини істотно стохастичного характеру самого процесу дифузії. Тому в даній роботі розглядається методика отримання математичної моделі вібраційного поділу дисперсної середовища в декілька етапів, що містять ітераційні процедури на основі уточнення прийнятих припущень в процесі імітаційного моделювання.

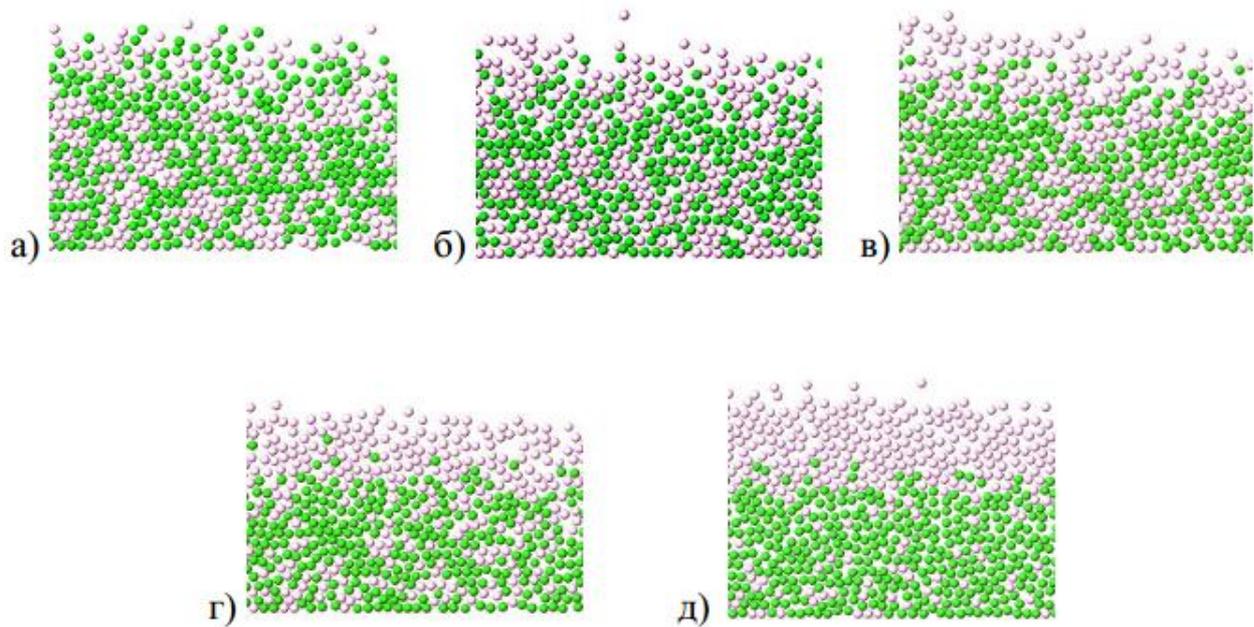


Рис. 1.2 –Результати імітаційного моделювання розділення порошкової суміші. Відношення щільностей: а) 1.125, б) 1.25, в) 1.5, г) 2, д) 5.

Природньо, що ефективність розділення зростає в міру збільшення відношення щільностей.

Висновки. Огляд методів імітаційного моделювання показав, що є можливість досить наочно і зручно візуалізувати процес моделювання за допомогою комп'ютера. Проте, і цей спосіб має свої недоліки. По-перше, ряд програмного забезпечення, як наприклад EDEM, має високі вимоги щодо обчислювальних ресурсів. Також очевидним є те, що при обчисленні рухів кожної частки описаними методами виникають похибки, а задача обчислення індивідуальних траєкторій має досить нелінійний характер.

Список використаних джерел.

1. Механічні та комп'ютерні моделі консолідації гранульованих середовищ на основі порошків металів і кераміки при деформуванні та спіканні: монографія/ М.Б. Штерн, В.Д. Рудь /за ред. академіка НАН України В. В. Скорохода. - Київ-Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2010. - 232 с.
2. Патент України № 4623 U МПК 7 B01D35/02. Фільтр / В.Д.Рудь, О.Ю.Повстяной, О.В.Заболотний, Заявл.01.07.04; опубл. 17.01.05. Бюл.№1, 2005.
3. Бальшин М.Ю. Теория и практика прессования металлических порошков // Порошковая металлургия. – 1974. – № 6. – С. 37-39.
4. Витязь П.А., Шелег В.К. Капцевич В.М. Прогнозирование свойств спеченных проницаемых материалов с переменной по сечению пористостью бидисперсной глобулярной модели. – Мн.: Вышэйшая школа, 1980, - Вып.4. – с.68-72.
5. Радомысельский И.Д., Холодный И.П. Спеченные легированные конструкционные стали // Порошковая металлургия. – 1975, – № 6. – С. 59-71.
6. Щербань Н.И. Влияние пористости на механические свойства материалов, получаемых методами порошковой металлургии // Порошковая металлургия. – 1973, – № 10. – С. 70-77.

УДК 530.1

Човнюк Ю.В.^{1,2}, Герасимчук Г.А.³, Гуменюк Ю.О.¹, Диктерук М.Г.²

¹Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев,

²Киевський національний університет будівництва та архітектури, г. Киев,

³Луцкий национальный технический университет, г. Луцк.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА В АНАЛИЗЕ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ РАМЫ СТАНКОВ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ

Човнюк Ю.В., Герасимчук Г.А., Гуменюк Ю.О., Диктерук М.Г. Использование модели математического маятника в анализе нелинейных колебаний рамы станков для динамической балансировки. Обоснована модель математического маятника для анализа нелинейных колебаний рамы станков для динамической балансировки. Используются методы Ван-дер-Поля и Крылова-Боголюбова для случая нелинейного порождающего уравнения, которым является уравнение колебаний математического маятника с вязким трением.

Ключевые слова: модель, анализ, нелинейность, колебания, математический маятник, рама, станки, динамика, балансировка.

Човнюк Ю.В., Герасимчук Г.А., Гуменюк Ю.О., Диктерук М.Г. Використання моделі математичного маятника в аналізі нелінійних коливань рами верстатів для динамічного балансування. Обґрунтована модель математичного маятника для аналізу нелінійних коливань рами верстатів для динамічного балансування. Використані методи Ван-дер-Поля та Крилова-Боголюбова для випадку нелінійного породжувачого рівняння, яким є рівняння коливань математичного маятника з в'язким тертям.

Ключові слова: модель, аналіз, нелінійність, коливання, математичний маятник, рама, верстати, динаміка, балансування.

Chovnyuk YU., Herasymchuk H., Humenyuk YU., Dikteruk M. Use of model of mathematical pendulum in the analysis of nonlinear vibrations of frame of machine-tools for the dynamic balancing. In the article proved a model of mathematical pendulum for the analysis nonlinear oscillations frame machines for dynamic balancing. For the case of non-linear equations (equation of a mathematical pendulum oscillations of viscous friction) was used Methods of Van der Pol and Krylov-Bogolyubov.

Key words: model, analysis, nonlinearity, oscillation, mathematical pendulum, machine frame machining station, dynamics, balancing.

Постановка проблемы. Современные станки для динамической балансировки, за небольшим исключением, представляют собой системы с одной степенью свободы, колебания подвижных частей которых происходят вокруг некоторой оси, определяемой конструкцией станка. Подобные станки востребованы при монтаже и наладке станков с числовым программным управлением (ЧПУ), оснащенных мехатронными системами управления и коррекции движения их рабочих органов. Поскольку нелинейные колебания для всех станков описываются одним и тем же дифференциальным уравнением, то для его составления можно воспользоваться рассмотрением одного из станков.

Для анализа нелинейных колебаний рамы указанных станков для балансировки, по мнению авторов данного исследования, целесообразно использовать комбинированный подход в задаче моделирования таких колебаний, а именно тот, который сочетает методы Ван-дер-Поля и Крылова-Боголюбова (для случая нелинейного порождающего уравнения). При этом, сохраняя условия консервативности порождающего уравнения, такая постановка задачи может, например, возникнуть при изучении нелинейного осциллятора с трением в том случае, когда нас интересуют колебания с не малыми амплитудами (в частности, вблизи сепаратрисных решений).

Анализ последних исследований и публикаций. Дифференциальное уравнение колебаний рамы балансировочного станка в линейном приближении получено и исследовано в [1]. Для анализа указанного уравнения в нелинейной постановке, когда угол отклонения рамы от положения устойчивого равновесия не мал, по мнению авторов данного исследования следует использовать методы и подходы, приведенные и обоснованные в [2 - 10]. Результаты указанных выше работ будут использованы в данном исследовании.

Цель работы – обосновать математическую модель нелинейных колебаний рамы балансировочного станка и исследовать динамику объекта численно-аналитическим подходом, базирующимся на результатах работ, представленных в [2 - 10].

Изложение основных результатов работы.

1. Уравнение колебаний рамы балансирующего станка.

Современные станки для динамической балансировки, используемые для монтажа и эффективной эксплуатации систем станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и мехатронными системами коррекции движения их рабочих органов, за небольшим исключением, представляют собой системы с одной степенью свободы, колебания подвижных частей которых происходят вокруг некоторой оси, определяемой конструкцией станка. Так как эти колебания для всех станков описываются одним и тем же дифференциальным уравнением, то для составления уравнения можно воспользоваться рассмотрением одного из станков.

На рис. 1 показана принципиальная схема балансирующего станка рамного типа.

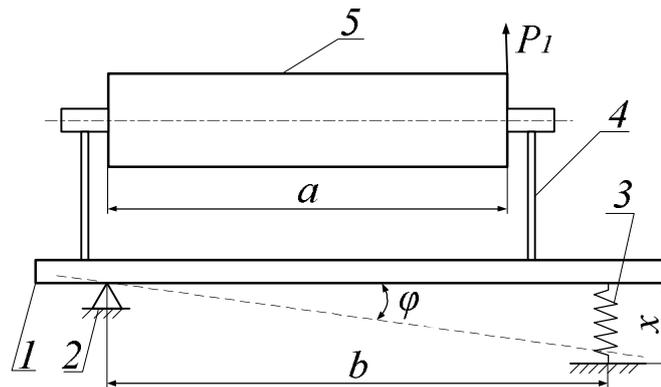


Рис. 1. Геометрия задачи:

1 – рама станка, 2 – шарнир, 3 – пружина, 4 – стойка, 5 – балансируемая деталь

На раме 1 станка установлена на стойках 4 балансируемая деталь 5, рама связана со станиной неподвижным шарниром 2, вокруг которого она может поворачиваться, и упругой связью 3. Рама может совершать только вращение вокруг горизонтальной оси шарнира 2.

Обозначив обобщенную координату через φ , запишем дифференциальное уравнение вращательного движения рамы:

$$I_0 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \sum_{i=1}^n M_i, \quad (1)$$

где I_0 – массовый момент инерции относительно оси шарнира рамы и балансируемой детали;

M_i – момент i – й внешней силы, действующей на раму и деталь;

φ – угол отклонения рамы от положения устойчивого равновесия;

n – число внешних сил.

Определим моменты внешних сил, действующих на раму.

1.1 Возмущающий момент силы инерции приведенной неуравновешенной массы детали.

В [1] показано, что неуравновешенные массы детали в общем случае могут быть приведены к двум точкам, лежащим в произвольно выбранных плоскостях. Конструкция машины позволяет изменять положение детали на раме относительно жесткой опоры. Допустим, что одна из плоскостей приведения совпадает с осью вращения рамы. При вращении детали центробежная сила одной из приведенных масс воспринимается жесткой опорой, а второй массы – вызывает колебания рамы. Так как конструкция машины допускает колебания каждой точки рамы только в вертикальной плоскости, то возбуждает колебания вертикальная составляющая центробежной силы, которая будет определяться так:

$$P_1 = m_1 \rho_1 \omega^2 \cos \omega t, \quad (2)$$

где $P_1 = m_1 \rho_1$ – статический момент приведённой массы относительно оси вращения;

ω – угловая скорость детали;

ωt – мгновенный угол, который составляет центробежная сила с вертикальной плоскостью;

t – время.

Момент силы (2) относительно оси вращения рамы равен:

$$M_1 = m_1 \rho_1 \omega^2 a \cos \omega t, \quad (3)$$

где a – расстояние между плоскостью приведения неуравновешенных масс (оно равно расстоянию между плоскостями установки уравновешивающих грузов).

1.2 Момент восстанавливающей силы гибкой опоры.

При колебании рамы происходит упругая деформация гибкой опоры; восстанавливающая сила этой опоры действует на раму. При малых деформациях можно считать справедливым закон Гука; восстанавливающая сила поэтому равна:

$$P_2 = -cx, \quad (4)$$

где c – коэффициент жесткости гибкой опоры;

x – ее линейная деформация.

Для величины x получаем:

$$x = b \sin \varphi, \quad (5)$$

где b – расстояние между гибкой и жесткой опорами.

Момент силы P_2 относительно оси жесткой опоры будет равен:

$$M_2 = -cbx. \quad (6)$$

Подставляя (5) в (6), получаем

$$M_2 = -cb^2 \sin \varphi. \quad (7)$$

1.3 Момент сил сопротивлений.

Колеблющаяся рама при движении преодолевает различные сопротивления: сопротивление окружающей среды, сопротивление трения в соединениях, сопротивление в измерительных приборах и т.д. При колебаниях приведенный момент сил сопротивлений можно приближенно считать пропорциональным первой степени угловой скорости рамы:

$$M_3 = -\beta \frac{d\varphi}{dt}, \quad (8)$$

где β – приведенный коэффициент затухания;

$\frac{d\varphi}{dt}$ – угловая скорость рамы.

Подставив (3), (7) и (8) в (1), получим дифференциальное уравнение движения рамы в таком виде:

$$I_0 \frac{d^2\varphi}{dt^2} + \beta \frac{d\varphi}{dt} + cb^2 \sin \varphi = m_1 \rho_1 \omega^2 a \cos \omega t. \quad (9)$$

Движение, описываемое уравнением (9), является результатом наложения на свободные затухающие нелинейные колебания рамы вынужденных колебаний, возникающих под действием возмущающих сил.

Для малых значений угла φ можно полагать $\sin \varphi \approx \varphi$. Этот случай детально исследован в [1].

Введем следующие замены переменных и обозначения:

$$\tau = \omega t; \quad t \rightarrow \tau; \quad \alpha_1 = \frac{\beta}{I_0 \omega}; \quad \alpha_2 = \frac{cb^2}{I_0 \omega^2}; \quad \alpha_3 = \frac{m_1 \rho_1 a}{I_0}. \quad (10)$$

Тогда (9) можно представить следующим образом:

$$\varphi_{\tau\tau} + \alpha_1 \varphi_{\tau} + \alpha_2 \sin \varphi = \alpha_3 \cos \tau, \quad (11)$$

где $\varphi_{\tau} = \frac{d\varphi}{dt}$, $\varphi_{\tau\tau} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$.

Анализ (11) проведем в два этапа. Сначала рассмотрим аналитические решения для однородного уравнения, вытекающего из (11), которые описывают свободные нелинейные колебания системы, т.е.:

$$\varphi_{\tau\tau} + \alpha_1 \varphi_{\tau} + \alpha_2 \sin \varphi = 0. \quad (12)$$

Для анализа (12) используем подходы, развитые в [10].

А. рассмотрим случай $\alpha_1 \rightarrow 0$. Тогда полная энергия колебаний приобретает значение:

$$E = \frac{1}{2} (\varphi_{\tau})^2 + \alpha_2 (1 - \cos \varphi). \quad (13)$$

Решение уравнения

$$\varphi_{\tau\tau} + \alpha_2 \sin \varphi = 0, \alpha_2 > 0 \quad (14)$$

в квадратурах. При этом после замены $z = \sin \frac{\varphi}{2}$ зависимость $\tau = \tau(z)$ выражается через эллиптический интеграл первого рода. В качестве эллиптического модуля принимаем $\sqrt{E/(2\alpha_2)}$ или $\sqrt{(2\alpha_2)/E}$ в зависимости от соотношения E и $2\alpha_2$.

Критическая энергия $E_0 = 2\alpha_2$ соответствует сепаратрисному решению:

$$\varphi = -\pi + 4 \operatorname{arctg}[\exp(\sqrt{\alpha_2} \tau)]. \quad (15)$$

При малых энергиях $E < E_0 = 2\alpha_2$ решение для колебаний (нелинейных) математического маятника имеет вид:

$$\varphi = 2 \operatorname{arcsin}[k \operatorname{sn}(\sqrt{\alpha_2} \tau, k)], \quad (16)$$

где модуль k определяет энергию и частоту (Ω) осциллятора:

$$E = E_0 k^2, \Omega = \frac{\sqrt{\alpha_2} \pi}{2K}. \quad (17)$$

В (16) $\operatorname{sn}(u, k) \equiv \sin[\operatorname{am}(u, k)]$ – эллиптический синус (синус Якоби), а в (17) $K(k)$ – полный эллиптический интеграл первого рода. Напомним, что по определению

$$K(k) = \int_0^1 \frac{dz}{\sqrt{(1-z^2)(1-k^2 z^2)}}, \quad (18)$$

а для эллиптического интеграла первого рода имеем:

$$F(\tilde{\varphi}, k) = \int_0^{\tilde{\varphi}} \frac{dy}{\sqrt{(1-k^2 \sin^2 y)}} = \int_0^{\operatorname{sn} \tilde{\varphi}} \frac{dz}{\sqrt{(1-z^2)(1-k^2 z^2)}}. \quad (19)$$

Обозначая $F(\tilde{\varphi}, k) = u(\tilde{\varphi})$, для обратной функции $\tilde{\varphi}(u) = \operatorname{am}(u, k)$ имеем т.н. эллиптическую амплитуду.

При больших энергиях $E > E_0 = 2\alpha_2$ вращение математического маятника (нелинейные колебания φ) описываются функцией:

$$\varphi = 2 \operatorname{arcsin}[\operatorname{sn}(\sqrt{\alpha_2} \tau/k, k)] \equiv 2 \operatorname{am}(\sqrt{\alpha_2} \tau/k, k). \quad (20)$$

Б. Рассмотрим случай $\alpha_1 \neq 0$, причем $\alpha_1 \ll 1$ (слабое/небольшое вязкое трение). Учитывая выражение (17), для частоты и энергии нелинейного колебания вводим фазу колебания ψ и переписываем (16) в виде:

$$Q = 2 \operatorname{arcsin} \left[\sqrt{\frac{E}{E_0}} \operatorname{sn} \left(\frac{2}{\pi} K \left(\sqrt{\frac{E}{E_0}} \right) \psi, \sqrt{\frac{E}{E_0}} \right) \right], \quad (21)$$

где $\tilde{k} = \sqrt{\frac{E}{E_0}}$, $\psi = \tau, \frac{2}{\pi} K \left(\sqrt{\frac{E}{E_0}} \right) \psi \equiv \sqrt{\alpha_2} \tau, \varphi \equiv Q$,

Для определения скорости изменения энергии в системе со временем необходимо вычислить производную: $\frac{d\varphi}{dt} \rightarrow \frac{dQ}{d\psi}$. Тогда:

$$Q_\psi = \frac{4}{\pi} \tilde{k} K \operatorname{cn} \left(\frac{2}{\pi} K \psi, \tilde{k} \right), \quad (22)$$

где $\operatorname{cn}(u, k) = \sqrt{1 - \operatorname{sn}^2(u, k)}$ – эллиптический косинус Якоби.

Используя методы Ван-дер-Поля и Крылова-Боголюбова в случае нелинейного порождающего уравнения [10] для скорости изменения энергии получим:

$$\frac{dE}{d\tau} = -2\alpha_1 \alpha_2 \frac{\tilde{k}^2}{K} \int_0^{2K} \operatorname{cn}^2 z dz = -4\alpha_1 \alpha_2 \left[\frac{E(\tilde{k})}{K(\tilde{k})} - 1 + \tilde{k}^2 \right], \quad (23)$$

где $E(\tilde{k})$ – полный эллиптический интеграл второго рода.

Для малоамплитудных нелинейных собственных колебаний системы ($\tilde{k} \ll 1$) полагаем $\frac{E(\tilde{k})}{K(\tilde{k})} \approx 1 - \frac{\tilde{k}^2}{2}$, тогда соотношение (23) определяет скорость диссипации энергии, вытекающую из (17), а именно:

$$\frac{dE}{d\tau} = -\alpha_1 E. \quad (24)$$

Однако экспоненциально медленное убывание энергии происходит только в линейном режиме колебаний. В обратном предельном случае ($\tilde{k} \rightarrow 1$), когда исходная энергия математического (нелинейного) маятника близка к E_0 , диссипация происходит по другому закону. В этом случае

$$K(\tilde{k}) \approx -\frac{1}{2} \ln(1 - \tilde{k}^2), E(\tilde{k}) \approx 1, \text{ и имеем:}$$

$$\frac{dE}{d\tau} \approx \frac{8\alpha_1\alpha_2}{\ln \frac{E_0 - E}{E_0}}. \quad (25)$$

Решая это уравнение (25) приближенно, получаем следующее соотношение:

$$E \approx E_0 [1 - 4\alpha_1 (t - \tau_0)], \quad (26)$$

где τ_0 – произвольная константа интегрирования. Таким образом, энергия системы линейно убывает на начальном этапе диссипации.

В. Численное решение (11) для произвольных значений $\alpha_{1,2,3}$.

Ниже на рис. 2 представлены зависимости $\varphi(\tau)$, $\varphi_\tau(\tau)$, $\varphi_{\tau\tau}(\tau)$ и фазовые портреты (φ, φ_τ) ; $(\varphi_\tau, \varphi_{\tau\tau})$; $(\varphi, \varphi_{\tau\tau})$ полученные при численном решении на ЭВМ уравнения (11) для разных сочетаний $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ параметров.

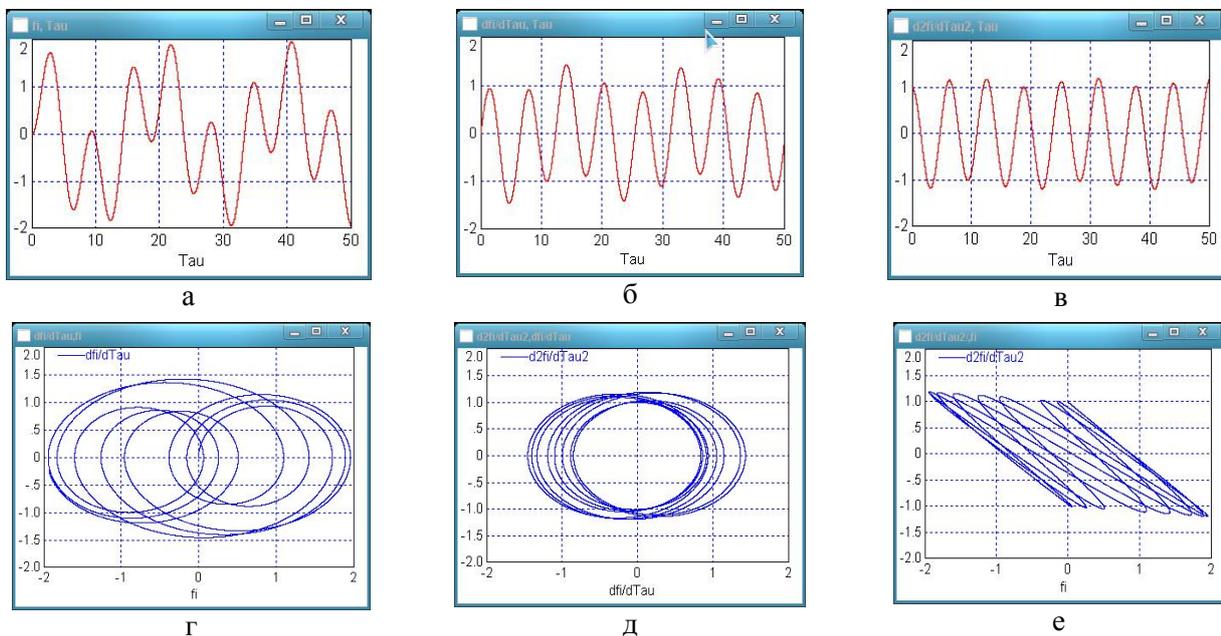


Рис. 2. Зависимости $\varphi(\tau)$, $\varphi_\tau(\tau)$, $\varphi_{\tau\tau}(\tau)$ (а, б, в) и соответствующие фазовые портреты (г, д, е)

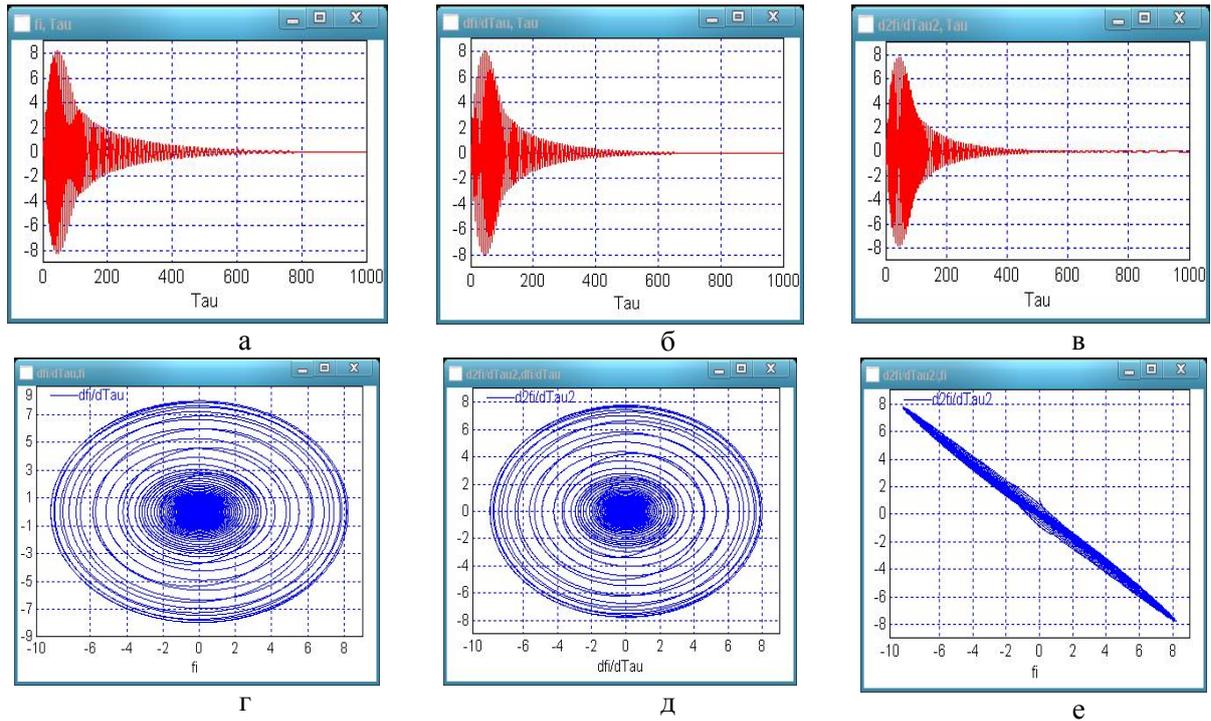


Рис. 3. Зависимости $\tilde{\varphi}(\tau)$, $\tilde{\varphi}'(\tau)$, $\tilde{\varphi}''(\tau)$ (а, б, в) и соответствующие фазовые портреты (г, д, е)

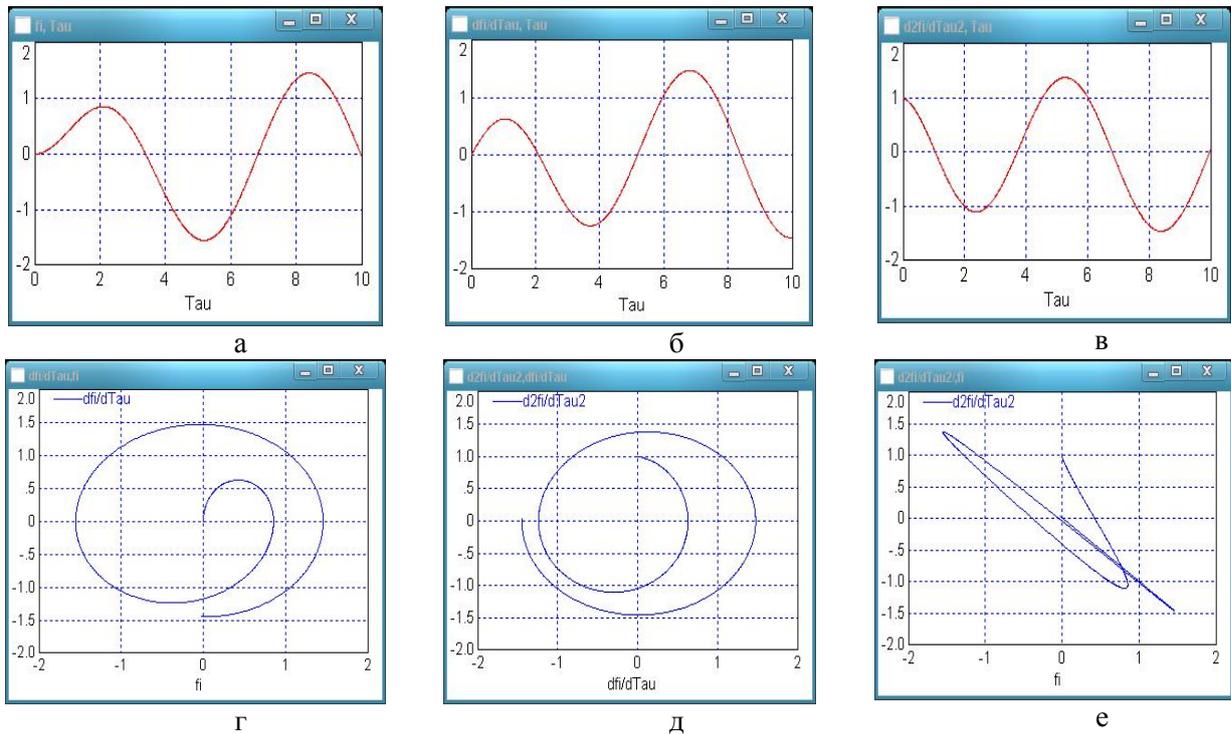


Рис. 4. Зависимости $\tilde{\varphi}(\tau)$, $\tilde{\varphi}'(\tau)$, $\tilde{\varphi}''(\tau)$ (а, б, в) и соответствующие фазовые портреты (г, д, е)

Анализ приведенных графиков (рис. 2 – 4) показывает, что для некоторых из комбинаций параметров $(\alpha_{1,2,3})$ система описываемая (11) уравнением ввергается в состояние динамического хаоса и становится неуправляемой. В тех случаях, когда фазовые портреты (φ, φ') , (φ', φ'') описываются замкнутыми кривыми, система пребывает в режимах периодических нелинейных

© Човнюк Ю.В., Герасимчук Г.А., Гуменюк Ю.О., Диктерук М.Г.

колебаний, затухающих со временем t . Если фазовый портрет $(\varphi, \dot{\varphi})$ представляет собой прямую линию (или близкую к ней кривую) – это означает, что частота системы близка к постоянной величине. В данном случае под частотой понимаем ту, с которой происходят вынужденные колебания системы (поскольку собственные с течением времени t затухают).

Во всех вариантах расчетов выбирались начальные условия вида: $\varphi|_{t=0} = 10^{-6}$; $\dot{\varphi}|_{t=0} = 10^{-6}$. Значения α_2 и α_3 в большинстве случаев выбирались из множества $\alpha_{2,3} = \{0,1; 1; 10\}$. Значение α_1 выбирались из множества $\{0,01; 0,1; 1\}$.

Выводы

1. Обоснована модель математического маятника для анализа нелинейных колебаний станков, предназначенных для динамической балансировки.
2. Получены точные аналитические и приближенные решения, описывающие свободные нелинейные колебания маятника, а также с помощью ЭВМ численные решения для вынужденных видов колебаний описываемой системы. Построены соответствующие им фазовые портреты (классический и высших порядков). Проведен их анализ.
3. Полученные в работах результаты могут быть в дальнейшем использованы для уточнения и совершенствования существующих инженерных методов расчета балансировочных станков как на стадиях их проектирования/конструирования, так и в режимах реальной эксплуатации.

Список використаних джерел

1. Штейнвольф Л.И. Динамические расчеты машин и механизмов. /Л.И. Штейнвольф. –М., К.:Машгиз, 1961.– 340 с.
2. Андронов А.А. Теория колебаний./ А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин.– М.: Наука, 1981.– 568 с.
3. Блэкьер О. Анализ нелинейных систем/ О.Блэкьер.– М.: Мир,1969. –400с.
4. Боголюбов Н.Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний/ Н.Н. Боголюбов, Ю.А.Митропольский. – М.: Физматгиз, 1963.– 410с.
5. Ландау Л.Д. Механика./ Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука,1965.– 203с.
6. Моисеев Н.Н. Асимптотические методы нелинейной механики/ Н.Н. Моисеев.– М.: Наука, 1969.– 377с.
7. Найфэ А. Введение в методы возмущений/ А. Найфэ.– М.: Мир, 1984.– 535 с.
8. Уиттекер Э.Т. Курс современного анализа/ Э.Т. Уиттекер, Дж.Н. Ватсон. - М.: Физматгиз, 1963.– Ч.2.– 515с.
9. Янке Е. Специальные функции: Формулы, графики, таблицы/ Е. Янке, Ф. Эмде, Ф. М. Лёш.– М.: Наука, 1964.– 344с.
10. Косевич А.М. Введение в нелинейную физическую механику/ А.М. Косевич, А.С. Ковалев.– К: Наукова думка, 1989. – 304 с.

УДК 378.147

Oleh Herasymchuk, Nataliia Lishchyna, Halina Herasymchuk
Lutsk National Technical University**СИСТЕМА РЕЙТИНГОВОЇ ОЦІНКИ ТА ОБЛІКУ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОФЕСОРСЬКО-ВИКЛАДАЦЬКОГО СКЛАДУ ВНЗ**

Герасимчук О.О., Ліщина Н.М., Герасимчук Г.А. Система рейтингової оцінки та обліку діяльності професорсько-викладацького складу ВНЗ. В статті описана розроблена система рейтингової оцінки та обліку діяльності працівників ВНЗ. Розглянуто показники оцінювання та їх вплив на формування рейтингу.

Ключові слова: звітність, система оцінки досягнень, наукова праця, діяльність викладачів, публікації, участь в конференціях

Герасимчук О.О., Ліщина Н.М., Герасимчук Г.А. Система рейтинговой оценки и учета деятельности профессорско-преподавательского состава вуза. В статье описана разработанная система рейтинговой оценки и учета деятельности работников вуза. Рассмотрены показатели оценивания и их влияние на формирование рейтинга.

Ключевые слова: отчетность, система оценки достижений, научный труд, деятельность преподавателей, публикации, участие в конференциях

Oleh Herasymchuk, Nataliia Lishchyna, Halina Herasymchuk. Accounting and rating assessment system of higher education institutions teachers. This article describes a system developed rated and accounting activities of employees of the university. Considered indicators for assessment and their impact on the formation of the rankings.

Keywords: accounting, rating assessment system, scientific work, activity of teachers, publications, participation in conferences

Introduction

According to the "Principle of organization of the educational process in higher education institutions" working hours of a teacher is determined by the volume of its academic, methodical, scientific and organizational responsibilities in current academic year, reflected in the individual working plan. Decree of the Ministry of Education of Ukraine № 450 of August 7, 2002 regulates the volume of academic work of a teacher (annual academic load) according to the Law of Ukraine "About Higher Education" - no more than 900 hours. At the same time, annual working hours of a teacher are 1548 hours, which include so-called "teacher's afternoon working load" and include designated hours to prepare for lectures and practical classes, writing articles, monographs and more.

Main part

To display and evaluate full activity of teacher we must have definite criteria for estimation of such activity that would increase the effectiveness of teachers' work and help to reduce misunderstandings or conflicts.

The subject for this article is a system of statistical data collection on scientific papers conducted by teachers. The aim is to create a system of accounting and rating assessment of activity of higher education institutions teachers, which will provide the use of systematic connection between scientific researches of teachers and work of other teachers, which will summarize and detail the results of scientific work and statistical efficiency of activity of teachers.

Decision on automation of scientometric and accounting data will give employees of Ukrainian universities possibility to function in a single informational space.

So the benefit of automated systems over existing is a single electronic archive of scientometric and accounting data of teachers (fig. 1).

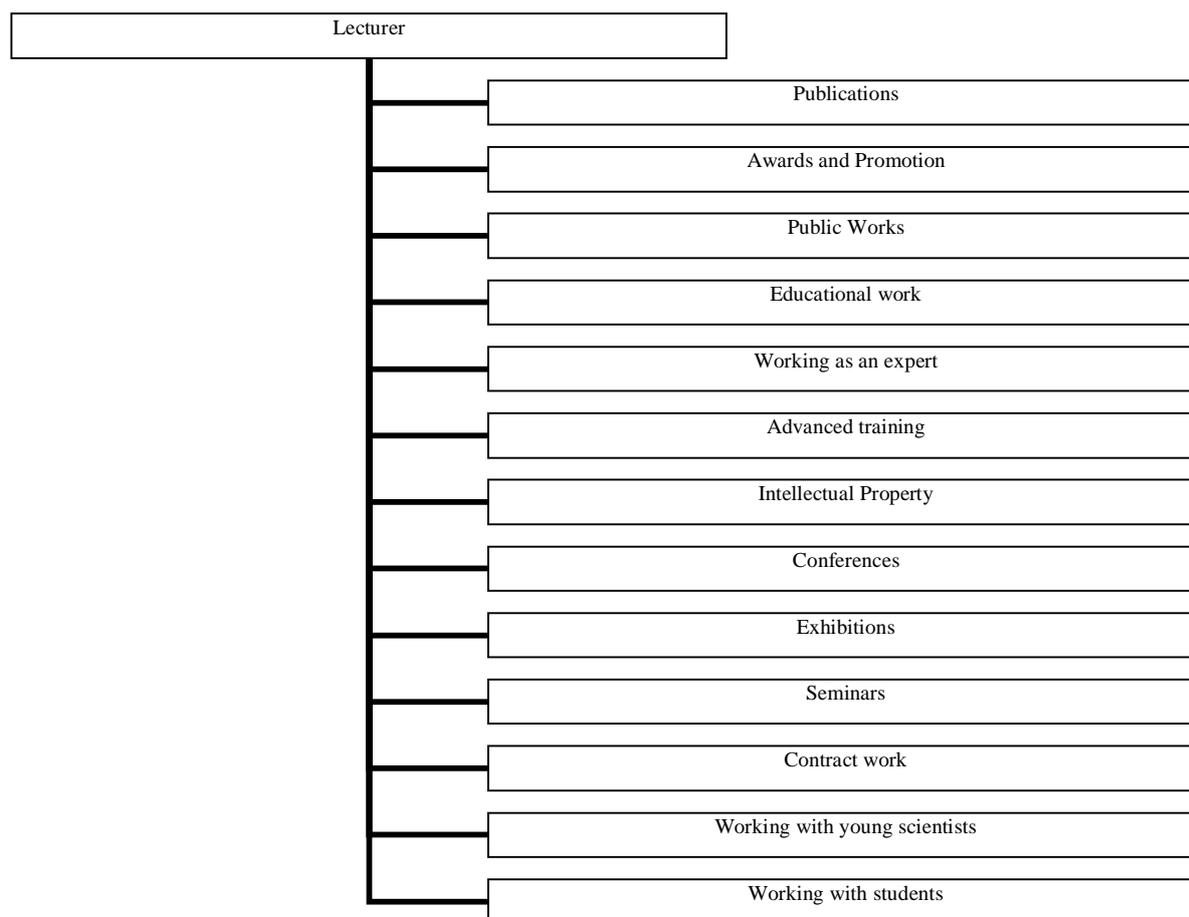


Fig. 1 – Scientometric data of a teacher

Activity results of teachers can be divided into several scientometric data points:

“Rewards and promotions” - enclose the information about teacher’s achievements and has basic attributes: type, title - for additional information, date of issue;

“Advance training” - contains information about obtained academic degrees and titles and contains data on passed type of work, name of work and date of issue;

“Publications” - include publications of teacher by categories, and also data on work as chief editor or executive secretary for production of scientific publications. Has the attributes: type of edition, title - which must be recorded in accordance with current requirements to design of bibliographic records, number of copyright pages, hours of classes and hours of self-study of textbook (manual, publications, etc.); according to these data edition rating is defined, in case when scientometric record of category “chief editor work” or “executive secretary work” is created, name of journal is recorded instead of title;

“Educational and methodical work” - includes educational and methodical work of teacher by categories, as well as data on work as chief editor or executive secretary for the production of scientific publications. Has the attributes: type of edition, title - which must be recorded in accordance with current requirements for design of bibliographic records, number of copyright pages, hours of classes and hours of self-study of textbook (manual, publication, etc.), according to these data edition rating is defined;

“Conferences” - information about participation in conferences, conferences may be foreign, teacher can participate in them as organizer, one of the members of the organizing committee or as reporter, when teacher made report on conference he indicates its theme;

“Exhibitions” - information on participation in exhibitions, exhibitions can be foreign, teacher can participate in them as an organizer, one of the members of the organizing committee or as reporter, when teacher made report on exhibition he indicates its theme;

“Seminars”- information on participation in seminars, seminars can be foreign, teacher can participate in them as an organizer, one of the members of the organizing committee or as reporter, when teacher made report on seminar he indicates its theme;

“Intellectual property” - contains information about obtained patents and certificates of authorship, each item of intellectual property has attributes: type, title, date of issue;

“Work with young scientists” - data on young scientists, their surname, name and patronymic, type of work, subject and presenting date;

“Work with students - data on students, their surname, name and patronymic, type of work, subject and presenting date;

“Public Work” - information about public activity - curatorship in group, assisting in preparation of various student contests, organization of works with set of entrants at school;

“Contracting work” – information about contracting work introduced;

“Work as an expert” - information about work as opponent, reviewer, expert of Higher Expert Committee, State Expert Committee, as well as about work in scientific councils.

Accounting system of personal teachers' achievements - a system which can operate many users with and it has centralized control. This function is performed by specially assigned staff - moderators and administrators.

The duties of system moderator include:

- creation of types of publications, awards and promotions, public work, educational and methodical work, work as an expert, advance training, intellectual property, conferences, exhibitions, seminars, contracting work, work with young scientists and students;

- information management of departments and faculties.

The duties of administrator are all the same as that of moderator, but with possibility to add and edit users, generate reports of rating and work of users. Figuration of designed system is presented in fig. 2.

Тип	Назва(Тема)	Автор(и) сторінки	Аудитори зазначення	Самостійне робочий лист	Дата	Рейтинг
Стаття у вступному виданні	Герасимчук О.О. Технічні особливості барабанів випинних голів корончолоді Сільськогосподарськй машини, 30 наук. ст. вип. 4 – Луцьк. Ред. вид. видав ЛДУ				1998-05-01	0 Редагувати X Видалити
Стаття у вступному виданні	Герасимчук О.О., Семі С.В., Тараканюк І.І. Особливості конструкції барабанів випинних голів корончолоді Сільськогосподарськй машини 30 наук. ст. вип. 4 – Луцьк. Ред. вид. видав ЛДУ				1998-05-02	0 Редагувати X Видалити
Стаття у вступному виданні	Семі С.В., Герасимчук О.О., Клишук В.В. Особливості розвитку турбоінверсійної техніки Сільськогосподарськй машини, 30 наук. ст. вип. 4 – Луцьк. Ред. вид. видав ЛДУ				1998-05-04	0 Редагувати X Видалити
Стаття у вступному виданні	Герасимчук О.О., Семі С.В. Технічні об'єктування параметрів барабанів випинних голів корончолоді Сільськогосподарськй машини 30 наук. ст. вип. 5 – Луцьк. Ред. вид. видав ЛДУ				1998-05-08	0 Редагувати X Видалити
	Герасимчук О.О. Результати польових випробувань					

Fig. 2 – Accounting system of personal teachers' achievements

Conclusion

Implementation of presented system will provide precise control over availability and motion of personnel and scientific data of teachers in higher education institutions.

References

1. Symonenko T.V. "Naukovometrychnyi napriam rozvytku depozytariyu" ["Scientometric direction of development of depositary]. [Online]. Available: <http://www.nbu.gov.ua/articles/2010/10stvnpu.html>. [Accessed: Sep., 2013].
2. Wikipedia. "SCOPUS", Wikipedia.org. [Online]. Available: <http://uk.wikipedia.org/wiki/SCOPUS> [Last Modified: 11 October 2013, 04:59].
3. Комп'ютерна програма «Система обліку та рейтингової оцінки діяльності викладачів ВНЗ» / Герасимчук О.О., Ящук А.А., Григола І.М. / Свідоцтво реєстрації авторського права на твір № 56330, дата реєстрації 05.09.14 р.

УДК 378

Г. М. Губаль

Луцький національний технічний університет

ПЕДАГОГІЧНИЙ СЦЕНАРІЙ ТА ЙОГО ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ У ВИКЛАДАННІ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ

Губаль Г. М. Педагогічний сценарій та його психологічні особливості у викладанні вищої математики. У статті розглядається педагогічний сценарій та його психологічні особливості у викладанні вищої математики. Обґрунтовано важливість педагогічного сценарію з урахуванням психологічних закономірностей засвоєння знань. Показано шляхи підвищення якості та ефективності процесу навчання з вищої математики застосуванням педагогічного сценарію та його психологічних особливостей у викладанні вищої математики. Наведено приклад побудови педагогічного сценарію.

Ключові слова: педагогічний сценарій, психологічні закономірності, алгоритм, тести, комп'ютерні технології.
Літ. 5.

Губаль Г. Н. Педагогический сценарий и его психологические особенности в преподавании высшей математики. В статье рассматривается педагогический сценарий и его психологические особенности в преподавании высшей математики. Обосновано важность педагогического сценария с учётом психологических закономерностей усвоения знаний. Показано пути повышения качества и эффективности процесса обучения высшей математике использованием педагогического сценария и его психологических особенностей в преподавании высшей математики. Представлен пример построения педагогического сценария.

Ключевые слова: педагогический сценарий, психологические закономерности, алгоритм, тесты, компьютерные технологии.
Лит. 5.

Hubal H. M. Pedagogical scenario and its psychological characteristics in the teaching of higher mathematics. In the article pedagogical scenario and its psychological characteristics in the teaching of higher mathematics are considered. It is proved the importance of pedagogical scenario taking into account psychological laws of learning. It is presented ways to improve the quality and effectiveness of learning higher mathematics using pedagogical scenario and its psychological characteristics in the teaching of higher mathematics. An example for creation of pedagogical scenario is presented.

Keywords: pedagogical scenario, psychological laws, algorithm, tests, computer technologies.
Bibl. 5.

Однією з форм опису і представлення технології навчання студентів є педагогічний сценарій, який сприяє розвитку мислення, підвищенню інтересу до вищої математики, формуванню комунікативних умінь взаємодії студентів між собою і з викладачем, створенням інтелектуальної обстановки пробуджує у студентів внутрішню потребу в набутті нових знань [1]. Він включає опис зв'язків між його складовими частинами, текстами теоретичного матеріалу і практичними завданнями, переходами між навчальними елементами і т.д. [2]. Зміст педагогічного сценарію визначається змістом навчальної дисципліни, формами, цілями і задачами навчання.

До складу педагогічного сценарію з вищої математики входять:

- 1) ідея методу;
- 2) алгоритм;
- 3) приклади;
- 4) способи розв'язання;
- 5) порівняння способів розв'язання;
- 6) тести.

Можуть бути також представлені додаткові приклади допоміжного і дослідницького типів. Розглянемо ці навчальні елементи детальніше.

1) Ідея методу

На даному етапі студенту необхідно вивчити теоретичний матеріал для розв'язання розглядуваної задачі. При цьому необхідно подати студенту теоретичний матеріал так, щоб у його свідомості виникла чітка уява і глибоке розуміння того, що розглядається.

Очевидно, що коли навчальна діяльність виконується шляхом активних розумових зусиль і при цьому досягається чітке розуміння матеріалу, що вивчається, то така діяльність для студента стає все більш цікавою і привабливою. Отже, щоб підвищити інтерес студентів до заняття при вивченні будь-якої теми достатньо досягнути активної розумової діяльності студентів над матеріалом, що вивчається. Представлення матеріалу на рівні абстракції сприяє усвідомленому сприйняттю нової для студента інформації. Застосування візуалізації при вивченні, особливо з застосуванням комп'ютерних технологій, розвиває просторове мислення шляхом динамічного

представлення інформації, наочного ілюстрування; представляє зв'язок між аналітичними виразами і геометричними образами, збільшує швидкість передачі інформації студенту, підвищує рівень її розуміння.

Застосовуючи комп'ютерні технології, студенти можуть в процесі аналізу зображень динамічно керувати їх змістом, формою і розмірами, досягаючи найбільшої наочності.

2) Алгоритм

Містить теоретичний матеріал, який є основною частиною методу розв'язання даної задачі.

Інформація, що вивчається подається в словесному і символічному представленнях, у вигляді поетапної побудови блок-схеми.

Покроковий опис алгоритму сприяє розвитку мислення і використовується для подальшої реалізації педагогічного сценарію.

3) Приклади

Розглядаючи приклади, студенти з детальними поясненнями покроково відслідковують процес розв'язання з використанням, за можливістю, графічних ілюстрацій для більшої наочності з метою підвищення сприйняття і засвоєння. При цьому бажано здійснювати зв'язок елементів тексту поетапного розв'язку з даними, формулами, графічними ілюстраціями, оскільки поєднання словесного, числового, символічного, графічного представлення інформації дає можливість досягнути найбільшого розуміння і освоєння матеріалу, що вивчається.

Корисно створювати на заняттях такі ситуації, коли студентам важко відповісти на питання, що здається їм дуже простим. Такі питання підвищують інтерес студентів, сприяють розвитку самоконтролю. Розв'язання прикладів здійснює тренінгові та контролюючі функції. Тренінгові функції використовуються для усвідомлення і закріплення інформації, з якою студент ознайомлюється. Вони пов'язані з коментарями, які являються інформацією оберненого зв'язку. Контролюючі функції застосовуються для оцінки ступеня засвоєння матеріалу, аналізу помилок на знання, розуміння, обчислення і застосування.

4) Способи розв'язання

На цьому етапі студенти розглядають різноманітні способи розв'язання заданих прикладів. При цьому студенти повинні володіти глибокими знаннями і логічним мисленням, які дають можливість пов'язувати між собою вивчені раніше і нові елементи знань, що привносить елементи творчості в мислення студентів.

Застосування не тільки прямого, а й оберненого зв'язку, а також правил виконання послідовних дій дає можливість усвідомити і закріпити інформацію.

5) Порівняння способів розв'язання

На даному етапі необхідні ґрунтовні знання і розуміння способів розв'язання, вміння досліджувати елементи їх побудови. Студенти проводять аналіз способів розв'язання, виявляють недоліки і переваги порівнюваних способів розв'язання, визначають, в яких випадках, який спосіб краще використати, що дає можливість краще засвоїти різні способи розв'язання задач. На цьому етапі студенти навчаються розмірковувати, отримують більш повне розуміння розглядуваної задачі, вчаться самостійно проводити наукові дослідження.

6) Тести

Створюються тести для контролю і самоконтролю знань. Тести являються узагальнюючим елементом у педагогічному сценарії. Вони оцінюють ступінь засвоєння матеріалу, допомагають студенту виявити недоопрацювання у своїх знаннях. Можна застосовувати також тестові вправи з теоретичних питань, ідей, правил, властивостей, означень, лем, теорем, формул, доведень, застосувань, обчислень з запланованими різноманітними помилками, які дають можливість студенту самому знайти ці помилки і виправити їх. При цьому заплановані помилки можуть створюватись для перевірки знань, розуміння, правильності обчислень, правильності застосувань.

Тести представляють собою об'єктивний і ефективний засіб педагогічного контролю, який дає можливість дати якісну і кількісну характеристику оволодіння необхідними знаннями й уміннями. Використання тестових завдань є досить ефективним інструментом, що стимулює підготовку студентів до кожного заняття й підвищує мотивацію до предмета. Проте успішне й ефективне застосування методів тестування залежить від якості тестових завдань.

Розглянемо педагогічний сценарій на прикладі розв'язання диференціального рівняння вигляду

$$M(x, y)dx + N(x, y)dy = 0.$$

1) Ідея методу розв'язання диференціального рівняння вигляду

$$M(x, y)dx + N(x, y)dy = 0.$$

$$M(x, y) = M_1(x)M_2(y), \quad N(x, y) = N_1(x)N_2(y), \quad \int \frac{M_1(x)}{N_1(x)} dx + \int \frac{N_2(y)}{M_2(y)} dy = C,$$

$$\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial N}{\partial x}, \quad \Phi(x, y) = \int_{x_0}^x M(t, y_0) dt + \int_{y_0}^y N(x, t) dt,$$

$$\frac{\partial M}{\partial y} \neq \frac{\partial N}{\partial x}, \quad \frac{\partial(\mu M)}{\partial y} = \frac{\partial(\mu N)}{\partial x}.$$

2) Алгоритм розв'язання диференціального рівняння вигляду

$$M(x, y)dx + N(x, y)dy = 0.$$

1) Перевірити виконання умов:

$$M(x, y) = M_1(x)M_2(y), \quad N(x, y) = N_1(x)N_2(y).$$

Якщо рівності справедливі, то

$$2) \int \frac{M_1(x)}{N_1(x)} dx + \int \frac{N_2(y)}{M_2(y)} dy = C.$$

Якщо умова 1) не виконується, то

$$3) \text{ перевірити виконання умови: } \frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial N}{\partial x}.$$

Якщо рівність справедлива, то

$$4) \Phi(x, y) = \int_{x_0}^x M(t, y_0) dt + \int_{y_0}^y N(x, t) dt.$$

Якщо умова 3) не виконується, то

$$5) \text{ якщо справедлива рівність } \frac{\partial(\mu M)}{\partial y} = \frac{\partial(\mu N)}{\partial x}, \text{ то}$$

6) розв'язати дане диференціальне рівняння.

3) Приклад. Розв'язати диференціальне рівняння

$$(x^3 + 3xy^2)dx + (y^3 + 3x^2y)dy = 0.$$

Розв'язання. Очевидно, що умови

$$M(x, y) = M_1(x)M_2(y), \quad N(x, y) = N_1(x)N_2(y)$$

не виконуються. Тоді перевіримо виконання умови: $\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial N}{\partial x}$.

Маємо:

$$\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y}(x^3 + 3xy^2) = 6xy, \quad \frac{\partial N}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}(y^3 + 3x^2y) = 6xy.$$

Таким чином, умова $\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial N}{\partial x}$ в області $D = \mathbb{R}^2$ виконується. Тоді існує така функція

$\Phi = \Phi(x, y)$, що

$$d\Phi(x, y) = (x^3 + 3xy^2)dx + (y^3 + 3x^2y)dy.$$

Залишається знайти загальний інтеграл рівняння $d\Phi(x, y) = 0$.

4) Способи розв'язання.

Спосіб 1. Покладемо в формулі

$$\Phi(x, y) = \int_{x_0}^x M(t, y_0) dt + \int_{y_0}^y N(x, t) dt$$

$x_0 = y_0 = 0$. Тоді одержимо:

$$\Phi(x, y) = \int_0^x t^3 dt + \int_0^y (t^3 + 3x^2 t) dt = C \Leftrightarrow \left. \frac{t^4}{4} + \left(\frac{t^4}{4} + \frac{3}{2} x^2 t^2 \right) \right|_0^y = C \Leftrightarrow \frac{x^4}{4} + \frac{y^4}{4} + \frac{3}{2} x^2 y^2 = C.$$

Спосіб 2. Загальний інтеграл даного рівняння має вигляд $\Phi(x, y) = C$. Використовуючи формулу $d\Phi = \frac{\partial\Phi}{\partial x} dx + \frac{\partial\Phi}{\partial y} dy$, дістанемо:

$$\frac{\partial\Phi}{\partial x} = M(x, y) = x^3 + 3xy^2, \quad \frac{\partial\Phi}{\partial y} = N(x, y) = y^3 + 3x^2 y.$$

Тоді

$$\begin{aligned} \Phi(x, y) &= \int \frac{\partial\Phi}{\partial x} dx + \psi(y) = \int (x^3 + 3xy^2) dx + \psi(y) = \\ &= \frac{x^4}{4} + 3y^2 \cdot \frac{x^2}{2} + \psi(y). \end{aligned}$$

Для визначення функції $\psi(y)$ обчислимо $\frac{\partial\Phi}{\partial y}$. Тоді використовуючи умову $\frac{\partial\Phi}{\partial y} = N(x, y)$,

маємо:

$$\frac{\partial\Phi}{\partial y} = 3x^2 y + \psi'(y) = y^3 + 3x^2 y \Rightarrow \psi'(y) = y^3 \Leftrightarrow \psi(y) = \frac{y^4}{4} + \text{const.}$$

Таким чином, можна взяти

$$\Phi(x, y) = \frac{x^4}{4} + \frac{3}{2} x^2 y^2 + \frac{y^4}{4},$$

і загальний інтеграл даного рівняння має вигляд:

$$\frac{x^4}{4} + \frac{3}{2} x^2 y^2 + \frac{y^4}{4} = C.$$

Спосіб 3. Дане рівняння нескладно привести до вигляду $d\Phi(x, y) = 0$, безпосередньо групуючи його члени:

$$x^3 dx + 3xy(y dx + x dy) + y^3 dy = 0.$$

Зауваживши, що

$$x^3 dx = d\left(\frac{x^4}{4}\right), \quad 3xy(y dx + x dy) = 3xy d(xy) = d\left(\frac{3}{2} x^2 y^2\right),$$

$$y^3 dy = d\left(\frac{y^4}{4}\right),$$

запишемо дане рівняння у вигляді

$$d\left(\frac{x^4}{4}\right) + d\left(\frac{3}{2}x^2y^2\right) + d\left(\frac{y^4}{4}\right) = d\left(\frac{x^4}{4} + \frac{3}{2}x^2y^2 + \frac{y^4}{4}\right) = 0,$$

звідки одержимо його загальний інтеграл

$$\frac{x^4}{4} + \frac{3}{2}x^2y^2 + \frac{y^4}{4} = C.$$

5) Порівняння способів розв'язання.

Здійснивши аналіз способів розв'язання, можна зробити висновок, що найпростішим і найкоротшим є спосіб 1.

6) Тести (для самоконтролю і контролю знань).

Тест 1. Питання: Яка з умов для диференціального рівняння вигляду

$$M(x, y)dx + N(x, y)dy = 0$$

відповідає диференціальному рівнянню у повних диференціалах?

$$\frac{\partial M}{\partial y} = \frac{\partial N}{\partial x}$$

1

$$\frac{\partial M}{\partial y} \neq \frac{\partial N}{\partial x}$$

2

$$\frac{\partial(\mu M)}{\partial y} = \frac{\partial(\mu N)}{\partial x}$$

3

$$\frac{\partial(\mu M)}{\partial y} \neq \frac{\partial(\mu N)}{\partial x}$$

4

Тест 2. Питання: Яка з умов дає можливість звести диференціальне рівняння вигляду

$$M(x, y)dx + N(x, y)dy = 0$$

до рівняння у повних диференціалах?

$$\frac{\partial(\mu M)}{\partial y} = \frac{\partial(\mu N)}{\partial x}$$

1

$$\frac{\partial(\mu M)}{\partial y} \neq \frac{\partial(\mu N)}{\partial x}$$

2

При розробці педагогічного сценарію навчання необхідно враховувати психологічні закономірності засвоєння знань студентами, які дозволяють підвищити якість та ефективність процесу навчання [3, 4].

Проектуючи сценарій програмно-методичних комплексів з вищої математики, доцільно на початку навчальної роботи створити у студентів мотивацію, ознайомити їх із загальною структурою навчального матеріалу, поетапно сформувати розумові дії. Протягом вивчення матеріалу здійснюються нагадування, якщо це необхідно, раніше вивченого матеріалу. Крім того, у кінці педагогічного сценарію студенту надається порівняльний аналіз і тести – навчальні елементи, які узагальнюють вивчений матеріал та оцінюють ступінь засвоєння матеріалу, стимулюють до знань.

При розробці послідовності виконання прикладів спочатку плануються до виконання більш абстрактні приклади, а потім приклади з графіками, схемами, кресленнями й іншими графічними ілюстраціями. Планування розгляду кожного прикладу здійснювати, розбиваючи його на частини, і подавати поетапно. При цьому має місце закон тренування (чим частіше повторюється деяка реакція на ситуацію, тим міцніше засвоєння наданого матеріалу) і закон ефекту (якщо зв'язок між

ситуацією і реакцією супроводжується станом задоволення і розуміння, то міцність цього зв'язку зростає).

Чим на менші обсяги розбивається навчальний матеріал (бажано до однієї типової ситуації), тим простіші ситуації, і тому реакція на них частіше може бути вірною, що є позитивним підкріпленням і приводить студента в стан задоволення.

Навчання студента може вестись індивідуально, зі швидкістю, найбільш прийнятною для його пізнавальних здібностей.

Використання засобів візуалізації дає нові графічні можливості, завдяки яким студенти можуть, аналізуючи зображення, динамічно керувати їхнім змістом, формою і розмірами, добиваючись найбільшої наочності. Фізіологічно логічне мислення пов'язане з лівою півкулею людського мозку, а образне мислення – з правою півкулею, що має пряме відношення до формування різноманітних здібностей. Тому використання комп'ютерних технологій у навчальному процесі, активізуючи роботу правої півкулі, відповідальної за образно-емоційне сприйняття інформації, сприяє більш успішному сприйняттю і запам'ятовуванню навчального матеріалу. Вивільняючи студента від рутинних обчислень, комп'ютерні технології дають можливість істотно економити час, залишаючи більше часу для високоінтелектуальної роботи, що викликає у студента відчуття задоволення і сприяє розвитку мислення [5].

Вплив наочності на інтуїтивне, образне мислення сприяє пізнанню.

Таким чином, психологічні закономірності засвоєння знань студентами, які враховуються при розробці педагогічного сценарію навчання, сприяють підвищенню якості та ефективності процесу навчання, розвивають розумові здібності студентів, формують глибокі знання.

Уважне прослідковування процесу розв'язання, розгляд різноманітних способів розв'язання, аналіз їхніх переваг і недоліків при порівнянні, сприяють розвитку розумової діяльності студентів. Тести оцінюють ступінь засвоєння матеріалу, стимулюють до знань.

Для підвищення сприйняття і засвоєння матеріалу бажано використовувати графічні ілюстрації. Високу наочність надають комп'ютерні технології, які забезпечують великі графічні можливості.

Отже, педагогічний сценарій пов'язує теоретичний матеріал з його реальним застосуванням, формує навички творчої діяльності, забезпечує оптимальну для кожного студента послідовність вивчення вищої математики, яка складається з вивчення теоретичного матеріалу, алгоритмів, розгляду прикладів, опрацювання навичок розв'язання задач, проведення самостійних досліджень, можливості контролю і самоконтролю якості набутих знань.

Таким чином, педагогічний сценарій сприяє розвитку мислення, підвищує якість передачі і засвоєння інформації, підвищує рівень її розуміння, розвиває такі важливі для спеціалістів будь-якої галузі якості, як інтуїція, образне мислення, підвищує інтерес до вищої математики, формує глибокі знання.

Педагогічний сценарій дає можливість студентам оволодіти конкретними математичними знаннями, уміннями і навичками та навчити їх вміло застосовувати набуті ґрунтовні знання для розв'язування складних задач, підвищує якість та ефективність процесу навчання.

Список використаних джерел.

1. Бельков С.А. Составляющие понятия «педагогический сценарий» [Электронный ресурс] / С.А. Бельков // Новые образовательные технологии в вузе: материалы XI международной научно-методической конференции. – Екатеринбург, 2014. – Режим доступа: <http://hdl.handle.net/10995/24737>.
2. Скибицкий Э.Г. К вопросу о разработке педагогического сценария компьютеризированных курсов / Э.Г. Скибицкий // Информационные технологии в образовании. – 1993. – Вып. 10. – С. 26–41.
3. Стоунс Э. Психопедагогика: Психологическая теория и практика обучения / Э. Стоунс. – Пер. с англ. – М., 1984.
4. Слепкань З.И. Психолого-педагогические основы обучения математике / З.И. Слепкань. – К., 1983.
5. Губаль Г.М. Комп'ютерні технології в дидактичній системі математичної підготовки студентів / Г.М. Губаль // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2011. – № 3. – С. 103-108.

УДК 004.032.6:378.147

В.В. Кабак

Луцький національний технічний університет

ЗАСОБИ МУЛЬТИМЕДІА У ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

В.В. Кабак . Засоби мультимедіа у процесі підготовки майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей. У статті здійснено дослідження впливу засобів мультимедіа на формування компетентної особистості інженера-педагога. Аналізуються основні переваги і недоліки їх використання у процесі підготовки майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей. Визначено шляхи підвищення рівня використання мультимедіа у вищому навчальному закладі.

Ключові слова: мультимедіа, інженер-педагог, візуальне середовище, інтерактивність, технологія навчання, мультимедійні ресурси.

В.В. Кабак. Средства мультимедиа в процессе подготовки будущих специалистов инженерно-педагогических специальностей. В статье проведено исследование влияния средств мультимедиа на формирование компетентной личности инженера-педагога. Анализируются основные преимущества и недостатки их использования в процессе подготовки будущих специалистов инженерно-педагогических специальностей. Определены пути повышения уровня использования мультимедиа в высшем учебном заведении.

Ключевые слова: мультимедиа, инженер-педагог, визуальная среда, интерактивность, технология обучения, мультимедийные ресурсы.

V.V. Kabak. Multimedia in the preparation of future specialists of engineering and pedagogical skills. The article studies the impact of multimedia on the formation of a competent engineer individual teacher. The basic advantages and disadvantages of their use in the preparation of future engineers and pedagogical skills. Ways of increasing the use of multimedia in higher education.

Key words: multimedia, engineer-teacher, visual environment, interactivity, technology training, multimedia resources.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Сьогодні все частіше в інформаційному середовищі використовуються такі поняття, як мультимедіа, медійне мистецтво, мультимедійні технології. Вони не синонімічні, але у їх визначенні є точки взаємоперетину. Термін «мультимедіа» утворився шляхом поєднання англійських слів – «multy», «multiple» (множинний, складений, що складається з багатьох частин) і «media» (середовище, засіб) або точніше, від латинських слів multum (багато) і media, medium (середовище, засіб, спосіб). Таким чином, дослівно «мультимедіа» означає «багато середовищ» [8, с. 8].

За цим, здавалося, б цілком зрозумілим визначенням мультимедіа криється безліч відтінків, що вимагають подальшого уточнення і деталізації, так як природа мультимедіа набагато глибша і складніша, а її характер і особливості знаходяться в так званій «ембріональній» стадії вивчення. Це природно, адже мультимедіа ще досить молоде явище.

Якщо говорити про сутнісну характеристику цього терміну, то мультимедіа може означати різні речі, призначені для значної кількості людей. Тому так багато дисциплін, що використовують мультимедіа (в комп'ютерній сфері – це побудова сайтів, гіпертекстові системи, комп'ютерна графіка, комп'ютерна анімація тощо, в засобах масової інформації – журналістика, в тому числі й Інтернет-журналістика, мовні і соціальні комунікації та ін., в мистецтві – мережеве мистецтво, комп'ютерна анімація, комп'ютерний відеомонтаж, режисура звуку, фільму тощо.) [8].

Мультимедійні ресурси відрізняються від не мультимедійних перш за все тим, що:

1) в мультимедійних ресурсах інформація зберігається і обробляється в цифровій формі з застосуванням комп'ютера;

2) засоби мультимедіа можуть містити різні види інформації (не тільки текстову, а й звукову, графічну, анімаційну, відео тощо);

3) істотною особливістю мультимедійних ресурсів є інтерактивність – активна взаємодія ресурсу, програми, послуги і людини, та їх взаємовплив. Наприклад, користувач може взяти той чи інший Інтернет-продукт, і безпосередньо додати в нього свої матеріали, таким чином виступити його співавтором;

4) в мультимедійних додатках існують елементи гіпертексту, що дозволяє користувачеві здійснити гнучкий перехід до потрібної в даний час інформації (6, с. 45).

Однак лише комп'ютерна, «технічна» складова мультимедіа не є її єдиною ознакою. Слід також звернути увагу на навчальну складову засобів мультимедіа, що в сучасній освітній сфері поєднується в терміні «мультимедійні технології».

Застосування мультимедійних технологій дозволяє індивідуалізувати навчальний процес та сприяє розвитку самостійності студентів. Також підвищується інтерес студента до навчального предмета, впевненість в тому, що він може його засвоїти (після одного чи кількох повторів навчальної інформації, які студент контролює самостійно). Крім цього можна встановлювати швидкість подачі матеріалу, число повторень та інші параметри, впливати на власний процес навчання, пристосовуючи його під свої індивідуальні здібності і можливості.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існує значна кількість тлумачень терміну «мультимедіа» яку дослідники, здійснюючи порівняльну характеристику, часто вживають як синонім до визначення мультимедійних технологій. Розглянемо ці визначення детальніше. Так німецький дослідник М. Кірмайер, розглядаючи мультимедіа як результат діяльності в галузі електронної або комп'ютерної промисловості і як взаємодію візуальних та аудіоефектів під керуванням інтерактивного програмного забезпечення, водночас підкреслює особливості мультимедіа і як маркетингового інструменту, і як предмета бізнесу. Автор відмічає, що для кожного виробу фірми майже завжди виникало бажання у керівництва пов'язати його рекламу з мультимедіа. В одній із своїх праць він наводить приклад, що під час продажу аудіоадаптера фірма супроводжувала його рекламним листом зі словами «Світове досягнення мультимедіа», або часто простенька презентація пари послідовностей картинок розробниками підноситься вже в якості чарівного засобу мультимедіа, або база даних, достатня за розмірами, щоб керувати парою картинок, оголошується «базою даних для мультимедіа» тощо [8, с. 10-11].

Розглядаючи описуване поняття у глобальному сенсі, досить тяжко визначити, де мультимедіа починається і де закінчується. Дуже образно з цього приводу сказав Джеф Бургер, оглядач журналу «Нові Медіа» (New Media): «Визначення мультимедіа нагадує мені стару притчу про трьох сліпих чоловіків, що вперше зустрілися зі слоном. Один доторкається до хвоста слона і каже, що це схоже на канат. Інший, охоплюючи ногу тварини, описує його як дерево. Третій, тримаючись за хобот, запевняє, що це змія. Призначення мультимедіа змінюється залежно від того, де і для кого передбачається використання цього засобу, в яких цілях» [9].

В енциклопедії «Кирила і Мефодія» мультимедіа визначається як електронний носій інформації, що включає декілька її видів (текст, зображення, анімація тощо). У словнику «Основні поняття та визначення прикладної кібернетики» мультимедіа розуміється як взаємодія візуальних і аудіоефектів під керуванням інтерактивного програмного забезпечення. Зазвичай, це означає поєднання тексту, звуку і графіки, а останнім часом все частіше – анімації та відео [8, с. 9].

Що стосується тлумачення терміну «мультимедійної технології», то найбільш повне його визначення було запропоноване В. Євдокимовим: «MultiMedia-технології – це технології інтегрованого представлення всіх видів інформації (зорової, текстової, графічної, відео, звукової і навіть тактильної) на електронних носіях у цифровому форматі у вигляді електронного документу і відтворення його на комп'ютері, або на екрані за допомогою мультимедійного проектора та відповідних пристроїв» [3].

Сьогодні також здобуто певний практичний досвід використання мультимедіа в навчанні (В. Беспалько [1], І. Дичківська[2], А. Колеченко [5], Ю. Дорошенко [4], О. Шликова [8] та ін.), який свідчить про невпинний інтерес педагогів-практиків до пошуку шляхів ефективного використання засобів мультимедіа в сучасному освітньому середовищі. Так О. Шликова [8] у своїх наукових працях акцентує увагу на високому потенціалі мультимедійних ресурсів у освітньому процесі студентів гуманітарних ВНЗ.

А. Колеченко [5] відмічає, що на сьогоднішній день, майбутнє за системою навчання, яке вкладається в схему «студент – мультимедійні технології – викладач», за якої викладач перетворюється на педагога-методолога, технолога, а студент стає активним учасником процесу навчання.

Постановка завдання. Використання засобів мультимедіа в освіті за рахунок наявності множини аналітичних процедур, відкритої структури, що дозволяє швидко вносити будь-які зміни в зміст програми в залежності від результатів її апробації, а також можливості зберегти й опрацювати велику кількість різномірної інформації та компонувати її в зручному вигляді сприяє:

- розкриттю, збереженню та розвитку індивідуальних здібностей студентів інженерно-педагогічних спеціальностей, притаманного кожній людині унікального сполучення якостей особистості;
- формуванню у майбутніх фахівців пізнавальних можливостей, прагнення до самовдосконалення та саморозвитку;
- забезпеченню комплексності вивчення явищ дійсності, безперервності взаємозв'язку між гуманітарними та технічними науками;
- постійному динамічному оновленню змісту, форм та методів навчальних процесів.

Основні принципи мультимедіа характеризуються актами одномоментності візуального та процесуальності слухового сприймання, синтезу та синхронізації вербалізованих та невербалізованих знань, синхронізації та інтеграції часово-просторових та візуально-просторових джерел художньої та навчальної інформації. Системи мультимедіа широко використовуються для реалізації електронних підручників з кольоровою графікою, навчальних систем, мультимедійних бібліотек, довідкових, географічних інформаційних систем. Використання мультимедійних технологій у системі освіти дозволяє розривати творчий та інтелектуальний потенціал студентів інженерно-педагогічних спеціальностей, їх здібності, сприймати та генерувати нові знання, а також застосовувати їх на практиці. Системи мультимедіа дозволяють завчасно формувати дидактичний матеріал для інформаційної підтримки різних форм навчальної діяльності – читання лекцій, проведення практичних занять і тестування, самостійної роботи учнів тощо.

Саме тому, здійснивши аналіз літературних джерел та праць видатних науковців, нами *за мету статті* було обрано дослідження впливу засобів мультимедіа на формування компетентної особистості студентів інженерно-педагогічних спеціальностей.

Виклад основного матеріалу дослідження. Застосування сучасних засобів комп'ютерних технологій у освіті в умовах сьогодення стало невід'ємною частиною процесу підготовки компетентного фахівця, оскільки вони постійно вдосконалюються, стають більш насиченими, гнучкими, продуктивними, націленими на різноманітні потреби та пріоритетні сфери діяльності користувачів. У свою чергу, мультимедійна технологія, як її складова, дозволяє використовувати текст, графіку, відео та анімацію в інтерактивному режимі. Під час її використання слід врахувати те, що рівень та якість роботи з відповідними педагогічними програмними продуктами залежить від виконання вимог щодо швидкодії комп'ютера, його характеристик і наявності додаткового устаткування. Мультимедійні програми навчання, наприклад у вивченні певної мови, роблять цей процес набагато приємнішим, ніж традиційний шлях заучування напам'ять іноземних слів, реалізуючи методику «навчання з захопленням». Замість того, щоб повторювати одну і ту ж фразу, намагаючись її запам'ятати, досить включити комп'ютер з мультимедійним обладнанням, дивитися і слухати, як це вимовляє носій самої мови. Під час цього можна насолоджуватися не тільки звуком і зображенням, а й терпінням вчителя-комп'ютера, здатного відтворювати текст стільки разів, скільки це необхідно для запам'ятовування.

За даними опитування, проведеного Массачусетським науково-дослідним центром, 45% великих компаній, з 1000 обстежених центром, використовують мультимедійну технологію для своїх програм навчання. Американські вчені Флетчер, Нейл, Нельсон (Fletcher, McNeil, Nelson) провели порівняльний аналіз традиційних форм навчання та мультимедійних засобів викладання. Здійснюючи свої дослідження незалежно один від одного, вчені дійшли спільного висновку, що мультимедійні навчальні програми мають значно більше переваг, ніж звичайні, традиційні [8, с.82].

Роботи вітчизняних вчених, різні експерименти із використання мультимедіа підтверджують висновок американських колег. Відомо, що в процесі навчання студентами освоюється не більше ніж чверть пропонованого матеріалу. Мультимедійна ж технологія дозволяє в 2-3 рази збільшити цей показник, оскільки надає можливість синкретичного навчання, тобто можливість одночасного зорового і слухового сприйняття матеріалу, активної участі в управлінні його подачею, повернення до тих розділів, які вимагають повторного аналізу тощо.

Застосування мультимедіа в освіті та навчанні є перспективним як для загальної освіти та самоосвіти, так і для бізнесу та професійного розвитку фахівця. В майбутньому роль мультимедіа в галузі освіти зростатиме, оскільки знання, що забезпечують високий рівень професійної кваліфікації, завжди схильні до швидких змін. Сьогоднішній рівень розвитку, особливо в технічних областях, вимагає постійного оновлення, тому підприємства, основою існування яких є

конкуренція, повинні в своїй діяльності бути гнучкими в підборі кадрів. Це однаковою мірою стосується як рядових співробітників, так і керівників.

Системи для навчання з використанням засобів мультимедіа вже супроводжують той чи інший продукт, але, зрозуміло, систему такого типу слід замовляти у спеціалізованих фірмах. Донедавна навчання з використанням мультимедіа у вищій технічній школі застосовувалося переважно для отримання практичного результату у сфері виробництва – для навчання персоналу та підвищення кваліфікації. Так, наприклад, у фірмі Opel підтримується новий спосіб колективного навчання співробітників, які повинні, використовуючи зображення та анімацію, підготувати програму своєї майбутньої виробничої діяльності. Фірма IBM також застосовує навчання з використанням засобів мультимедіа для демонстрації роботи локальних мереж. Фірма Вауер вже багато років успішно застосовує системи СВТ для навчання співробітників внутрішніх і зовнішніх служб. Список фірм, які впровадили цей спосіб отримання знань, насправді значно довший.

Сучасні навчальні програми із використанням засобів мультимедіа пропонують для користувача дуже багато варіантів індивідуальних налаштувань, тобто студенти інженерно-педагогічних спеціальностей, засвоюючи навчальний матеріал, самі мають можливість встановити швидкість вивчення, обсяг матеріалу і ступінь складності при опрацюванні навчальної інформації. Дослідження, здійснені науковцями, що займалися вивченням питання впливу засобів мультимедіа на освітній процес, підтверджують їх успіх. Увага під час роботи з навчальною інтерактивною програмою на базі мультимедіа, як правило, подвоюється, тому звільняється додатковий час для вирішення інших навчальних цілей. Економія часу, необхідного для вивчення конкретного матеріалу, в середньому становить 30%, а отримані знання зберігаються в пам'яті значно довше. Експерти з маркетингу ще до появи в системі навчання додатків мультимедіа, довели зв'язок між методом, за допомогою якого студент вивчав матеріал, і здатністю згадати (відновити) цей матеріал в пам'яті. Доведено, що чверть почутого матеріалу залишається в пам'яті, а у випадку коли студент має можливість сприймати навчальну інформацію візуально, то частка матеріалу, що відкладається в пам'яті, збільшується до однієї третини. У процесі комбінованого впливу (через зір і слух) частка засвоєного матеріалу досягає половини, а якщо залучити студента до активних дій в процесі вивчення, то частка засвоєного може скласти 75% [8, с.83].

Використовуючи на заняттях засоби мультимедіа, викладач має бути педагогом, який володіє ґрунтовними знаннями з сучасної педагогіки та психології, а також людиною зацікавленою в досягненні успіху в підготовці студента. Саме тому заняття з використанням засобів мультимедіа повинен проводити фахівець, який володіє професійними знаннями зі своєї предметної області, і за допомогою мультимедійних технологій має змогу демонструвати студентам розв'язування конкретних прикладних задач з відповідної області знань.

Досліджуючи питання впливу засобів мультимедіа на формування компетентної особистості інженера-педагога в галузі комп'ютерних технологій у Луцькому національному технічному університеті проведено анкетування студентів 3-5 курсів спеціальності «Професійна освіта. Комп'ютерні технології в управлінні та навчанні» та опитування викладачів, які їх навчають. Основним завданням було виявити їх відношення до впровадження засобів мультимедіа у навчальний процес підготовки майбутніх інженерів-педагогів комп'ютерного профілю з зазначенням впливу на формування компетентної особистості студента. В опитуванні взяло участь 76 студентів та 25 викладачів.

Переважає більшість студентів (75%) вважають, що мультимедійний супровід позитивно впливає на засвоєння навчального матеріалу. Серед основних переваг вони виділили: краще запам'ятовування матеріалу, підвищення інтересу до навчальної дисципліни, більшу сконцентрованість на заняттях тощо. Даючи відповідь на питання «Як Ви ставитесь до занять із використанням мультимедійних технологій?» 34,2% опитуваних відмітили, що використання даних технологій дозволяє краще запам'ятовувати навчальну інформацію. Серед опитуваних 27,6% вважають, що застосування на заняттях засобів мультимедіа підвищує розуміння матеріалу, який подає викладач. Для 28,9% студентів заняття з мультимедійним супроводом є цікавішими за ті заняття, де застосовуються суто традиційні технології. Загалом, 90,7% опитуваних позитивно оцінили використання мультимедійних технологій в процесі викладання навчального матеріалу.

Проаналізувавши отримані результати дослідження, ми дійшли висновку, що майбутні інженери-педагоги надають перевагу раціональному поєднанню мультимедійних технологій з

традиційними. Серед респондентів лише традиційним навчальним технологіям надають перевагу 19,7% опитуваних, а мультимедійним – 30,3% опитуваних. В свою чергу, за раціональне поєднання даних технологій висловилося 50% студентів, що приймали участь в анкетуванні (рис. 1).



Рисунок 1 – Результати анкетування студентів

Результати проведеної дослідницької роботи дають можливість стверджувати, що в університеті активно використовуються мультимедійні технології. Даючи відповідь на питання щодо оцінки рівня використання мультимедійних технологій викладачами Луцького національного технічного університету 77,6% респондентів відмітили, що викладачі мають достатній рівень знань з використання засобів мультимедіа, а 22,4% – високий.

Серед викладачів 16% опитуваних надають перевагу традиційним технологіям навчання, а 84% новітнім інформаційним технологіям із активним застосуванням засобів мультимедіа. Важливо те, що думки усіх респондентів збігаються щодо необхідності використання даних технологій у процесі підготовки майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей та їх позитивному впливові на формування компетентної особистості інженера-педагога в галузі комп'ютерних технологій. До основних недоліків впровадження мультимедійних технологій викладачі відносять трудомісткість підготовки необхідних для демонстрації навчальних матеріалів (презентацій, електронних підручників тощо) та відсутність на окремих кафедрах необхідного мультимедійного обладнання. Серед переваг відмічають можливість подання за той же час більшої кількості навчальної інформації (не витрачається час для написання на дошці схем, формул чи відображення малюнків), аудіовізуальну насиченість заняття за рахунок можливості залучення до навчальної презентації чи електронного дидактичного засобу (підручника чи посібника) різноманітного звукового контенту, відеороликів, флеш-анімацій тощо. Також викладачі відмітили окремо однією з основних переваг мультимедійних технологій використання різного роду тренажерів, які забезпечують у час недофінансування освітньої сфери і відсутності реальних пристроїв (прикладного комп'ютерного забезпечення, установок, верстатів тощо) можливість здійснити хоча б «у віртуальному режимі» їх налаштування та дослідити роботу застосувань. На їх думку, використання мультимедійних технологій, сприяють оптимізації та емоційній насиченості процесу навчання майбутніх фахівців інженерно-педагогічних спеціальностей, що безпосередньо позначається на мотивації студентів до пізнавальної діяльності та бажанні вчитися.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Аналіз результатів проведеного опитування студентів технічного ВНЗ та викладачів дозволяють говорити про позитивний вплив засобів мультимедіа на процес формування компетентної особистості майбутнього інженера-педагога. Студенти прагнуть збільшення кількості дисциплін, де активно застосовуються мультимедійні технології. В цілому можна констатувати, що використання засобів мультимедіа викликає у студентів інженерно-педагогічних спеціальностей більший інтерес до вивчення навчальної дисципліни. Однак, необхідно звернути увагу також і на той факт, що майбутні

інженери-педагоги, а також їх викладачі надають перевагу раціональному поєднанню засобів мультимедіа з традиційними методами навчання. Тобто не потрібно у процесі подання навчального матеріалу глобалізувати використання лише одних чи інших технологій.

На нашу думку, ефективне впровадження засобів мультимедіа у процес підготовки студентів інженерно-педагогічних спеціальностей невід'ємно пов'язане з якісно розробленим методичним забезпеченням навчального процесу, з матеріальною базою вищого навчального закладу, де здійснюється підготовка майбутніх фахівців, а також (що не менш важливо) з кадровим забезпеченням випускової кафедри.

Перспективи подальших досліджень цього питання знаходяться в площині визначення серед значної кількості доступних для впровадження засобів мультимедіа тих, які б у конкретному випадку здійснення навчального процесу при мінімальних затратах часу давали максимальний якісний показник ефективності подання навчальної інформації.

Список використаних джерел.

1. Беспалько В. П. Педагогика и прогрессивные технологи обучения / В. П. Беспалько – М., 2005. – 200с.
2. Дичківська І. М. Інноваційні педагогічні технології : навчальний посібник / І. М. Дичківська – К. : Академвидав, 2004. – 352с.
3. Євдокимов В. І. Ефективність навчання студентів : навчальний посібник / В. І. Євдокимов – Харків : ХНПУ, 2004. – 222с.
4. Інформатизація вищої освіти : програмні засоби, технології, досвід, перспективи / Н. В. Вовковінська, Ю. О. Дорошенко, Л. М. Забродська, Л. М. Калініна, В. С.Коваль – К. : Педагогічна думка, 2003. – 272с.
5. Колеченко А. К. Энциклопедия педагогических технологий : пособие для преподавателей / А. К. Колеченко – СПб. : КАРО, 2002. – 368с.
6. Ноль Л. Я. Компьютерные технологии в музее : учеб. пособ. / Л. Я. Ноль – М., 1999. – 115 с.
7. Основные понятия и определения прикладной интернетики [електронний ресурс] <http://files.online.ru/dict/internet/index.htm/2001/12/05>
8. Шлыкова О. В. Культура мультимедиа : учеб. пособ. для студентов / О. В. Шлыкова – М. : ФАИР-ПРЕСС, 2004. – 415с.
9. Chapman Nigel, Chapman Jenny. Digital Multimedia.–John Wiley and Sons, LID Chichester, NY, – 2000. – 568 p.

УДК 001 (09)

Лісковець С.М.

Луцький національний технічний університет

ПРО КУРС «ВИЩА МАТЕМАТИКА» З ОГЛЯДУ ІСТОРИЧНОГО РОЗВИТКУ

Лісковець С.М. Про курс «Вища математика» з огляду історичного розвитку. В статті представлені історико-документальні матеріали про викладання курсу вищої математики у вищих навчальних закладах Європи в XIX столітті. Підтвердженням поданого матеріалу є архівні документи та підручники з курсів вищої математики, що видані у відповідний історичний період.

Ключові слова: вища математика, арифметика, алгебра, диференціальне та інтегральне числення, практичне використання.

Лисковец С. М. О курсе «Высшая математика» с точки зрения исторического развития. В статье представлены историко-документальные материалы о преподавании курса высшей математики в высших учебных заведениях Европы в XIX веке. Подтверждением предлагаемого материала есть архивные документы и учебники с курсов высшей математики, которые изданы в соответствующий исторический период.

Ключевые слова: высшая математика, арифметика, алгебра, дифференциальное и интегральное исчисления, практическое использование.

Liskovets S.M. About the course "Higher Mathematics" in view of historical development. The article presents historical and documentary materials on higher mathematics teaching in higher educational establishments of Europe in the nineteenth century. Confirmation of the submitted materials is archival documents and books on higher mathematics published in the corresponding historical period.

Keywords: higher mathematics, arithmetic, algebra, differential and integral calculus, practical use.

Постановка проблеми. Аналіз основних завдань, правильний відбір базових тем, оптимальний об'єм, чітке визначення конкретних цілей, засоби практичного використання, ефективні методи подання матеріалу, методичні підходи для сприйняття найбільшої кількості необхідних розділів курсу «Вища математика» мають актуальне значення в кожному історичний період. Важливість способів організації та розроблення технологій проведення навчального процесу, його методичне забарвлення, зв'язок вищої математики з прикладними навчальними дисциплінами, практичне застосування набутих знань з математичних дисциплін, як для науково-теоретичних досліджень в професійних галузях, так і для практичного використання в різних сферах повсякденного життя – це далеко не повний перелік першочергових завдань, що ставляться перед змістом курсу «Вища математика» та організацією його проведення. Цікавим, з огляду набутого досвіду та перевірки часом, є вивчення та аналіз курсів вищої математики в контексті історичного розвитку і математичних дисциплін, і навчального процесу.

Історичні приклади вирішення проблемних завдань, що виникали перед навчальними дисциплінами, мають певне значення для формування стратегій досягнення оптимальних результатів при вивченні загальноосвітніх (природознавчих), спеціалізованих, професійних навчальних курсів, серед яких і курс «Вища математика».

Метою дослідження є аналіз окремих підручників з курсів вищої математики (видання XIX століття), які широко використовувалися в навчальному процесі, з ціллю ознайомлення з історичним досвідом вирішення основних завдань, що ставилися перед курсом «Вища математика». Вивчення та аналіз структури курсу, його базової частини, способів подання матеріалу, методики та порад щодо практичного використання з огляду історичного розвитку може бути підґрунтям для вирішення аналогічних завдань, що стоять перед математичними дисциплінами і в нинішній час.

Основні результати досліджень. В процесі дослідження наукової та педагогічної діяльності математика, обчислювача, педагога Якова Пилипа Кулика (1793-1863р.) були вивчені та проаналізовані найпопулярніші свого часу підручники та методичні розробки вченого з різних курсів вищої математики.

Варто зауважити, що на початку XIX століття викладання вищої математики в навчальних закладах Європи було достатньо поверхневим, підручники, в переважній більшості, відзначалися консервативністю, не завжди відповідали розвиткові науки, не відтворювали останні наукові досягнення. Реформування освіти набрало трохи прискорених темпів лише після конституції 1848 року. В цей же період проводилась незначна реформа вищої школи, зокрема математику розділили на дві частини: елементарну, яка викладалася для слухачів філософського факультету і була

обов'язковим предметом перші три роки, та на вищу математику, яка викладалася на вільних курсах при університеті. Крім того, ще існували кафедри практичної геометрії для техніків та геометрів. На засвоєння математики відводилося 6 годин на тиждень. В цей період був дозволений більш вільний спосіб викладання, зросла кількість і студентів, і викладачів. [1-5]. Характерною особливістю того періоду була наявність слухачів математичних кафедр університетів, які не були студентами університету, а відвідували лекції з технічних дисциплін та слухали лекції з вищої математики.

В 1831 році у Празі з'явився перший підручник Я.П. Кулика „Lerbuch höheren Analysis“ („Підручник вищого аналізу“) [6]. Як зазначав сам автор, головним завданням підручника було доступне пояснення, в першу чергу, тих розділів математики, які необхідні для вивчення механіки та фізики. Об'ємний підручник (470 сторінок) складався з чотирьох розділів, що охоплювали питання математичного аналізу та аналітичної геометрії.

Розділи були такими:

- I. Методи невизначених коефіцієнтів;
- II. Диференціальне та інтегральне числення;
- III. Криві з простою кривизною;
- IV. Поверхні та криві з подвійною кривизною.

Матеріал, викладений в підручнику, характеризувався послідовністю, доступністю, новизною. Кулик запропонував студентам курс вищого аналізу написаний на досить високому методичному рівні, підручник неодноразово доповнювався, перевидавався, користувався заслуженою популярністю. В перших двох розділах автор висвітлює основні теми, що відносяться до різних властивостей функцій, при цьому велика увага приділялася степеневим, показниковим, логарифмічним та головним гоніометричним функціям. Крім детального розгляду диференціального та інтегрального числення, Кулик звертається до деяких питань алгебри, зокрема до перетворень та розв'язування алгебраїчних рівнянь різних порядків. Автор особливо увагу приділяв розв'язкам кубічних та рівнянь четвертого степеня, пропонуючи різні способи знаходження коренів, зокрема пропонувались методи, що дозволяють отримати найбільш точні наближені значення коренів. В розділі про диференціальне та інтегральне числення автор виводить всі основні формули з таблиці похідних елементарних функцій, вводить поняття диференціалів та частинних похідних для функцій, що залежить від двох та трьох змінних. Цікавим і детальним є матеріал про представлення раціональних дробів у вигляді суми простих дробів за допомогою диференціального числення. Кулик в своєму підручнику розглядав як загальні так і частинні випадки, розкриваючи одні теми, окремі прості випадки узагальнював, для інших тем – від загальних результатів переходив до конкретних, весь матеріал супроводжувався прикладами з детальним поясненням.

Інтегрування функцій також представлено в достатньому обсязі: наводиться таблиця інтегралів, розглядаються методи інтегрування дробово-раціональних, ірраціональних, тригонометричних функцій та диференціальних біномів, при цьому пропонуються різні способи знаходження первісних. В підручнику описані методи інтегрування різних типів диференціальних рівнянь першого порядку та деяких диференціальних рівнянь другого порядку. Коротко представлений матеріал про суму числових рядів, про інтегрування та диференціювання функціональних рядів. Частина матеріалу підручника присвячена різним кривим: тригонометричним, трансцендентним, вищих порядків; досліджуються лінії другого порядку як в прямокутній, так і в полярній системах координат, тощо. Крім кривих, розглядаються поверхні першого та другого порядків, їх характеристики та властивості, наведені формули для обчислення кривизни та інших параметрів. Підручник „Lehrbuch der höheren Analysis“ містить ряд таблиць з інструкціями щодо користування, які безпосередньо застосовувалися для виконання підрахунків. Серед таблиць були також таблиці біноміальних коефіцієнтів, степені чисел 2, 3, 5 та інші. В кінці підручника автор розмістив окремі рисунки, на які є посилання в тексті.

Для того, щоб підвищити рівень викладання, збільшити інтерес до лекцій з математики, заохотити студентів до навчання Кулик вдавався до різних заходів. Він постійно прагнув студентів зацікавити різними підрахунками, що застосовувалися б до практичних потреб, або скерувати їх на абстрактні цілі, які, можливо, надихали б на наукові відкриття. Ряд математичних таблиць, розроблених Куликом, мали також методичне значення. Таблиці наочно демонстрували перевірку тих, чи інших тверджень, несли елемент зацікавленості, бажання досягнути невідоме.

Написання підручників з математики, механіки для Якова Пилипа Кулика було постійним заняттям. Перевидання, доповнення, розширення та оновлення матеріалу стали для автора звичною справою. Я.П. Кулик був автором підручників з механіки та різних курсів вищої математики, які широко використовувалися у вузах Європи, багато разів перевидувалися. Серед найпопулярніших був підручник, що складався з двох частин: „Підручник з вищого аналізу“, та „Підручник з арифметики та алгебри“ [7].

В даному підручнику матеріал математичного аналізу доповнений темами, що складають основу вищої арифметики та алгебри. В розділах, які присвячувалися арифметиці, описувалися, в першу чергу, арифметичні обчислювальні операції, пропонувалися поради, щодо виконання арифметичних дій над великими числами. Детально розглянуті теми, що утворюють початкову базу арифметики: знаходження найбільшого спільного дільника та найменшого спільного кратного кількох чисел, властивості подільності чисел, піднесення до степеня та добування кореня різних величин, наведені деякі відповідні рекурентні формули, значна частина яких детально виведена. Чимала увага в розділі „Арифметика“ (перша книга) приділяється ланцюговим дробам, зокрема перетворенням ірраціональних чисел у ланцюговий дріб, періодичним ланцюговим дробам, представленням логарифмів через ланцюговий дріб, наведені та обґрунтовані основні властивості логарифмів, відношень, пропорцій, тощо.

Розділ „Алгебра“ (друга книга) містить такі основні теми:

- біноміальні коефіцієнти, число перестановок та число комбінацій;
- матеріал, що пов'язаний з теоремою Ферма;
- рівняння першого, другого та вищих порядків;
- арифметичні та геометричні прогресії.

Вагома частка матеріалу цього розділу присвячена методам розв'язування алгебраїчних рівнянь різних порядків, аналізу структури коренів, описані ознаки, за якими можна встановити наявність кратних та уявних коренів, межі інтервалів, в яких знаходяться корені рівнянь вищих степенів.

Розглядаючи арифметичні та геометричні прогресії, Я.П. Кулик вивів основні формули, які виражають властивості членів прогресій, знаходять загальні члени та суми даних прогресій.

Матеріал математичного аналізу Кулик розмістив в так званій третій книзі „Алгебраїчний аналіз“. Доповненням до першого підручника були параграфи присвячені функціям (різним формам завдання), застосуванням гоніометричних функцій (щодо обчислення числа π , щодо кубічних рівнянь). Диференціальне числення було розширене темами про диференціали вищих порядків для функцій кількох змінних, детально розглядалися питання, пов'язані із представленням функцій (як однієї, так і двох змінних) в ряд Тейлора та Маклорена. Автор детально описав методи знаходження найбільшого та найменшого значень функцій, тощо. Матеріал про диференціальне числення (обчислення, властивості, застосування) поданий в підручнику в достатньому обсязі, в послідовній та доступній манері.

„Підручник вищого аналізу“ періодично доопрацювався, та був опублікований другий том підручника [8]. Зокрема питання математичного аналізу були доповнені матеріалом для розділу „Обчислення інтегралів“, в якому автор детально описав різні методи інтегрування.

Матеріал аналітичної геометрії був доповнений двома розділами:

- геометрія подвійних координат;
- геометрія вільних координат.

Автор, у властивій йому детальній манері, описав криві першого, другого та вищих порядків, трансцендентні криві, розглянув питання випрямлення кривих ліній, вивів формули для обчислення радіуса кривизни та еволюти, дотичної та нормалі. В кінці підручника автор розмістив 85 рисунків кривих та поверхонь. В останньому розділі підручника Я.П. Кулик дослідив основні формули та застосування сферичної тригонометрії; описав перетворення координат, вивів рівняння прямої в просторі та рівняння площини, проаналізував криві з подвійним згином. Приділена також увага тілам, що обмежуються площинами, та окремим питанням варіаційного числення. Підручники користувалися успіхом серед студентів. Відповіддю на неабиякий попит була поява аналогічного двохтомного підручника з вищої математики чеською мовою [9]. Деякі частини підручника з'являлися окремим виданням, наприклад „Die Integralrechnung und die analytische Geometrie“ („Інтегральне обчислення та аналітична геометрія“) (1844 р.).

Серед визнаних підручників, одноосібним автором яких був Яків Пилип Кулик також „Підручник вищої арифметики та алгебри“ [7], який кілька разів перевидувався та доповнювався.

На титульній сторінці Кулик зазначав, що підручник містить, в першу чергу, важливі дослідження відомих вчених про числові рівняння.

За словами автора, арифметика поділяється на дві частини:

1. На вищу арифметику, яка займається функціями, її властивостями, диференціальними та інтегральними обрахунками.
2. На вищу арифметику, яка займається як кривими з простими згинами, так і кривими з подвійними згинами [7, с. 3].

Відповідно до такого розподілу автор спочатку описав коротко і лаконічно окремі вчення Лагранжа, Лапласа, Лежандра, Гаусса, Якобі, Фур'є та інших, вказуючи відповідну літературу, яка містить наукові досягнення вчених, представлення матеріалу супроводжувалося авторськими коментарями, що направлені на рівень студентів.

Перевидаючи підручник, Я.П. Кулик у більш дидактичній формі запропонував роз'яснення, доведення теорем, висновки та коментарі. Все було зроблено для того, щоб початківець знайомився з термінами, умовними позначеннями, змістом теорем та їх наслідками із невеликими затратами часу та зусиль [7, с. 6].

Будучи талановитим методистом, Кулик вміло враховував потреби користувачів, постійно дбаючи про зручності під час користування підручником. Так, в другому виданні автор доповнив роботу початковими елементами буквеного обрахунку, навів достатню кількість наочного матеріалу, підкреслюючи, що зв'язки між теоремами можна краще пояснити за допомогою формул, ніж це робити, описуючи словами [7, с.7]. Автор акцентував увагу на практичне використання математичних розробок.

Серед основних тем підручника – дослідження різних функцій: степеневих, трансцендентних, тригонометричних, утворених за допомогою композицій, представлені їх основні властивості та графіки, описана методика дослідження функцій засобами диференціального числення, наведена достатня кількість графіків багатьох функцій. Не обійшов увагою Кулик одну із своїх улюблених тем про числа: розподіл простих чисел, розклад складених чисел на множники, квадратичні форми чисел, тощо.

Велика увага в „Підручнику вищої арифметики та алгебри“ приділяється методам розв'язування числових рівнянь, розглядається їх історичний розвиток. Я.П. Кулик описав і формули Кардано, і спосіб Варинга, який наближено визначає значення уявних коренів, і методи корекції наближених коренів, запропоновані Штурмом. В своєму підручнику Кулик зібрав та систематизував методи визначення наявності дійсних, ірраціональних та уявних коренів, визначення знаків коренів. Він описав ознаки кратних, уявних коренів алгебраїчних рівнянь, запропоновані Фур'є, Штурмом, деякі алгоритми розв'язування рівнянь третього, четвертого та п'ятого степенів. Серед питань, що розглядаються в підручнику – розв'язування окремих трансцендентних та, так званих, похідних рівнянь – рівнянь, що утворюються із початкових за допомогою відповідних перетворень, при цьому автор встановив деякі залежності коефіцієнтів та коренів рівнянь від коефіцієнтів та коренів похідних рівнянь.

Крім того, в підручнику Кулик запропонував п'ять різних методів розв'язування числових рівнянь, кожний з яких має свої переваги, і тому, як зазначає автор, непросто визначити, який з них може бути універсальним. Серед методів є розроблені відомими вченими, які в підручнику подані в детальній формі, а є й запропоновані самим автором, які не включені до інших підручників і вперше представлені на розсуд читачів. Мова йде про розв'язок алгебраїчних рівнянь третього степеня за допомогою так званих детермінантів, який Кулик пізніше розгорнуто описав в окремих працях.

„Підручник вищої арифметики та алгебри“ Я.П. Кулика крім об'ємного теоретичного та практичного матеріалу, що безпосередньо використовується в математиці, містить ряд інструкцій, роз'яснень, які необхідні в різних життєвих ситуаціях. Зокрема, Кулик в параграфі про відношення та відсотки, наводить відповідні формули обчислення та детальні пояснення щодо:

- нарахування позиттєвої ренти та ренти, обмеженої певним терміном;
- нарахування пенсії вдові за чоловіка та пенсії вдівцеві за дружину;
- нарахування страховки життя як з першим внеском, так і без першого внеску, тощо.

Прагнення Я.П. Кулика до розроблення методів для зручного використання математики як для наукових цілей, так і безпосередньо для повсякденного життя є однією із особливостей його творчої діяльності. Математичний апарат, запропонований в підручниках з математики, автор

використовував у інших навчальних посібниках, зокрема у підручнику „Anfangsgründe der höheren Mechanik“ (1846) („Основи вищої механіки“).

Підручник Я.П. Кулика „Основи вищої математики з огляду на її технічні застосування“ [10] (750 сторінок) – це ще одне підтвердження необхідності використання математичних розробок, при цьому застосування, на думку автора, повинно бути максимально зручним і ефективним, з найменшою затратою часу. Кулик в підручнику систематизував свої напрацювання, отримані під час складання математичних таблиць, для багатьох підрахунків, потрібних у різних сферах виробництва. Детальні пояснення та кінцеві обчислення різних величин і параметрів були хорошими порадами не лише для студентів, але й для інженерів, їх окремі значення розміщувалися в компактних та зручних таблицях в кінці підручника. Аналіз тем, представлених в підручниках з математики показує, що, в першу чергу, автор надавав перевагу теоретичному матеріалу, який був необхідний для вивчення фізики, механіки та для застосування математики на практиці. Ціленаправленість набутих знань, за словами автора, мала першочергове значення для отримання якісного рівня освітньої підготовки. Підручники Кулика характеризуються доступністю, матеріал поданий на високому методичному рівні з достатньою кількістю прикладів, таблиць, рисунків та креслень.

Висновки. Різні фактори впливають на якість викладання та вивчення навчальних дисциплін, серед яких і вища математика. Історичні приклади засвідчують необхідність обґрунтованих наукових та методичних підходів до організації і проведення навчального процесу, який вимагає постійного удосконалення. Важливою частиною курсу є та область знань, яка створює систему, адже без системи не можна претендувати на знання і основ науки, і науки в цілому. Необхідність узагальнення системно-теоретичних знань є також очевидною. Поряд із основною частиною навчальної дисципліни «Вища математика» має право на належне місце вивчення матеріалу, який направлений на практичне застосування. Важливим є спрямування курсу вищої математики на пряме прикладне значення. Основою курсу є класичні наукові досягнення математиків різних історичних періодів, що лежать в основі диференціального та інтегрального числення, алгебри, геометрії, диференціальних рівнянь, теорії ймовірностей, тощо. Обсяг, вибір головного та другорядного, наповнення курсів з вищої математики повинні залежати також від задач, які ставляться перед математичним апаратом для вирішення завдань професійного напрямку. Викладання базової частини курсу має бути спрямоване на засвоєння матеріалу, який в першу чергу, необхідний для вивчення, наукового обґрунтування та дослідження дисциплін, що пов'язані з професійною діяльністю. Важливою складовою є пояснення суті, способів застосування, зв'язку тих чи інших розділів курсу «Вища математика» з іншими навчальними курсами. Представлення обов'язкового об'єму програмного матеріалу має носити доступний формат, до якого повинні залучатися як перевірені методи (послідовність, обґрунтування, взаємозв'язок), так новітні розробки (методичні засоби, що задіють комп'ютерно-інформаційні технології).

Методика при викладанні курсів математичних дисциплін також відіграє важливу роль для засвоєння програмного матеріалу, для цілеспрямованого керування розумовою діяльністю студентів, для стимулювання бажання пізнати як базові так і детальні основи курсів, ефективні методичні розробки суттєво впливають на активність студентів, а отже на виконання основного завдання курсу-отримання системних знань.

Список використаних джерел.

1. История отечественной математики [Под ред. Штоколо И.З.] – К.: Наукова думка, 1967. – [Т.2. 1801–1917]. – 616 с.
2. Вилейтнер Г. Хрестоматия по истории математики, составленная по первоисточникам [Пер. с нем. П.С. Юшкевича, А.П. Юшкевича]. – М.: ОНТИ, 1935. – [Изд. 2-е.]. – 336 с.
3. Стройк Д.Я. Краткий очерк истории математики / Д.Я. Стройк. – М.: Наука, 1978. – 327 с.
4. Клейн Ф. Лекции о развитии математики в XIX столетии / Ф. Клейн. – М.: Наука, 1978. – 454с.
5. Конфорович А.Г. История розвитку математики. Методичні вказівки / А.Г. Конфорович, Г.М. Андрієвська. – К.: Вища школа, 1980. – 92 с.
6. Kulik J.P. Lehrbuch der höheren Arithmetik und Algebra / J.P. Kulik. – Prag, 1843–1844. – 400 s.
7. Kulik J.P. Lehrbuch der höheren Analysis. Lehrbuch der höheren Arithmetik und Algebra. / J.P. Kulik. – Prag, 1843. – 390 s.
8. Kulik J.P. Lehrbuch der höheren Analysis. Zweiter Band / J.P. Kulik. – Prag, 1844. – 400 s.
9. Kulik J.P. Wyzsza matematyka / J.P. Kulik. – Prag, 1850. – 420 s.
10. Kulik J.P. Anfangsgründe der höheren Mathematik mit Rücksicht auf ihre technischen Anwendungen / J.P. Kulik. – Leipzig, 1846. – 750 s.

УДК 004.75:378.147

Н.М. Ліщина,

Луцький національний технічний університет

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Наталія Ліщина. Проблеми та перспективи використання хмарних технологій в освітньому процесі. Дослідження проблема та перспективи використання хмарних технологій у навчальному процесі. Зосереджена увага на безкоштовних хмарних платформах Microsoft Office 365, Google Apps Education Edition та хмарних сервісах на їх основі.

Ключові слова: хмарні технології, Google Apps, Microsoft Office 365, навчальний процес, SharePoint Online, Lync Online.

Наталія Лищина. Проблемы и перспективы использования облачных технологий в образовательном процессе. Исследованы проблемы и перспективы использования облачных технологий в учебном процессе. Сосредоточено внимание на бесплатных облачных платформах Microsoft Office 365, Google Apps Education Edition и облачных сервисах на их основе.

Ключевые слова: облачные технологии, Google Apps, Microsoft Office 365, учебный процесс, SharePoint Online, Lync Online.

Nataliia Lishchyna. Problems and prospects of cloud technology in education. This paper examines the challenges and prospects for the use of cloud technology in the learning process. Most attention is focused on the free cloud platforms Microsoft Office 365, Google Apps Education Edition and cloud services based on them.

Keywords: cloud technology, Google Apps, Microsoft Office 365, the learning process, SharePoint Online, Lync Online.

Постановка проблеми. Впровадження будь-яких інноваційних технологій у навчальний процес потребує вирішення низки питань, пов'язаних із придбанням, налаштуванням і обслуговуванням апаратної та програмної частин, навчанням персоналу, оновленням програмного забезпечення, придбанням ліцензії на програмне забезпечення і т.п. Починаючи з 2007 року, ІТ-спеціалісти активно використовують термін «хмарна технологія» (Cloud Technology) і «хмарні обчислення» (Cloud Computing).

Хмарні технології визначають як динамічно масштабований вільний спосіб доступу до зовнішніх обчислювальних інформаційних ресурсів у вигляді сервісів, що надаються за допомогою мережі Інтернет. [1]

Поява першої технології, що можна охарактеризувати як хмарну, приписується компанії *Salesforce.com*, заснованої в 1999 році. Вона надала доступ до свого додатку через сайт за принципом – програмне забезпечення як сервіс (*Software as a Service [SaaS]*). Наступним кроком стала розробка хмарного веб-сервісу компанією Amazon у 2002 році. Цей сервіс дозволяв зберігати інформацію і робити обчислення. В 2006 Amazon запропонувала сервіс під назвою *Elastic Compute cloud (EC2)* як веб-сервіс, що надав можливість його користувачам запускати свої власні програми. У цьому ж році компанія Google почала впроваджувати *SaaS* сервіси під назвою «*Google Apps*» та платформи як сервіси (*Platform as a Service [PaaS]*) під назвою «*Google App Engine*».[18, с. 17 – 19] Компанія Microsoft зробила свою першу презентацію *PaaS* під назвою «*Azure Services Platform*» на Конференції з професійного розвитку 2008 року (*Professional Developer's Conferens [PDC]*), що стала суттєвим поштовхом до розвитку хмарних технологій. [1]

У наш час ці технології набувають все більшого значення у професійній діяльності викладачів навчальних закладів. Пояснюють це, перш за все, новими можливостями для представлення динамічних і актуальних, що базуються на Інтернет-технологіях, електронних додатків для освіти.

Основні компанії, а саме, *Google, Microsoft, IBM*, що займаються розробкою даної продукції, намагаються удосконалити хмарні технології для їх впровадження у навчальний процес ЗНЗ, зокрема у професійну діяльність вчителів.

Метою даної статті є дослідження проблем та перспектив використання хмарних технологій у навчальному процесі.

Основна частина. Розглянемо приклади застосування хмарної технології в навчальному процесі. Найбільш відомими у світі є безкоштовні хмарні платформи Microsoft Office 365, Google Apps Education Edition та хмарні сервіси на їх основі.

Важливий внесок у розвиток хмарних технологій для освіти робить компанія Google. [2]. Служби Google Apps для навчальних закладів допомогли в корені змінити систему навчання в багатьох вищих навчальних закладах по всьому світі.

У наш час, продукти Google стали для університетів тією технологічною базою, що допомогла підняти ефективність спільної роботи викладачів і учнів на новий рівень. Перевагами хмарних технологій є можливість аудиторної роботи, наукових досліджень й управлінської ініціативи при тісному співробітництві викладачів і студентів.

Google Apps Education Edition – це Web-програми на основі хмарних обчислень, які надають студентам і викладачам вищих навчальних закладів інструменти, необхідні для ефективного спілкування та спільної роботи.

Впровадження в науково-дослідний процес організації навчання сервісів Google Apps надає ряд переваг навчальному закладу. Це економія коштів, які потрібні на технічне переоснащення комп'ютерних центрів вузу та зниження витрат на персонал, який обслуговує комп'ютерне обладнання. Еластичність хмарних технологій дозволяє справитись з піковими навантаженнями в кінці учбових семестрів завдяки використанню віртуальних персональних комп'ютерів. Хмарні технології дозволяють економити кошти на оплату ліцензій на програмне забезпечення його супровід та адміністрування, потрібно буде платити лише за фактичне використання хмарних сервісів.

Пакет Google Apps Education Edition надає для навчального закладу безкоштовні послуги, а саме: електронну пошту, календар, засоби миттєвого зв'язку за допомогою голосових, текстових і відео повідомлень, онлайн відео-сховище та засоби групової роботи над документами.

Віртуальні навчальні середовища відносно прості для користування і значно полегшують роботу зі створення дистанційних курсів, навіть якщо викладачі не мають глибоких знань мультимедійних і комунікаційних засобів або мов, наприклад, HTML, JAVA.

Можливості хмарних технологій, що використовується для потреб освіти, можуть зробити серйозний вплив на проектування навчальних завдань, систем оцінювання і на підсумковий навчальний досвід, що формується в студентів.

З сервісом Google Apps викладачі та студенти отримують більше інструментів для спільної роботи в навчальному процесі: створення веб-сайтів та внутрішнього порталу закладу, виконання проектів у групах, складання загального розкладу занять, проведення лекцій та семінарів дистанційно. Крім того, навчальні заклади можуть суттєво економити на ІТ-ресурсах і при цьому бути впевненими в надійності і безпеці сервісу, захищеного від спаму і реклами.

Слід відмітити такі функціональні можливості основних продуктів компанії Google:

- створення веб-сайтів – Google Sites;
- ведення календаря, робочого графіку, складання навчальних планів, тощо – Google Calendar;
- створення документів різних форматів – Google Docs;
- сумісне редагування документів різних форматів – Google Cloud Connect;
- електронна пошта з пошуковою системою та захистом від спаму – Google mail (Gmail);
- створення 3D-моделей – SketchUp;
- ведення щоденників навчальних проектів – Blogger;
- створення фотоальбомів, редагування фотографії, сумісна робота з іншими програмами редагування графічних файлів – Picasa;
- моніторинг трафіку на веб-сайт і ефективність різних маркетингових заходів – Google Analytics;
- автоматичне перекладання веб-сторінок із різних мов – Google translate.

На сьогоднішній день дуже привабливою є пропозиція від компанії Microsoft для навчальних закладів, а саме використання MSOffice 365 для навчальних закладів. Ми спробуємо проглянути переваги, окреслити перспективи використання та визначити для себе рекомендації для використання MS Office 365 у навчально-виховному процесі.

Розповсюджується Microsoft Office 365 за схемою «програмне забезпечення + послуги». При цьому існують тарифні плани для малого і середнього бізнесу, підприємств, навчальних закладів і урядових організацій.

Microsoft Office 365 для освіти являє собою набір веб-інструментів, покликаних забезпечити ефективну співпрацю школярів або студентів з викладачами. З допомогою Microsoft Office 365 усі

учасники навчального процесу можуть разом працювати над завданнями та груповими проектами в реальному часі, надавати спільний доступ до інформації, переглядати й редагувати документи у браузері або в системі Office.

Корпорація Microsoft пропонує для навчальних закладів три плани системи Office 365 — A2, A3 і A4.

Для навчальних закладів безкоштовним є план A2, що дає змогу: використовувати електронну пошту, календар і контакти, розміщені у хмарі; використовувати власне ім'я домену; обмінюватися миттєвими повідомленнями; здійснювати голосові та відеовиклики; проводити онлайнві конференції з забезпеченням спільного доступу до робочого стола; переглядати і редагувати у веб-браузері файли Word, Excel, PowerPoint і OneNote; розробляти та підтримувати загальнодоступні веб-сайти у власному домені. Для навчальних закладів плани A3 і A4 є платними. [4]

Приєднання до Microsoft Office 365 — ефективне рішення для навчальних закладів, які вирішили скористатися перевагами хмарних обчислень і уникнути зайвих витрат на IT-інфраструктуру.

У разі такого приєднання завдяки засобам Microsoft Office 365 учителі користуватимуться онлайнвими середовищами для зберігання навчальних матеріалів, зможуть створювати сайти груп для спільної роботи і швидкого обміну інформацією, отримають у своє розпорядження засоби планування. Учні також зможуть користуватися усіма перевагами цієї служби: вести власний календар, зберігати документи і зображення в онлайні, спілкуватися між собою.

Навчальні заклади можуть підключитися до Microsoft Office 365 безкоштовно. Спочатку потрібно підписатися на 30-денну ознайомлювальну версію продукту. Щоб отримати право на придбання Microsoft Office 365 за цінами для освітніх установ, необхідно підтвердити право власності на домен.

Є можливість придбання пакету для вчителя та для учня. Кожна ліцензія прив'язана до конкретного користувача. Тому є необхідність додати таку кількість користувачів, яка потрібна. При додаванні користувачів необхідно заповнити анкетні данні в яких обов'язково вказується ім'я, першу частину якого встановлює користувач, а інша частина – назва домену. Microsoft пропонує домени на своєму сервері, які мають закінчення onmicrosoft.com. Якщо у навчального закладу є власний домен, то є можливість додати його, після перевірки домену на право власності.

На цьому ж домені буде організована робота служби sharepointдля створення сайтів.

Після додавання користувачів, кожен з них зможе працювати на інших комп'ютерах, на яких необхідно буде увійти під своїм обліковим записом (що був наданий при створенні користувача), завантажити та встановити MSOffice 365.

Далі необхідний лише ентузіазм та майстерність викладача по створенні групової роботи. При цьому Microsoft дає можливість творчо підходити до цього процесу використовуючи різні компоненти Office 365.

Компоненти Microsoft Office 365

- Microsoft Office – доступні на комп'ютері або через веб-інтерфейс інструменти бізнес-продуктивності (Excel, PowerPoint, Word, Outlook).
- Exchange Online – електронна пошта, календар і контакти з найновішими версіями рішень для захисту від вірусів і спаму.
- SharePoint Online – «хмарне» рішення для створення сайтів, порталів, робочих областей для спільної роботи та обміну даними з колегами, партнерами та клієнтами.
- Lync Online – миттєві повідомлення, індикатор присутності, аудіо-, відео- та веб-конференції, спільний доступ до екрану доповідача.

Ключові переваги Microsoft Office 365:

- Доступ до електронної пошти, документів, календаря, контактів з різних ПК та мобільних телефонів.
- Проста взаємодія з колегами та бізнес-партнерами з високим рівнем інформаційної безпеки.
- Фінансово гарантована стабільність роботи протягом 99,9% часу.
- Доступні рішення, такі як підтримка користувачів, портали, сайти, миттєвий обмін повідомленнями, веб-конференції, електронна та голосова пошта. [4]

Microsoft Office 365: Lync 2010. З допомогою програми Microsoft Lync 2010 ви можете у

режимі реального часу спілкуватися з іншими користувачами, обмінюватися з ними текстовими повідомленнями, здійснювати аудіо- та відеовиклики. Крім того, Lync забезпечує можливість організувати групові відеоконференції (мережні наради), під час проведення яких учасники можуть надавати в онлайн спільний доступ до своїх робочих столів, файлів і презентацій.

Щоб мати можливість створювати мережні наради, обліковий запис Office 365 потрібно додати в Microsoft Outlook 2010.

Microsoft Office 365 :робота з сайтами. Веб-сайти Microsoft Office 365 працюють на платформі SharePoint Online — хмарної служби, розміщеної на сервері корпорації Майкрософт. Замість того, щоб установлювати і розгортати Microsoft SharePoint Server 2010 на власних ресурсах, навчальні заклади тепер можуть просто підписатися на SharePoint Online, що входить до складу Office 365, і таким чином надати своїм співробітникам рішення корпоративного рівня для створення сайтів з метою спільного використання документів та інформації. У Microsoft Office 365 можна створювати як внутрішні, так і загальнодоступні сайти.

Переваги створення сайту у службі Microsoft Office 365:

- не потрібно мати спеціальних знань;
- можливість вибору кольорів і макета з готових шаблонів;
- оновлення й публікування сайту можна виконувати самостійно;
- можливість використовувати власне ім'я домену;
- для всіх користувачів та груп можна налаштовувати відповідні рівні доступу до інформації.

Користувачі сайту групи отримують можливість: спільно працювати над документами; використовувати календар; відстежувати завдання; брати участь в обговореннях. [4]

Проте й у цьому випадку існують кілька проблем:

- необхідність встановлення засобу синхронізації служби каталогів на виділений сервер з архітектурою x64, який до того ж не може бути контроллером домена;
- для синхронізації необхідний обліковий запис комерційної системи «Windows Azure Active Directory».

Незважаючи на це, використання хмарних сервісів Google Apps та Microsoft Office 365 як складових ІТ-інфраструктури ВНЗ має переваги: надійності, оскільки надані сервіси традиційно мають високу функціональність та захист даних; індивідуального доступу до ресурсів та сервісів; можливості формування груп та підрозділів користувачів; фільтрування небажаного контенту з боку системи, адміністратора а також самого користувача; централізованого адміністрування завдяки розширеному набору методів та засобів; значного обсягу дискового (хмарного) простору, який надається користувачеві; україномовного інтерфейсу; можливість використання з мобільних пристроїв; інтеграції з іншими програмними засобами освітнього закладу. [1]

Незважаючи на наявність потужних комерційних хмарних платформ, вважаємо доцільним розгортання в ІТ-інфраструктурі ВНЗ приватної хмари, на основі якої можлива розробка «хмарних» лабораторій для вивчення окремих дисциплін циклу професійної та практичної підготовки фахівців з інформатики. Хмарні сервіси для розробки власних або використання існуючих тестів. Прикладом хмарного інтернет-сервісу для швидкого розроблення власних тестів, що надає можливість безкоштовного обслуговування до 100 студентів у місяць з одним менеджером тесту у режимі Lite є OpenTest (<http://www.opentest.ru/>).

Для університетів існує можливість створення приватної хмари (private cloud) та освітньої хмари (educational cloud) [2]. Приватна хмара й освітня хмара надають можливість доступу до видалених процесорів, програмному забезпеченню та сховищу даних (ресурсів), інфраструктурі, але приватна хмара – це «простір» одного університету, а освітня хмара об'єднує університети з їх ресурсами в один єдиний «простір», що розширює можливості як для студентів, так і для викладачів, але призводить до вирішення питань, зв'язаних з приватністю, правами доступу до інформації та надійністю збереження даних.

Важливими проблемами щодо впровадження хмарних технологій як до бізнесу, так і до навчальних закладів є питання приватності, розмежування доступу, безпеки та надійності збереження інформації (наприклад, функціональність потужних сервісів Google і Microsoft може бути зруйнована DoS-атаками), можливості доступу до «своєї» хмари за будь-яких обставин, дотримання прав інтелектуальної власності, умов щодо безкоштовного доступу, протиріччя у законодавствах різних країн щодо відкритості інформації (наприклад, якщо інформація

зберігається у центрах обробки інформації, розташованих у США, де закони про захист інформації суворіші, ніж у Євросоюзі [1]).

Перелічимо перспективні напрями щодо розвитку хмарних сервісів.

1) Останнім часом спостерігається тенденція інтегрування сучасних бізнес-додатків у хмари. Тому перспективним напрямком для впровадження хмарних технологій в освіту є розробка хмарних сервісів для вивчення інформаційних систем і технологій, наприклад, бухгалтерських інформаційних систем. Вочевидь, щоб залишитися лідерами на ринку бухгалтерських інформаційних систем відомим компаніям «1С», «Парус», «БухСофт» і т. п. необхідно надавати не тільки хмарні сервіси для компаній, але й створювати та розвивати безкоштовні хмарні сервіси для отримання навичок роботи з бухгалтерськими програмами студентам – майбутнім економістам.

2) Перспективним напрямом щодо розвитку хмарних технологій є розробка навчальних онлайн-додатків. Важливим компонентом хмарних платформ є локальне середовище розробки, наприклад, локальне середовище розробки хмарної платформи Windows Azure надає можливість розробки навчальних додатків або власних тестів на мовах Visual Studio, Java або за допомогою технології розробки веб-додатків ASP.NET.

3) Наявність локального середовища розробки хмарних платформ сприяє створенню власних середовищ розробки на мовах веб-програмування і як, наслідок, створює перспективу для вивчення мов програмування у хмарних середовищах.

4) Перенесення систем Moodle та Blackboard у хмари є ще одним перспективним напрямом у розвитку хмарних сервісів.

Висновки. Упровадження хмарних технологій є новим напрямом у сфері комп'ютерних технологій, що розвивається, але вже зараз можна перелічити особливі переваги їх використання в освіті:

1) хмарні сервіси надають дослідникам та науковцям можливість миттєвої обробки величезних обсягів інформації з низькою коштовністю обчислювальних ресурсів і можливості її миттєвого розповсюдження та обміну результатами аналізу з іншими дослідниками по всьому світу;

2) хмарні технології створюють можливість для безперервного навчання із підтримкою мобільних технологій та сервісів соціальних мереж та роблять сам процес навчання інтерактивним, тобто доступ до навчальних матеріалів студент може отримати у будь-яку мить, у будь-якому місці, де є можливість підключення до мережі Інтернет;

3) хмарні технології дають можливість здійснювати інтерактивне онлайн-консультування студентів у викладача та миттєво отримувати відповіді на свої запитання;

4) хмарні технології дають можливість збереження даних у хмарах (центрах обробки даних) без необхідності їх перенесення з пристрою на пристрій (наприклад, з комп'ютера навчального закладу до домашнього комп'ютера), тобто має місце апаратна незалежність від обладнання;

5) хмарні технології надають можливість проведення незалежного тестування в існуючих хмарних сервісах або можливість розробки власних тестів викладачами навчальних закладів.

Список використаних джерел

1. Балик Н.Р. Інноваційне навчання в університеті: досвід та перспективи / Н.Р.Балик // Комп'ютер у школі та сім'ї. — 2013. — №5 (46). — С. 49-59.
2. Олексюк В. П. Досвід інтеграції хмарних сервісів Google Apps у інформаційно-освітній простір вищого навчального закладу. [Електронний ресурс] / В. П. Олексюк // Інформаційні технології і засоби навчання. — 2013. — №3. — Режим доступу : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/824/631>
3. Google Apps for Education [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.google.com/enterprise/apps/education>
4. Office 365 [Електронний ресурс] /Корпорація Майкрософт. — Режим доступу : <http://office.microsoft.com/uk-ua/academic/FX103045755.aspx>

УДК 378.11

Панасюк Н.Л.

Луцький національний технічний університет

УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ - ПЕРЕДУМОВА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ТА ЛІДЕРСТВА ВИЩИХ ТЕХНІЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Панасюк Н.Л. Управление процессом повышения качества - предумова конкурентоспособности та лидерства высших технических учебных заведений. Актуальность темы публикации определяется, в первую очередь, потребностью более глубокого осмысления новейших концепций международной конкурентоспособности университетов та факторов их формирования.

Ключові слова: управління, підвищення якості, конкурентоспроможність, лідерство.

Панасюк Н.Л. Управление процессом повышения качества - предпосылка конкурентоспособности и лидерства высших технических учебных заведений. Актуальность темы публикации определяется, в первую очередь, потребностью более глубокого осмысления новейших концепций международной конкурентоспособности университетов и факторов их формирования и обусловлена по крайней мере тремя обстоятельствами.

Ключевые слова: управление, повышение качества, конкурентоспособность, лидерство.

Panasjuk N. Quality control process - condition competitiveness and leadership higher technical educational institutions. Relevance of the topic publication is determined, first of all, need a deeper understanding of new concepts of international competitiveness of universities and factors of their formation and caused at least three circumstances.

Keywords: management, quality improvement, competitiveness, leadership.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Актуальність питання визначається, насамперед, потребою більш глибокого осмислення новітніх концепцій міжнародної конкурентоспроможності університетів та факторів їх формування і обумовлена принаймні трьома обставинами. По-перше, сучасний етап еволюції світового господарства характеризується радикальними соціально-економічними трансформаціями та переходом до якісно нової стадії розвитку глобальної економічної системи – формування економіки знань, яка характеризується поглибленням двох діаметральних процесів: з одного боку, продукування фундаментальних знань концентрується в обмеженій кількості світових науково-дослідних центрів, з іншого – прикладні дослідження набувають всезагального поширення. Зосередження інноваційної діяльності в окремих університетах світового класу принципово змінює статус цих інституцій на глобальному ринку освітніх послуг та високотехнологічної продукції, перетворюючи їх на ключових суб'єктів глобальної інноваційної мережі.

По-друге, визначальною для активізації інноваційного розвитку країн стає розбудова висококонкурентних університетів, які здатні акумулювати і примножувати власний інтелектуальний потенціал і формувати інтелектуальний капітал нації, а також сприяти системній інтеграції освіти і науки та трансферу технологій у виробництво і на цій основі забезпечувати міжнародні конкурентні переваги для країни в цілому [1; 4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми. Про значний внесок цих університетських закладів у формування та відтворення людського капіталу, нарощення інноваційного і технологічного потенціалу країн свідчать багато історичних розвідок, пов'язаних із дослідженням еволюції дослідницьких університетів у США, європейських державах, Японії, Китаї тощо. Найбільш повно ключові тенденції та закономірності становлення університетів світового рівня, проаналізовано у працях зарубіжних вчених: П.Агіона, Дж. Алдена, Ф.Альтбаха, Ч.Веста, Х.Грехема, Н.Даймонда, Н.Лью, Г.Левіна, Дж. Салмі, М.Прінта, Б.Сандквіста, Д.Тернера, А.Ушера, Й.Ченга та багато інших.

Такі авторитетні дослідницькі центри, як The Center for Studies in Higher Education at UC Berkeley, The Center for International Higher Education (при Бостонському коледжі), The Center for Higher Education Policy Studies (при Школі менеджменту та управління в університеті Твенте), The Center for World-Class Universities of Shanghai Jiao Tong University та інші уже давно стали визнаними у світі центрами, дослідження яких сконцентровані навколо стратегічного розвитку висококонкурентних університетів світу. Важливу роль в оцінюванні університетів світового класу відіграють міжнародні університетські – QS (Лондон), ARWU (Шанхай), Times Higher

Education (Лондон), The Top American Research Universities (Центр вимірювання ефективності університетів, США) та ін. Активно ведеться розробка нових і перспективних рейтингових систем університетських закладів за різноманітними критеріями та функціональним призначенням - U-Multirank, проект OECD-AHELO тощо.

Таким чином, існує широкий суспільний запит у сфері досліджень диспозиції університетів на глобальному ринку освітніх послуг. А конкурентоспроможність є визначальним критерієм ефективності для будь якого суб'єкта [1; 4].

Формулювання цілей статті. Враховуючи ту обставину, що спеціальних публікацій з питань дослідження феномену конкурентоспроможності університетів в умовах глобалізації недостатньо, то мети публікації полягає у здійсненні комплексного аналізу на базі новітніх економічних концепцій сутності міжнародної конкурентоспроможності університетів та факторів їх формування з метою розробки науково обґрунтованої концепції підвищення конкурентного статусу національної освітньої системи.

Виклад основного матеріалу дослідження. На сьогодні сформувалися наступні загальні тенденції розвитку конкурентних університетів:

1. Глобальний масштаб діяльності і вагомий вплив на суспільний розвиток.
2. Системна інтеграція дослідницької та освітньої діяльності.
3. Поглиблення регіонального та міжнародного співробітництва.
4. Селективність у доборі студентів і професорсько-викладацького складу. Високі рівні наукової продуктивності викладачів.
5. Виконання міждисциплінарних наукових досліджень та підготовка докторів наук.
6. Диверсифікація джерел фінансування.
7. Спільне координування дій з представниками бізнесу у підготовці фахівців.
8. Формування сучасної інфраструктури наукової та інноваційної діяльності.
9. Забезпечення найвищої якості науково-освітньої діяльності.
10. Зростання обсягів консалтингових послуг, які надаються викладачами.

Високий потенціал генерування нових знань, можливості забезпечення ефективного трансферу технологій в економіку, здійснення широкого спектру фундаментальних і прикладних досліджень на новітній науковій і техніко-технологічній базі, наявність прогресивних систем підготовки і перепідготовки кадрів найвищої кваліфікації є запорукою неодмінного конкурентного успіху університетських закладів на глобальному ринку освітніх послуг. Дослідницькі стратегії та їх успішна реалізація університетами світового класу (наприклад, Гарвардським, Оксфордським, Кембриджським та іншими) уже давно є фундаментом їхнього високого конкурентного статусу на міжнародній арені. Крім того, ці університети забезпечують найвищий рівень своєї "внутрішньої академічної якості" (за визначенням Lombardi, 2001), зокрема через залучення найбільш продуктивних в дослідницькому плані професорів та викладачів, найталановитіших студентів, а також розбудовуючи якісне академічне й культурне університетське середовище, зумовлюючи тим самим позитивні структурні соціально-економічні зміни в регіонах та країнах свого розташування [2].

Цю оригінальну концепцію міжнародної конкурентоспроможності дослідницьких університетів, у центрі якої знаходиться ідея так званого "двигуна якості (quality engine)", розвинула група американських дослідників на чолі з Дж. Ломбарді, які представляють Центр вимірювання університетської успішності [1;4].

В запропонованій моделі конкурентоспроможності університет повинен постійно постачати себе (власний внутрішній "двигун якості") високоякісним паливом, яке уособлюють люди (професорсько-викладацький, адміністративний, дослідницький персонал, студенти), ресурси (матеріальні, фінансові, інформаційні тощо), та примножувати і відтворювати свій університетський потенціал (спроможність залучати доходи у вигляді плати за навчання, ендавменту, грантів та комерціалізувати дослідницькі результати за посередництвом патентів, ліцензій, роялті чи у формі цільових державних асигнувань).

Із моделі випливає, що конкурентоспроможність університетів досягається шляхом забезпечення ними якомога вищого рівня "внутрішньої академічної якості", зокрема через залучення найбільш продуктивних в дослідницькому плані професорів та викладачів, найталановитіших студентів, а також розбудовуючи найякісніше академічне й культурне

університетське середовище, що в цілому характеризує так зване "академічне ядро" дослідницького університетського закладу, оточене ефективною "адміністративною оболонкою" [1; 4]. Саме створення досконалої внутрішньої академічної якості, основою якої є унікальне і високопродуктивне академічне ядро (стосується як сфери викладання, так і досліджень і складається з окремих академічних спільнот вищого навчального закладу у тих чи інших галузях науки), дослідники вважають "двигуном якості" висококонкурентного університету.

Важливі функції при цьому виконує адміністративна університетська оболонка, покликана всіляко підтримувати діяльність дослідницького університету (залучення видатних професорів, спонсорів, соціальна, політична, інституціональна підтримка тощо) та забезпечувати його ефективні взаємозв'язки із зовнішнім соціально-економічним, культурним та політичним середовищем.

Визначальні чинники міжнародної конкурентоспроможності університетів світового класу досліджуються відомим американським вченим, директором Центру міжнародної вищої освіти при Бостонському коледжі Ф.Альтбахом. Дослідник у своїй роботі "Витрати і вигоди університету світового класу" (2003 р.) стверджує, що "кожна країна бажає мати університет світового класу, але ніхто не знає, що означає такий університетський статус і яким чином його можна отримати" [1, с. 5]. Принципово не пропонуючи будь-якого визначення категорії "університет світового класу", Ф.Альтбах натомість вказує на певні ключові характеристики, якими повинен володіти і має примножувати подібного роду університетський заклад, які стосуються передусім сфери дослідницької діяльності. До них вчений відносить зокрема такі:

- здійснення університетом проривних досліджень, які визнаються науковою спільнотою у світовому масштабі, можуть бути оцінені та поширені;
- наявність першокласних професорів, які вважаються головною ланкою в університетській системі досліджень;
- достатність ресурсів і сприятливі умови праці в університеті, які дозволяють залучати та утримувати найфаховіший професорсько-викладацький склад;
- академічна свобода та атмосфера інтелектуального азарту, які повинні панувати в університетському середовищі;
- прозора та ефективна система управління університетом, контроль науковою спільнотою вищого навчального закладу академічного життя (практики і процедур вступу студентів до університету, навчальних програм, критеріїв присвоєння кваліфікацій і наукових ступенів, прийняття на посади нових професорів, головних напрямів академічної роботи);
- адекватні умови для наукової роботи, наявність у розпорядженні університету найкращого за світовими стандартами обладнання, лабораторій, бібліотек, що в цілому дозволяє здійснювати креативні дослідження, налагоджувати інноваційний процес викладання дисциплін.

Досліджуючи динаміку національної та глобальної конкуренції у сфері вищої освіти відомий австралійський дослідник С.Маргінсон наголошує, що дослідницькі університети, як продуценти і постачальники суспільства "позиційними товарами *" (разом з іншими університетськими закладами), які забезпечують доступ до соціального престижу і отримання доходів, цілеспрямовано намагаються наростити свій статус як виробників таких благ [5]. За умов загострення конкурентної боротьби на глобальному ринку освітніх послуг визначальними детермінантами конкурентного статусу дослідницьких університетів стають їх високопродуктивна діяльність у сфері досліджень і можливості залучення навчальними закладами талановитих студентів. Вчений наголошує, що елітними інституціями у загальносвітовому масштабі можуть стати лише ті університети, які виробляють високоцінні позиційні товари, попит на які завжди перевищує пропозицію. Прикладом таких елітних дослідницьких університетів є американські та британські заклади, міжнародна конкурентоспроможність яких обумовлюється передусім їх значним науково-дослідним потенціалом. С.Маргінсоном була розроблена авторська модель сегментації глобального ринку освітніх послуг, в якій фактично відображена ієрархія окремих груп університетських закладів за рівнем їх міжнародної конкурентоспроможності

Таким чином, дослідницький потенціал університету є домінантою його конкурентного статусу на глобальному ринку освітніх послуг, основою його міжнародного авторитету і репутації, запорукою нарощення інноваційного потенціалу країн загалом. З цього приводу С.Маргінсон також справедливо зазначає, що "нації зі значним дослідницьким (науково-технічним) потенціалом спроможні краще керувати власною долею в глобальній економіці знань" [7]. Вони

знаходяться в кращому становищі аби брати на себе глобальні ініціативи, співпрацювати і конкурувати, використовувати найкращі ідеї зі всього звіту та приваблювати людей і капітал. Натомість, "нації без достатньо сильного дослідницького потенціалу", як показує досвід, значно програють іншим країнам за рівнем розвитку системи підготовки висококваліфікованих фахівців, наукової бази промисловості, ефективністю соціальної політики тощо. За логікою вченого, наявність на території країн висококонкурентних на глобальному ринку освітніх послуг університетів є ознакою високого національного науково-технічного потенціалу загалом, так само як і передумовою його стійкого нарощення у перспективі.

Аналізу критеріїв та визначальних чинників дослідницької конкурентоспроможності (research competitiveness) університетів присвячена робота американського вченого А.Тейка "Дослідницька конкурентоспроможність і національна політика у сфері науки" (2001 р.). Дослідник, формулюючи питання, "що означає для університету і держави нарощувати свою дослідницьку конкурентоспроможність", відповідає на нього таким чином. "З одного боку, відповідь проста: більше грантів, крупніші гранти і більше грошей на дослідження. Але в той час, як для університетських адміністраторів і політичних діячів зазначені категорії є цілями, яких необхідно досягати, то для професорсько-викладацького персоналу і дослідників - це, радше, способи, за допомогою яких забезпечується більше дослідницьких результатів, публікацій, у тому числі високоцитованих, а також досягається вищий ступінь визнання науковців та інституцій, які вони представляють" [6, с. 7]. На регіональному рівні дослідницька конкурентоспроможність університетів покликана сприяти економічному розвитку територій і локалітетів за посередництвом технологічного трансферу, ліцензійних угод, через заснування нових успішних компаній і створення нових робочих місць.

Разом з тим, А.Тейк також наголошує, що дослідження не є єдиною та виключною місією університету. Відповідно, дослідницьку конкуренто-спроможність необхідно забезпечувати у спосіб, який підтримує і сприяє реалізації (а не підриває) інших місій університетського закладу, особливо у сфері навчання бакалаврського рівня. З останнього слідує, що дослідницька конкурентоспроможність не лише означає здатність університету залучати державні фонди (гранти) на дослідження, а й передбачає інвестування фінансових коштів у розбудову своїх бібліотек та інформаційних систем, сучасні комп'ютерні мережі, ті сфери загалом, які можуть поліпшувати якість навчального процесу бакалаврів, як майбутньої основи високого дослідницького потенціалу. Загалом, в дослідженнях А.Тейка вказуються стратегічні засади формування високого конкурентного статусу університетів через забезпечення їх дослідницької конкурентоспроможності.

Значна увага до конкурентних переваг університетських закладів в умовах нового глобального середовища приділялась Л.Армстронгом, який особливої уваги приділяв розвитку таких напрямків, як: тісний зв'язок наукових досліджень та викладання; інституційна досконалість; організаційні зміни та дистанційне навчання. Внутрішні ресурси університетів повинні бути спрямовані передусім, щоб стимулювати нові напрями досліджень і творчої діяльності викладачів [3].

Угорські дослідники А.Страмбу-Діма та К.Вегес вважали, що тільки підприємницькі університети у XXI ст. можуть утримати високий конкурентний статус через: посилення внутрішнього управління; розширення сфер діяльності; диверсифікації ресурсної бази; стимулювання наукових досліджень; створення підприємницької культури.

Дослідженню висококонкурентних університетів глобального і національного рівня присвячена наукова праця португальського дослідника Х.Хорта ("Глобальні і відомі національні університети: інтернаціоналізація, конкурентоспроможність та роль держави", 2012 р.). Вчений, порівнюючи університети світового класу із гравцями "Світової ліги чемпіонів у сфері вищої освіти", акцентує увагу на таких ключових характеристиках, які забезпечують високу міжнародну конкурентоспроможність університетських інституцій: по-перше, це їхня належність до групи країн із домінуючими в світі науковими системами; по-друге, володіння ними більшою кількістю необхідних ресурсів та кращою міжнародною репутацією, порівняно з іншими навчальними закладами; по-третє, попередньо набутий досвід успішної міжнародної діяльності в освітній та дослідницькій сфері.

Х.Хорта особливо увагу також звертає на підтримуючу роль держави для нарощення міжнародного конкурентного статусу університетських закладів та поглиблення їх рівня

інтернаціоналізації (зокрема через залучення іноземних професорів і студентів), наголошуючи, що державне фінансування і підтримка є критично важливими, якщо країни хочуть аби їхні національно визнані університети конкурували на глобальному рівні.

Оригінальна концепція міжнародної конкурентоспроможності університетів світового класу (переважна більшість яких є дослідницькими) була розроблена відомим марокканським економістом, координатором вищої освіти сектору людського розвитку Світового банку Дж. Салмі. Він під концентрацією талантів розуміє здатність університету залучати високоталановитих студентів, викладачів, дослідників, розбудовувати продуктивне міжнародне співробітництво. Достатність ресурсів передбачає наявність необхідної кількості ресурсів (державне фінансування, залучення приватного капіталу, плата за навчання, наукові гранти), за допомогою яких створюються сприятливі умови для забезпечення ефективного навчального процесу і здійснення проривних наукових досліджень у пріоритетних сферах науки і техніки / технологій.

Важливе місце в концепції Дж. Салмі відводиться такому ключовому фактору, як розбудова ефективної системи управління вузом, яка покликана сприяти розвитку його стратегічного бачення, інновацій і гнучкості і дозволяла би приймати рішення та управляти ресурсами без бюрократичних процедур. При цьому вважається, що ефективну систему управління можливо розвинути лише за умови, коли національне законодавство сприятиме інституціональній самостійності дослідницького університету, його автономії та поширенню академічних свобод, а також за наявності у вузі потужної команди менеджерів, стратегічного мислення і шляхом культивування культури лідерства у вузі загалом.

Завдяки раціональному поєднанню "ключових факторів" міжнародної конкурентоспроможності університети світового класу досягають лідерських позицій у тих чи інших сферах діяльності, таких як підготовка висококонкурентних на ринку праці випускників (є продуктом поєднання значної концентрації талантів і достатності ресурсів); результативність наукових досліджень (забезпечується через поєднання значної концентрації талантів і ефективного університетського менеджменту); поширення нових ідей і технологій (отримується шляхом комбінування достатніх обсягів ресурсів і ефективного управління).

За своєю природою наведені результати поєднання "ключових факторів" є своєрідними синергійними ефектами від взаємодії тих чи інших компонентів складної внутрішньої системи дослідницького університету, спроможність максимізувати які і визначається як ключова передумова і запорука лідерства вузу на глобальному ринку освітніх послуг.

Ми прийшли до висновку, що міжнародна конкурентоспроможність університетів пов'язана передусім із високопродуктивними факторами, конкурентними перевагами в наданні освітніх послуг та проведенні наукових досліджень та сильними позиціями національних університетів на світовому ринку освітніх послуг. Для досягнення та утримання високого конкурентного статусу університету має значення характер конкурентних переваг, які він розвиває.

Такими визначальними факторами успіху університетів в економічному змаганні за лідерство на світових ринках стають інтелектуальний капітал, інноваційні системи, міжнародне співробітництво та фінансові можливості.

Найвищі стандарти якості освіти в умовах глобалізації можуть бути забезпечені лише за допомогою збільшення і диверсифікації фінансових потоків, які надходять в розпорядження університетських закладів.

Здатність університету адаптуватись до викликів та змін, що проходять на глобалізованих ринках освітніх послуг та реагувати на зміну попиту значно залежать від ступеня наданої університету автономії.

Найконкурентніші університети світу, згідно з рейтингами авторитетних міжнародних організацій, є автономними навчальними закладами, які можуть проявляти ініціативу і бути підприємливими. Разом з тим, університетська автономія – недостатня умова для успішності навчального закладу. Це відбувається в силу швидко змінюваного середовища і є реальним викликом для університетів, які мають автономний статус через загроза їхній стабільності, незалежності і ефективному відтворенню потенціалу. Саме це і обумовлює ефективну теорію, яка пояснює механізм реалізації конкурентних переваг високорозвиненими країнами, є інтегративна теорія, яка поєднує теорії - "двигуна якості - Дж. Ломбарді та глобальної конкуренції – С.Маргінсона та "світової ліги чемпіонів у сфері вищої освіти" Х.Хорта.

Внаслідок дослідження сучасних підходів відомих вітчизняних та зарубіжних економістів до визначення категорій "конкурентоспроможність університетів" виявлено різні точки зору щодо цієї дефініції та її недостатню повноту і обґрунтованість. Тому обґрунтовано власне визначення, яке відрізняється від існуючих, системним характером і полягає у здатності університету займати і утримувати стійкі позиції на певних сегментах світового ринку освітніх послуг завдяки, потужному науково-педагогічному потенціалу; розвиненій інноваційній системі вищого навчального закладу; володінню значним інтелектуальним капіталом та фінансовими ресурсами, що забезпечує високу якість освіти і наукових досліджень на основі генерування та комерціалізації нових наукових знань.

Концепції конкурентоспроможності університетів мають велике практичне значення під час розроблення програм та стратегічних напрямків щодо підвищення конкурентних переваг освітньої системи країни на довгостроковий період. Адже місця, які займають наші університети у рейтингах авторитетних міжнародних організацій, переконливо свідчать про низьку міжнародну конкурентоспроможність. Необхідною умовою виходу України із кризового стану та розв'язання багатьох економічних проблем і національної безпеки є розробка і реалізація глобальної стратегічної архітектури щодо підвищення міжнародної конкурентоспроможності національних університетів. Тільки висока конкурентоспроможність вітчизняної вищої школи як на внутрішньому, так і на світових ринках здатна закласти основи для інноваційного зростання економіки держави та забезпечення життєвого рівня громадян.

Ще повністю не подолано відставання і європейської вищої школи від країн ОЕСР. Не випадково, у щорічній доповіді Організації економічного співробітництва та розвитку "Погляд на освіту 2011", доведено, що всі країни ЄС стикаються з тією ж проблемою необхідності підвищення якості освітніх результатів у той час як державні кошти, у багатьох випадках скорочуються []. Так, витрати на одного студента у вищій освіті ЄС 13 000 дол. США, то ОЕСР у середньому 13 700 дол. США, але Швейцарія – 22 000 дол. США, Канада – 21 000 дол. США. Хоча серед країн ЄС – Швеція 20 000 дол. США, Данія 18 000 дол. США, Нідерланди 17 000 дол. США, Німеччина 15 000 дол. США, Фінляндія 15 000 дол. США та Франція 4 000 дол. США. В той час як у США відповідно 30 тисяч доларів на рік. В цій країні, де проживає лише 5% населення планети та виробляється близько 20% глобального ВВП, знаходиться більше половини зі 100 високо конкурентних університетів світу. Дані дослідження засвідчують, що приватні витрати на вищі навчальні заклади в країнах ОЕСР складають 0,5%, а у ЄС 0,2%. Так, у показниках повної вищої освіти ЄС поступається середнім по країнах ОЕСР (27% у ЄС, 30% у ОЕСР), хоча випереджає їх за питомою вагою осіб, які закінчили середні освітні заклади (85% у ЄС, 82% у країнах ОЕСР). Однак університетську освіту мають тільки 27% дорослих громадян ЄС у віці від 25 до 64 років. І тому Європейська комісія представила стратегію реформ для модернізації освіти Стратегія визначає пріоритетні сфери, де країни ЄС повинні зробити більше для досягнення загальних цілей освіти, а саме:

- збільшення кількості випускників вищих навчальних закладів;
- підвищення якості вищої освіти, через збільшення фінансування та інвестування, щоб відповідати потребам ринку праці, а також стимулювання викладання та проведення наукових досліджень;
- надання більш широких можливостей для студентів, щоб отримати додаткові навички за допомогою навчання чи стажування за кордоном, а також сприяти транскордонному співробітництву з метою підвищення продуктивності вищої освіти;
- збільшення підготовки дослідників, для розвитку високотехнологічної промисловості;
- зміцнення зв'язків між освітою, дослідженнями і бізнесом, щоб сприяти розвитку інновацій;
- завершення розробки нового рейтингу конкурентних університетів [8].

Що стосується України, то в нашій країні є істотні передумови для розвитку освіти світового рівня, хоча існує ряд чинників, які перешкоджають цьому процесу. З-поміж них слід насамперед відзначити відсутність в країні державної стратегії розвитку конкурентних університетів світового класу.

В нашій державі ряду університетів надано статус дослідницьких. Є відповідне Положення про дослідницькі університети, згідно із яким підвищується статус вищих навчальних закладів як центрів освіти і науки. Однак не прописані механізми фінансової автономії вищої школи та

© Панасюк Н.Л.

можливості диверсифікації джерел фінансування. Адже саме для дослідницьких університетів світового класу характерна різноманітність джерел фінансування: федеральний та місцевий бюджети, гранти, благодійні фонди, бізнес, доходи від навчальної, дослідницької, виробничої і консультаційної діяльності тощо. Так, наприклад, у США федеральна частка фінансування, отримувана від уряду, складає близько 15%, від уряду штату – 30 %, місцевих органів влади – близько 3%, приватного сектору – 5%, студентів – 35%., а решта, близько 15%, складають власні кошти навчальних закладів.

Положення встановлює цілий ряд особливостей дослідницьких університетів. В той же час, існує ціла низка чинних нормативно-правових актів, які визначають правове поле діяльності університету як вищого навчального закладу державної форми власності – це, зокрема, ЗУ "Про освіту", "Про вищу освіту", "Про наукову і науково-технічну діяльність", Постанова КМУ, якою затверджено "Положення про здійснення закупівель товарів, робіт і послуг за державні кошти".

Тому Положення, встановлюючи особливості правового статусу дослідницьких університетів, має бути узгоджено із чинними нормативно-правовими актами. Зокрема, у Положенні йде мова про "власні кошти" університету, однак, не визначено джерела формування цих коштів, їх правовий статус. Адже загальновідомо, що на сьогоднішній день всі кошти, які надходять до університету, є бюджетними, а отже розпорядження ними здійснюється відповідно до нормативно-правових актів, що встановлюють порядок розпорядження бюджетними коштами.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, закріплення за дослідницькими університетами "власних коштів" не відповідає чинному правовому регулюванню діяльності університетів, що унеможливує реалізацію відповідних пунктів Положення та виконання функцій і завдань дослідницьких університетів.

Отже, світова практика діяльності дослідницьких університетів свідчить про надання останнім широких можливостей щодо комерціалізації результатів досліджень, що створюються в рамках діяльності таких університетів. Вони можуть створювати юридичні особи підприємницького типу (виступаючи як єдиним засновником, так і співзасновником за участю інших суб'єктів, у тому числі викладачів, суб'єктів господарювання). Саме тому є важливим, аби нормативно-правові акти, які визначають правовий статус дослідницьких університетів, надавали можливість останнім створювати такі юридичні особи та передбачали механізм реалізації такої можливості. Однак досі не має чітких механізмів яким чином можна ресструвати науковий парк та як отримати бюджетне фінансування. На наш погляд, в найкоротші терміни необхідно розробити стратегію створення в Україні університетів світового класу. Вищі технічні навчальні заклади, які вже мають статус дослідницьких, можуть скласти конкурентний потенціал вищих навчальних закладів, які до 2020 року зможуть, за активної участі держави, зможуть увійти до 300 найконкурентніших університетів світу. Фінансова автономія, належне фінансування досліджень та створення відповідних стимулів для партнерства з бізнесом – це ключові екзогенні чинники конкурентного лідерства національних вищих навчальних закладів.

Список використаної літератури:

1. Андреев В.И. Саморазвитие творческой конкурентоспособности личности / В.И. Андреев. – Казань, 1992. – 207 с.
2. Бизяева А.А. Рефлексивные процессы в сознании и деятельности учителя: Автореф. дис. канд. психол. наук – Спб.: ЛГПИ, 1993. – 23 с.
3. Зимняя И.А. Педагогическая психология. – Ростов-н/Д, 1997. – 480 с.
4. Борисова Н.В. Конкурентоспособность будущего специалиста как показатель качества и гуманистической направленности вузовской подготовки. – Набережные Челны, 1996.
5. Кулик С.В. Підготовка майбутніх вчителів до дослідницької діяльності. – К., Дрогобич: Коло, 2004. – 381с.
6. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. – М.: Политиздат. – 1975. – 304 с.
7. Найн А.Я., Ключев Ф.Н. Проблемы развития профессионального образования: региональный аспект. – Челябинск: Изд-во челябинского ин-та развития профессионал. образования, 1998. – 264 с.
8. Тигров С. В. Личностно ориентированные задания в процессе формирования проектных учений студентов вуза: Дис. канд.пед.наук: 13.00.01. – Липецк, 2004. – 201 с.

УДК 004:338.48

М.І.Лепкий, В.М.Подоляк, В.А.Кошелюк

Луцький національний технічний університет

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ РОЛЬ В ТУРИСТИЧНІЙ ГАЛУЗІ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

М.І.Лепкий, В.М.Подоляк, В.А.Кошелюк. Інформаційні технології та їх роль в туристичній галузі волинської області. В статті розглядаються сфери застосування сучасних інформаційних технологій в діяльності туристичних підприємств. Подана характеристика основних проблем використання інформаційних технологій в туристичній галузі області. Запропоновані пропозиції по використанню інформаційних технологій туристичними фірмами Волинської області.

Ключові слова: інформаційні технології, туристичне підприємство, автоматизація управління, автоматизація обліку, інтернет-технології

М.И.Лепкий, В.Н.Подоляк, В.А.Кошелюк. Роль информационных технологий в деятельности туристических предприятий волинской области. В статье рассматриваются области применения современных информационных технологий в деятельности туристических предприятий. Представлена характеристика основных проблем использования информационных технологий в туристической отрасли области. Предложены предложения по использованию информационных технологий туристическими фирмами Волинской области.

Ключевые слова: информационные технологии, туристическое предприятие, автоматизация управления, автоматизация учета, интернет – технологии

M.Lepkiy, V.Podolak, V.Kosheluk. Role of information technology business travel companies volyn region. The article deals with the application of modern information technology in business travel companies. The present description of the main problems of using information technologies in the tourism industry of the region . Proposals for the use of information technology travel companies Volyn region.

Keywords: information technology , travel company , automation control , automation recording, Internet Technologies.

Постановка наукової проблеми та її значення. Індустрія туризму настільки багатоліка і багатогранна, що вимагає застосування найрізноманітніших інформаційних технологій, починаючи від розробки спеціалізованих програмних засобів, що забезпечують автоматизацію роботи окремого туристичного підприємства, до використання глобальних комп'ютерних мереж. На сьогоднішній день в туризмі використовується досить багато новітніх комп'ютерних технологій, наприклад, глобальні комп'ютерні системи резервування, інтегровані комунікаційні мережі, системи мультимедіа, смарт-картки, інформаційні системи менеджменту та ін. Саме тому активне впровадження і використання інформаційних технологій в туризмі є необхідною умовою ефективного їх функціонування.

Сучасний рівень розвитку турбізнесу і жорстка конкуренція в цій галузі надають особливу важливість інформаційних систем туристських агентств. Функціональні можливості цих систем повинні забезпечувати введення, редагування та зберігання інформації про тури, готелі, клієнтів, про стан заявок, передбачати виведення інформації у формі різних документів: анкет, ваучерів, списків туристів, описів турів, готелів, розраховувати вартість турів з урахуванням курсу валют, знижок, контролювати оплату турів, формування фінансової звітності, переклад експорт-імпорт даних в інші програмні продукти (Word, Excel, бухгалтерські програми) та інші можливості. Ці системи не тільки прискорюють процес розрахунків та формування документів, але й можуть зменшувати вартість послуг (турпакета), вибравши оптимальний за ціною варіант доставки клієнтів, розміщення і т.п. Саме тому питання ролі інформаційних технологій в діяльності туристичних підприємств дуже актуально для волинських туристичних фірм в умовах глобалізації економіки.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз досліджень та публікацій із проблем ефективного використання інформаційних технологій у туризмі показує, що інтерес до цієї галузі зростає. В роботах Худо В.В. (2000) розглянуто перспективи культурного та економічного розвитку інформатизації рекреаційної та туристичної діяльності в Україні. За визначенням В.А.Квартальнова (2004), нові інформаційні технології та ефективні комунікації забезпечують стрімкий розвиток ринку міжнародного туризму. Миронюк Ю.Б. (2007) розглядає вплив інформаційних технологій на діяльність санаторно-готельних підприємств. Спориш О.А. (2009) детально характеризує використання сучасних інформаційних технологій для просування

туристичного продукту. В працях С.В.Мельниченко (2010) висвітлено теоретичні та практичні аспекти використання інформаційних технологій в туризмі.

Дослідження щодо використання новітніх інформаційних технологій у діяльності підприємств туристичної сфери і туризмі в цілому здійснювали П.Бурцев, О.Губанова, В.Гуляев, А.Демаш, М.Єфремова, І.Зорін, І.Калашников, Д.Купінський, М.Морозов, Н.Плотнікова, М.Ожороков, М.Робсон, М.Скопєнь, О.Тоффлер, М.Хайдеггер, А.Шлевков, С.Чупров та інші. .

Формулювання мети та завдань статті. Туристична галузь Волинської області, стикаючись з проблемами забезпечення конкурентоспроможності туристичних послуг, не ефективно використовує інструментарій сучасних інформаційних технологій. У зв'язку з цим, метою написання статті є дослідження ролі інформаційних технологій та перспективи їх застосування на підприємствах туристичної галузі Волинської області. Виходячи з мети, були поставлені наступні завдання:

- 1) виділити головні сфери застосування сучасних інформаційних технологій;
- 2) виявити основні проблеми, з якими стикаються туристичні фірми Волинської області при використанні інформаційних технологій;

Матеріали і методи. Під час дослідження використано літературні джерела з питань туристської науки, фондові матеріали Відділу розвитку туризму Управління туризму та промоції Луцької міської ради, Волинського краєзнавчого музею, Центру туризму, спорту та екскурсій (ЦТСЕ) Волинської обласної адміністрації. Для дослідження використано порівняльно-описовий, географічний, історичний, статистичний, аналітичний методи.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. В умовах глобалізації значно зростає роль інформаційних технологій як важливого інструменту в підвищенні ефективності управління підприємствами. Специфічні особливості створення та реалізації туристичних послуг (велика кількість учасників та значна їх географічна роз'єднаність, розгалужена система взаємовідносин суб'єктів туристичного ринку, територіальна диференціація туристичного продукту, віддаленість місця реалізації туристичних послуг від місця їх споживання) обумовлюють необхідність підвищення рівня забезпечення системи управління сучасними інформаційними технологіями (ІТ). Позитивний вплив інформаційних технологій на динаміку вітчизняного туристичного потоку привів до трансформування туристичної галузі з такої, що орієнтована на обслуговування організованих туристів, на багатогалузеву сферу діяльності, спрямовану на задоволення різноманітних потреб мільйонів індивідуальних туристів [2].

Можна виділили такі головні сфери застосування сучасних інформаційних технологій у діяльності туристичних підприємств Волинської області [3]:

1. Автоматизація управління – електронний облік персоналу підприємства, електронний документообіг. Сьогодні все більше використовують програми роботи з туристичною документацією. Система документообігу повинна забезпечувати створення єдиного інформаційного простору та комунікаційних каналів, повнофункціональну маршрутизацію документів, архівне зберігання документів та пошук за їх атрибутами, динамічну модифікацію форми і змісту облікових даних і процедури реєстрації, повноцінний контроль версій документа, оперативну передачу інформації на відповідні рівні управління, підвищення виконавчої дисципліни, безпеку передавання, збереження та доступу до інформації. Існують такі сучасні програмні засоби автоматизації електронного документообігу, як, наприклад, системи "БОСС-Референт", "ДЕЛО", "Евфрат-документооборот", OPTiMA-WorkFlow, "Megapolis. Документооборот", Lotus Notes, „Documentum” та ін. кожна з яких має своє відповідне функціональне призначення [1]. Дані системи підтримують вітчизняні традиції діловодства та забезпечують повний життєвий цикл документа в організації від створення проекту документа до списання і передавання в архів, формування доручень за документами, можливість повнофункціональної маршрутизації і надає засоби опису сценаріїв руху документів, передавання завізованих документів співробітникам на ознайомлення та виконання, контроль проходження і виконання документів згідно з вимогами інформаційної безпеки [1].

Під час вибору систем документообігу потрібно враховувати такі вимоги, як обсяг документообігу, швидкість руху документів, вартість виконання типових операцій над документами, простота, зручність та легкість у використанні. Існуючий сьогодні широкий діапазон економічно перспективних комп'ютерних програм доступний більшій частині

© Лепкий М.І., Подоляк В.М., Кошелюк В.А

туристських фірм, часто обмежується недостатньою підготовкою персоналу, що безпосередньо працює з комп'ютерами, а також недостатньою ініціативністю керівної ланки.

2. Автоматизація обліку проводиться через використання бухгалтерських програм, спеціалізованого програмного забезпечення для розрахунку цін турпакетів та управління завантаженням рейсів, відкриття рахунків в Інтернет-грошах. Облік діяльності туристичних підприємств надзвичайно специфічний, і для реалізації функції контролю необхідно запровадити автоматизацію облікового процесу. На території України запроваджується спеціалізоване програмне забезпечення, зокрема «МКМ: Турагент», яке спеціалізується на одержанні звітності й оцінці ефективності роботи фірми. Крім автоматизації обліку доцільно проводити аналіз взаємозв'язку витрат, обсягу діяльності та прибутку [5]

3. Комунікації – розміщення інформації на веб-сторінках, спілкування за допомогою електронної пошти (e-mail), Інтернет-телефонія (Skype), Інтернет-пейджинг (ICQ). Для електронної розсилки можуть використовуватися як власні електронні бази туристичних підприємств, так і можливості масових розсилок через спеціалізовані організації, в цьому випадку адресатом, як правило, є безпосередньо потенційні клієнти. Такі розсилки недорогі і дозволяють оперативно інформувати клієнтів про новини, нові маршрути, зміни цін і інше, а можливість використання ілюстрацій і наявність посилання на портал значно підвищує їх сприйняття і інформативність. Окрім того, важливим позитивним фактором є висока швидкість передачі інформації.

Працівники Центру туристичної інформації та послуг ведуть сторінку VisitLutsk.com у мережі Facebook, фанами якої є понад 800 осіб. Сторінка є зручним способом підвищення відвідуваності туристичного сайту міста та промоції культурних подій, туристичних об'єктів, тощо. У співпраці з туристичним бізнесом у соціальних мережах проводяться конкурси фотографій та розіграші квитків на культурні заходи. У період від 1 січня до 01 жовтня 2013 р. на сайті було понад 28 000 відвідувачів (в середньому 105 осіб на день), у тому числі 18200 з них – унікальні. Це відвідувачі з України, Польщі, Росії, США, Німеччини, Великобританії та інших країн. Більшість відвідувачів з України це жителі Волинської, Київської, Львівської, Дніпропетровської та Житомирської областей. Ведеться робота над запуском російськомовної версії сайту.

Більшість сайтів туристичних операторів (агентів) Волинської області використовуються як інформаційно-рекламний канал, який надає актуальну інформацію, що постійно оновлюється. Але, проведені дослідження довели, що в середньому тільки 48 туристичних операторів (агентів) області з 88 мають власний сайт, або електронну пошту. Більшість з них знаходяться на території міста Луцька (34), а на інші районні центри припадає тільки 12. В інших він взагалі відсутній. Крім того, сайти підприємств туристичної галузі Волинської області подають обмежений обсяг інформації, є однотипними та характеризуються відсутністю явної спрямованості на розвиток комплексу в цілому.

4. Реклама – реклама підприємства та його послуг в мережі Інтернет, впровадження мультимедійних довідників і каталогів, віртуальних 3D турів. В даний час туристські довідники і каталоги випускаються в книжковому виконанні, на відеокасетах, на лазерних дисках CD-ROM, в мережі Інтернет. Мультимедійні диски є важливим елементом просування туристичного продукту. Як і інформаційні сайти, вони мають низьку собівартість, проте, на відміну від порталу, дозволяють розмістити значно більший обсяг інформації і застосовувати різні технології (наприклад відеозйомку), значно поліпшуючи сприйняття інформації. Часто диски повторюють структуру порталів і містять посилання на інформаційні портали, на яких користувач може отримати необхідну додаткову інформацію. Електронні каталоги дозволяють віртуально подорожувати по пропонованих маршрутах, подивитися ці маршрути в активному режимі, отримати інформацію про країну, об'єкти по трасі маршруту, дані про готелі та інші засоби розміщення, ознайомитися з системою пільг і знижок, а також законодавством у сфері туризму. Крім того, в цих каталогах наводяться інформація про правила оформлення туристських документів, туристські формальності, моделі поведінки туриста в екстремальних ситуаціях і т.д. Клієнт може спланувати програму туру, обрати його за заданими оптимальним параметрам (ціна, система пільг, система транспорту, сезон та ін.). На сайті управління туризму та промоції Луцької міської ради (<http://www.lutskrada.gov.ua/VE/index.html>) розміщена віртуальна 3D екскурсія «Замок

Люберта». Кафедрою комп'ютерних технологій професійного навчання Луцького НТУ розроблені віртуальні 3D-тури «Подорож Старим містом», «Подорож Луцьким замком».

Важливим напрямом використання Інтернету для просування туристичного продукту Волинської області, на нашу думку, може стати розвиток віртуального туризму. Маючи такий потужний науковий потенціал, область могла б реалізувати проекти з віртуальних подорожей по музеях області. Станом на 2013 рік – це 17 комунальних музеїв Волинської області, 78 музейних закладів на громадських засадах, з яких 5 – носять звання „Народний музей”, 177 музейних закладів системи освіти, з яких 33 – носять почесне звання „Зразковий”. Це понад 280 тис. музейних предметів основного фонду – пам'яток матеріальної та духовної культури волинського краю, які є частиною Музейного фонду України, і ряд з яких по праву вважається культурним надбанням всього людства.

Музеї Волині є визнаними джерелами духовності, науковими і культурними осередками, які дбайливо зберігають і популяризують пам'ятки минулого.

5. Системи Інтернет-бронювання – використання системи Інтернет-бронювання на веб-сайтах, участь у міжнародних системах Інтернет-бронювання. В даний час використовуються глобальні розподільчі системи GDS (Global Distribution System), що забезпечують швидке і зручне бронювання квитків на транспорті, резервування місць в готелях, прокат автомобілів, обмін валюти, замовлення квитків на розважальні та спортивні програми і т.д. Найбільшими глобальними розподільчими системами на міжнародному ринку туристичних послуг є AMADEUS, Worldspan, Galileo, Sabre (табл.1) .

Таблиця 1

Глобальні розподільчі системи [2]

Показники	Sabre	AMADEUS	Galileo	Worldspan
Кількість працівників	9000	3654	Дані відсутні	3200
Розподіл	Більше 59000 турагенств	54405 турагенств у 198 країнах	Більше 52000 турагенств у 116 країнах	20210 турагенств у 60 країнах
Доходи	2,5 млрд. дол. США	1,6 млрд. євро	1,6 млрд. дол. США	Дані відсутні
Кількість бронювань	467,1 млн.	393,9 млн.	345,1 млн.	Дані відсутні
Постачальники	450 авіакомпаній, 53000 готелів, 54 компанії з прокату автомобілів	480 авіакомпаній, 54641 готелів, 47 компаній з прокату автомобілів	425 авіакомпаній, 60000 готелів, 23 компанії з прокату автомобілів, 430 туроператорів	533 авіакомпаній, 47000 готелів, 45 компаній з прокату автомобілів

Такі системи дозволяють резервувати всі основні складові туристичної інфраструктури, тобто вони фактично утворюють загальну інформаційну систему, яка пропонує розподільчі мережі для всієї туристичної галузі.

Дослідивши практику застосування сучасних інформаційних технологій туристичними підприємствами Волинської області ми виявили активне впровадження комп'ютерної техніки у діяльність цих підприємств, але застосування комп'ютерів зводиться в основному до розмноження документів, пошуку інформації в мережі Інтернет, надсилання та приймання електронної пошти. Окремі підприємства області розміщують інформацію в мережі Інтернет через власні веб-сторінки. Тільки підприємства міста Луцька, які на належному рівні організували як електронний документообіг, активно використовують рекламу в Інтернеті і навіть пропонують бронювання на власних веб-сайтах (табл.2).

Більшість сайтів туристичних операторів (агентів) Волинської області використовуються як інформаційно-рекламний канал, який надає актуальну інформацію, що постійно оновлюється. Але, проведені дослідження довели, що в середньому тільки 48 туристичних операторів (агентів) області з 88 мають власний сайт, або електронну пошту. Більшість з них знаходяться на території

міста Луцька (34), а на інші районні центри припадає тільки 12. В інших він взагалі відсутній. Крім того, сайти підприємств туристичної галузі Волинської області подають обмежений обсяг інформації, є однотипними та характеризуються відсутністю явної спрямованості на розвиток комплексу в цілому.

Таблиця 2.

Застосування інформаційних технологій туристичними підприємствами Волинської області

Райони	Сфери застосування інформаційних технологій				
	автоматизація управління	автоматизація обліку	комунікації	реклама	Інтернет-бронювання
Володимир-Волинський	-	-	+	+	-
Горохівський	-	-	+	-	-
Іваничівський	-	-	+	-	-
Камінь-Каширський	-	-	-	-	-
Ківерцівський	-	-	-	-	-
Ковельський	-	-	+	+	-
Локачинський	-	-	-	-	-
Луцький	+	+	+	+	+
Любешівський	-	-	+	-	-
Любомльський	-	-	+	+	-
Маневицький	-	-	-	-	-
Ратнівський	-	-	-	-	-
Рожищенський	-	-	-	-	-
Старовижівський	-	-	-	-	-
Турійський	-	-	-	-	-
Шацький	-	-	+	+	-
м.Луцьк	+	+	+	+	+
м.Володимир-Волинський	-	-	+	+	+
м.Ковель	-	-	+	+	+
м.Нововолинськ	-	-	+	+	+

У різних видах туризму існує різна мета пошуку туристичними підприємствами Волинської області інформації в Інтернет (рис. 1). До пошукових систем звертаються за інформацією про місце подорожі, щоб переконатись у наявності пропозицій, акцій та знижок, дізнатись про ціну послуг тощо.

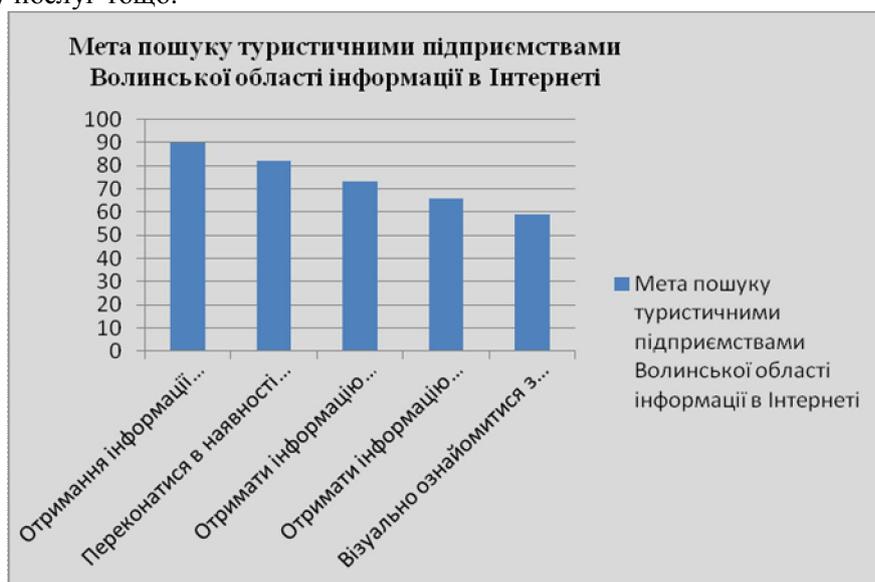


Рис. 1. Мета пошуку туристичними підприємствами інформації в Інтернет (%)

Дослідження основних проблем використання інформаційних технологій в туристичній галузі Волинської області дають наступні результати:

1. Слабкі комунікації. Дослідивши практику застосування сучасних інформаційних технологій туристичними операторами (агентами) Волинської області ми виявили активне впровадження комп'ютерної техніки у діяльність цих підприємств, але застосування комп'ютерів зводиться в основному до розмноження документів, пошуку інформації в мережі Інтернет, надсилання та приймання електронної пошти. Проведені дослідження свідчать про недосконалість механізму інформаційного обміну суб'єктів господарювання у сфері туризму і зовнішнього середовища за допомогою мережі Інтернет на території Волинської області.

2. Недостатній рівень підготовки менеджерів з інформаційних технологій та низька інформаційна грамотність. Основною проблемою при використанні програмного забезпечення в туристичній галузі Волинської області, крім технічних питань, є недостатня кваліфікованість персоналу. Переважна кількість працівників туристичної галузі має гуманітарну освіту, що викликає певні труднощі в роботі з комп'ютером та Інтернетом. Навчання співробітників або найм професіоналів потребує додаткових фінансових коштів та далеко не всі туристичні підприємства Волинської області можуть дозволити собі утримувати у штаті фахівців з інформаційних технологій.

3. Більшість туристичних підприємств Волинської області дають далеко не повну інформацію клієнтам на своїх сайтах, щодо місця розміщення готелю або пансіонату, також інформація про вартість послуг нерідко буває застарілою та неточною.

4. Значні недоліки у системі бронування та резервування готельних номерів. Найбільше розповсюдження отримала система резервування номерів, коли турист придбав номер у готелі (чотириох, трьох чи п'ятизірковому - як вказано у прайсі), але не знає назви цього готелю до самого приїзду.

5. Відсутність державної електронної системи забезпечення суб'єктів туристичної діяльності оперативною інформацією про попит, пропозицію, ціни, тарифи та ін.

Таким чином, виділення основних проблем туристичної галузі Волинської області вказує на доцільність розробки цільової програми розвитку інформаційних технологій у діяльності підприємств туристичної сфери, яка, в свою чергу, дасть можливість врахувати комплекс заходів щодо поліпшення діючої системи використання різноманітних видів інформаційних технологій та сприяти розвитку нових механізмів державного регулювання у цій сфері.

Висновки. У сучасних умовах неможливо забезпечити якісне ведення туристичного бізнесу без впровадження і застосування інформаційних технологій. Саме їх використання на практиці забезпечує дотримання суб'єктами туристичної діяльності комплексу взаємодіючих і взаємодоповнюючих вимог, що формують якість туристичних послуг.

Список використаних джерел

1. Жежнич П. Аналіз сучасних засобів автоматизації роботи з електронною документацією / П. Жежнич, О. Сопрунок, О. Марчик // Вісник НУ «Львівська політехніка»: Комп'ютерні науки та інформаційні технології – Львів: Видавництво Львівська політехніка, 2012. - №732. – С.395-399.
2. Мельниченко С.В. Інформаційні технології в туризмі: теоретичні та практичні аспекти / С.В. Мельниченко // Вісник Запорізького національного університету: Економічні науки. - Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2010. - №2(6). – С.129-138.
3. Миронюк Ю.Б. Інформаційні технології в діяльності санаторно-готельних підприємств / Ю.Б. Миронюк // Вісник Львівської комерційної академії. / [ред. кол. : Башнянин Г.І., Алопій В. В., Вовчак О. Д. та ін.]. – Львів: Видавництво Львівської комерційної академії, 2007. – Випуск 26. – С.193-200.– (Серія економічна)
4. Панчак І. Інноваційні процеси та їх вплив на ефективність діяльності підприємств / І. Панчак // Збірник виступів на 5 науково-практичній конференції. Частина 1. – К.: Укоопосвіта, 2008. – С.110-117.
5. Рошко Н. Бухгалтерський облік і звітність суб'єктів туристичної діяльності як база для контролю та аналізу / Н. Рошко // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка: Економіка. К.: КНУ імені Тараса Шевченка, 2011. - №130. – С.66-68
6. Спориш О.А. Використання сучасних інформаційних технологій для просування туристичного продукту Полтавщини / О.А. Спориш, Н.М. Тягунова // Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. – Чернівці: ЧТЕІ КНТЕУ, 2009. – Випуск 1. – С.294-299.