

*МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ*

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

НАУКОВИЙ
ЖУРНАЛ



Відповідальний редактор – проф., д-р техн. наук В. Д. Рудь

№28-29 2017

*м. Луцьк
Видавництво Луцького національного технічного університету*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

проф., д.т.н. Рудь В.Д. (м.Луцьк)

Заступники головного редактора:

доц., к.т.н. Мельник К.В. (м.Луцьк)

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

Відповідальний секретар:

мол.наук.співробітник Свиридюк К.А. (м.Луцьк)

Члени редакційної колегії:

проф, PhD. Milosz Marek (Польща, м.Люблін)

проф, PhD. Alison McMillan (Великобританія)

проф., PhD. Дехтяр Ю.Д. (Литва, м.Рига)

проф., д.т.н. Мазур М.П. (м.Хмельницьк)

проф., д.т.н. Мельник А.О. (м.Київ)

проф., д.т.н. Сидорчук О.В. (м.Київ)

проф., д.т.н. Тарасенко В.П. (м.Київ)

проф., д.ф-м.н. Пастернак Я.М. (м.Луцьк)

проф., д.т.н. Андрушак І.Є. (м.Луцьк)

проф., д.т.н. Делявський М.В. (м.Луцьк)

проф., д.е.н. Рудь Н.Т. (м.Луцьк)

проф., д.т.н. Пальчевський Б.О. (м.Луцьк)

доц., к.т.н. Драган О.В. (м.Брест, Білорусія)

доц., к.т.н. Лотиш В.В. (м.Луцьк)

доц., к.т.н. Гуменюк Л.О. (м.Луцьк)

доц., к.т.н. Пех П.А. (м.Луцьк)

доц., к.т.н. Самчук Л.М. (м.Луцьк)

доц., к.пед.н. Потапюк Л.М. (м.Луцьк)

доц., к.т.н. Решетило О.М. (м.Луцьк)

доц., к.т.н. Повстяной О.Ю. (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

сайт журналу: ki.lutsk-ntu.com.ua

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

№28-29 2017р.

Журнал засновано у грудні 2010 р.
Свідоцтво про реєстрацію KB № 16705-5277 Р.
Засновник: Луцький національний технічний університет
Рекомендовано до друку Вченою радою
Луцького національного технічного університету
(протокол №5 засідання від 29.12.2017)
Журнал рішенням МОН України
наказом №515 від 16.05.2016р,
включено в перелік наукових фахових видань.
Журнал має російський індекс наукового цитування
(РІНЦ)

ISSN 2524-0560 (Online)
ISSN 2524-0552 (Print)

ЗМІСТ

ІНФОРМАТИКА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

Костючко С.М., Склянчук О.М., Ілюшик Р.С. Математичні основи та програмування мікроконтролера ATMEGA328 з використанням POLOLU 3PI ROBOT.	5
Андрушак І.Є., Марценюк В.П. Інноваційні особливості використання хмарних технологій. [<i>I.Ye.Andrushchak, Martsenyuk V.P. Innovative features of use cloud technology.</i>]	10
Бурчак І.Н. Дослідження можливості впровадження векторних рисунків для шифрування в растрові носії під час виконання лабораторної роботи з дисципліни "Стеганографія".	15
Мельник В.М. Моделювання механізму пошуку повідомлень в процесі їх обміну на базі протоколів TCP. [<i>Melnyk V.M. Modeling of the messages search mechanism in the messaging process on the basis of TCP protocols.</i>]	20
Редько Р.Г., Редько О.І. Параметрична побудова моделей, реалізованих на мові ОБ'ЄКТ PASCAL, з використанням середовища T-FLEX CAD 3D.	25
Ханін О.Г., Лотиш В.В., Гуменюк П.О. Ідентифікація систем масового обслуговування з контрольованою ймовірністю похибки та її програмна реалізація.	30
Ящук А.А., Саварин П.В., Корнійчук Н.І. Система візуалізації і перегляду 3D моделей на основі бібліотек Helix Toolkit і Emgu CV.	35

АВТОМАТИКА ТА УПРАВЛІННЯ

Гадай А.В. Визначення неактивної пульсуючої потужності в електричній мережі за несиметричного несинусоїдного режиму.	40
Грицюк Ю.В., Грицюк І.В., Гадай А.В. Визначення втрат і компенсація реактивної потужності в шинопроводах (струмопроводах).	45
Димова Г.О. Дослідження чутливості та стійкості моделей динамічних систем.	55
Лактіонов О.І. Сутність і структура поняття «інформаційна технологія» відкритої змішаної системи.	60
Ліщина Н.М., Ліщина В.О. Деякі аспекти викладання дисципліни "Дослідження операцій" для бакалаврів спеціальності "Комп'ютерні науки".	66
Марченко О.І., Лиман Д.М. Модифікований спосіб повного перебору для визначення відповідності дерев.	72
Матіко Ф.Д., Роман В.І. Вплив просторового розташування ультразвукового витратоміра на точність вимірювання витрати спотворених потоків.	77
П'ятикоп О.Є., Голодов Д.В. Задача ідентифікації помольних куль на зображенні.	83
Поліщук М.М. Математичне моделювання технологічного процесу подрібнення.	88
Проніна О. І. Моделювання нечіткого виведення для вибору оптимальної індивідуальної міської поїздки.	98
Сіваковська О.М. Успішні стартапи: як навчити студентів.[<i>Olena Sivakovs'ka. Successful startups: how to teach students.</i>]	104
Ткачук Г.В. Міжпредметний підхід при вивченні дисципліни «Технології розробки веб-додатків».	109

УДК 004.415

Костючко С.М., Склянчук О.М., Ілюшик Р.С.
Луцький національний технічний університет

МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ ТА ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА АТМЕГА328 З ВИКОРИСТАННЯМ POLOLU 3PI ROBOT

Костючко С.М., Склянчук О.М., Ілюшик Р.С. Математичні основи та програмування мікроконтролера АТМЕГА328 з використанням POLOLU 3PI ROBOT. У даній статті досліджено математичні аспекти та можливості програмування мікроконтролера АТМЕГА328 для паралельного виконання ним поставлених задач. Наведено лістинг коду виконання команд роботом та його структурну схему.

Ключові слова: АТМЕГА328, 3pi robot, C++, мікроконтролер, модуль.

Костючко С.Н., Склянчук А.Н., Ілюшик Р.С. Математические основы и программирование микроконтроллера АТМЕГА328 с использованием POLOLU 3PI ROBOT. В данной статье исследованы математические аспекты и возможности программирования микроконтроллера АТМЕГА328 для паралельного выполнения им поставленных задач. Приведено листинг кода выполнения команд роботом и его структурную схему.

Ключевые слова: АТМЕГА328, 3pi robot, C ++, микроконтроллер, модуль.

Kostiuchko S.M., Sklyanchuk O.M., Pyushik R.S. Mathematical bases and programming of microcontroller АТМЕГА328 using POLOLU 3PI ROBOT. In this article the mathematical aspects and possibilities of programming the microcontroller АТМЕГА328 for parallel execution of the set tasks are given. Listing the command code execution robot and its block diagram.

Keywords: АТМЕГА328, 3pi robot, C ++, microcontroller, module.

Вступ. Людство з самого початку свого існування постійно розвивалось і тепер ми живемо в часи, коли техніка стала невід'ємною частиною нашого життя, і практично "влилась" в кожен сферу людської діяльності. Завдяки технологіям, найсміливіші фантазії людського розуму стають реальністю. Вони допомагають нам спілкуватись, пересуватись, а для деякого і взагалі стають частиною тіла. І в час прогресу технологій, коли машини покликані полегшити наше життя, на допомогу приходить робототехніка, дозволяючи нам досягнути тих висот, яких не можливо досягнути людськими силами. Тепер цілком зрозуміло, що подальший розвиток людства неможливий без розвитку технологій. Тому безперечно проблеми робототехніки є актуальними.

Робот Pololu 3pi розроблений, щоб досягти успіху в змаганнях по слідуванні лініями і проходженні лабіринту. Він має невеликий розмір (9,5 см / 3,7 дюйма, вагу 83 г / 2,9 унції без батарей) і чотири батарейки типу ААА, в той час як система живлення двигунів працює на постійній 9.25 В напрузі незалежно від заряду акумулятора. Регульована напруга дозволяє 3pi досягати швидкості до 1 м/с при виконанні точних поворотів, які не залежать від напруги акумулятора.

Pololu 3pi надає чудову платформу для людей з невеликим досвідом програмування, щоб вивчити робототехніку, і покращити свої навички програмування на мові С. В основі його лежить мікроконтролер Atmel АТmega328P, що працює на частоті 20 МГц і має 32 КБ програмної пам'яті, 2 КБ ОЗУ і 1 КБ постійної пам'яті EEPROM. Atmel Studio забезпечує зручне середовище розробки, а великий набір бібліотек, що надаються Pololu, робить його зрозумілим та простим для взаємодії з усім апаратним забезпеченням. Пристрій 3pi також сумісний з популярною платформою розробки Arduino. Архітектуру робота Pololu 3pi продемонстровано нижче.

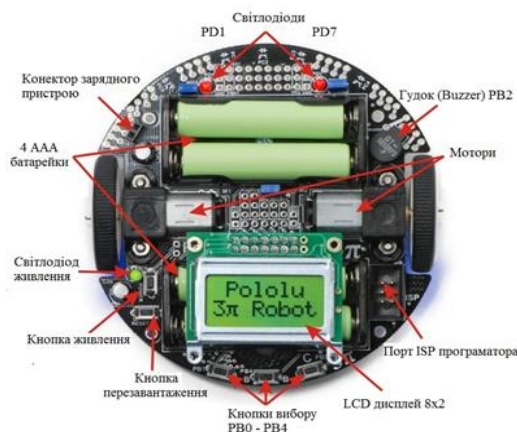


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд та комплектація Pololu 3pi (верхня сторона)

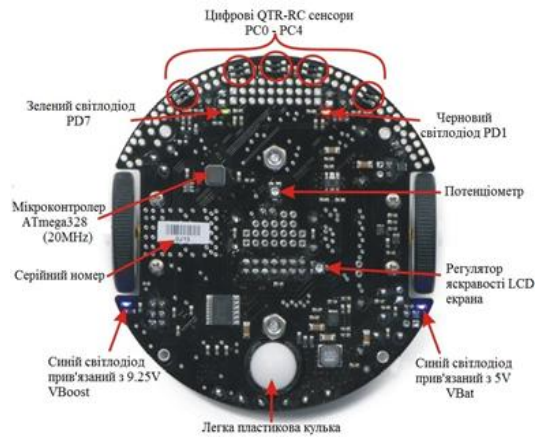


Рисунок 2 – Комплектація Pololu Зрі (нижня сторона)

Можливості робота Зрі можуть бути поліпшені за рахунок встановлення плати розширення Зрі Expansion Kit, що монтується на «другий поверх» робота та дає можливість користувачеві застосувати ряд апаратних модулів. Ключовою особливістю плати розширення Зрі є те, що вона дозволяє використовувати один з потужних 32-бітних контролерів ARM, як високорівневого контролера для робототехніки, пропонуючи значно більшу обчислювальну потужність і вільні лінії введення-виведення, ніж вбудований в робот Зрі 8-бітний AVR-мікроконтролер. Базові роботи Зрі, попередньо запрограмовані для роботи в якості послідовного підлеглого пристрою Mbed підключаються безпосередньо до роз'єму на платі розширення і послідовних ліній бази Зрі. Підтримка бібліотеки і приклади програм для Зрі доступні на сайті mbed.org, що дозволяє легко запускати і керувати вашим mbed-роботом Зрі.

Також є роз'єм для Wixel Programmable USB Wireless Module. Даний модуль дозволяє використовувати бездротові можливості для управління та обміну інформацією між вашим роботом Зрі, надаючи сокети для модулів XBee або Wixel. Плата розширення з'єднує ці модулі з одним з послідовних портів mbed, а перемички можуть використовуватися для безпосереднього підключення до послідовних ліній бази Зрі, тому робот може підтримувати бездротовий зв'язок навіть без mbed в якості контролера високого рівня.

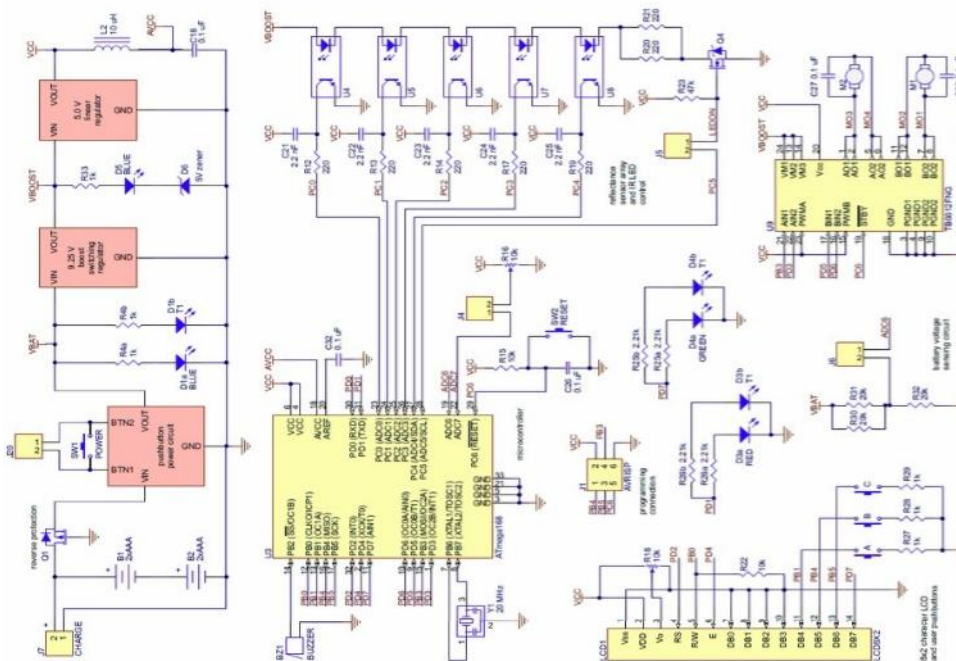


Рисунок 3 – Pololu Зрі схематична електронна схема

Математичні основи та програмування.

Для адекватної роботи робота та виконання ним поставлених задач необхідно було провести низку математичних обрахунків таких як, визначення швидкості руху, швидкості повороту, забезпечити правильну роботу сенсорів та світлодіодів, своєчасне програвання мелодії. Результати обрахунків продемонструємо в коментарях до програмного коду.

Планом передбачалося проведення завдання у 3 етапи:

1. Відтворення мелодії Buzzer-ом.

Насамперед слід оголосити масив нот, оголосити функцію відтворення мелодії та написати необхідну мелодію:

```
const char starwars[] PROGMEM =
"! V15 O5 L4 MS ggg L8 e- L16 b- L4 g L8 e- L16 b- L2 g O6 L4 ddd L8 e- O5 L16 b- O5 L4
f+ L8 e- L16 b- L2 g"
"O6 L4 g O5 L8 g- L16 g O6 L4 g L8 f+. L16 f L16 ee- L8 e R O5 L8 a- O6 L4 d- L8 c. O5 L16
b"
"O5 L16 ba L8 b R L8 e L4 f+ L8 e. L16 f L4 b L8 g. L16 b O6 l2 d"
"O6 L4 g O5 L8 g- L16 g O6 L4 g L8 f+. L16 f L16 ee- L8 e R O5 L8 a- O6 L4 d- L8 c. O5 L16
b"
"O5 L16 ba L8 b R L8 e L4 f+ L8 e. L16 b L4 g L8 e. L16 b L2 g R R"
play_from_program_space(starwars);
```

де «cdefgab» - ноти, відповідно «до, ре, мі, фа, соль, ля, сі», V15 – гучність Buzzer-а (Максимум 15), O(і цифра від 4 до 6) – це музичні октави, L(і цифри 4, 8, 16) – цілі, половинні і четвертинні ноти.

2. Написання коду програми для руху робота по чорній або білій лінії.

Першим кроком на даному етапі є оголошення масиву для зберігання значень сенсора та запуск ініціалізації. Після чого ми повинні забезпечити аргумент «sensors» для read_line(). Крім визначення положення лінії паралельно засвічуємо світлодіоди.

```
int main()
{
    unsigned int sensors[5];
    initialize();
    while(1)
    {
        unsigned int position = read_line(sensors,IR_EMITTERS_ON);
        if(position < 1000)
        {
            set_motors(0,100);
            left_led(1);
            right_led(0);
        }
        else if(position < 3000)
        {
            set_motors(100,100);
            left_led(1);
            right_led(1);
        }
        else
        {
            set_motors(100,0);
            left_led(0);
            right_led(1);
        }
    }
}
```

3. Злиття двох програм в одну і оптимізація коду для отримання бажаного результату.

В функції ініціалізації викликаємо написану нами мелодію, вводимо масив для зберігання значень сенсора, назначаємо автокалібрування датчиків, а також викликаємо функцію, що записує набір показів датчиків та стежить за їх граничними значеннями.

```

for(counter=0;counter<80;counter++)
{
    if(counter < 20 || counter >= 60)
        set_motors(40,-40);
    else
        set_motors(-40,40);
    calibrate_line_sensors(IR_EMITTERS_ON);
    delay_ms(20);
}

set_motors(0,0);
unsigned char button = wait_for_button(ANY_BUTTON);
if(button == BUTTON_B)
{
    unsigned int position = read_line(sensors,IR_EMITTERS_ON);
    clear();
    print_long(position);
    lcd_goto_xy(0,1);
    display_readings(sensors);
    delay_ms(100);
    play_from_program_space(go);
    while(is_playing());
    play_from_program_space(starwars);
}
    
```

Під час роботи Pololu 3pi реалізує дві фази: перша – ініціалізація і фаза калібрування за допомогою цифрових OTR-RC сенсорів, яка виконується один раз, на початку і її метою є відслідковування наступних даних:

- Зміна значень від 0 (абсолютно біла поверхня) до 2000 (абсолютно чорна поверхня) датчиків лінії.

- Показник напруги батареї, адже завжди необхідно знати скільки часу робот ще може пропрацювати.

- Калібрування датчиків. Це відбувається наступним чином: робот повертається направо і наліво, залишаючись на лінії (отримує мінімальні і максимальні значення від датчиків). Мінімальні і максимальні значення зберігаються в RAM-пам'яті. Це дозволяє повернутися до початкових значень, що можуть змінюватися від 0 до 1000 для кожного датчика.

- Значення відкаліброваних датчиків відображаються в гістограмі, щоб точно знати, чи працюють датчики лінії належним чином перед початком роботи робота.

У другій фазі, 3pi встановить частоту обертання двигуна (в залежності які дані надходять з датчиків). Ці кроки, контролюють рух робота, щоб той зміг постійно залишатися на лінії.

Висновки та перспективи подальшої роботи. Завдяки багатофункціональним можливостям Pololu 3pi, у середовищі Atmel Studio, було розроблено програмне забезпечення, яке реалізує одночасне відтворення унікальних мелодій Buzzer-ом, в залежності від натиснутої кнопки користувача, і рух робота по чорній або білій лінії. Отриманий результат функціонування 3pi може бути прототипом для розробки більш цікавих і складніших систем. Тобто, виконання мікроконтролерною технікою паралельно декількох завдань, як було показано на прикладі робота.

1. Korn G.A., Korn T.M. Mathematical handbook for scientists and engineers / McGRAW-HILL BOOK. – N.Y., Toronto, London. – 1961. – 720 pp.
2. Introduction to Robots, Robotics. 2003 [cited 2013 Jan 17]. Available from: <http://www.galileo.org/robotics/intro.html>.
3. Greenblatt D. 6 ways robots create jobs. 2013 [cited 2013 Apr 9] <http://www.inc.com/drew-greenblatt/6-ways-robots-create-jobs.html>.
4. Mayer, T.N., Jackson, & Lockey, M.E. (1995). A new role for microcontroller courses: integrating EE curricula. *Frontiers in Education*, 25th Annual Conference, November 1-4, Georgia Institute of Technology.
5. Hanson, A. (1981). A microcontroller laboratory for electrical engineering seniors, *IEEE Trans. Educ.* E24, pp. 8-14.
6. Schultz, A. (1991). New directions in microcomputer education. *1991 Frontiers in Education Conference*, 99. 642-645.

7. Hamrita, T.K., McLendon, R.W. (1997). A new approach for teaching microcontroller courses. *Int. J. Eng. Edu.*, Vol. 13, No. 4, pp. 269-274.
8. Tchaban V., Tchaban O., Kostiuchko S., Tchaban Z. About one two-point boundary value problem // *Technical news*, 2011 / 1(33), 2(34). – PP. 10-12.
9. Tchaban V., Tchaban O., Kostiuchko S., Tchaban Z. The theory of electromagnetic circuits. – In monograph: *Computing in Science and Technology*, Rzeszow: Wyd-wo Uniwersytetu Rzeszowskiego, ISBN 978-83-7338-895-6, 2012/13, 172 p. (pp. 34-55).

УДК 004.05(075.8)

¹Луцький національний технічний університет

²Університет Бельсько-Бяли, Польща

¹І.Є. Андрущак, ²В.П. Марценюк

INNOVATIVE FEATURES OF USE CLOUD TECHNOLOGY.

Андрущак І.Є., Марценюк В.П. Інноваційні особливості використання хмарних технологій. У статті розглянуто можливості використання хмарних технологій, окреслені перспективи переходу у майбутньому до хмарної мережі та показані основні переваги і недоліки їх впровадження.

Ключові слова: хмарні технології; хмарне обчислення; ІТ – інфраструктура; програмне забезпечення; інформаційна система; провайдер.

Андрущак І.Є., Марценюк В.П. Инновационные особенности использования облачных технологий. В статье рассмотрены возможности использования облачных технологий, обозначены перспективы перехода в будущем к облачной сети и показаны основные преимущества и недостатки их применения.

Ключевые слова: облачные технологии; облачное вычисление; ИТ-инфраструктура; программное обеспечение; информационная система; провайдер.

I.Ye.Andrushchak, Martsenyuk V.P. Innovative features of use cloud technology. The article discusses the possibilities of using cloud technologies, outlines the prospects for the future transition to a cloud network and shows the main advantages and disadvantages of their implementation.

Key words: cloud technology; cloud technology; IT-infrastructure; software; information system; provider.

Formulation of the problem. In recent years, so-called cloud computing (cloud computing) is gaining in popularity. This term has been used in the world of information technology since 2008. Eric Schmidt, General Manager of Google, was the first person to pronounce the word cloud computing.

Almost all modern features of cloud computing, their comparison with electricity and the use of private, public and public models were presented by Douglas Parkhill in the book *The Challenge of the Computer Utility*, in 1966. According to other sources, cloud computing dates back to the 1950s, when scientist Herb Grosch argued that the whole world would work at terminals controlled by about 15 large data centers [1].

Setting up tasks. The term "cloud" itself comes from telephony, because telecommunication companies, which until the 1990s offered mainly dedicated point-to-point transmission schemes, began to offer virtual private networks (VPNs) with comparable quality of service, but with much less costs. By switching traffic to optimal use of channels, they were able to use the network more efficiently. The cloud symbol was used to indicate the delineation between the user and the supplier.

Amazon has played a key role in the development of cloud computing, by upgrading its data centers, which, like most other computer networks, use only 10% of their power at a time, in order to ensure the reliability of a load jump. Upon learning that the new cloud architecture provides significant internal efficiency improvements, Amazon has launched new cloud computing research for external customers and launched Amazon Web Service (AWS) based on distributed computing in 2006. In early 2008, Eucalyptus became the first open-source API to deploy a private cloud. At the beginning of 2008, OpenNebula was the first open source project to deploy private and hybrid clouds.

The following models provide services with the help of a cloud:

- Software as a Service (SaaS) Examples of software as a cloud-based service are Gmail and Gogledocs.

- platform as a service (PaaS) For example, GoogleApps provides online business applications that access through an Internet browser while software and data are stored on Google's servers.

- infrastructure as a service (IaaS) The largest players in the infrastructure market are Amazon, Microsoft, VMWare, Rackspace and RedHat. While some offer more than just an infrastructure, they combine the goal of selling basic computing resources.

A general characteristic of companies that build their cloud-based products is the certainty that the Internet is able to meet the needs of users in data processing.

And today there is confidence that the best way to prepare for the latest IT-technologies is to put these same technologies into the educational process.

Many works of domestic, Russian and foreign authors are devoted to network technologies and the use of social services in the Internet. Unlike the above-discussed works of network services, cloud computing allows you to use both the service and software, data, and even computers.

Analysis of recent researches and publications. Recent studies have shown that the use of cloud computing to organize work in Ukraine more than 30% of Ukrainian companies will use cloud technologies after 3 years. Such a forecast was made by partners of Microsoft Ukraine during a survey conducted at the company's partnership conference on October 17. Moreover, more than half of them believe that by 2015 the share of companies in Ukraine that will use cloud solutions will be even higher - 40% or more. At the same time, partners point out that customers are most concerned about data security in the cloud - this is underlined by almost 90% of the respondents [2].

According to the estimates of global companies, cloud technologies determine the development of the IT industry in the next 5-8 years and 80% growth of the global IT market will fall on the share of "clouds".

According to the research, the cloud market of Ukraine is at the stage of the formation of demand and accumulation of the primary experience of consumption of cloud decisions. This suggests the minimum level of knowledge of end users about cloud computing and low level of technology penetration.

Thus, 47% of IT-surveyed respondents consider their knowledge of cloud-based solutions to be superficial, and 88% of surveyed managers are completely unaware of cloud-based services. The research was focused on medium and large enterprises of financial, telecommunication, retail, logistics and manufacturing industries, since these are the main consumers of IT services in Ukraine.

Plans for using cloud solutions by Ukrainian enterprises, as well as intensive technology development by IT companies, create a market potential that will provide an exponential growth characteristic of the cloud markets of developed countries by 2015-2016. More than a third of surveyed IT services are planning to use cloud solutions, and 75% of them are going to begin to use in 2014.

Basic material presentation. The experience of using modern cloud technologies in business applications opens up a perspective way to use them in the educational and social spheres. In particular, the development of cloud services for the study of information systems and technologies is realized by well-known companies "IC", "Parus", "BuchSoft", etc., which remain the leaders in the market of information systems. At the same time, it is necessary to provide not only cloud services for companies, but also to create and develop free cloud services for obtaining skills of work with information systems for students of different specialties.

Providers of cloud-based solutions allow you to rent computing power and disk space through the Inter-net. The benefits of this approach are accessibility (the user pays only for the resources that he needs) and the ability to flexibly scale. Customers are relieved of the need to create and maintain their own computing infrastructure.

Experts estimate that the use of cloud technologies in many cases can reduce costs by two to three times compared with maintaining its own developed IT-structure.

"Cloud" opens up a new approach to computing, in which neither equipment nor software is owned by the company. Instead, the provider provides the customer with a ready service.

Young "Startups", which require large computational resources to serve users, often can not afford to create and operate their own data center, often resort to "clouds".

One of the first widely available cloud Internet services was e-mail with a web interface. In this case, all data is stored on remote servers, and the user accesses their emails through a browser from any computer or a sufficiently powerful mobile device.

The market for cloud technologies is growing rapidly. It actively offers services for both individuals and corporations. According to IDC, the average annual growth rate of the global cloud services market from 2013 to 2016 will be 26.4%, which is five times higher than the growth rate of the IT industry as a whole. Today, 70% of organizations in the world are already either using cloud technologies or are exploring this issue. According to the survey, 25% of respondents are ready to go to the clouds in order to reduce IT costs. But this is in the future. Today there is still a lot of questions and uncertainty among customers, which requires developers and their partners new solutions, concerted action and serious communication on the market.

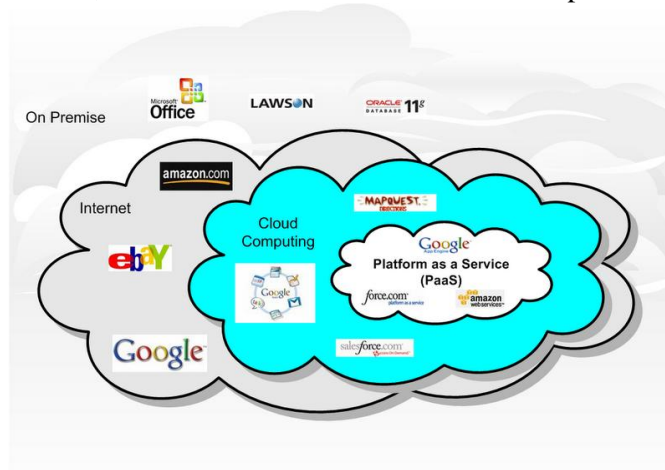
The use of cloud technologies gives a number of advantages over traditional IT technologies:

- An organization can more effectively manage its use;
- computing resources;
- increased IT-infrastructure management;
- simplifies the management of the continuity of the organization, thanks

The concept of virtual machine back-up and migration systems reduces the cost of IT infrastructure, such as the computing resource park, electricity, and staff serving this infrastructure.

- do not need powerful computers;
- Less cost of software purchases and its systematic upgrade;
- unlimited amount of data storage;
- availability from different devices and no binding to the workplace;
- ensuring data loss protection and performing many types of training activities, monitoring and evaluation, online testing, openness of the educational environment;
- saving of funds for the maintenance of technical specialists (Dr.1).

The general advantage for all users of cloud technologies is that access to the cloud can be not only from a PC or a laptop, but also from a netbook, a smartphone, a tablet, as the main requirement for access is the availability of the Internet, and for the software "clouds" uses the power of the remote server.



Dr. 1. Cloud technology

Experts estimate that the use of cloud technologies in many cases can reduce costs by two to three times compared with maintaining its own developed IT-structure. Also, the main advantage of the use of these technologies is the ability to quickly adapt to changes in the environment of any institution, which is now very relevant in the context of the rapid development of all branches of science and technology [3].

Thanks to the growing popularity of cloud technologies for educational institutions, there are new opportunities for managing the learning process.

It is evident that there are important arguments for translating computer infrastructure into educational institutions into the cloud. For example, standard applications that are widely used in education (word processor, spreadsheet editor, graphic editor, email, etc.) will always be relevant, especially when using clouds.

The vast majority of educational institutions are just beginning to introduce cloud technologies into the learning process and include relevant disciplines for their study. If we analyze pedagogical works, we can conclude that there is a lack of research on the use of cloud computing in the educational process [4].

In addition to the obvious advantages in favor of using cloud technologies, it is also worthwhile to note some disadvantages. The main disadvantage is their small distribution, but these technologies are only beginning to spread in Ukraine. One of the major drawbacks is sometimes the need to access the high-speed Internet. The rapid increase in the number of Internet service providers and the continuous improvement of the quality of Internet services would have to solve this problem, but there may be shortages in service or problems with providers, which may lead to the suspension of the work of departments or entire enterprises in a short time. Also, the disadvantages of cloud computing can be attributed to the limited functionality of software when working with them over the Internet.

However, there are some security issues that cloud providers can store important information for years on their servers, and cyber-criminals - to intercept information. Of course, large cloud providers use all possible means to provide maximum security of information and invest in developing new, even more effective means of protection, but still it is not necessary to store or transfer sensitive documents to the cloud. An interesting fact is that US companies are not often concerned about the security of their own information, while enterprises in Ukraine, Russia, and a number of other countries with a high share of the shadow market identify this as a major issue in the spread of cloud technologies.

Recent studies have shown that the use of cloud computing to organize work in Ukraine more than 30% of Ukrainian companies will use cloud technologies after 3 years. Such a forecast was made by partners of Microsoft Ukraine during a survey conducted at the company's partnership conference on October 17. Moreover, more than half of them believe that by 2015 the share of companies in Ukraine that will use cloud solutions will be even higher - 40% or more. At the same time, partners point out that customers are most concerned about data security in the cloud - this is underlined by almost 90% of the respondents.

According to the estimates of global companies, cloud technologies determine the development of the IT industry in the next 5-8 years and 80% growth of the global IT market will fall on the share of "clouds".

According to the research, the cloud market of Ukraine is at the stage of the formation of demand and accumulation of the primary experience of consumption of cloud decisions. This suggests the minimum level of knowledge of end users about cloud computing and low level of technology penetration.

Cloud technology is the ability to access data without installing special applications on the device. All the necessary support is provided by the servers to the users. But whether you have to pay for this remote access to the data or not, it depends directly on the queries.

Cloud technology is a technology that provides Internet users with access to computer resources of the server and the use of software as an online service, that is, if there is an Internet connection then it is possible to perform complex calculations, to process data using the power of the remote server [5].

What services can we get?

1. Use of software.
2. Software as a Service (SaaS) - provides access to an integrated platform for developing, testing, and supporting various projects.
3. Infrastructure as a Service (IaaS) - Represents a virtualization computer infrastructure that includes operating systems and system software, as well as the hardware part of the server.
4. Desktop (a Desktop (as a Service) (DaaS)) - A user can personalize his workplace and thereby create a set of software for his work.

In general, this technology has both pros and cons. It is quite economical and expedient for organizations, corporations, firms. It does not require significant resources on your device (such as a PDA, tablet, smartphone, netbook or computer), but it is demanding about Internet access.

This means that you must have an uninterrupted high-speed Internet.

Another disadvantage is that although service providers try to work online for an entire time, there are always cases when the server can be offline and then access to your services will be inaccessible.

The technology of cloud computing and the educational platform implemented on its basis allow the most efficient use of available software and hardware resources of the school, gymnasium, and students get the opportunity to apply in practice the most advanced computer technologies.

It is very beneficial for young enterprises to use cloud-based servers. They will not have to worry about buying their server hardware, spend on building a local network, hiring sysadmins. Simply select one of the cloud servers, which is ideal for the size of the memory, number of clients and other characteristics, and pay once a month a subscription fee.

Cloud technology is the ability to access the necessary information through a regular browser from anywhere on the planet. Workability will no longer worry the client, since it is followed by those who are paid by the user for cloud storage. Such systems are in demand from corporate users who need to set up a document flow in the enterprise network.

For ordinary users who simply do not want to clog the computer with superfluous information, there are free cloud servers, which will be quite enough [6].

This type of service enables users to quickly deploy, products that allow the safe use of web technologies, email security, and the security of a local system, which allows users of this service to save on deploying and maintaining their own security system.

Classification of cloud services.

Currently, there are three categories of "clouds":

- public;
- private;
- hybrid.

The public cloud is an IT infrastructure used by many companies and services at the same time. Users of these clouds do not have the ability to manage and serve this cloud, all responsibility for these

issues lies with the owner of this cloud. A subscriber of the offered services can become any company and the individual user. They offer an easy and affordable way to deploy web sites or business systems with large scalability, which in other solutions would not be available. Examples: Online Services Amazon EC2 and Simple Storage Service (S3), Google Apps / Docs, Salesforce.com, Microsoft Office Web. A private cloud is a secure IT infrastructure that is controlled and exploited in the interests of a single organization. An organization can manage a private cloud on its own or entrust this task to an external contractor. The infrastructure may be located either in the premises of the customer, or from the external operator, or partially in the customer and in part from the operator. The ideal variant of a private cloud, this cloud is deployed on the territory of the organization, serviced and controlled by its employees.

A hybrid cloud is an IT infrastructure that uses the best quality of a public and private cloud when it comes to solving a given task. Often such a type of cloud is used when an organization has seasonal activity periods, in other words, once the internal IT infrastructure fails to cope with the current tasks, part of the capacity is transferred to a public cloud (for example, large volumes of statistical information that in the raw form do not represent values for the enterprise), as well as to give users access to enterprise resources (to the private cloud) through a public cloud.

First, confidential data transmitted through cloud storage can be intercepted by hackers. The quality of the Internet connection should be very high. In case of interruptions to the Internet, it will be impossible to access data in "clouds". At the same time, large enterprises still need a system administrator to set up data transfer.

If a customer wants to save and prefer a cheaper server, then he will have to deal with disability issues. Cheap cloud storage facilities are not very good hardware infrastructure, which regularly encounter problems, and their fixes take a lot of time.

Cloud technology is a paradigm that involves remote processing and storage of data. This technology provides users of the Internet, access to computer resources of the server and use of software as an online service. That is, if there is a connection to the Internet then you can perform complex calculations, process data using the power of the remote server.

In addition, some analysts predicted the appearance of cloud computing problems in 2010. For example, Mark Anderson, head of the industry-specific IT publication StrategicNewsService, believed that because of the significant influx of users of services using cloud computing (for example, Flickr or Amazon), the cost of errors and leakage of information from such resources increases, and in 2010 they had big "catastrophes of type of failure, or safety-related disasters" occur [7].

Conclusion. The Ukrainian cloud market, unlike the US or EU markets, is currently in the "latent phase" of development - the formation of demand and accumulation of the primary experience of cloud consumption - but according to unanimous expert forecasts already in 2015-2016, it will show the exponential growth characteristic for cloud markets in developed countries. The repeated increase in the market in the coming years will lead to the emergence of a new specific and significant sector of the Ukrainian economy and infrastructure.

Nowadays there is a gradual migration of educational services with the help of modern information and communication technologies and information resources in the cloud, which will lead to the rapid introduction of these services in education and social sphere.

The introduction of cloud technologies is a new trend in emerging computer technology and needs further research.

1. Zhurnal "Komp&noN" [online]. - Available from: <http://www.management.com.ua/tend/tend401.html>. (in Russian)
2. Syrotynska A. P. The use of modern information technology in processing accounting information [online]. - Available from: <http://eztuir.ztu.edu.ua/5465/1/89.pdf>. (in Ukrainian).
3. Cloud computing [online]. - Available from: uk.wikipedia.org/wiki/Хмарні_обчислення. (in Ukrainian).
4. Cloud technologies for remote and media education / Educational and methodical manual. - Kirov: Izdv. KOGOK DPO (PC) "Institute for the Development of Education in the Kirov Region", 2013. - 80 p.
5. Herrick D.R. Google this!: using Google apps for collaboration and productivity / Dan R. Herrick // In Proceedings of the ACM SIGUCCS fall conference on User services conference (SIGUCCS '09). - ACM, New York, NY, USA, 2009. - pp. 55-64.
6. Hewitt C. ORGs for Scalable, Robust, Privacy-Friendly Client Cloud Computing // IEEE Internet Computing, Volume 12 Issue 5, September/October 2008. - Pp. 96-99.
7. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing / Mell P., Grance T. // Special Publication 800-145 7 pages (September 2011).

УДК 514.18
Бурчак І.Н
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ВЕКТОРНИХ РИСУНКІВ ДЛЯ ШИФРУВАННЯ В РАСТРОВІ НОСІЇ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ "СТЕГАНОГРАФІЯ".

Бурчак І.Н. Дослідження можливості впровадження векторних рисунків для шифрування в растрові носії під час виконання лабораторної роботи з дисципліни "Стеганографія". В статті розглянута можливість використання векторних зображень, отриманих в CAD-системах, для шифрування з допомогою стеганографії. Стеганоконтейнерами при цьому являються растрові зображення, наприклад, різноманітні фотографії.

Ключові слова: стеганографія, стеганоконтейнер, CAD-системи, растрові та векторні зображення, скриті повідомлення, шифрування.

Бурчак И.Н. Исследование возможности внедрения векторных рисунков для шифрования в растровые носители во время выполнения лабораторных работ по дисциплине "стеганография". В статье рассмотрена возможность применения векторных изображений, полученных в CAD-системах, для шифрования с использованием методов стеганографии. При этом в качестве стеганоконтейнеров используются растровые изображения, например различные фотографии.

Ключевые слова: стеганография, стеганоконтейнер, CAD-системы, растровые и векторные изображения, скрытые уведомления, шифрование.

Burchak I.N. Investigation of the possibility of implementation a vector figures in the bitmap images during the laboratory work from the discipline "Steganography". The article considers the possibility of using vector images obtained in CAD systems for encryption using steganography. Carriers are bitmap images, for example, various photographs.

Key words: steganography, steganoccontainer, CAD systems, raster and vector images, hidden messages, encryption.

Постановка проблеми. В даний час значно зростає роль використання різноманітних способів захисту передачі конфіденційних даних. Приховування одного зображення у іншому – це принцип стеганографії, який останнім часом використовується дуже широко:

- для захисту авторських прав, де впроваджуються ЦВЗ (цифрові водяні знаки);
- для захисту передачі даних у мережах VPN (віртуальних приватних мережах), де відбувається інкапсуляція (вбудовування) пакетів даних;
- для захисту передачі даних, шляхом приховування самого факту передачі даних, коли передається звичайний файл-контейнер (стеганоконтейнер), у якому вбудований файл з конфіденційними даними.

Комп'ютерна стеганографія використовує два файли:

- повідомлення – призначений для приховування;
- контейнер або стеганоконтейнер – для приховування в ньому повідомлення.

Під ключем розуміється секретний елемент, що визначає порядок занесення повідомлення в контейнер. Основними завданнями сучасної комп'ютерної стеганографії є забезпечення автентичності та цілісності файлу. Безпека ґрунтується на збереженні стеганографічним перетворенням основних властивостей переданого файлу при внесенні в нього секретного повідомлення і ключа[3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В основі багатьох підходів до вирішення завдань стеганографії лежить спільна з криптографією методична база, яку заклав ще в середині минулого століття К. Шеннон (С.Е. Shannon) [1,4]. Однак і досі теоретичні основи стеганографії залишаються практично недоопрацьованими. На сьогоднішній день існує багато програм, як початкового, так і професійного рівня (Steganos Security Suite, S-Tools, bmpPacker, OpenPuff та ін.), але відсутність лістингу цих програм не дозволяє аналізувати методи стеганографії, які застосовані в цих програмах.

Тому, під час виконання лабораторної роботи з дисципліни "Стеганографія та комп'ютерна графіка", яку вивчають студенти спеціальності "Кібербезпека" постало питання дослідження цілісності та автентичності файлу векторної графіки, після стеганографічних перетворень.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Для виконання лабораторної роботи з "Стеганографії та комп'ютерної графіки" студенти спеціальності –

Кібербезпека користуються програмою OpenPuff. Вона має ряд переваг, які обґрунтовують її використання у навчальному процесі:

- не потребує попередньої інсталяції;
- розмір папки з програмою складає 8,75 МБ (9 179 136 байт);
- є безкоштовною, тобто вільною від ліцензування (з відкритим вихідним кодом).

На рис.1 представлено інтерфейс головного вікна (зліва) та вікна програми OpenPuff для стеганографічного вбудовування (справа) графічних файлів-повідомлень у ланцюжок стеганоконтейнерів.

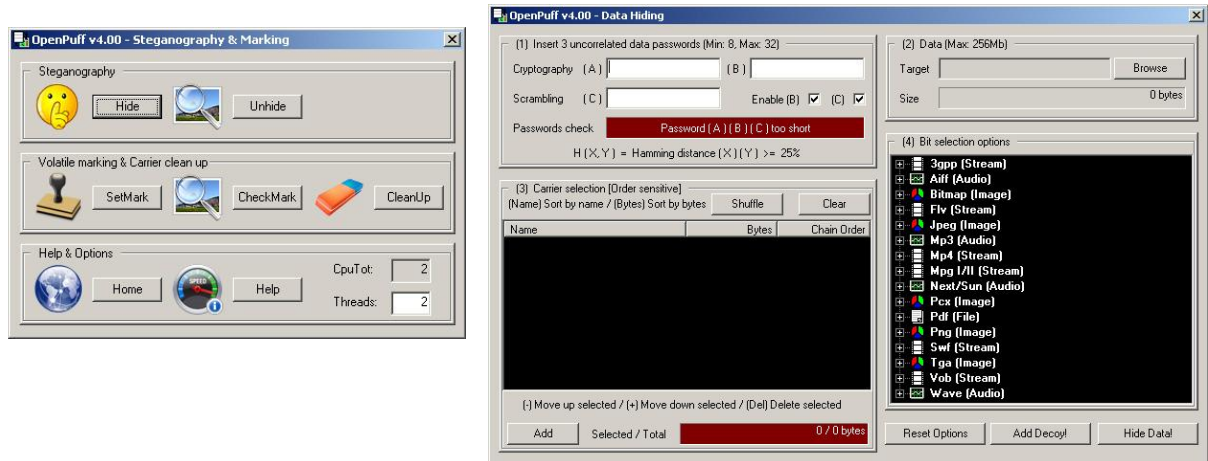


Рисунок 1. Головне вікно (зліва) програми OpenPuff та вікно для стеганографічного вбудовування графічних файлів (справа).

В мережі Інтернет описано, що вона добре працює з такими файлами у якості повідомлень та стеганоконтейнерів – зображеннями, аудіо, відео, та файлами flash і adobe. Однак всі вони мають великий розмір. І при збільшенні розміру файлу-повідомлення, різко пропорційно збільшуватись мусить і файл, чи ланцюжок файлів-стеганоконтейнерів. Але у кафедральному домені кожна група студентів, яка має обліковий запис обмежена груповою квотою на розмір папки /**Home/Server, де студенти зберігають всі свої лабораторні роботи. І з ціллю зменшення обсягу групових папок ми провели дослідження можливості використання, в якості файлів повідомлень – векторних 3D твердотільних моделей, створених в CAD – системах комп'ютерної графіки.

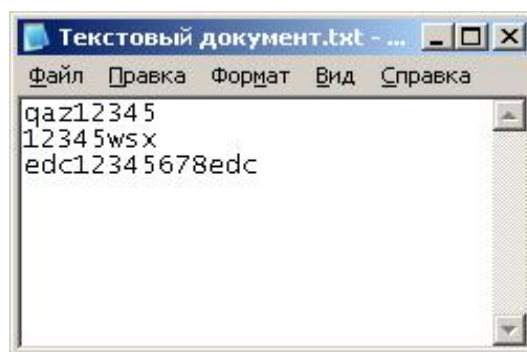


Рисунок 2. Паролі шифрування.

Як бачимо, у лівому верхньому куті вікна вбудовування програми OpenPuff пропонується ввести від одного до трьох паролей. Це дає можливість вводу додаткових шарів захисту повідомлення. Перед розміщенням повідомлення в контейнері буде проведено шифрування та перемішування даних. І хоча процес витягнення файлу-повідомлення з контейнера має становити складний процес обчислення – все ж основною характеристикою після цього має бути автентичність файлу-повідомлення з першоджерелом. Передача ключа робиться окремо і

заздалегідь, але у нашому (навчальному) випадку ми записуємо паролі окремим текстовим файлом, як на рис 2.

У правій частині вікна вбудовування (рис.1 справа) можемо також задати ступінь впровадження (заміни оригінальних пікселів на вбудовані з файла-повідомлення). Задається вона від мінімуму (12% - замінюється тільки один не значущий біт з восьми) і максимум (50%), по замовчуванню стоїть значення 20%. Вибирається тип файлів стеганоконтейнера і вказується щільність впровадження даних, яка потім відображається у результаті обробки файлів – рапорті виконання завдання рис5.

На рис.3 приведено алгоритм взаємодії користувача та програмного забезпечення. Спочатку вводимо паролі, потім попередньо підготовлений файл повідомлення, і програма відразу вказує розмір файлу, який необхідно буде заховати у стеганоконтейнер. Попередньо також готуємо ряд фотографій, ланцюжок яких і збуде служити стеганоконтейнером. Їх повинно бути достатньо, щоб вмістити при заданій щільності файл-повідомлення.

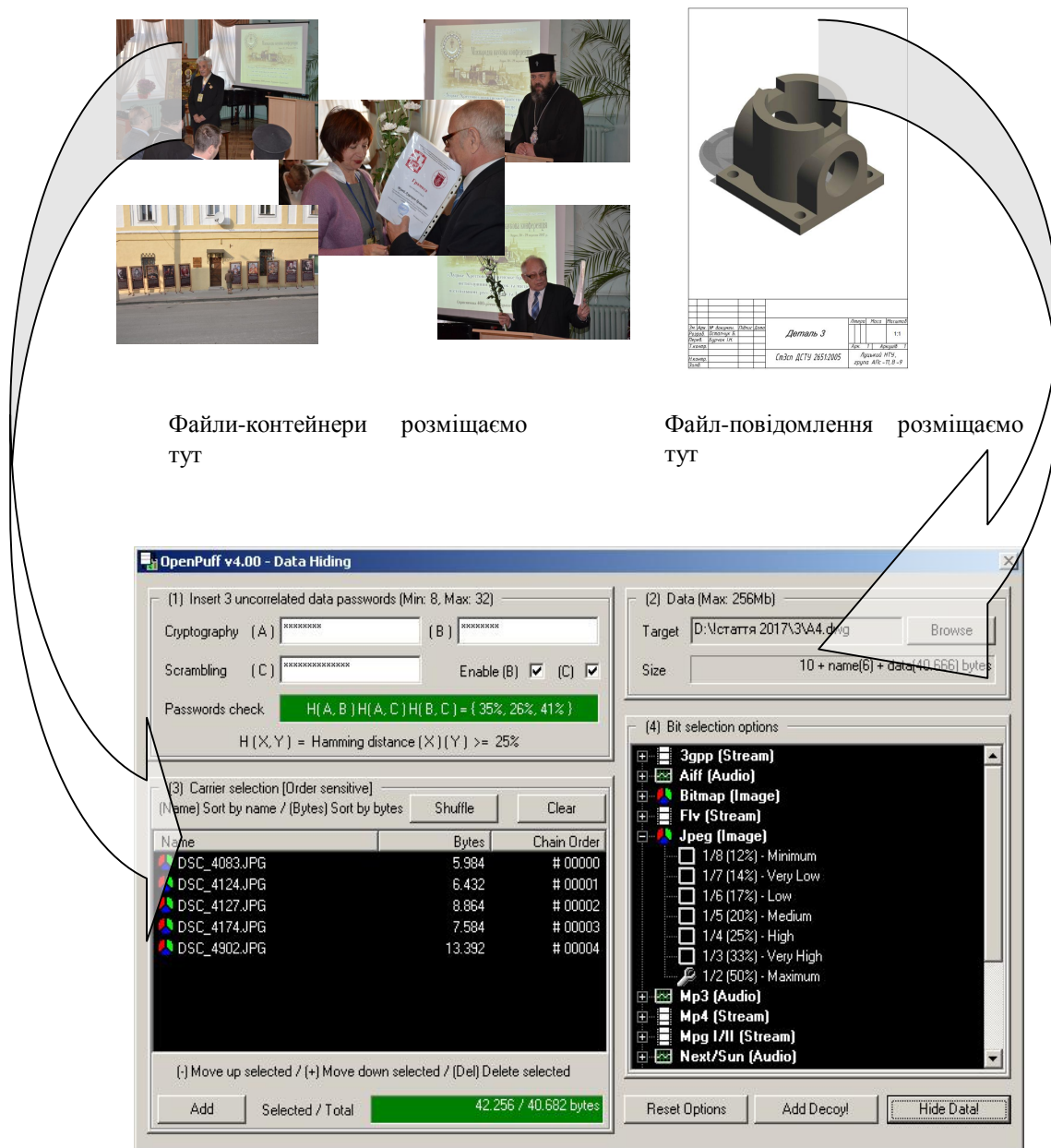


Рисунок 3. Вікно OpenPuff для вбудовування файлів.

Якщо файлів буде надлишкова кількість, то програма вкаже в рапорті, скільки файлів використано (рис4) у вікні завершення процесу.

Неабияке значення має порядок ланцюжка стеганоконтейнерів. При видобуванні файла-повідомлення він має бути незмінним, як і паролі. Вся ця інформація зберігається у протоколі завершення завдання як і ступінь заміни. Початок протоколу приведений на рис.5, закінчення – на рис.6.



Рисунок 4. Вікно завершення завдання.

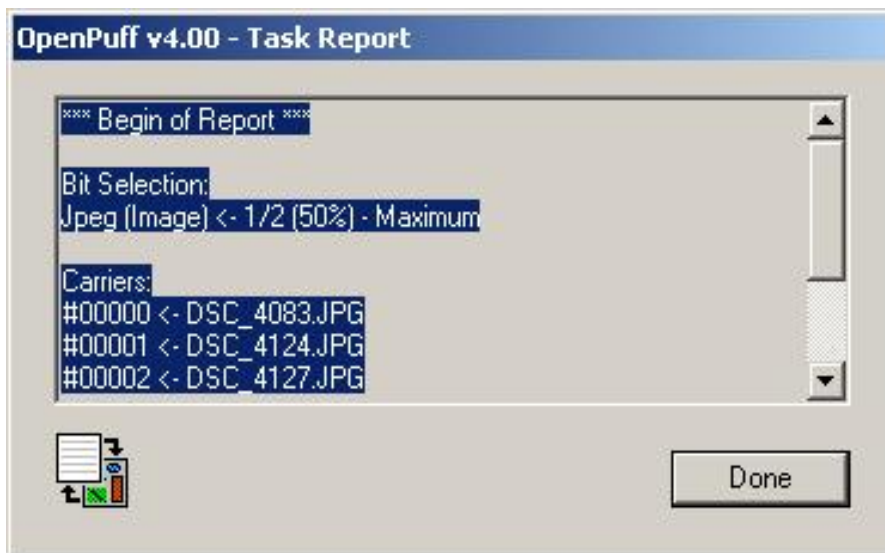


Рисунок 5. Протокол завершення завдання – початок.

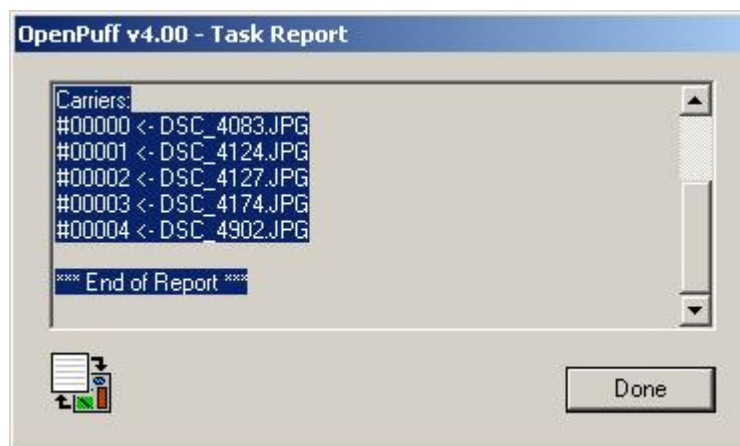


Рисунок 6. Протокол завершення завдання – закінчення.

Видобування файлу-повідомлення із ланцюжка стеганоконтейнерів відбувається у такій же самій послідовності, як і в процесі вбудовування файлів. Попередньо створюється папка, куди має бути проведено витягування файлу-повідомлення. Протокол завершення завдання показаний на рис.7. Тепер можемо порівняти розмір та властивості видобутого файлу з стеганоконтейнера і файлу першоджерела. Також перевіряємо його в AutoCAD, де він був початково створений

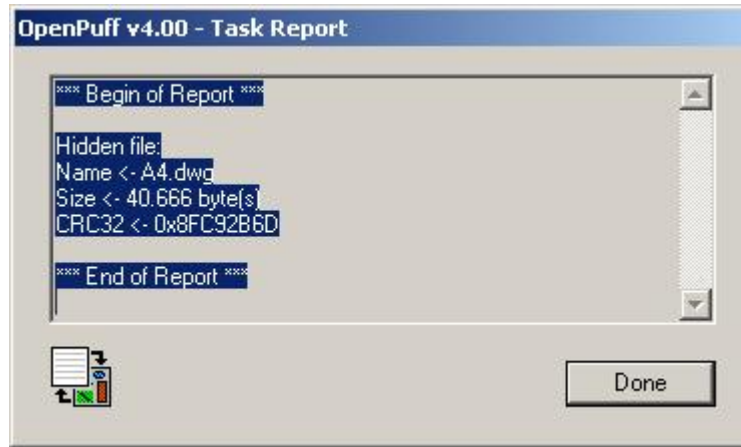


Рисунок 7. Протокол видобування файлу.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Беручи до уваги вищесказане, можна зробити висновок про те, що на сьогоднішній день залишається актуальною науково-технічна проблема удосконалення алгоритмів і методів проведення стеганографічного приховування конфіденційних даних або захисту авторських прав на певну інформацію. Стеганографія у комбінації з криптографією отримала новий поштовх для розвитку нових галузей мережевої, файлової і IP-телефонії.

1. С.Е. Shannon, *A Mathematical Theory of Communication*. Bell System Technical Journal, 27 (1948), pp.379-423, 623-656.
2. Конахович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. К.: "МК-Пресс", 2006. — 288 с.
3. Навроцький Д.О. Методи комп'ютерної стеганографії. /Вісник Національного технічного університету України "КПІ" Серія – Радіотехніка. /Радіоапаратобудування.-2007.-№35, С105-108.
4. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетики. / Пер. с англ. — М.:Иностр. литература, 1963. — 829 с.

УДК 004.451
V. Melnyk
Lutsk National Technical University

MODELING OF THE MESSAGES SEARCH MECHANISM IN THE MESSAGING PROCESS ON BASIS OF TCP PROTOCOLS

Мельник В.М. Моделирование механизма поиска сообщений в процессе их обмена на базе протоколов TCP. В даній роботі змодельовано розширення традиційного сокетного інтерфейсу для здійснення TCP/IP-комунікації з залученням нового механізму пошуку даних замість традиційного їх отримання за порядком встановленої черги. Пошук повідомлення через TCP-сокет дає можливість програмі користувача отримувати очікуваний пакет даних обминаючи чергу попереднього проходження всіх необхідних пакетів для їх отримання в порядку з'єднання. З залученням процедури багаторазового пошуку під час обміну повідомленнями прикладна програма чи бібліотека може розглядати TCP-сокет як типовий список пакетів-повідомлень, які можуть бути отримані чи видалені разом із їхніми даними як з вершини буфера сокета, так і з будь-якої довільної його позиції в стеку повідомлень. Змодельований механізм пошуку повідомлень полегшить процедуру копіювання даних між бібліотекою повідомлень та кодом користувача, обходячи спочатку необхідність в операції небажаного копіювання даних в буфер бібліотеки перед їх отриманням і подальшим відображенням прийнятих повідомлень в буфері сокета.

Ключові слова: мережевий інтерфейс, сокети, пошук повідомлень, процедура копіювання, продуктивність.

Melnyk V.M. Modeling of the messages search mechanism in the messaging process on the basis of TCP protocols.

In this paper a traditional socket interface expansion for the implementation of TCP/IP communication with the involvement of a new mechanism is modeled for data retrieval instead of their traditional receipt in the established queue order. A message finding approach through a TCP socket allows the user program to receive the expected data packet by skipping the queue for the previous passage of all required packages to receive them in connection order. With the use of the reciprocal search procedure for messaging, the application or library can consider the TCP socket as a typical list of message packets that can be received or deleted along with their data from both: the top of the socket buffer and any arbitrary position of the socket in the message stack. The simulated message search approach facilitates the data copying process between the message library and the user code, bypassing first the need for unwanted data copying operations in the library buffer before they are received and subsequent displaying of the received messages in the socket buffer.

Keywords: network interface, socket, message search, procedure of copying, performance.

Мельник В.М. Моделирование механизма поиска сообщений в процессе их обмена на базе протоколов TCP. В данной работе смоделировано расширение традиционного сокетного интерфейса для осуществления TCP/IP-коммуникации с привлечением нового механизма поиска данных вместо традиционного их получения в порядке установленной очереди. Поиск сообщений через TCP-сокет позволит программе пользователя получать ожидаемый пакет данных минуя очередь предыдущего прохождения всех необходимых пакетов для их получения в порядке соединения. С привлечением процедуры многократного поиска при обмене сообщениями приложение или библиотека может рассматривать TCP-сокет как обычный список пакетов-сообщений, которые могут быть получены или удалены вместе с их данными как с вершины буфера сокета, так и с любой произвольной его позиции в стеке сообщений. Смоделирован механизм поиска сообщений облегчит процедуру копирования данных между библиотекой сообщений и кодом пользователя, обходя сначала необходимость в операции нежелательного копирования данных в буфер библиотеки перед их получением и последующим отображением принятых сообщений в буфере сокета.

Ключевые слова: сетевой интерфейс, сокеты, поиск сообщений, процедура копирования, производительность.

1 Introduction. High-performance cluster computing are mainly used to perform long-term cumbersome calculations of a scientific or applied nature. Such calculations can be divided into separate computational parts and assign each of them to run on one or even several computers. Computers with the appropriate frequency are sending the data and messages to each other in order to update the information integrity related to the computing distribution, or to provide other computers with the data required as parameters or additions for the subsequent parts to make calculation. The leading structures based on cluster components [1-3] can provide a flexible and efficient environment for applications with intensive data processing on distributed platforms [4]. For such structures, the applications are specifically developed from a set of selected interacting software components, which, along with the computing resources, are important in terms of flexibility and optimization of the program performance.

The publication [4] also describes that in many applications with intensive data processing, the volume of data can be divided into user-defined sub-blocks that can be computed like pipelined one. If the organization of work processing and communication may overlap, then the productivity improvement also depends on the computing blocking and the size of messages, named data sub-blocks. There is noted that small blocks of data lead to improve the loading balance and piping, and in the communication practice many messages for this matter are generated with blocks of small sizes. However, the larger blocks reduce the number of messages and reach the higher bandwidth in the communication channel, but probably make a load imbalance and reduce the conveyance.

Along with the demands of performance and data processing intensity, the applications written using kernel and TCP/IP socket interfaces also have other requirements, such as performance guarantee, scalability of these guarantees and adaptability to heterogeneous networks. To allow such applications to get an advantage of high-performance protocols usage, the researchers have used a several approaches, including performance of high-performance socket levels through the user-level protocols. To these approaches are included: the virtual interface architecture implementation and InfiniBand technology architecture [5]. The applications used them should be written in taking into account the saving of the connection performance in TCP/IP.

The literature results show that because of the individual components reorganization in such applications there are achieving the significant improvements in application performance, which leads to an increase of the performance guaranty scalability and balancing with the small blocks loading. This approach in turn makes these applications more adapted to heterogeneous networks. The different socket characteristics worked on the virtual interface architecture allow for more effective data division at the output nodes, which increases the performance up to one order. In union with high performance the sockets with low overhead allow the applications to achieve quality results in many measurement areas that can be used in designing, developing and implementation of applications with intensive computing on modern clusters.

Despite the cluster structure allows many computers to be used as fully as possible to reduce the time spent on computing, yet clustered computer systems suffer overhead during the required high-performance computer communications. The overheads to perform such calculations also depend on the number of computers in the cluster, the libraries used to facilitate communication, and the choice of the interface between computers and other component units within the computing cluster. Despite the wide experimental results for cluster interactions, some studies have demonstrated the interdependence of efficient library design for messaging in clusters that use TCP/IP and Ethernet components to achieve the performance comparable to proprietary interconnects [6, 7].

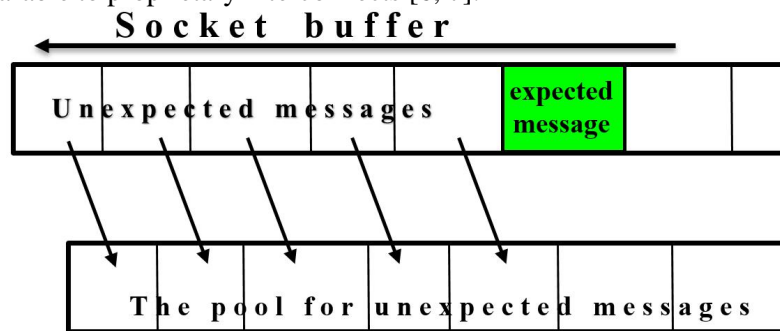


Fig. 1. The dependence of the expected message receiving effectiveness from the previous messages in the queues and unexpected messages

The overheads dependence that appeared when using messages based on TCP/IP protocols depends not only on the message sizes and their receipt frequency, but also on whether the message is expected or unexpected. A message may occur as an unexpected one if its data is received by the receiver before a system call to the library in order to receive such message in the memory buffer on the user program level. It is known [7, 8] that unexpected data is first copied to a temporary library buffer. For sending messages through TCP/IP protocols, the message can be considered as received when its data appears on the network, and the TCP stack places it in the connection socket buffer between the two communicated hosts. Fig. 1 shows us a situation where host expects the appointed message along with unexpected messages in the socket buffer that were arrived to the system at the same time or before. For example, the system expects a message with the interface of its transmission with a specified type of tag [9]. The message passing interface (MPI) is a standardized and portable messaging system. It was developed by a group of scientific and industrial researchers and appointed for implementation on a variety of parallel architectures to make a data computing. In cluster communication practice, there is present several quite effective interface implementations, many of which are free-license available and open to use. These raised an approach that pushed for parallel software development and large-scale and portable applications creation that are designed to perform parallel computing. In case of the network communication, the operating system socket interface for TCP protocols receives certain bytes from the formed connection in the established order, using one of the system calls: `recv()` or `read()`. To count this it first need to release the socket from the previous unexpected messages in order to access the expected message in next step. In the general process of message receiving by applications, these data most likely

are to be needed later, then each of them should be copied to the reception pool of unexpected messages. Such operations of unexpected messages copying cause significant overheads. In the next step, before to receive the expected message on application level, it need to check first the pool of unexpected messages receiving, and only then to call for the message to receive it at the socket level.

The purpose of this work is to simulate the usual socket interface of the operating system for its extension through which it can be possible to access the random expected message, i.e. to its location in the socket buffer, bypassing the receiving queue of all previous incoming messages that were arrived before expected one. The new advanced interface should perform the search for the required information (message) in the socket buffer and allow the user to receive the expected message from any stack position bypassing the operation of copying the previous messages into the pool of unexpected messages that arrived before the specified expected message (fig. 1). From the side of the development requires implementation it need to involve the multiple search process. The messaging program or the usage library should consider the TCP socket as a list of messages that can be received by the user application, and during the receiving procedure it need immediately to delete the received data not only from the top but from the arbitrary point of the socket buffer, where expected message was set.

An interface for sockets that search for messages in the stack by the method described above is complementary to those works that aim to increase the performance of the messaging process by using TCP protocols. Among them can be selected those works, that are focused to use a re-constructed libraries with a more efficient design. These libraries can be managed by events from the side of its own complementary architecture [10] and/or can use a special support from the side of hardware reconfiguration, other than the generally accepted, or the network card interface. The second type of re-constructed libraries can be those that are based on TCP-level splitting [7, 11]. However, this work is based on the efficiency of using the operating system interface on the socket level. Therefore, the model described in this paper should collaborate with ideas that focus on supporting the network card interface or on usage a well-designed library to enhance the performance of other system components for TCP messaging.

The interface to perform a search procedure of the expected message on the socket can be developed and implemented on the basis of the Linux kernel and verified by using the method of a simple microbenchmark, the data for which is obtained outside the query, implemented for this socket. The results of some qualitative calculations reveal that reducing of the processing time with using sockets that directly search the message in the stack should reach more than on a third part. The performance growth of such system will depend on the receipt of expected messages with large volume or the number of messages that are to be bypassed in the receiving queue.

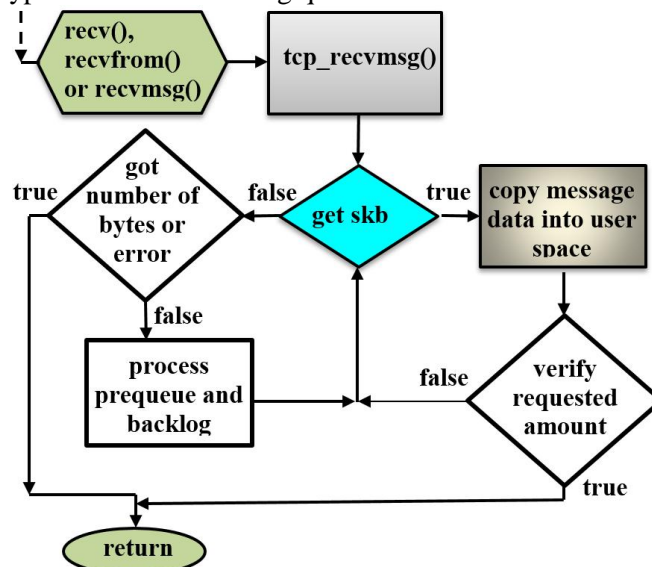


Fig. 2. The algorithm of the recvmsg() function for the Linux-based TCP messaging

2 Basics of the functions work on Linux TCP. The TCP stack under control of the Linux kernel works with socket buffers that are mentioned in literary sources as sk_buff's, sock_buf's or simply skb's. The data packets in the receiving process are received by the network device, they are placed in a ring buffer, and sk_buff is assigned to the data and associated to them. The buffer sk_buff saves the metadata

for each package, and the stack of the Linux operating system for TCP/IP, interacting with `sk_buff` to process the data packet. For each particular connection `sk_buff` is placed in the socket buffer queue.

To facilitate the procedure for receiving them in the correct order and managing the packages, for each of them is assigned a serial number in the queue, which specifies the number of bytes sent for each packet particularly during the connection. The implementation like this allows to recover packets on the reception side during retry at the network level and remove data from socket buffers. The user application does not know or should know the ordering of the data in the packets or the timeliness of their receipt in the network. Tasks that are solely associated with a user's application are considering in that, how data elements are sent from a source and their real fixed lengths.

When the user program makes a call any of `recv()`, `recvfrom()` or `recvmsg()` functions on the TCP socket, then `tcp_recvmsg()` function is used in the kernel (e.g., `net/ipv4/tcp.c`). Fig. 2 shows a working algorithm chart for these functions. The `tcp_recvmsg()` function begins the data copying from `sock_buff`'s buffers in the socket queue which point to the actual data placed in the ring buffer. The function checks the first `skb` in the socket buffer, and then copies the data to the user's space buffer. If `skb` has more data than is requested, the `tcp_recvmsg()` function leaves a "reminder" in the socket buffer queue. If the user requests more data than the data amount placed on the first `skb`, it is selecting along with the corresponding data in the ring buffer, and the specified steps described above continue with the next going `skb` in the queue. By default, the function `tcp_recvmsg()` returns all query data from the socket buffer after the full read procedure in full volume, removing all the `skb`'s buffers that contained their data, and updates the sequence number of the first byte to perform the next socket reading operation.

TCP usually uses sequence numbers to track the way that was read from the socket buffer, and determines the continuation order of the readout procedure. At each step, the `copied_seq` variable, which records the order of the duplication, receives the sequence number for which the data will be read. In other words, this variable will contain an ordered sequence of what has already been copied and that will be read further from the reception queue. In this case, if the sequence of numbers `copied_seq` was greater than the number of the first basic `skb` sequence, and the part has already been read from it, then the full length of the data request will be copied starting from the sequence number specified in the `copied_seq`. Thus, using the sequence numbers will be used to determine the data that the reception request should read from the socket.

3 Implementation of additional socket search procedure. The main purpose of using sockets that are directly seeking for a message in a queue is to receive data placed on the socket receiving buffer in any order. When the data is copied from the socket, the corresponding `skb` with the copied data must be removed from the buffer, and the current list of `skb`'s should also be corrected. As data that was read in the sequence numbers is no longer present and available, then the subsequent requests for their receipt on the socket should "know" and take into account that these data are missing in the buffer. This can be implemented through a connection list that contains the initial and final sequence numbers for each "hole" in the socket reception buffer. Creating a hole frees up memory space in the socket buffer and allows to normalize the behavior of the TCP stream independently from the location place in the buffer from which the data was deleted. When the reception request begins the process of data copying to the user, it avoids any met hole on the path and continues normally to receive the data from the ordinal number that follows after the hole. In the process of the data receiving the list of holes increases with their integrity, and at the same time takes place the dynamic reduction associated with their removal.

The model developed in this paper proposes to create a new streaming protocol `SOCK_FIND_STREAM`. It should use the same stack as the TCP and ordinary `SOCK_STREAM` sockets. However, the basic functions should be modified so that it could be possible to make search of the sockets with `SOCK_FIND_STREAM` type. If a socket request is performed to a socket that does not make the search procedure, or if the call does not find the package that is expected to receive, then the way through the TCP stack with its functions is almost identical to the code used by the normal Linux kernel. But when the search request is performed on the socket that makes the search procedure, then the way through the TCP stack remains the same, only may change the code way through separate functions. Basically, the changes are related to the `tcp_recvmsg()` function code that is introduced into this function. All the introduced modifications are required for managing the list of holes, their sequence numbers and `skb`'s, which have already been read yet.

Another major change should be made in the function `tcp_recvmsg()` that relates to the procedure for socket obtaining on which the search procedure has to be made. It includes a disabling of the TCP queue pre-loading mechanism. Although the TCP queue pre-loading mechanism allows some better manage with the stream resources in the exchange process, however it causes a slight decrease in

performance. Also in the general messaging procedure, it is not possible to easily change the downloading queue to allow further searches. In connection with the foregoing, the pre-loading mechanism was turned off at the receiving moment on the socket that makes the search.

After the SOCK_FIND_STREAM socket has been created, the known above functions `recv()` and `recvmsg()` can be used as ordinary functions. The new search function `find_recv()` should be realized like a system call, that needs to get the following arguments:

```
size_t find_recv(int s, void *buf, size_t len, int flags, size_t offset);
```

The arguments to call `find_recv()` are identical to the function `recv()`, with the change added to indicate the number of bytes to be transmitted to the stream. This offset always points to the first byte that must be obtained through the use of `recv()` system call.

Since the call `find_recv()` changes structure `msg_hdr`, and then calls the general function `sock_recv()`, then the standard library function `recvmsg()` can also be used to search for recipients. The variable `msg_find` has been added to the `msg_hdr` to indicate a search offset. By modifying the `msg_hdr` structure taken to the function `recvmsg()` it is easier to search for the package that is expected to be received without the new special function involvement. In order to be able to search previous messages of a large size, it need to increase the maximum message reception buffer size. This parameter adjusts the system variable `net.core.rmem_max(sysctl)`. It allows to set the maximum buffer size for each received message. The maximum buffer size can be reset by using the known function `setsockopt()`. Consequently, the parameter `sysctl` should be set to a sufficiently large number of bytes, and the reception buffer should be increased, if necessary, over the entire interval of the user program work. In the case where the buffer is fully filled, then the usual TCP actions are executed, and the call to receive the result in the course of the search implementation should return an error. Then the program should clearly respond to the error of the socket buffer overflow and delete some data remaining in the buffer to release more space in the kernel.

5 Conclusion. In this paper the model for a new socket level extension is proposed, which allows to get an irregular access to expected message from a single TCP connection. The interface for sockets with searching procedure for expected message and obtaining data outside the query is proposed, which in the opinion of the authors can be implemented in Linux system. The model shows that for developing start of an application code are required only small changes to implement message exchange.

1. Beynon, M. D. Distributed processing of very large datasets with DataCutter. [Text] / Beynon M. D., Kurc T., Catalyurek U., Chang C., Sussman A., Saltz J.// *Parallel Computing* – October 2001 – 27(11) – P.1457-1478.
2. Oldfield, R. Armada: A parallel file system for computational. [Text] / R.Oldfield, D. Kotz //In *Proceedings of CCGrid2001* – May 2001. – P.194–201.
3. Plale, B. dQUOB: Managing Large Data Flows by Dynamic Embedded Queries [Text] / Plale B., Schwan K.// *IEEE High Performance Distributed Computing (HPDC)* – August 2000 – P.1-8.
4. В. М. Мельник, Н. В. Багнюк, К. В. Мельник. Вплив високопродуктивних сокетів на інтенсивність обробки даних / Науковий журнал «ScienceRise» №6/2(11)2015. – с. 38-48.
5. Infiniband Trade Association. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.infinibandta.org>.
6. M. Allman, V. Paxson, and W. Stevens. TCP Congestion Control. IETF RFC 2581, April 1999.
7. N. J. Boden, D. Cohen, R. E. Felderman, A. E. Kulawik, C. L. Seitz, J. N. Seizovic, and W.-K. Su. Myrinet: A Gigabit-per-Second Local Area Network. *IEEE MICRO*, 15(1):29–36, 1995.
8. P. Buonadonna and D. Culler. Queue Pair IP: A Hybrid Architecture for System Area Networks. In *Proceedings of the 29th International Symposium on Computer Architecture*, pages 247–256, May 2002.
9. D. Dunning, G. Regnier, G.McAlpine, D. Cameron, B. Shubert, F. Berry, A. Merritt, E. Gronke, and C. Dodd. The Virtual Interface Architecture. *IEEE MICRO*, 18(2):66–76, March 1998.
10. R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach, and T. Berners-Lee. Hypertext Transfer Protocol.- HTTP 1.1. IETF RFC 2616, June 1999.
11. S. Majumder and S. Rixner. Comparing Ethernet and Myrinet for MPI Communication. In *Proceedings of the Seventh Workshop on Languages, Compilers, and Run-time Support for Scalable Systems (LCR 2004)*, pages 83–89, October 2004.
12. S. Majumder, S. Rixner, and V. S. Pai. An Event-driven Architecture for MPI Libraries. In *Proceedings of the 2004 Los Alamos Computer Science Institute Symposium*, October 2004.
13. S. H. Rodrigues, T. E. Anderson, and D. E. Culler. High-Performance Local Area Communication With Fast Sockets. In *Proceedings of the 1997 USENIX Technical Conference*, pages 257–274, January 1997.
14. T. M. P. I. Forum. MPI: A Message-Passing Interface Standard. *International Journal of Supercomputer Applications*, 8(3/4), 1994.
15. V. Melnyk, N. Bahnyuk, K. Melnyk, O. Zhyharevych, N. Panasyuk. Implementation of the simplified communication mechanism in the cloud of high performance computations. *East-European journal of Enterprise Technologies*. – Kharkiv (Scopus, DOI: 10.15587/1729-4061.2017.98896). – 2017. – № 2/2/86. – p. 24-32.
16. P. Gilfeather and A. B. Macabe. Making TCP Viable as a High Performance Computing Protocol. In *Proceedings of the Third LACSI Symposium*, October 2002.

УДК 336.896

Редько Р.Г., Редько О.І.

Луцький національний технічний університет

ПАРАМЕТРИЧНА ПОБУДОВА МОДЕЛЕЙ, РЕАЛІЗОВАНИХ НА МОВІ ОБ'ЄКТ PASCAL, З ВИКОРИСТАННЯМ СЕРЕДОВИЩА T-FLEX CAD 3D

Редько Р.Г., Редько О.І. Параметрична побудова моделей, реалізованих на мові ОБ'ЄКТ PASCAL, з використанням середовища T-FLEX CAD 3D. У статті досліджено можливість параметричної побудови моделей, які допоможуть конструктору швидше, правильніше перерахувати геометричні параметри розкатника відцентрового типу, створити робочі креслення для конструкторської документації, що зменшує вірогідність людського чинника при проектуванні інструменту і підвищує якість і конкурентоспроможність, подовжує термін служби, а також є економічно вигідним.

Ключові слова: цифрові моделі, інтерактивні методи, розкатник, багатороликові розкатники, розкатники безсепараторного типу, розкатники сепараторного типу, пружинні розкатники, ротаційні розкатники.

Редько Р.Г., Редько О.І. Параметрическое построение моделей, реализованных на языке ОБ'ЄКТ PASCAL, с использованием среды T-FLEX CAD 3D. В статье исследована возможность параметрического построения моделей, которые помогут конструктору скорее, правильнее перечислить геометрические параметры раскатника центробежного типа, создать рабочие чертежи для конструкторской документации, уменьшает вероятность человеческого фактора при проектировании инструмента и повышает качество и конкурентоспособность, продлевает срок службы, а также является экономически выгодным.

Ключевые слова: цифровые модели, интерактивные методы, раскатник, многороликовые раскатники, раскатники бессепараторного типа, раскатники сепараторного типа, пружинные раскатники, ротационные раскатники.

Redko R. G., Redko O.I. Parametric construction of models implemented in the language ОБ'ЄКТ PASCAL, using the environment T-FLEX CAD 3D. In the article the possibility of parametric building models that help the designer quickly, accurately enumerate geometrical parameters rozkatnyka centrifugal type, create working drawings for design documentation, which reduces the likelihood of human factors in the design tool and improves the quality and competitiveness, prolongs the life, and are economically viable.

Keywords: digital models, interactive methods rozkatnyk, multiroll rozkatnyky, rozkatnyky bezseparatornogo type rozkatnyky separator type pruzhnni rozkatnyky, rotary rozkatnyky.

Постановка проблеми. Сучасні методи комп'ютерного опрацювання інформації базуються на створенні цифрових моделей рельєфу (ЦМР), які слугують основою для вирішення цілої низки наукових та народно-господарських завдань. Наприклад, інтерактивні методи проектування інженерних споруд, аналіз просторових даних, управління територіями вимагають подання інформації про місцевість в цифровій формі.

Цифрова модель рельєфу визначена як цифрове і математичне представлення рельєфу моделі на основі дискретної сукупності вихідних точок, які дозволяють з заданою точністю відтворити реальну поверхню та її структуру.

Параметри якості під час обробки вигладжувальним інструментом пружної дії значною мірою залежать від тиску в точці контакту. Шорсткість обробленої поверхні, ступінь її зміцнення, величина і знак залишкових напружень залежать від технологічних режимів, зусилля деформування, вихідною шорсткості заготовки, фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки, типу застосовуваного інструмента і його конструктивних параметрів. При роботі інструментами пружної дії (роликові й кулькові розкатники) з деформуючими елементами (ролики, кульки), що пружно контактують з оброблюваною поверхнею, здійснюється розмірна обробка, так як траєкторія руху роликів і кульок повністю визначається формою заготовки. У цьому випадку форма заготовки практично не змінюється, а зменшення її розміру відбувається відносно рівномірно по всій оброблюваній поверхні.

Аналіз досліджень. Автоматизація робіт по створенню нової техніки - конструкторської та технологічної підготовки виробництва, дозволяє підприємству швидко реагувати на зміну попиту у виробі, у малі строки готувати до виробництва нові або модернізовані вироби. Підприємство, яке прагне цього, повинно володіти комплексом програмних засобів, здатних автоматизувати проведення таких робіт:

1. Управління проектами та технічним документообігом.
2. Створення конструкторської документації на виріб (креслення, специфікації).
3. Створення тривимірної моделі виробу.
4. Всебічний аналіз виробу (розрахунки на міцність, динамічний аналіз, аналіз напружень в елементах виробу).

5. Створення технологічної документації на виготовлення виробу.

6. Обробку на верстатах різного технологічного призначення деталей оснащення виробництва в процесі їх виготовлення.

7. Програмне забезпечення конструкторської підготовки виробництва [1].

Для створення конструкторської документації фірма "Топ Системи" пропонує системи, що дозволяють охопити різні рівні автоматизації конструкторських робіт в різних підрозділах підприємств, а саме:

- Т - FLEX CAD LT - автоматизація креслення;
- Т - FLEX CAD 2D - автоматизація проектування;
- Т - FLEX CAD 3D - 3 -х мірне моделювання.

Вибір необхідної системи залежить від об'ємів конструкторських робіт, їх рівня і кількості робочих місць.

CAD-системи (Computer-aided design - комп'ютерна підтримка проектування) призначені для вирішення конструкторських завдань та оформлення конструкторської документації (більш звично вони іменуються системами автоматизованого проектування САПР). Як правило, в сучасні CAD-системи входять модулі моделювання тривимірної об'ємної конструкції (деталі) і оформлення креслень і текстової конструкторської документації (специфікацій, відомостей тощо). Провідні тривимірні CAD-системи дозволяють реалізувати ідею наскрізного циклу підготовки та виробництва складних промислових виробів. Всі вони в тій чи іншій мірі підтримують принципи параметризації 2D і 3D-моделей [2].

В даний час в світі розроблена величезна кількість різних CAD-пакетів. Однією з перспективних систем параметричного проектування в технічному університеті є T-FLEX CAD.

Система параметричного проектування і креслення T-FLEX CAD є розробкою російської фірми "Топ Системи". Система володіє наступними основними можливостями: параметричне проектування та моделювання; проектування складання і виконання складальних креслень; повний набір функцій створення і редагування креслень; просторове моделювання, що базується на технології ACIS; параметричне тривимірне твердотільне моделювання; управління кресленнями; підготовка даних для систем з ЧПУ; імітація руху конструкції.[3]

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Відрізняючись простотою пристрою, розкатник дозволяє отримувати поверхні 9-го класу шорсткості. Робочим елементом в даному розкатнику є ролик, встановлюваний під кутом до осі оправлення у втулці або на голчастих підшипниках. Штуцер служить для підведення в зону обробки масла. Спеціальний гвинт утримує ролик від осьового переміщення. Якщо оправці надати обертальний і поступальний рух, то ролик за рахунок тертя його робочих кромки об оброблювану поверхню почне обертатися. Те ж саме буде спостерігатися, якщо обертання отримає заготовка, а розкатник буде здійснювати тільки осьове переміщення. Діаметр і довжина ролика виконуються строго визначеними, щоб забезпечити необхідний натяг. При цьому враховуються радіус деформуючої кромки ролика, кут установки ролика щодо осі і діаметр отвору.

Конструктивно інструмент для обробки поділяють на два типи: інструмент безсепараторного типу та інструмент сепараторного типу.

Були проведені дослідження конструктивних параметрів існуючих інструментів розкатного типу: багатороликові розкатники, розкатники безсепараторного типу, розкатники сепараторного типу, пружинні розкатники, ротаційні розкатники, розкатники відцентрового типу. Більш розповсюдженими, порівняно з розглянутими, є відцентрові розкатники. Так само був проведений аналіз програмних комплексів, що дозволяють реалізувати елемент параметризації, про який мова піде далі.

Одним з головних завдань дослідження була розробка математичного забезпечення та створення програмного забезпечення, реалізованого на мові OBJECT PASCAL. Ввівши потрібний діаметр заготовки, матеріал заготовки і глибину наклепаного шару, яку ми хочемо отримати, програма розраховує геометричні параметри розкатного інструменту, необхідні для обробки і частоту обертання інструменту, також підбирає відповідний верстат. На рис. 1 наведено загальний вигляд програми.

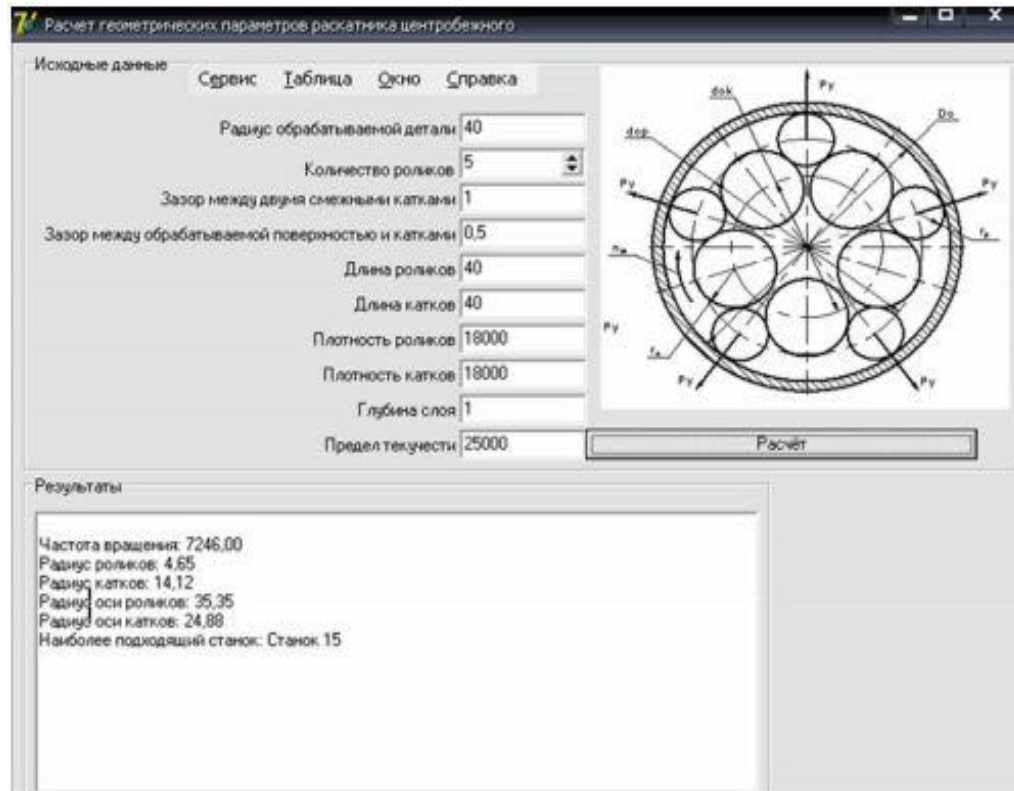


Рис. 1. Загальний вигляд головного вікна програми

Ефективність відцентрового розкатного інструменту залежить від його конструкції і схеми обробки деталі. Одночасно необхідно вирішити питання забезпечення технологічності при виготовленні, надійності в експлуатації й обслуговуванні, стабільності процесу розкочування і якості обробленої поверхні деталі.

Була створена параметризована модель розкатного інструменту в програмі T-FLEX CAD з метою отримання конструкторської документації залежно від вихідних даних для проектування інструменту в найкоротші терміни.

T-FLEX CAD – система параметричного автоматизованого проектування і креслення. Вона забезпечує високий ступінь гнучкості і можливість зміни зображення при збереженні співвідношень між елементами, передбачених розробником. Унікальний механізм параметризації і повний набір професійних інструментів комп'ютерного проектування дозволяють істотно спростити процес конструювання та оформлення графічної документації.

Параметричне проектування, можливість призначення геометричних параметрів через змінні і зміни цих параметрів – це майбутнє всіх систем автоматизованого проектування і креслення. Ефективність системи T-FLEX CAD базується, в першу чергу, на новій геометричній моделі. Ця модель дозволяє наповнити поняття «параметризація» істотно більш глибоким, ніж це прийнято в інших системах, змістом. Ідея параметризації вже міцно завоювала своє місце в комп'ютерному проектуванні [4].

Під параметризацією мається на увазі, перш за все, багаторазове використання креслення з можливістю зміни його параметрів. Тут параметрична модель лежить в основі креслення, при роботі в системі T-FLEX CAD якісно розширюють можливості параметричного проектування.

T-FLEX CAD використовує звичні для конструктора елементи і параметри проектування. При цьому абсолютно не обов'язково ставити елементи креслення на точні позиції. Можливості по модифікації розмірів елементів і їх положення на кресленні не мають аналогів в інших CAD-системах [5].

T-FLEX CAD дозволяє отримувати складні креслення, в яких його окремі частини можуть бути взаємопов'язані. Зв'язок можна задати як через геометричну залежність, так і через значення параметрів. При цьому забезпечується видалення невидимих ліній у випадку, якщо окремі частини креслення перекривають одна одну.

Одним із звичайних атрибутів параметричних CAD-систем є мова програмування, яка використовується для задання параметричних зв'язків. У цьому зв'язку виявляється ще одна істотна перевага програми T-FLEX CAD. Від інженера не потрібно ніяких спеціальних знань в області програмування. Параметрами креслення можуть призначатися змінні. За допомогою простих математичних формул змінні можна пов'язувати між собою [6]. При роботі з 3D елементами використовується весь набір засобів параметризації, як і при створенні двовимірного креслення (завдання геометричних розмірів і параметрів елементів за допомогою змінних і т.д.). Параметризація необхідна для автоматизованого перерахунку моделі при зміні значень розмірів, отриманих в ході аналізу.

На рис. 2 показані параметричні моделі інструменту для обробки отворів різного діаметру. Тривимірні моделі необхідні для створення на її основі креслень деталей з наступним поділом їх на групи і створення технологічних процесів їх виготовлення.

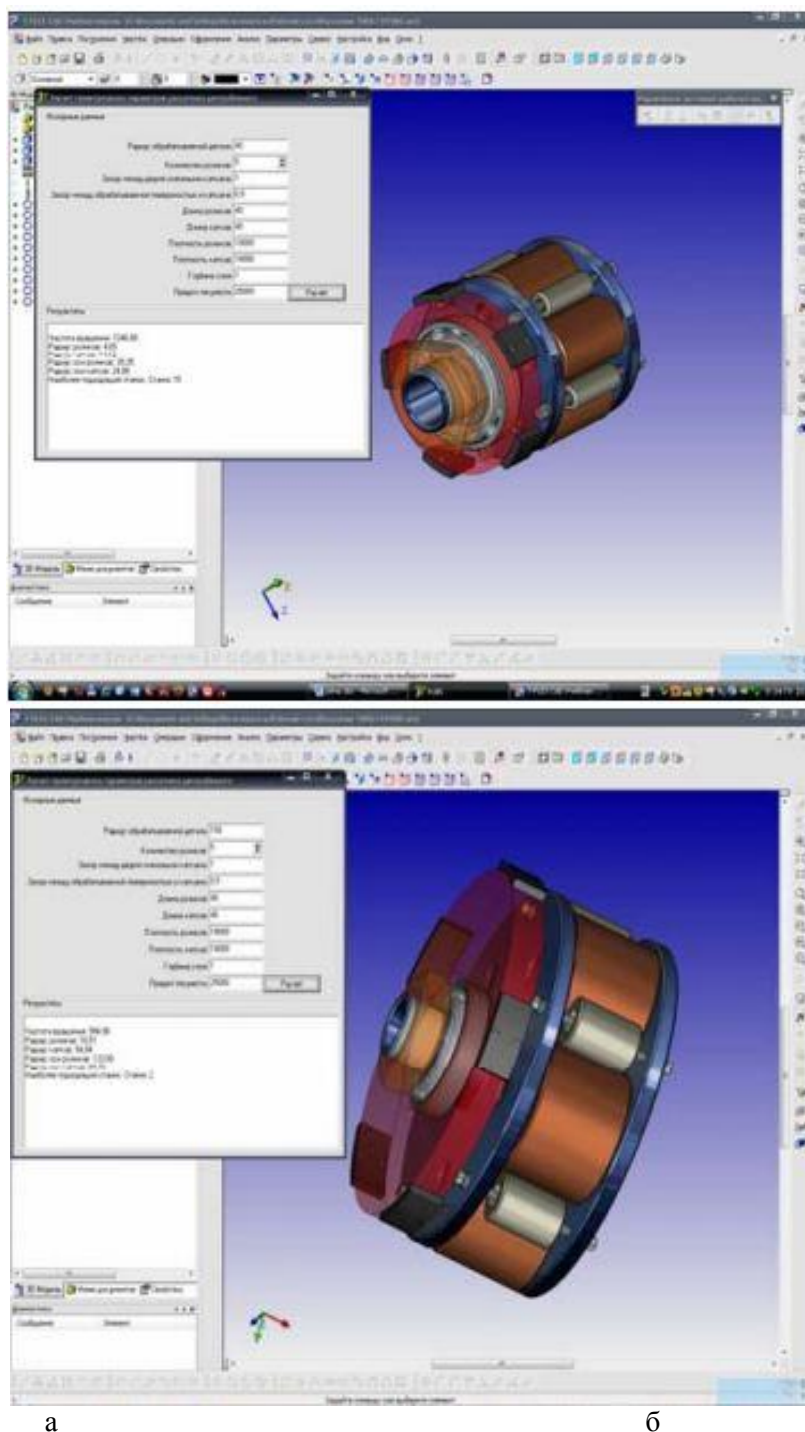


Рис. 2. Відцентровий розкатник для обробки порожніх отворів діаметрами:
 a - 400 мм; b - 1500 мм

Для створення тривимірної моделі, що являє собою розкатник відцентрового типу, спочатку були спроектовані моделі окремих деталей: корпус розкатника, катки, ролики а також використані стандартні моделі кулькових підшипників, упорних кілець, шайб та болтів, які входять до складу бібліотек системи T-Flex [7].

Після того, як створені всі елементи вузла, необхідно здійснити їх складання.

На основі створеної тривимірної моделі та за допомогою вбудованої функції «Створити 2D-проекцію», автоматично отримуємо креслення деталі розкатник.

У процесі програмної реалізації методів моделювання рельєфу встановлено, що задача знаходження невідомих є нестійкою. Це унеможливило пошук оберненої матриці рівнянь класичним шляхом.

Цифрові моделі рельєфів побудовано з кроком 3 мм для всіх методів моделювання, вихідні точки визначались однотипно. Оцінку точності побудови виконано: за розходженнями відміток вихідних точок ізоліній; за контрольними точками; візуально – за розходженнями вихідних ізоліній.

Із аналізу середніх квадратичних помилок встановлено, що диференційні сплайни двох видів дають гібридні ізолінії в місцях розрідженої інформації, помилка відтворення рельєфу на таких ділянках досягає 3/4 перерізу рельєфу. В цілому ж модифікований диференційний сплайн інтерполює поверхню з менш різкими відхиленнями. Логарифмічна базисна функція дає точні результати моделювання, за винятком ділянок з різким перепадом нахилів, де зміна параметру A покращує моделювання.

Для повного оформлення креслення відповідно до вимог ЕСКД, конструктору потрібно проставити розмірні і виносні лінії, написи, вказати технічні вимоги. Оскільки тривимірна модель повністю параметризована і має адаптивний зв'язок з отриманим на її основі двомірним кресленням, то при зміні будь-яких параметрів моделі робочі креслення деталей автоматично перераховуються.

Висновки. Вищеописаний підхід допомагає конструктору швидше, правильніше перерахувати геометричні параметри розкатника відцентрового типу, створити робочі креслення для конструкторської документації. Зменшує вірогідність людського чинника при проектуванні інструменту, що підвищує якість і конкурентоспроможність, подовжує термін служби, а також є економічно вигідним.

1. Сліпченко В. Г. САПР об'єктів малої енергетики / В. Г. Сліпченко. - К.: Знання України, 2007. - 216 с. Бібліогр.: с. 213-214.
2. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования / И.П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 336 с.
3. Бондин Б.В. Компьютерное моделирование и автоматизация технологических процессов в машиностроении: уч. пособ. / Б.В. Бондин, Р.М. Лысак, Н.В. Носов, А.А. Черепашков; Самар. гос. техн. ун-т. – Самара. – 2008. – 91 с.
4. Кондаков А.И. САПР технологических процессов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Кондаков. – М.: Академия, 2007. – 272 с.
5. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / К. Ли. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.
6. Потемкин А. Трехмерное твердотельное моделирование / А. Потемкин. – М.: [Компьютер Пресс](#), 2002. – 296 с.
7. Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Компьютерное обеспечение промышленного бизнеса / под. ред. А.Г. Братухина. – Киев: Техника, 2001. – 625 с.

УДК 31.311.2

Ханін¹ О.Г., Лотиш² В.В., Гуменюк² П.О.

¹Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

²Луцький національний технічний університет,

ІДЕНТИФІКАЦІЯ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З КОНТРОЛЬОВАНОЮ ЙМОВІРНІСТЮ ПОХИБКИ ТА ЇЇ ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Ханін О.Г., Лотиш В.В., Гуменюк П.О. Ідентифікація систем масового обслуговування з контрольованою ймовірністю похибки та її програмна реалізація. Запропоновано метод кластерного аналізу даних, що мають довільний дискретний розподіл, який дозволяє на певному рівні значущості приймати статистично обґрунтовані рішення про належність об'єкта до певного кластера. Метод дозволяє у багатьох практичних задачах, зокрема задачах ідентифікації систем масового обслуговування швидко проводити статистично обґрунтований кластерний аналіз довільно розподілених даних із заздалегідь визначеною ймовірністю похибки кластеризації

Ключові слова: кластерний аналіз, системи масового обслуговування, χ^2 -розподіл, довірчий інтервал надійності, програмна реалізація, програмний додаток.

Khanin O.G., Lotysh V.V., Gumeniuk P.O. Identification of mass-service systems with controlled capacity and its program realization. The method of cluster analysis of data with arbitrary discrete distribution, which allows at a certain level of significance to make statistically substantiated decisions about the belonging of an object to a particular cluster, is proposed. The method allows many practical tasks, in particular, the problems of mass service identification, to quickly carry out a statistically valid cluster analysis of randomly distributed data with a predetermined probability of clustering error

Key words: cluster analysis, mass maintenance systems, χ^2 -distribution, confidence interval of reliability, software implementation, software application.

Ханин А.Г., Лотыш В.В., Гуменюк П.А. Идентификация систем массового обслуживания с контролируемой вероятностью погрешности и ее программная реализация. Предложен метод кластерного анализа данных, имеющих произвольное дискретное распределение, который позволяет на определенном уровне значимости принимать статистически обоснованные решения о принадлежности объекта к определенному кластеру. Метод позволяет во многих практических задачах, в частности задачах идентификации систем массового обслуживания, быстро проводить статистически обоснованный кластерный анализ произвольно распределенных данных с заранее определенной вероятностью ошибки кластеризации.

Ключевые слова: кластерный анализ, системы массового обслуживания, χ^2 -распределение, доверительный интервал надежности, программная реализация, программное приложение.

У задачах автоматизованого управління часто виникає необхідність кластеризації даних для напрацювання однотипних алгоритмів управління, наприклад, задача ідентифікації кількох багатоканальних систем масового обслуговування. Існує чимало методів кластеризації [1, 2], деякі з них реалізовані в програмах обробки статистичних даних, таких, як SPSS Statistics або STATISTICA. Ці методи дають можливість вивчити структуру даних, але не роблять ніяких статистичних висновків.

Нами пропонується метод кластерного аналізу даних, що мають довільний дискретний розподіл, який дозволяє на певному рівні значущості приймати статистично обґрунтовані рішення про належність об'єкта до певного кластера.

В ході реалізації будь-якого методу багатовимірної кластеризації виникає необхідність деякого нормування даних. Запропонований метод передбачає попереднє нормування даних так, щоб кожен замір знаходився в межах від 0 до 1, а їх сума дорівнювала 1. Таким чином, буде відбуватися кластеризація об'єктів за статистичним розподілом певних ознак.

Наприклад, розглянемо результати дослідження завантаженості (за кількістю заявок на обслуговування за одиницю часу) сукупності m -канальних систем масового обслуговування. Нехай, для визначеності, $m = 4$.

Таблиця 1. Розподіл завантаженості каналів систем масового обслуговування (СМО).

СМО	Разом	Канал1	Канал2	Канал3	Канал4
СМО1	319	69	95	8	147
СМО2	169	12	75	6	76
.....					
СМО k	284	33	51	17	183

Для кожної системи масового обслуговування отримаємо відносну частоту, поділивши кількість заявок на обслуговування, що надійшли в певний канал, на загальну кількість заявок, що надійшли в систему.

Таблиця 2. Розподіл відносних частот завантаженості каналів СМО

СМО	Канал1	Канал2	Канал3	Канал4
СМО1	0,22	0,30	0,02	0,46
СМО2	0,07	0,44	0,04	0,45
.....				
СМО k	0,11	0,42	0,06	0,41

В основу методу кластеризації покладемо ідею порівняння емпіричних χ^2 -розподілів [3]. На першому етапі виберемо будь-яку СМО в якості еталонної, наприклад, СМО2 (в таблицях виділена жирним шрифтом). Побудуємо для еталонної системи по кожному каналу окремо довірчий інтервал надійності 95% для теоретичної ймовірності, що заявка, яка випадково надійшла в систему, надійде на обслуговування саме в даний її канал.

Обсяг вибірки по еталонній СМО (загальна кількість заявок, що надійшли) по таблиці 1 становить $n=169$. Розглянемо надходження випадкової заявки в 1-й канал СМО як «успіх», а інші - як «невдачу». Повторимо по-черзі цей процес для інших каналів. Тоді ми будемо мати справу з біноміальним розподілом для теоретичних ймовірностей, для яких легко побудувати двосторонній асимптотичний довірчий інтервал будь-якої надійності [4].

Так, вибіркова оцінка невідомого стандартного відхилення теоретичної ймовірності «успіху»

$$s_n = \sqrt{\frac{w_{ycn}(1-w_{ycn})}{n}} \approx 0,002,$$

де $w_{ycn} \approx 0,07$ - відносна частота «успіху» (див. таблицю 2).
 Тоді права границя довірчого інтервалу становить

$$w_{ycn} + t_{0,95} \cdot s_n \approx 0,108,$$

де $t_{0,95} \approx 1,96$ - відповідний квантиль двостороннього розподілу Стьюдента з $n-1=168$ ступенями свободи, а ліва -

$$w_{ycn} - t_{0,95} \cdot s_n \approx 0,032.$$

Тобто з надійністю 95% ймовірність p того, що випадкова заявка, яка надійшла в СМО2 потрапить на обслуговування в «Канал1», знаходиться в інтервалі (0,032; 0,108).

Так само побудуємо довірчі інтервали надійності 95% для теоретичних ймовірностей, які відповідають іншим каналам.

χ^2 - відстань між емпіричним і теоретичним розподілом, знаходиться за формулою [5]

$$\chi^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r \frac{(v_i - np_i)^2}{p_i}, \quad (1)$$

де r - кількість груп, на які розбиті дані (в нашому випадку - кількість каналів, тобто $r=4$);
 p_i - теоретичні ймовірності. У нашому випадку це ймовірність того, що випадкова заявка, яка надійшла в еталонну СМО, надійде на обслуговування в i -ий канал ($i=1,2,3,4$). Ці ймовірності нам невідомі, але ми встановили довірчі інтервали, в яких вони знаходяться (див. таблицю 3);

v_i - вибіркові частоти кожної групи (в нашому випадку - кількість заявок, що надійшли в нееталонну СМО, які надійшли в її i -ий канал - таблиця 1);

n – обсяг вибірки (в нашому випадку n дорівнює загальній кількості заявок, що надійшли в нееталонну СМО - таблиця 1).

Таблиця 3. Границі довірчих інтервалів для теоретичних ймовірностей поступлення на обслуговування до відповідних каналів еталонної СМО.

Канали еталонної СМО	Ліва границя довірчого інтервалу	Права границя довірчого інтервалу
Канал1	0,032	0,108
Канал2	0,365	0,515
Канал3	0,010	0,070
Канал4	0,375	0,525

Таким чином, ми будемо довірчі границі заданої надійності для теоретичного (еталонного) розподілу, за допомогою яких на першому етапі будемо порівнювати за критерієм χ^2 емпіричні розподіли по інших СМО з розподілом по еталонній.

В один кластер з еталонною об'єднаємо СМО, емпіричні розподіли поступлення заявок в канали яких значуще не відрізняються за критерієм χ^2 від теоретичного розподілу для еталонної СМО. Оскільки нам невідомі точні значення теоретичних ймовірностей p_i еталонної СМО, замінимо їх на такі значення з довірчих відрізків (тобто з довірчих інтервалів, включаючи їх кінці), які зроблять значення χ^2 у виразі (1) найменшим з можливих, тим самим при перевірці гіпотези про згоду розподілів ми мінімізуємо помилку 1-го роду. Зауважимо, що довірчі відрізки не повинні містити нульові значення. Якщо це трапилось, тобто значення відносних частот для деяких категорій занадто малі, варто об'єднати ці категорії з іншими. Якщо отриманий мінімум є більшим, ніж критичне значення, то розглянута СМО не входить в один кластер з еталонною, в іншому випадку СМО об'єднуються в один кластер. Після порівняння кожної з інших СМО з еталонною, закінчується формування першого кластера.

На наступному етапі в якості еталонної береться СМО, яка не потрапила в перший кластер, і аналогічним чином формується другий кластер. Процес кластеризації повторюється, поки кожна СМО не потрапить в певний кластер.

Програмна реалізація вищеописаного підходу виконана в середовищі програмування RAD Studio XE6. Отриманий програмний додаток має меню, що складається із зони роботи з файлами, зони кластеризації і зони налаштування мови інтерфейсу.

Дані для кластеризації можуть бути підготовлені як в Excel, так і введені безпосередньо в додатку.

Перед початком кластеризації необхідно в діалоговому режимі задати масштаб (коефіцієнт множення), номер еталонної категорії (в нашому випадку - номер СМО) і p -рівень значущості (Рис.1).

Результат розрахунку (кластеризація) виводиться на екран у вигляді ствпчикової діаграми, де по осі абсцис представлені номери кластерів, а по осі ординат - номери категорій (в нашому випадку - номери СМО), що входять в даний кластер (Рис.2).

Отримані результати можна експортувати в Excel і / або зберігати у вигляді графічного файлу.

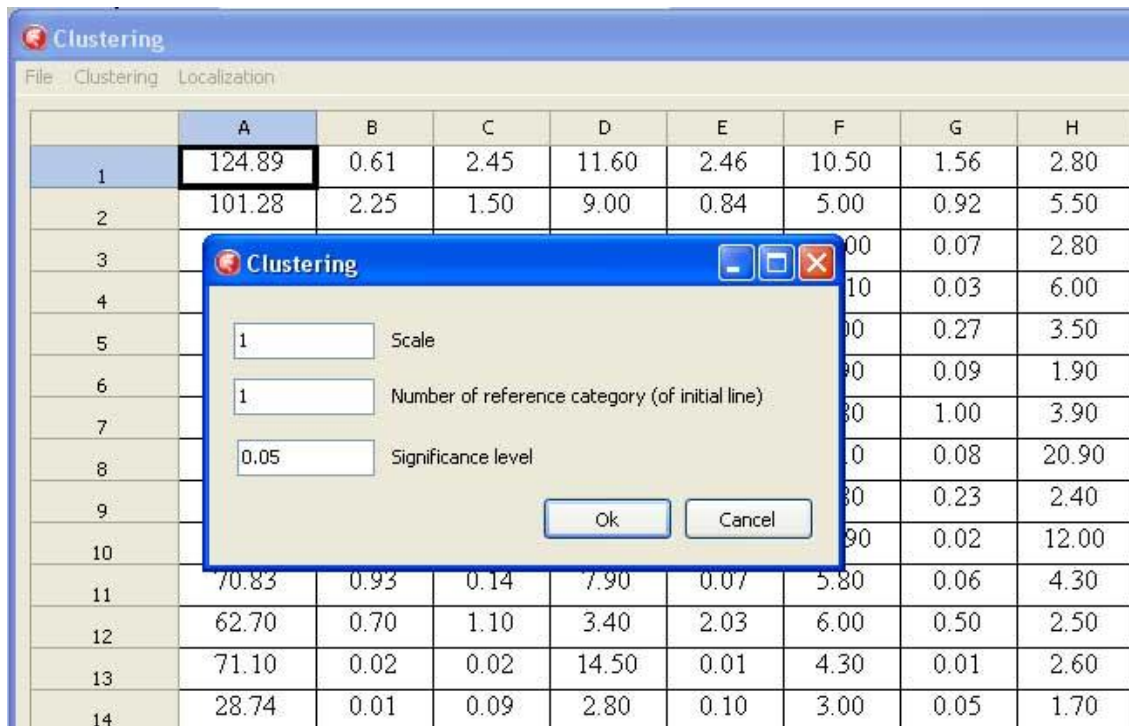


Рис.1. Приклад вводу параметрів кластеризації

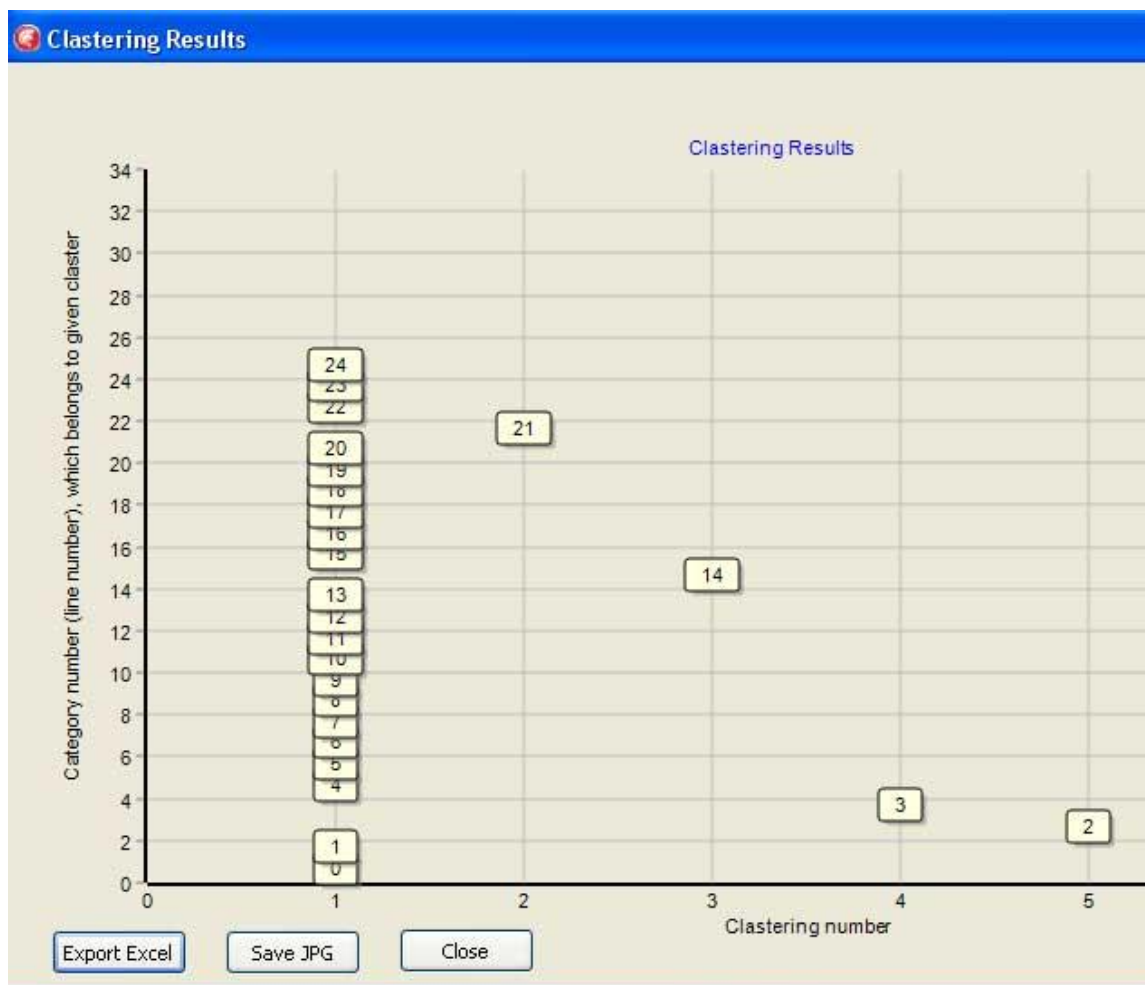


Рис.2. Приклад виводу результатів кластеризації

Таким чином, запропонований метод дозволяє у багатьох практичних задачах, зокрема задачах ідентифікації систем масового обслуговування, за допомогою критерію згоди χ^2 швидко проводити статистично обґрунтований кластерний аналіз довільно розподілених даних із задалегідь визначеною ймовірністю похибки кластеризації.

1. Нейский, И. М. Классификация и сравнение методов кластеризации [Электронный ресурс] / И. М. Нейский. - Режим доступа: http://it-claim.ru/Persons/Neyskiy/Article2_Neyskiy.pdf
2. Пилипчук, А. В. Организация фирменных торговых бытовых систем в агропромышленном комплексе Беларуси.- Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2011.- 178 с.
3. Ханін, О. Г. Методологічні особливості застосування критерію узгодженості χ^2 в практичних задачах економіки, соціології та маркетингу/О.Г.Ханін//Економічний аналіз.-2015.-Том 22,№ 1, с.67-70.
4. Сигел, Э. Практическая бизнес-статистика.- М.:Вильямс,2002.-1056 с.
5. Крамер, Г. Математические методы статистики.- М.:Мир,1976.-648 с.
6. Антонова И., Карих О. Оценка эффективности параллельных алгоритмов задачи сортировки данных. Промышленные АСУ и контроллеры., 2010., № 3., С. 23–25.
7. Коварцев А., Попова-Коварцева Д. Структурная оптимизация управляющего графа на основе алгоритма топологической сортировки. Программная инженерия., 2013., № 5., С. 31–36.
8. Кнут Д. Искусство программирования. Т.3. Сортировка и поиск /Д.Э. Кнут: пер. с англ.- 2-е изд.- М.: Издательский дом "Вильямс", 2003.- 832с.
9. Маргын В., Миронов В. Параллельные алгоритмы сортировки данных с использованием технологии MPI. Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика., 2012., № 16., С. 130–135.
10. Овчинникова И., Сахнова Т. Алгоритмы сортировки при решении задач по программированию. Информатика и образование., 2011, № 2., С. 53–56.
11. Самунь В. Сравнение работы алгоритмов сортировки, реализованных на языке Perl., 2007. стр. 21.

УДК 004.428.4

Ящук А.А., Саварин П.В., Корнійчук Н.І.
Луцький національний технічний університет

СИСТЕМА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ І ПЕРЕГЛЯДУ 3D МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ БІБЛІОТЕК HELIX TOOLKIT І EMGU CV

Ящук А.А., Саварин П.В., Корнійчук Н.І. Система візуалізації і перегляду 3D моделей на основі бібліотек Helix Toolkit і Emgu CV. У статті розглянуто створення та дослідження ефективності системи, що дозволяє за допомогою бібліотеки Helix Toolkit візуалізувати тривимірні моделі об'єктів, за допомогою веб-камери і бібліотеки Emgu CV розпізнавати обличчя користувача і адаптувати відображення 3D моделі на екрані комп'ютера залежно від положення обличчя в режимі реального часу.

Ключові слова: 3D модель, розпізнавання образів, Helix Toolkit, Emgu CV, C#, .NET Framework, веб-камера.

Ящук А.А., Саварин П.В., Корнійчук Н.И. Система визуализации и просмотра 3D моделей на основе библиотек Helix Toolkit и Emgu CV. В статье рассмотрено создание и исследование эффективности системы, позволяющей с помощью библиотеки Helix Toolkit визуализировать трехмерные модели объектов, с помощью веб-камеры и библиотеки Emgu CV распознавать лицо пользователя и адаптировать отображения 3D модели на экране компьютера в зависимости от положения лица в режиме реального времени.

Ключевые слова: 3D модель, распознавание образов, Helix Toolkit, Emgu CV, C#, .NET Framework, веб-камера.

Yashchuk A.A., Savaryn P.V., Korniychuk N.I. The system for visualization and viewing of 3D models based on the Helix Toolkit and Emgu CV libraries. The development and research of efficiency of the computer system, which allows visualizing 3D object models using the Helix Toolkit library, recognizing the user's face using the webcam and library Emgu CV and adapt the display of 3D models on the computer screen depending on the position of the person in real time mode.

Key words: 3D model, pattern recognition, Helix Toolkit, Emgu CV, C#, .NET Framework, webcam.

Постановка проблеми. Технології візуалізації тривимірних об'єктів знаходять широке застосування в різних галузях, зокрема в системах комп'ютерного проектування, при моделюванні процесів, в індустрії відеоігор. Можливості відображення 3D моделей на двовимірних екранах обмежені. Зокрема зміна положення спостерігача не впливає на ракурс зображення 3D моделі на екрані, на відміну від об'ємних об'єктів реального світу. Сучасні технології розпізнавання образів дозволяють виявляти обличчя у відео потоці з високою точністю. В результаті аналізу інформації з веб-камери, можна визначити розташування обличчя користувача відносно екрану, на якому відображається 3D модель, на основі чого в режимі реального часу оновлювати ракурс 3D моделі подібно до того, як це відбувається з об'єктами реального світу. Це дозволить зробити перегляд тривимірних об'єктів на двовимірних екранах більш природним і реалістичним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для розпізнавання образів в режимі реального часу широкого застосування набув метод Віоли-Джонса (Viola and Jones) [1] на основі ознак Хаара. У роботі Роберта Куїма (Robert Kooyima) [2] описується модель узагальненої проекції перспективи, що може бути використана при відображенні тривимірних об'єктів на екрані.

Мета. Метою є розробка та дослідження ефективності роботи системи візуалізації і перегляду 3D моделей на екрані з можливістю відстежування положення обличчя користувача в режимі реального часу і відповідно до цього зміни ракурсу тривимірної моделі із застосуванням бібліотек Helix Toolkit і Emgu CV.

Виклад основного матеріалу і обґрунтування результатів досліджень. Для реалізації системи використовувалось інтегроване середовище розробки програмного середовища Visual Studio 2013 і мова програмування C#. Відображення 3D об'єктів в розробленій системі реалізовано з застосуванням бібліотеки Helix Toolkit.

Підтримуваними форматами файлів 3D моделей є: .stl і .obj, що забезпечується засобами бібліотеки Helix Toolkit. При завантаженні модель масштабується до розміру вікна програми за допомогою методу FitSize():

```
void FitSize(int k)
```

```
{
```

```
    double maxBound = Math.Max(Math.Max(
        device3D.Transform.TransformBounds(device3D.Content.Bounds).SizeX
```

```
    devic3D.Transform.TransformBounds(devic3D.Content.Bounds).SizeY
    ),
    devic3D.Transform.TransformBounds(devic3D.Content.Bounds).SizeZ
);
    double scaleCoefficient = 100 / maxBound;
    var size = new Vector3D(scaleCoefficient, scaleCoefficient,
scaleCoefficient);
    var matrix = devic3D.Transform.Value;
    matrix.Scale(size);
    devic3D.Transform = new MatrixTransform3D(matrix);
    devic3D.Transform.TransformBounds(devic3D.Content.Bounds);
    viewport3D.Camera.Position = new Point3D(k, 0, 0);
    viewport3D.Camera.LookDirection = new Vector3D(-k, 0, 0);
    viewport3D.Camera.UpDirection = new Vector3D(0, 0, 1);
    viewport3D.CameraController.CameraTarget = new Point3D(0, 0, 0);
}
```

Розпізнавання обличчя реалізовано з застосуванням бібліотеки Emgu CV на основі ознак Хаара [1]. Метод для виявлення обличчя виглядає наступним чином:

```
public static void Detect(IInputArray image, String faceFileName,
List<Rectangle> faces, out long detectTime)
{
    Stopwatch watch;
    using (InputArray iAImage = image.GetInputArray())
    {
        //Прочитати об'єкти каскаду Хаара
        using (CascadeClassifier face = new
CascadeClassifier(faceFileName))
        {
            watch = Stopwatch.StartNew();

            using (UMat ugray = new UMat())
            {
                CvInvoke.CvtColor(image, ugray,
Emgu.CV.CvEnum.ColorConversion.Bgr2Gray);
                //нормалізація яскравості і збільшення контрасту зображення
                CvInvoke.EqualizeHist(ugray, ugray);
                //виявити обличчя на сірому зображенні і зберегти координати як прямокутник
                Rectangle[] detectedFaces =
face.DetectMultiScale(
                    ugray, 1.1, 10, new Size(100, 100));
                faces.AddRange(detectedFaces);
            }
            watch.Stop();
        }
        detectTime = watch.ElapsedMilliseconds;
    }
}
```

Початковими параметрами для визначення ракурсу 3D сцени є координати x і y центру виявленого обличчя, а також геометричні розміри контуру виявленого обличчя в пікселях zoom (усереднене значення ширини і висоти). Для зміни ракурсу 3D сцени використовувалися методи *FitView()* і *LookAt()* з бібліотеки Helix Toolkit:

```
public void FitView(Vector3D newDirection, Vector3D newUpDirection,  
double animationTime = 0);
```

```
public static void LookAt(this ProjectionCamera camera, Point3D target,  
Vector3D newLookDirection, Vector3D newUpDirection, double animationTime);
```

Тоді метод, призначений для зміни ракурсу 3D сцени, з відповідно до значення змінних x , y і $zoom$ в даний момент часу буде мати наступний вигляд:

```
private void Look(double x, double y, double zoom, double k1, double k2)  
{  
    // обертання 3D моделі  
    viewPort3d.FitView(new  
Vector3D(viewPort3d.Camera.LookDirection.X, -x + k1, y - k2),  
viewPort3d.Camera.UpDirection);  
  
    // зміщення 3D моделі  
    if (RotateOnlyCheckBox.IsChecked == false)  
    {  
        viewPort3d.Camera.LookAt(new  
Point3D(viewPort3d.CameraController.CameraTarget.X, x - k1, -y + k2),  
viewPort3d.Camera.LookDirection, viewPort3d.Camera.UpDirection, 0);  
    }  
  
    // зближення/віддалення моделі  
    viewPort3d.Camera.LookAt(new  
Point3D(viewPort3d.CameraController.CameraTarget.X - zoom,  
viewPort3d.CameraController.CameraTarget.Y,  
viewPort3d.CameraController.CameraTarget.Z), viewPort3d.Camera.LookDirection,  
viewPort3d.Camera.UpDirection, 0);  
}
```

Поправочні коефіцієнти $k1$ і $k2$ призначені для калібрування і центрування 3D моделі залежно від початкового положення виявленого обличчя.

Для збільшення ефекту глибини зображення сцени реалізовано зміщення картинки заднього фону сцени при зміні положення обличчя спостерігача. Метод для зміщення має наступний вигляд:

```
Matrix m;  
// метод для зміщення заднього фону  
void shiftBackground(double x1, double y1, double zoom1)  
{  
    m = new Matrix();  
    m.Translate(x1, y1);  
    m.Scale(zoom1, zoom1);  
    viewPort3d.Background.RelativeTransform = new MatrixTransform(m);  
}
```

Змінні $x1$, $y1$ і $zoom1$ є функціями від координат x , y і $zoom$, що визначають параметри контуру виявленого на зображенні обличчя.

Методи $look()$ та $shiftBackground()$ викликаються кожного разу при оновленні зображення з веб-камери і виявлення обличчя.

Для усунення ефекту тремтіння зображення 3D сцени застосовано згладжування координат виявленого обличчя методом простої ковзної середньої [3]:

$$SMA_t = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} p_{t-1} = \frac{p_t + p_{t-1} + \dots + p_{t-i} + \dots + p_{t-n+2} + p_{t-n+1}}{n}, \quad (1)$$

де SMA_t – значення простого ковзної середнього в т. t ;

n – кількість значень вихідної функції для розрахунку змінного середнього (згладжуючий інтервал);

p_{t-1} – значення вихідної функції в точці.

Отримане значення простий ковзної середньої відноситься до середини обраного інтервалу, однак, традиційно його відносять до останньої точки інтервалу.

Оптимальним інтервалом для згладжування визначено $n=5$ останніх показників координати виявленого обличчя в часовому ряді (рис.1).

В результаті тестування системи на комп'ютері з графічним адаптером Intel HD Graphics 4600, при роздільній здатності відео зображення 1280x720px мінімальна частота оновлення 3D сцени склала 29 кадрів за секунду, середня частота – 62 кадри за секунду для тривимірних об'єктів з високою деталізацією. Загальний вигляд системи показано на рис.2.

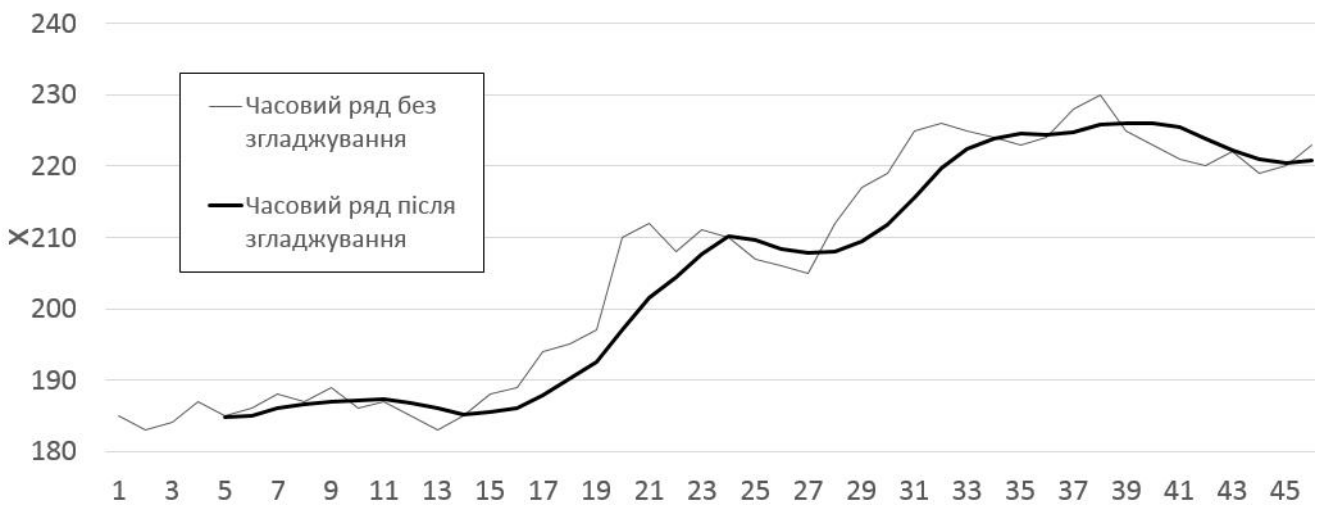


Рис.1. Згладжування часового ряду координати X методом простої ковзної середньої останніх 5 показників



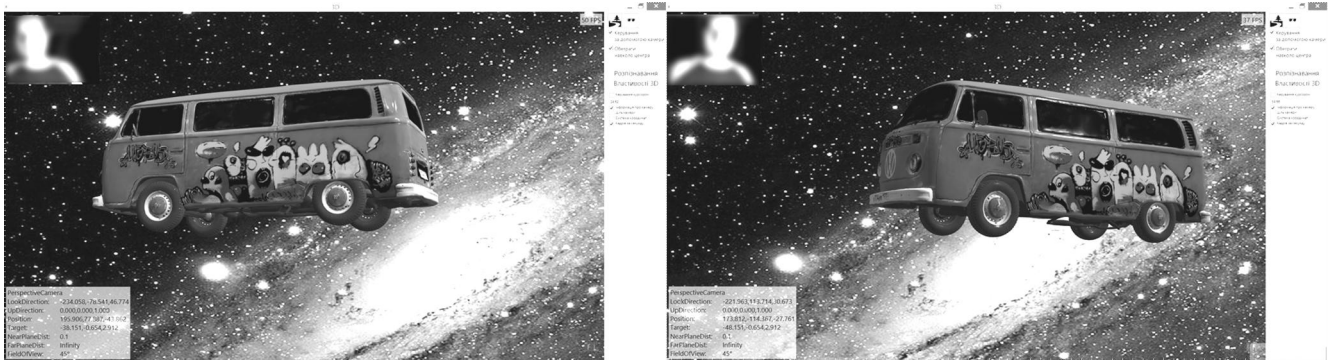


Рис. 2. Робота системи візуалізації і перегляду 3D моделей зі зміною ракурсу 3D сцени, залежно від розташування обличчя спостерігача

При функціонуванні даної системи потрібно враховувати ряд обмежень:

- система не може адаптувати відображення 3D моделі для більше, ніж одного користувача одночасно. Використовуючи технологію розпізнавання обличчя можна встановити пріоритетне обличчя особи, для якої система адаптуватиме проекцію 3D моделі, ігноруючи інші обличчя в кадрі;
- якість зображення з web-камери знижується при недостатньому освітленні, що негативно впливає на виявлення обличчя, а відповідно і на функціонування системи. Використання web-камери з вищою світлочутливістю дозволяє зменшити негативний вплив цього фактора.
- функціональність системи обмежується областю видимості камери. Використання web-камери з більшою роздільною здатністю і кутом огляду дозволяє зменшити негативний вплив цього фактора.
- ракурс зображення для обох очей – однаковий, на відміну від перегляду об'єктів реального світу, що негативно впливає на сприйняття глибини зображення. Для вирішення даної системи необхідні додаткові технічні засоби, що дозволяють переглядати стереозображення, а також адаптація розробленої системи для роботи з ними.

Висновки. Розроблено систему візуалізації і перегляду 3D моделей на екрані, яка працює на базі платформи .NET framework. Для відображення тривимірних об'єктів використано бібліотеку Helix Toolkit. Особливістю розробленої системи є відстежування в режимі реального часу положення обличчя користувача відносно екрану, на якому відображається 3D модель зі зміною ракурсу 3D сцени відповідно до цього. Виявлення обличчя користувача відбувається за допомогою бібліотеки Emgu CV у відеопотоці, що надходить з web-камери. В результаті тестування розробленої системи підтверджено її ефективність, зокрема високу продуктивність і стабільність системи, більш реалістичне сприйняття 3D об'єктів користувачем в порівнянні з переглядом зі статичним ракурсом.

1. Viola P. Robust real-time face detection. P. Viola and M. Jones / IJCV. – 57 (2). – 2004.
2. Robert Kooima. Generalized Perspective Projection August 2008, revised June 2009 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://csc.lsu.edu/~kooima/pdfs/gen-perspective.pdf> – Назва з екрану.
3. Shumway R.H. Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples. Third Edition R.H. Shumway and D.S. Stoffer / Springer Science+Business Media, LLC. – 2011. – 591 p.
4. Мишулина О. А. Статистический анализ и обработка временных рядов. – О. А. Мишулина / М.: МИФИ, 2004. – С. 180. – ISBN 5-7262-0536-7
5. Начало работы с OpenCV и его применение в C# [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://habrahabr.ru/post/260741/> – Назва з екрану.
6. Helix Toolkit's documentation [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://docs.helix-toolkit.org/en/latest/index.html> – Назва з екрану.
7. Emgu CV Library Documentation [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.emgu.com/wiki/files/3.3.0/document/html/8dee1f02-8c8a-4e37-87f4-05e10c39f27d.htm> – Назва з екрану.
8. C# programming guide [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/programming-guide/> – Назва з екрану.

УДК 621.317.7

Гадай А. В., к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ НЕАКТИВНОЇ ПУЛЬСУЮЧОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ ЗА НЕСИМЕТРИЧНОГО НЕСИНУСОЇДНОГО РЕЖИМУ

Гадай А.В. **Визначення неактивної пульсуючої потужності в електричній мережі за несиметричного несинусоїдного режиму.** В статті проаналізовано можливість визначення неактивної пульсуючої потужності в несиметричних несинусоїдних режимах трифазних мереж із заземленою нейтраллю. Показано, що неактивна пульсуюча потужність містить складники, що зумовлені несиметрією та несинусоїдністю, які характеризуються відповідно умовною потужністю зворотної послідовності та потужністю спотворення. Отримано вирази потужності спотворення в інтегральній та комплексній формах запису.

Ключові слова: електричні мережі, несиметричні несинусоїдні режими, визначення неактивної пульсуючої потужності.

Гадай А.В. **Определение неактивной пульсирующей мощности в электрической сети при несимметричном несинусоидальном режиме.** В статье проанализирована возможность определения неактивной пульсирующей мощности в несимметричных несинусоидальных режимах трехфазных сетей с заземленной нейтралью. Показано, что неактивная пульсирующая мощность содержит составляющие, обусловленные несимметрией и несинусоидальностью, характеризующиеся соответственно условной мощностью обратной последовательности и мощностью искажения. Получены выражения мощности искажения в интегральной и комплексной формах записи.

Ключевые слова: электрические сети, несимметричные несинусоидальные режимы, определение неактивной пульсирующей мощности

Hadaj A.V. **Determination of inactive pulsating power in an electrical network in asymmetric non-sinusoidal mode.** The article analyzes the possibility of determining the inactive pulsating power in asymmetrical non-sinusoidal modes of three-phase systems with earthed neutral. It is shown that includes the inactive pulsating power components due to the asymmetry and non-sinusoidal, respectively, characterized by conventional reverse power sequencing and power distortion. Expressions power distortion by the complex and integrated forms of recording.

Keywords: electrical networks, asymmetric sinusoidal mode, the definition of the inactive pulsating power.

Постановка наукової проблеми. Використання на промислових підприємствах та в побуті навантажень з нелінійними та несиметричними параметрами погіршує електромагнітну сумісність споживачів, зменшує точність обліку електроенергії, компенсацією реактивної потужності. Це пов'язано з тим, що такі споживачі є джерелами коливання, несинусоїдності та несиметрії напруги [5]. Правильне визначення неактивної пульсуючої потужності забезпечить успішне вирішення вказаних проблем.

Аналіз досліджень. Активна та реактивна потужності визначаються за допомогою інтегрування відповідних миттєвих потужностей на періоді T напруги живлення

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt; \quad Q = \frac{1}{T} \int_0^T q(t) dt. \quad (1)$$

Для визначення миттєві активні й реактивні потужностей прийнято використовувати скалярний добуток векторів трифазних миттєвих напруг і струмів [4]:

$$p = (\mathbf{U} \cdot \mathbf{I}) = (u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C); \quad (2)$$

$$q = (\mathbf{U}' \cdot \mathbf{I}) = (u'_A i_A + u'_B i_B + u'_C i_C), \quad (3)$$

де \mathbf{U}, \mathbf{I} – вектори напруг і струмів в фазних координатах $[u_A, u_B, u_C]^T, [i_A, i_B, i_C]^T$; \mathbf{U}' – вектор напруги миттєвих величин зсунутий на -90 ел. градусів $[u'_A, u'_B, u'_C]^T$. У випадку несинусоїдного режиму фазовий зсув усіх гармонік напруги можна отримати за допомогою перетворення Гільберта.

Якщо джерело живлення, мережа та навантаження трифазної системи симетричні, то миттєві потужності не змінні в часі. У випадку несиметричності джерела живлення, мережі або навантаження виникають коливання миттєвих потужностей. Ці коливання характеризують неактивною пульсуючою потужністю, яка змінюється з подвійною частотою напруги мережі.

За визначенням [3] неактивна пульсуюча потужність трифазного несиметричного навантаження складається з миттєвих активної та реактивної потужностей. Вона визначається як різниця миттєвої активної потужності $p(t)$ і активної потужності P трифазного навантаження:

$$N(t) = -(p(t) - P); \quad (4)$$

та миттєвої реактивної потужності $q(t)$ і реактивної потужності Q :

$$N'(t) = -(q(t) - Q). \quad (5)$$

В несиметричних синусоїдних режимах складники пульсуючої потужності $N(t)$ та $N'(t)$ змінюються за синусоїдним законом, мають однакову амплітуду і зсунуті на 90 ел. градусів по фазі.

Неактивна пульсуюча потужність використовується як функція керування статичними синхронними компенсаторами, активними фільтрами в колах живлення несиметричних нелінійних приймачів електроенергії [6–9]. У випадку застосування теорії миттєвих потужностей величина пульсації реактивної миттєвої потужності відрізняється за амплітудою і фазою від $N'(t)$ [2]. На сьогодні не встановлена закономірність як формуються неактивні пульсуючі потужності в несиметричних несинусоїдних режимах.

Виклад основного матеріалу та обґрунтування отриманих результатів. Розглянемо роботу мережі з перетворювачем П (рис.1). Несиметрія отримана зменшення напруги фази C U_C до 90 % величини напруг інших фаз. Несинусоїдність зумовлена наявністю вищих гармонік у струмі навантаження (п'ята гармоніка містить 20 % від першої гармоніки. сьома гармонік – 14,3 % від основної гармоніки). Якщо відношення повної потужності навантаження до потужності короткого замикання становить 0,02, то в напрузі живлення будуть присутні п'ята та сьома гармоніки напруги, які становлять 2 % від першої гармоніки.

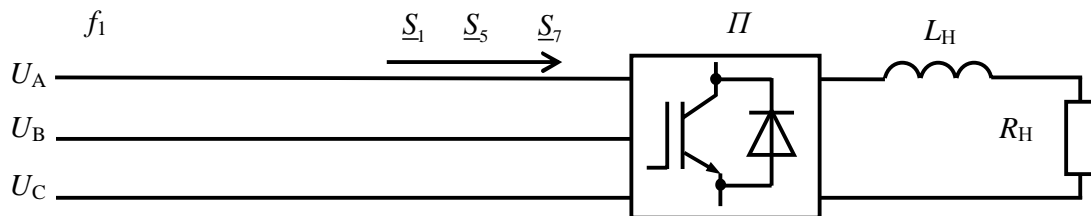


Рис. 1. Схема досліджувальної мережі

За таких умов потужність навантаження першої гармоніки становить $\underline{S}_1 = 1405 e^{j30^\circ} = 1217 + j702,5 \text{ кВ}\cdot\text{А}$, п'ятої гармоніки – $\underline{S}_5 = -5,6 e^{j30^\circ} = -4,9 - j2,8 \text{ кВ}\cdot\text{А}$, сьомої гармоніки – $\underline{S}_7 = -4,0 e^{j30^\circ} = -3,5 - j2,0 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. З урахуванням вмісту вказаних гармонік, активна та реактивна потужності навантаження відповідно будуть: $P \approx 1208 \text{ кВт}$, $Q \approx 697,7 \text{ квар}$.

На рис. 2 наведено залежності миттєвих величин p, q . За рахунок несиметрії та несинусоїдності, вказані потужності змінюються протягом кожного півперіоду. Для прийнятих умов амплітуда коливань реактивної потужності p більша, ніж амплітуда коливань активної потужності q .

Припустимо, що в несиметричному несинусоїдному режимі електричної мережі неактивна пульсуюча потужність складається з потужності небалансу та потужності спотворення (рис. 3).

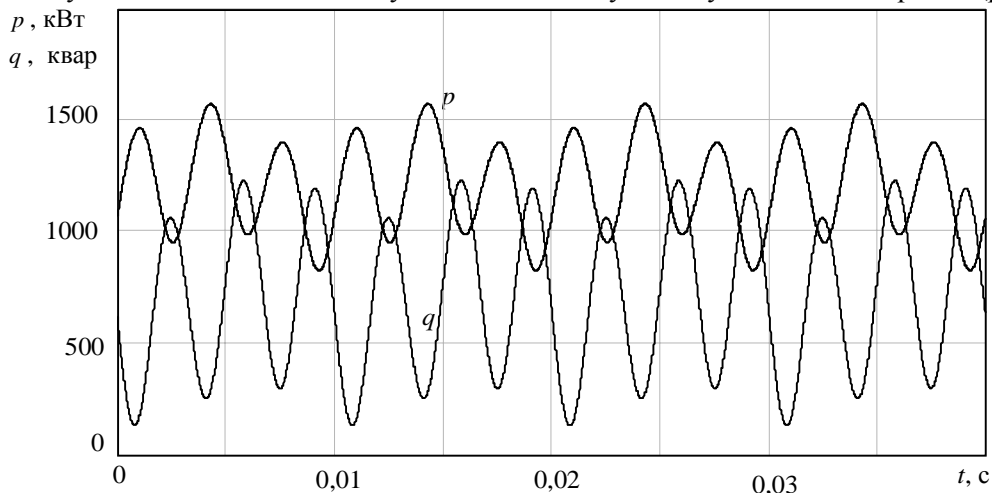


Рис. 2. Залежності миттєвих величин активної та реактивної потужності в несиметричному несинусоїдному режимі живлення перетворювачів

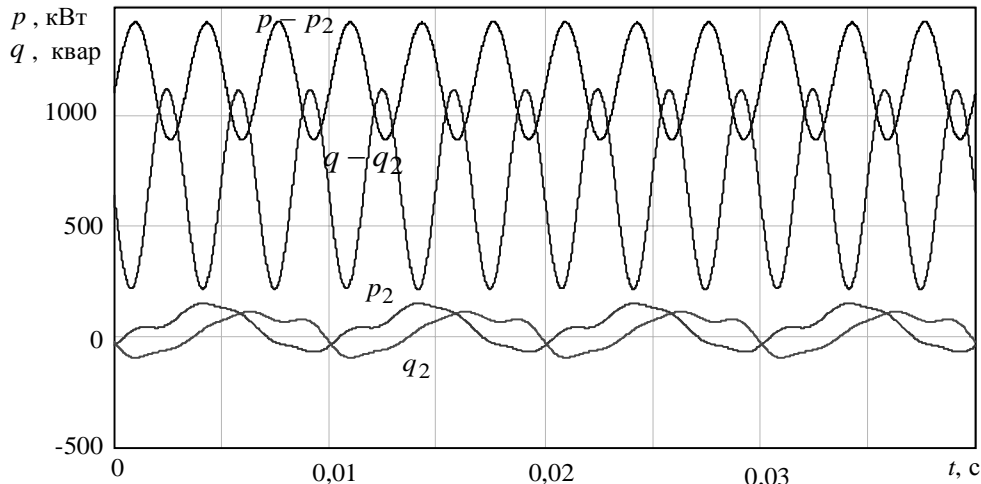


Рис. 3. Залежності миттєвих величин активної та реактивної потужності у випадку несиметрії та несинусоїдності напруг і струмів

Складники потужності небалансу, зумовлені несиметрією напруг і струмів, представимо миттєвими умовними потужностями зворотної послідовності [1, 2]:

$$p_2 = u_\alpha i'_\alpha - u'_\beta i_\beta; \quad q_2 = u'_\alpha i_\alpha + u_\beta i'_\beta, \quad (6)$$

де $u_\alpha, u_\beta, i_\alpha, i_\beta$ – миттєві напруги та струми в системі $\alpha\beta$ -координат; $u'_\alpha, u'_\beta; i'_\alpha, i'_\beta$ – миттєві напруги та струми зсунуті на -90 ел. градусів.

Несинусоїдний характер потужностей p_2, q_2 (див. рис. 3) свідчить про наявність складних комбінацій, які зумовлені взаємним впливом основної та вищих гармонік різних послідовностей.

Умовні активна та реактивна потужності зворотної послідовності визначаються за допомогою інтегрування відповідних миттєвих потужностей на періоді T напруги живлення

$$P_2 = \frac{1}{T} \int_0^T p_2(t) dt; \quad Q_2 = \frac{1}{T} \int_0^T q_2(t) dt. \quad (7)$$

Усередненні величини активної та реактивної потужностей за формулами (1) для наведеного прикладу становлять $P = 1207$ кВт, $Q = 697$ квар, а усередненні умовні потужності зворотної послідовності за формулами (7) – $P_2 = 42$ квар, $Q_2 = 24$ квар.

Неактивна пульсуюча потужність ϵ , по суті, потужністю спотворення. Пульсуючу потужність можна визначити як суму потужностей несиметрії та несинусоїдності:

$$s_p = (p - P) - (p_2 - P_2); \quad s_q = (q - Q) - (q_2 - Q_2). \quad (8)$$

На рис. 3 показані залежності $p - p_2, q - q_2$, коливання яких викликані лише несинусоїдністю. Коливання складових потужностей, у даному випадку, містять переважно гармоніку потужності частота якої в шість разів більша, ніж частота напруги мережі. Це можна пояснити взаємним впливом прямої гармоніки з п'ятою та сьомою гармоніками [7, 9].

Складові комплексної потужності спотворення визначаються за допомогою інтегрування шостої гармоніки миттєвих потужностей спотворення на періоді T напруги живлення

$$\operatorname{Re} S_{p,6} = \frac{1}{T} \int_0^T s_p(t) \sin 6\omega t dt; \quad \operatorname{Im} S_{p,6} = \frac{1}{T} \int_0^T s_p(t) \cos 6\omega t dt; \quad (9)$$

$$\operatorname{Re} S_{q,6} = \frac{1}{T} \int_0^T s_q(t) \sin 6\omega t dt; \quad \operatorname{Im} S_{q,6} = \frac{1}{T} \int_0^T s_q(t) \cos 6\omega t dt. \quad (10)$$

Ці вирази можна рекомендувати для вимірювання потужності спотворення.

Комплексні значення потужності спотворення, які визначені за миттєвими значеннями шостої гармоніки напруги, становлять: $\underline{S}_{p,6} = 260 - j68$ кВ·А, $\underline{S}_{q,6} = -450 - j39$ кВ·А.

З іншої сторони, комплексні значення потужності спотворення можна визначити як векторний добуток векторів комплексних напруг і струмів окремих послідовностей, розмірність

яких залежить від кількості врахованих гармонік. За допомогою комп'ютерного моделювання встановлено, що у випадку врахування комбінаційних складових, що зумовлені першою, п'ятою та сьомою гармоніками прямої послідовності, комплексні значення потужності спотворення визначаються з таких виразів:

$$\underline{S}_{p,6} \approx 3\text{Im} \left[\left(\dot{U}_{11}^* I_{15} - \dot{U}_{15}^* I_{11} \right) + \left(\dot{U}_{11}^* I_{17} - \dot{U}_{17}^* I_{11} \right) \right] +$$

$$+ j3\text{Re} \left[- \left(\dot{U}_{11}^* I_{15} + \dot{U}_{15}^* I_{11} \right) + \left(\dot{U}_{11}^* I_{17} + \dot{U}_{17}^* I_{11} \right) \right];$$

$$\underline{S}_{q,6} \approx -3\text{Re} \left[\left(\dot{U}_{11}^* I_{15} - \dot{U}_{15}^* I_{11} \right) + \left(\dot{U}_{11}^* I_{17} - \dot{U}_{17}^* I_{11} \right) \right] +$$

$$+ j3\text{Im} \left[- \left(\dot{U}_{11}^* I_{15} + \dot{U}_{15}^* I_{11} \right) + \left(\dot{U}_{11}^* I_{17} + \dot{U}_{17}^* I_{11} \right) \right],$$

де \dot{U}_{ij} – комплекс напруги; \dot{I}_{ij} – спряжений комплекс струму; i – номер послідовності (для прямої послідовності $i = I$); j – номер гармоніки.

Розраховані за формулами (11) – (12) комплексні значення потужності спотворення відповідно будуть: $\underline{S}_{p,6} \approx 268 - j69$ кВ·А, $\underline{S}_{q,6} \approx -465 - j40$ кВ·А. Відмінність величин потужності спотворення, які визначені за миттєвими значеннями та розрахованими за комплексними значеннями пояснюється нехтуванням напругами та струмами зворотної послідовності. У випадку їх врахування, вирази (11), (12) набудуть вигляду

$$\underline{S}_{p,6} \approx 3\text{Im} \left[\left(\dot{U}_{11}^* I_{15} - \dot{U}_{15}^* I_{11} \right) + \left(\dot{U}_{11}^* I_{17} - \dot{U}_{17}^* I_{11} \right) - \left(\dot{U}_{11}^* I_{25} - \dot{U}_{25}^* I_{11} \right) - \right.$$

$$\left. - \left(\dot{U}_{11}^* I_{27} - \dot{U}_{27}^* I_{11} \right) - \left(\dot{U}_{21}^* I_{15} - \dot{U}_{15}^* I_{21} \right) - \left(\dot{U}_{21}^* I_{17} - \dot{U}_{17}^* I_{21} \right) \right] +$$

$$+ j3\text{Re} \left[- \left(\dot{U}_{11}^* I_{15} + \dot{U}_{15}^* I_{11} \right) + \left(\dot{U}_{11}^* I_{17} + \dot{U}_{17}^* I_{11} \right) + \left(\dot{U}_{11}^* I_{25} + \dot{U}_{25}^* I_{11} \right) - \right.$$

$$\left. - \left(\dot{U}_{11}^* I_{27} + \dot{U}_{27}^* I_{11} \right) + \left(\dot{U}_{21}^* I_{15} + \dot{U}_{15}^* I_{21} \right) - \left(\dot{U}_{21}^* I_{17} + \dot{U}_{17}^* I_{21} \right) \right];$$

$$\underline{S}_{q,6} \approx -3\text{Re} \left[\left(\dot{U}_{11}^* I_{15} - \dot{U}_{15}^* I_{11} \right) + \left(\dot{U}_{11}^* I_{17} - \dot{U}_{17}^* I_{11} \right) - \left(\dot{U}_{11}^* I_{25} - \dot{U}_{25}^* I_{11} \right) - \right.$$

$$\left. - \left(\dot{U}_{11}^* I_{27} - \dot{U}_{27}^* I_{11} \right) - \left(\dot{U}_{21}^* I_{15} - \dot{U}_{15}^* I_{21} \right) - \left(\dot{U}_{21}^* I_{17} - \dot{U}_{17}^* I_{21} \right) \right] +$$

$$+ j3\text{Im} \left[- \left(\dot{U}_{11}^* I_{15} + \dot{U}_{15}^* I_{11} \right) + \left(\dot{U}_{11}^* I_{17} + \dot{U}_{17}^* I_{11} \right) + \left(\dot{U}_{11}^* I_{25} + \dot{U}_{25}^* I_{11} \right) - \right.$$

$$\left. - \left(\dot{U}_{11}^* I_{27} + \dot{U}_{27}^* I_{11} \right) + \left(\dot{U}_{21}^* I_{15} + \dot{U}_{15}^* I_{21} \right) - \left(\dot{U}_{21}^* I_{17} + \dot{U}_{17}^* I_{21} \right) \right].$$

Визначені за формулами (13) і (14) комплексні значення потужності спотворення становлять $\underline{S}_{p,6} \approx 259 - j67$ кВ·А, $\underline{S}_{q,6} \approx -449 - j39$ кВ·А. Отримані результати практично співпадають з результатами інтегрування за формулами (9) та (10) миттєвих потужностей.

Для випадку, що розглядається, коливання складників активної та реактивної потужностей від несинусоїдності, мають незначний вміст дванадцятої гармоніки. Комплексні значення потужності спотворення, визначені за миттєвими значеннями на частоті дванадцятої гармоніки напруги, становлять: $\underline{S}_{p,12} = -0,8 + j7,5$ кВ·А, $\underline{S}_{q,12} = 1,4 + j4,3$ кВ·А.

Ці ж комплексні значення потужності спотворення, які визначаються як векторний добуток векторів комплексних напруг і струмів, що зумовлені п'ятою та сьомою гармоніками прямої та зворотної послідовностей:

$$\underline{S}_{p,12} \approx 3 \operatorname{Im} \left[\left(\dot{U}_{17}^* I_{15} - \dot{U}_{15}^* I_{17} \right) - \left(\dot{U}_{27}^* I_{25} - \dot{U}_{25}^* I_{27} \right) \right] +$$

$$+ j3 \operatorname{Re} \left[- \left(\dot{U}_{17}^* I_{15} + \dot{U}_{15}^* I_{17} \right) + \left(\dot{U}_{27}^* I_{25} + \dot{U}_{25}^* I_{27} \right) \right]; \quad (15)$$

$$\underline{S}_{q,12} \approx -3 \operatorname{Re} \left[\left(\dot{U}_{17}^* I_{15} - \dot{U}_{15}^* I_{17} \right) - \left(\dot{U}_{27}^* I_{25} - \dot{U}_{25}^* I_{27} \right) \right] +$$

$$+ j3 \operatorname{Im} \left[- \left(\dot{U}_{17}^* I_{15} + \dot{U}_{15}^* I_{17} \right) + \left(\dot{U}_{27}^* I_{25} + \dot{U}_{25}^* I_{27} \right) \right], \quad (16)$$

будуть: $\underline{S}_{p,12} = -0,8 + j8,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}$, $\underline{S}_{q,12} = 1,4 + j4,8 \text{ кВ} \cdot \text{А}$. Отримані результати практично збігаються.

Таким чином, для визначення потужності спотворення можна використовувати одну гармонічну складову пульсацій активної та реактивної миттєвих потужностей. Для випадку, що розглядається, вимірювання достатньо виконувати на шостій гармоніці напруги живлення.

Висновки. Встановлено, що в несиметричних несинусоїдних режимах електричних мереж пульсуюча потужність складається з потужності небалансу та потужності спотворення. Складники, що зумовлені несиметрією, представлено миттєвими умовними потужностями зворотної послідовності. Миттєві потужності, що зумовлені несинусоїдністю, визначено як різницю неактивної пульсуючої потужності та миттєвої умовної потужності зворотної послідовності. Отримано вирази для визначення комплексних значень потужності спотворення рекомендується використовувати для вимірювання. Отримано вирази для визначення комплексних значень потужності спотворення як векторного добутку векторів комплексних напруг і струмів окремих послідовностей з урахуванням комбінаційних складників, зумовлені першою, п'ятою та сьомою гармоніками прямої та зворотної послідовностей.

1. Бурбело М. Й. Вимірювання параметрів несиметричних швидкозмінних трифазних навантажень / М. Й. Бурбело, С. М. Мельничук, М. В. Никитенко // Технічна електродинаміка. – 2011. – № 2. – С. 54–56.
2. Бурбело М. Й. Визначення потужностей за несиметричних режимів трифазних мереж із заземленою нейтраллю / М. Й. Бурбело, С. М. Мельничук // Технічна електродинаміка. – 2015. – № 4. – С. 71–75.
3. Мельников Н. А. Реактивная мощность в электрических сетях / Н. А. Мельников. – М.: Энергия, 1975. – 128 с.
4. Мощность переменного тока / А. Ф. Крогерис, К. К. Рашевиц, Э. П. Трейманис, Я. К. Шинка. – Рига: Физ.-энерг. инст. Латв.АН, 1993. – 294 с.
5. Шидловский А. К. Повышение качества энергии в электрических сетях / А. К. Шидловский, В. Г. Кузнецов. – К.: Наукова думка, 1985. – 268 с.
6. Akagi H. Instantaneous power theory and applications to power conditioning / H. Akagi, E. H. Watanabe, M. Aredes. – IEEE Press / Willy-Interscience, 2007. – 379 p.
7. Czarnecki L. S. Constraints of the Instantaneous Reactive Power p-q Theory / L. S. Czarnecki // IET Power Electronics. – 2014. – Vol. 7. – No 9. – pp. 2201–2208.
8. Watanabe, E. H. New Concepts of Instantaneous Active and Reactive Powers in Electrical Systems with Generic Loads / E. H. Watanabe, R. M. Stephan and M. Aredes // IEEE Trans. Power Delivery. – Vol. 8. – No. 2, Apr. – pp. 697–703.
9. Watanabe E. H. The p-q theory for active filter control: some problems and solutions / E. H. Watanabe, M. Aredes, H. Akagi // Revista Controle & Automacao. – Vol.15. – No.1/Jan., Fev. end Marco. – 2004. – pp. 78–84.
10. Бурбело М. Й. Визначення потужностей нелінійних навантажень трифазних електричних мереж / М. Й. Бурбело, А. В. Гадай // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2016. – № 24-25. – С. 61-67.

УДК 621.311.031

Ю.В. Грицюк, І.В. Грицюк, А.В. Гадай
Луцький національний технічний університет

ПРО ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ І КОМПЕНСАЦІЮ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ШИНОПРОВОДАХ (СТРУМОПРОВОДАХ)

Грицюк Ю.В., Грицюк І.В., Гадай А.В. **Визначення втрат і компенсація реактивної потужності в шинопроводах (струмопроводах).** В статті представлені математичні моделі розрахунку компенсації реактивних навантажень в шинопроводах та струмопроводах до 1000 В для різних випадків їх застосувань.

Грицюк Ю.В., Грицюк І.В., Гадай А.В. **Определение потерь и компенсация реактивной мощности в шинопроводах (токопроводах).** В статье представлено математические модели расчёта компенсации реактивных нагрузок в шинопроводах и токопроводах до 1000 В для разных случаев их применения.

Hrytsiuk H.V., Hrytsiuk I.V., Hada A.V. **Determination of losses and compensation of reactive power in busbars (current cables).** In article mathematical models of calculation of compensation of reactive power in busbars and current cables to 1000 V for different cases of they use are represented.

Постановка проблеми. Основними негативними факторами, що викликаються передачею реактивної потужності елементами електричної мережі є збільшення струму в електричній мережі, підвищення впливу споживачів на стійкість вузлів навантаження, збільшення втрат активної потужності, збільшення витрат енергоресурсів, збільшення втрат напруги та ін. Отже, перетікання реактивної енергії електричними мережами супроводжується зростанням втрат активної енергії і погіршенням якості електропостачання споживачів. Втрати електричної енергії у струмопровідних частинах і магнітних системах електричної мережі, що зумовлені перетіканням реактивних струмів, негативно впливають на техніко-економічні показники роботи електропередавальних організацій та споживачів електроенергії, і в кінцевому результаті ведуть до нераціонального використання енергетичних і матеріальних ресурсів.

Серед факторів негативного впливу перетікання реактивної потужності електромережами особливе місце займає збільшення втрат електроенергії. Пояснюється це відносно простою його оцінювання в грошовому вигляді.

На переробних підприємствах АПК цехові розподільчі мережі можуть виконуватись шинопроводами або струмопроводами.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблемі компенсації реактивних навантажень (КРН) присвячено багато праць, але тільки в [1] розглядається випадок, коли за умовою регулювання напруги батарею конденсаторів (БК) необхідно підключати в одній точці струмопровода з рівномірно розподіленим навантаженням. В новому нормативному документі [2] цьому питанню взагалі не приділено уваги, в той час, коли розподіл електроенергії на промислових підприємствах є одним із основних. Ще більш поширеним випадком є шинопроводи з рівномірно розподіленим навантаженням незначної потужності (наприклад, цехи з обробки шариків на підшипникових заводах і т. ін.). Незначна потужність електроприймачів зумовлює застосування для шинопроводів групової компенсації. Сюди ж можна віднести струмопроводи з рівномірно і нерівномірно розподіленим навантаженням з відгалуженнями до електроприймачів, опорами яких можна знехтувати.

Формулювання цілі статті. Зважаючи на те, що у діючих нормативних документах недостатньо розглянуте питання компенсації реактивних навантажень в струмопроводах (шинопроводах), що створює певні труднощі при проектуванні компенсації в електричних мережах споживачів, доцільно розробити математичні моделі для визначення втрат активної потужності в струмопроводах (шинопроводах) в залежності від точки приєднання БК та побудувати алгоритми розрахунку втрат в струмопроводах (шинопроводах) і визначення точки приєднання БК.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення точки підключення БК до шинопроводу запропоновані графо-аналітичні моделі, які реалізуються програмним способом.

Для випадку шинопроводу з рівномірно розподіленим навантаженням і однаковою довжиною ділянок магістральної і розподільчої частин шинопроводу (наприклад, при приєднанні шинопроводу безпосередньо до цехової ТП, а не через кабельну лінію ТП (рисунок1)) сумарні

втрати активної потужності в шинопроводі з врахуванням компенсації в залежності від точки підключення (рисунки 1), в кВт, визначається за виразом (1).

$$\Delta P_{ш} = \frac{10^{-3}}{U_H^2} \cdot R_{дл} \cdot \left[\sum_{i=0}^{n+1} (Q_i - Q_K)^2 \right] \cdot K_d, \quad (1)$$

де U_H – номінальна або середня фактична напруга цехової мережі, кВ;

$R_{дл}$ – активний опір ділянки шинопровода (між точками приєднання ЕП); $i = 0, 1, 2, \dots, n$;

n – кількість ділянок шинопровода, включаючи загальну ділянку (магістральну частину шинопровода); $n+1$ – кількість точок підключення БК до шинопровода;

Q_i – реактивне навантаження i -ї ділянки шинопровода;

Q_K – потужність БК, кВАр;

K_d – коефіцієнт додаткових втрат в шинопроводі, зумовлених поверхневим ефектом і ефектом близькості, а також втратами в конструкції шинопроводу [3].

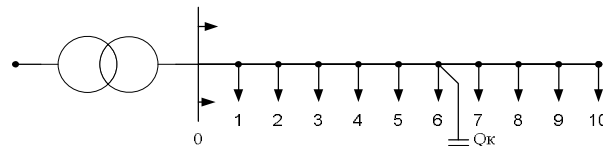


Рис. 1. Можливі підключення БК до шинопровода:
 ($i=0, 1, \dots, n$); 1-10 – електроприймачі; Q_K - батарея конденсаторів; ЦТП – цехова трансформаторна підстанція; L_M - магістральна частина шинопровода, м

Реактивне навантаження i -ї ділянки шинопровода (струмопроводу) можна розрахувати за формулою:

$$Q_i = \sum_{j=i+1}^{n+1} Q_j - Q_K, \quad (2)$$

де Q_i - реактивне навантаження i -ї ділянки шинопроводу (струмопроводу), величину якого необхідно визначити, кВАр;

Q_j - реактивне навантаження j -го відгалуження, ($\sum_{j=1}^{n+1} Q_j = Q$), кВАр;

n – кількість ділянок шинопроводу (струмопроводу);

$i=0, 1, 2, 3, \dots, n$;

$n+1$ – кількість відгалужень (навантажень) шинопроводу (струмопроводу) в його розподільній частині;

$j=1, 2, 3, \dots, n+1$;

Q_K - реактивна потужність батареї конденсаторів, яка визначена шляхом попередніх розрахунків для даного шинопроводу (струмопроводу), кВАр.

Вважається, що реактивне навантаження струмопроводу, чи шинопровода Q відоме (окремого електроприймачів Q_j). Оптимальні значення вхідної реактивної потужності для шинопроводів визначені за критерієм мінімальних втрат із виразу:

$$Q_{ei} = \frac{Q_{e.ц.} \cdot R_{p.ц.}}{R_{ш.i}}, \quad (3)$$

де Q_{ei} - оптимальне значення вхідної реактивної потужності на ввіді i -го струмопровода (шинопровода), кВАр;

$Q_{e.ц.}$ - вхідна реактивна потужність на вході цехової підстанції, кВАр;

$R_{p.ц.}$ - еквівалентний активний опір мереж, приєднаних до цехової підстанції, Ом;

$R_{ш.i}$ - активний опір i -го шинопровода (до цехової підстанції можуть бути приєднані і радіальні мережі), Ом.

Сумарна потужність батареї конденсаторів, яку необхідно підключити до шинопровода, визначається із умови балансу реактивних потужностей на його ввіді:

$$Q_{ki} = Q_{ши} - Q_{ei}, \quad (4)$$

де $Q_{ши}$ - реактивне сумарне навантаження i -го шинопровода, кВАр;

Q_{ki} - сумарна потужність БК, яку необхідно приєднати до шинопровода, кВАр;

Q_{ei} - вхідна реактивна потужність на ввіді i -го шинопровода, кВАр.

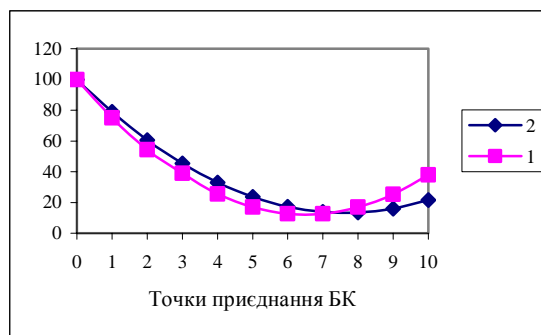


Рис. 2. Графік зміни втрат електроенергії у шинопроводі в залежності від точки приєднання БК (у % до максимального значення ΔP_M):

1- при $Q=500$ квар і $Q_k=400$ квар;

2- при $Q=700$ квар і $Q_k=400$ квар.

З рисунку 2 видно, що зі збільшенням реактивного навантаження шинопровода при однакових його параметрах точка підключення БК зміщується в сторону цехової підстанції.

Розглянемо випадок, коли довжина магістральної частини струмопровода (шинопровода) може змінюватись, а опори ділянок магістральної частини залишаються однаковими, навантаження відгалужень однакове і розподілене рівномірно.

Математична модель для визначення втрат активної потужності в шинопроводі для даного випадку, в кВт:

$$\Delta P_{ш} = \frac{10^{-3}}{U_H^2} \cdot \left[(Q_M - Q_K)^2 \cdot R_M + R_{дл} \cdot \sum_{i=0}^{n+1} (Q_i - Q_K)^2 \right] \cdot K_D, \quad (5)$$

де Q_M - реактивна потужність, яка перетікає через магістральну частину ШР, кВАр;

R_M - активний опір магістральної частини шинопровода, Ом;

n - кількість ділянок в розподільчій частині шинопровода

$n+1$ - кількість точок приєднання БК в розподільчій частині шинопровода;

$R_{дл}$ - активний опір i -ї ділянки розподільчої частини шинопровода, Ом.

На рисунку 3 показані криві зміни втрат електроенергії в шинопроводі в залежності від зміни точок приєднання і довжини магістральної частини шинопровода.

Бачимо, що зміна довжини магістральної частини шинопровода не призводить до зміни точки оптимального приєднання батареї конденсаторів, тобто при якій мають місце найменші втрати. Змінюється лише питома вага втрат в магістральній і розподільчій частині шинопровода (струмопровода).

Основна частка втрат у всіх випадках припадає на магістральну частину шинопровода, вона складає 60-85%. Відповідно, на розподільчу частину припадає 15 - 40%. Оптимізація розміщення БК у шинопроводі дозволяє зменшити втрати до 5,5 - 8,5% від втрат, коли відсутня компенсація реактивної потужності. Збільшення довжини магістральної частини призводить до зменшення рівня мінімальних втрат (із-за зменшення втрат в розподільчій частині шинопровода в загальних втратах).

Можуть бути випадки, коли довжина ділянок (секцій) шинопровода однакова при різних рівномірно розподілених по довжині навантаженнях (активних і реактивних),

при цьому довжина магістральної частини може бути рівною або відрізнятися від довжини ділянки розподільчої частини. В першому випадку математична модель для визначення втрат в шинопроводі в залежності від точки приєднання БК буде аналогічною виразу (1), в другому – виразу (5).

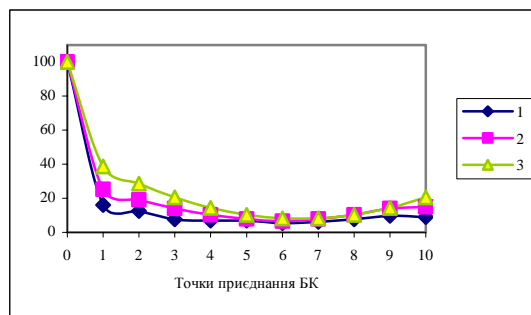


Рис. 3. Графік зміни втрат електроенергії у шинопроводі в залежності від точки приєднання БК (у % до максимального значення втрат ΔP_M) і довжини магістральної частини шинопровода L_M :

1 – $L_M=200\text{м}$; 2 – $L_M=100\text{м}$; 3 – $L_M=50\text{м}$.

На рисунку 4 показані криві, які характеризують залежності втрат потужності, у відсотках від найбільших втрат, від точки приєднання БК при різних навантаженнях відгалужень.

Точка приєднання БК до шинопровода з найменшими втратами і рівень втрат залежить від розподілу навантажень по його довжині. Якщо більші навантаження зосереджені в першій половині розподільчої частині шинопровода, то точка приєднання з найменшими втратами буде зміщуватись в сторону ТП від його середини і навпаки.

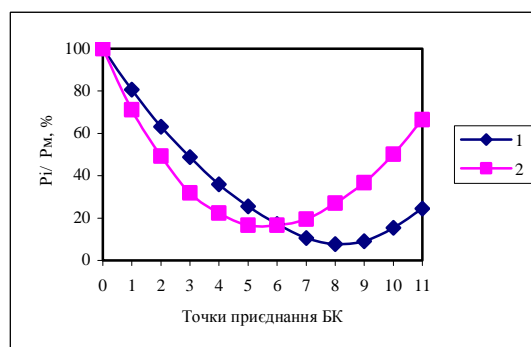


Рис. 4. Залежність втрат активної потужності в шинопроводі (струмопроводі) від точки приєднання БК при різних реактивних навантаженнях його відгалужень: 1 – 60% навантажень приєднано до точок 1-5; 2 – 60% навантажень приєднано до точок 7-11.

Можливі також випадки, коли до шинопровода приєднані різні за величиною реактивні навантаження, розподілені по його довжині нерівномірно (опір ділянок шинопровода різний). Математична модель для визначення втрат і точки приєднання БК з найменшими втратами має вигляд:

$$\Delta P_{\text{ш}} = \frac{10^{-3}}{U_{\text{н}}^2} \cdot \left[(Q_{\text{м}} - Q_{\text{к}})^2 \cdot R_{\text{м}} + R_{\text{дл}i} \cdot \sum_{i=0}^{n+1} (Q_i - Q_{\text{к}})^2 \right] \cdot K_{\text{д}}, [\text{кВт}], \quad (6)$$

де $U_{\text{н}}$ - номінальна або середня фактична напруга цехової мережі, кВ;

$R_{\text{дл}i}$ - активний опір i -ї ділянки розподільчої частини струмопроводу (шинопровода); $i = 0, 1, 2, \dots, n$;

n - кількість ділянок шинопровода, включаючи загальну ділянку (магістральну частину шинопровода); $n+1$ - кількість точок підключення БК до шинопровода;

Q_i - реактивне навантаження i -ї ділянки розподільчої частини струмопроводу (шинопровода);

$Q_{\text{к}}$ - потужність БК, кВАр;

$Q_{\text{м}}$ - реактивна потужність, яка перетікає через магістральну частину ШР, кВАр;

$K_{\text{д}}$ - коефіцієнт додаткових втрат в шинопроводі, зумовлених поверхневим ефектом і ефектом близькості, а також втратами в конструкції шинопровода.

В даному випадку точка приєднання БК до шинопровода (струмопроводу), при якій забезпечуються найменші втрати, буде залежати від розподілу реактивних навантажень по ділянках шинопровода і їх опорів. Варіантів співвідношень цих параметрів може бути безліч, відповідно будуть змінюватись і точки приєднання.

Отже, запропоновані моделі розрахунку втрат активної потужності в шинопроводах дозволяють точно визначити точку оптимального приєднання БК, при якій забезпечуються найменші втрати активної потужності.

Побудована структурна схема алгоритму розрахунку втрат в струмопроводах (шинопроводах) і визначення точки приєднання БК, яка забезпечує найменші втрати, на ПЕОМ з використанням системи програмування "Turbo Pascal 7.0" для різних застосувань струмопроводів і шинопроводів за наведеними математичними моделями (1), (4), (5), (11) показана на рисунку 5.

За наявності програми розрахунку (додаток А) на ПЕОМ задача визначення оптимальної точки підключення БК до шинопровода (струмопроводу) вирішується без труднощів. Але для знаходження оптимальної, за критерієм мінімальних втрат активної потужності, точки приєднання необхідно обрахувати всі можливі точки приєднання або принаймні, до точки, в якій проявилась тенденція до збільшення втрат після точки екстремума. Для цього бажано мати оптимізаційну модель прямого визначення точки приєднання, яка дозволяє суттєво зменшити обсяг обчислювальної роботи.

Оскільки втрати активної потужності пропорційні опору струмопроводу і квадрату реактивної потужності, яка передається через нього, то справедливе співвідношення:

$$\frac{L_0}{L_p} = \frac{\Delta P_{\text{min}}}{\Delta P_{\text{max}}}. \quad (7)$$

Звідки

$$L_0 = \frac{L_p \cdot \Delta P_{\text{min}}}{\Delta P_{\text{max}}}, \quad (8)$$

де L_0 - відстань між точками розподільчої частини струмопроводу (шинопровода) до точки приєднання батареї конденсаторів, яка забезпечує найменші втрати у розподільчій частині струмопроводу, м;

L_p - довжина розподільчої частини струмопроводу (шинопровода), м;

ΔP_{min} - найменші втрати активної потужності в струмопроводі (шинопроводі), які відповідають відстані L_0 до точки приєднання БК (за критерієм мінімальних втрат), кВт;

ΔP_{\max} - найбільші втрати активної потужності в розподільній частині струмопровода (шинопровода) у випадку приєднання БК з низької сторони трансформатора або вкінці магістральної, на початку розподільної частини струмопровода (шинопровода), тобто при відсутності компенсації в розподільній частині струмопровода, кВт.

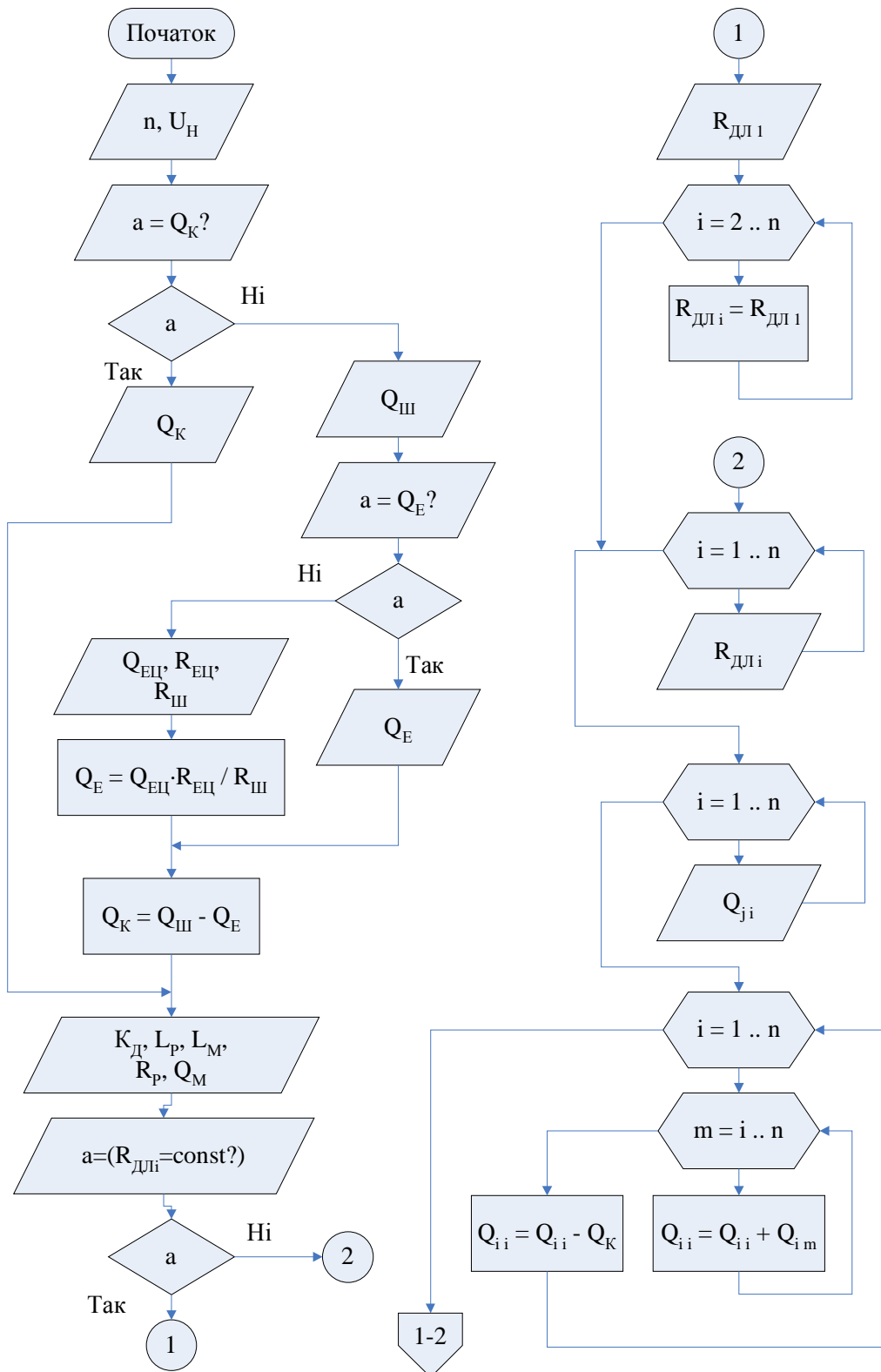


Рис. 5. Структурна схема алгоритму розрахунку втрат в струмопроводах (шинопроводах) і визначення оптимальної точки приєднання БК

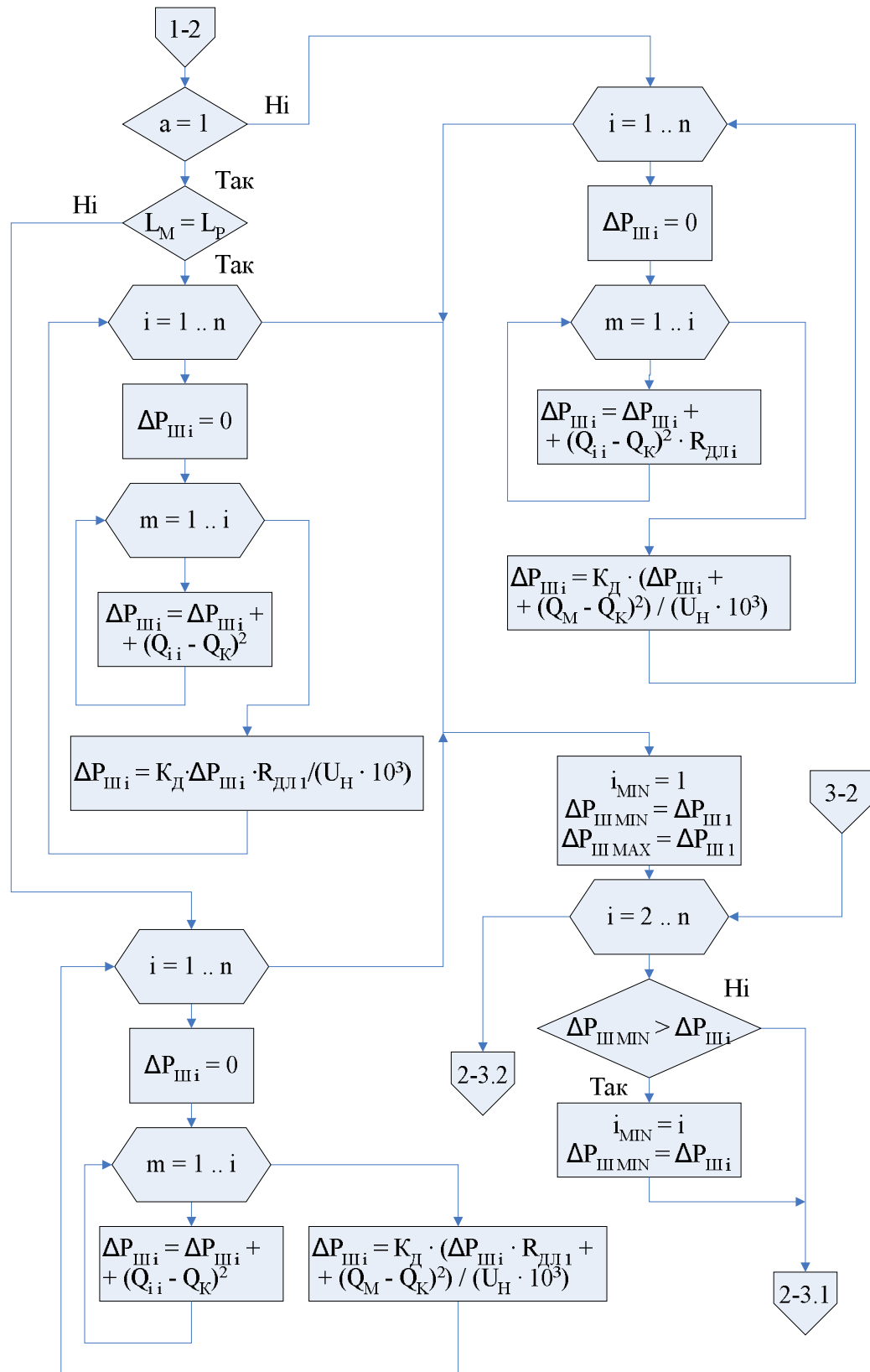


Рис. 5 (продовження)

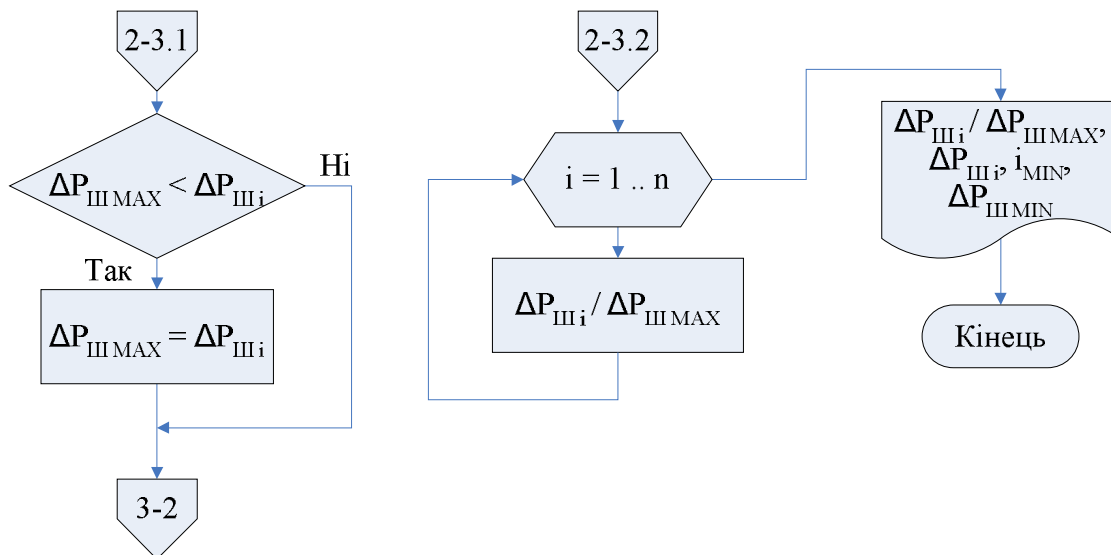


Рис. 5 (закінчення)

Слід зазначити, що величина ΔP_{\min} включає дві складові:

$$\Delta P_{\min} = \Delta P_{\text{н.д.}} + \Delta P_{\text{н.с.}}, \quad (9)$$

$\Delta P_{\text{н.д.}}$ - втрати активної потужності в розподільній частині струмопроводу від його початку до точки приєднання БК, зумовлені перетіканням недокомпенсованої, тобто, залишкової реактивної потужності по ділянках струмопроводу до електроприймачів, кВАр;

$\Delta P_{\text{н.с.}}$ - втрати реактивної потужності від перетікань реактивної потужності на ділянках струмопроводу після точки приєднання БК, тобто, на ділянках струмопроводу, в яких реактивне навантаження не компенсується, кВт.

Величина $\Delta P_{\text{н.д.}}$ залежить від економічно і технічно обґрунтованого ступеня компенсації реактивного навантаження струмопроводу :

$$a_{\text{опт}} = \frac{Q_{\text{к}}}{Q_{\text{н}}}, \quad (10)$$

де $Q_{\text{к}}$ - потужність БК, визначена для струмопроводу, кВАр;

$Q_{\text{н}}$ - реактивне навантаження струмопроводу, кВАр.

При приєднанні БК в кінці струмопроводу на всіх його ділянках буде здійснюватись часткова або повна компенсація реактивних навантажень. При цьому сумарні втрати в незначній мірі підвищуються за рахунок зворотних перетоків реактивної потужності (рисунок 2). Оскільки величина ΔP_{\min} може бути визначена тільки після знаходження відстані до точки приєднання БК, то за величину ΔP_{\min} приймемо втрати в струмопроводі при приєднанні БК в його кінці. Тоді відстань від початку розподільної частини струмопроводу до точки приєднання БК (за критерієм мінімальних втрат) визначимо із співвідношення втрат в струмопроводі при приєднанні БК на початку і в кінці його розподільної частини. Формула (2.8) після відповідних перетворень запишеться так:

$$L_0 = L_p \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{\text{к}})^2}{\sum_{i=1}^n Q_i^2}, \quad (11)$$

де Q_i - реактивне навантаження i -ї ділянки розподільної частини струмопроводу, кВАр.

Q_K - потужність БК, визначена для струмопроводу, кВАр;

У випадку нерівномірного розподілу навантажень по довжині розподільної частини струмопроводу формула (1.9) переписеться так:

$$L_0 = L_p \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_K)^2 \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n Q_i^2 \cdot R_i}, \quad (12)$$

де R_i - активний опір i -ї ділянки розподільної частини струмопроводу, Ом.

З врахуванням магістральної частини струмопроводу формули (11), (12) запишуться у вигляді:

$$L_0 = L_M + L_p \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_K)^2}{\sum_{i=1}^n Q_i^2}, \quad (13)$$

$$L_0 = L_M + L_p \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_K)^2 \cdot R_i}{\sum_{i=1}^n Q_i^2 \cdot R_i}, \quad (14)$$

За формулами (13), (14) визначається відстань від силового трансформатора цехової трансформаторної підстанції (ТП) до точки приєднання БК в розподільній частині струмопроводу. Для того чи іншого струмопроводу при зміні точки приєднання БК до струмопроводу (шинопроводу) за формулами (13) – (14) представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати розрахунку точки приєднання батареї конденсаторів до струмопроводу (шинопроводу) за критерієм мінімальних втрат

№ п/п	Задані параметри навантаження БК струмопроводу (шинопроводу)				Результати розрахунку		
	Q , кВАр	Q_K , кВАр	L_M , м	L_p , м	L_0 , м	$L_{0.т}$, м	Ділянка струмопроводу і точка приєднання БК
1	500	400	10	100	50	60	5 ділянка, 6 точка (рис.2)
2	500	400	200	100	50	250	5 ділянка, 6 точка (рис.3)
3	500	400	50	100	56	106	6 ділянка, 7 точка (рис.3)

Із рисунків 2, 3 і таблиці 1 видно, що зміна довжини магістральної частини струмопроводу (шинопроводу) не впливає на визначення точки приєднання БК, але має вплив на рівень найменших втрат. При збільшенні реактивного навантаження шинопроводу при одних і тих же значеннях потужності БК і рівномірно розподілених навантаженнях точка приєднання зміщується вправо від його початку і навпаки – при зменшенні – вліво, до початку струмопроводу.

Структурна схема алгоритму розрахунку на ПЕОМ відстані до оптимальної точки приєднання БК до струмопроводу (шинопроводу) з використанням системи програмування "Turbo Pascal 7.0" за наведеними математичними моделями (13), (14) показана на рисунку 6.

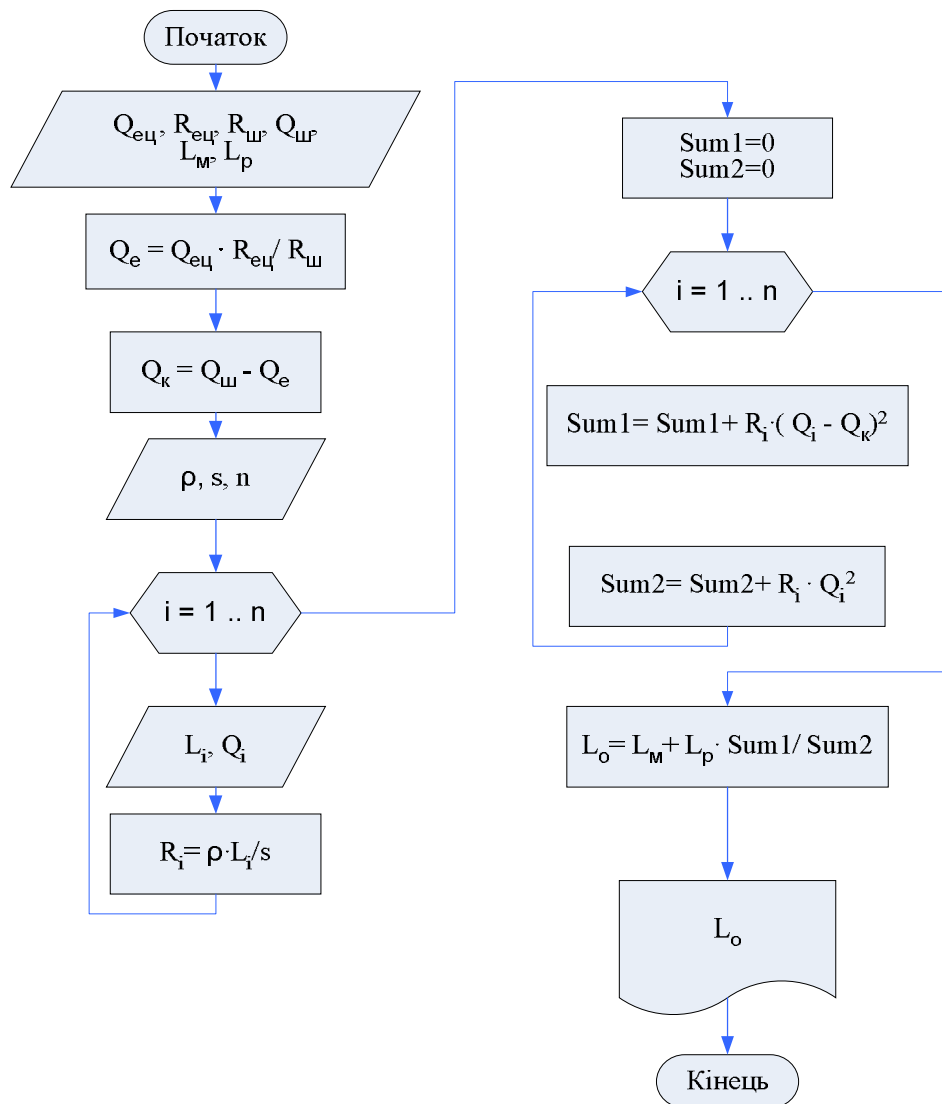


Рис. 6. Структурна схема алгоритму розрахунку відстані від ТП до оптимальної точки приєднання БК

Висновок

1. Запропоновані математичні моделі для визначення втрат активної потужності в струмопроводах (шинопроводах) в залежності від точки приєднання БК. Це дає можливість визначити точку приєднання, яка є оптимальною.

2. Побудовані структурні схеми алгоритмів розрахунку втрат в струмопроводах (шинопроводах) і визначення точки приєднання БК, яка забезпечує найменші втрати, а також розрахунку відстані від трансформаторної підстанції до цієї точки, на ПЕОМ з використанням системи програмування "Turbo Pascal 7.0" для різних застосувань струмопроводів і шинопроводів.

1. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами [Електронний ресурс] / Нормативний документ Міністерства палива та енергетики України. – (Затверджено Наказ Міністерства палива та енергетики України 17 січня 2002 р. № 19).
2. Економічно доцільні обсяги реактивної енергії, яка перетікає між електричними мережами електропередавальної та споживача (основного споживача та субспоживача). Методика визначення. – К.: "Укрсільенергопроект". – Інформаційний збірник: "Розподільчі електромережі". – 2003. - №4. – с.12 – 16.

УДК 518

Димова Г.О.

Херсонський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ТА СТІЙКОСТІ МОДЕЛЕЙ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

Димова Г.О. Дослідження чутливості та стійкості моделей динамічних систем. При рішенні задачі факторизації кореляційної функції вихідних процесів системи визначена матриця коефіцієнтів моделі процесів, що протікають в системі, елементи якої мають помилки, так як отримані експериментально. Тому реальна матриця системи включає в себе розрахункову матрицю, точнісні характеристики системи та рівень шумів. Задача стійкості моделі динамічної системи визначається структурою цієї матриці, її рангом, типом та кратністю коренів характеристичного поліному. Розглядаються три підходи вирішення задачі стійкості моделі динамічних систем та питання чутливості цих систем при збуреннях основних параметрів.

Ключові слова: модель, вектор, оцінка, управління, чутливість, стійкість, збурення, матриця, власне значення, незалежність, нормування.

G.O. Dymova. Investigation of the sensitivity and stability of models of dynamic systems. In solving the problem of factorization of the correlation function of the output processes of a system, was determined a matrix of coefficients of the model of processes occurring in the system whose elements have errors because as obtained experimentally. Therefore, the real matrix of the system includes a calculation matrix, accurate system characteristics and noise level. The stability problem of a dynamic system model is determined by the structure of this matrix, its rank, type and multiplicity of the roots of the characteristic polynomial. Three approaches to solving the problem of stability of the dynamic systems model and the question of the sensitivity of these systems with perturbations of the basic parameters are considered.

Keywords: model, vector, estimation, control, sensitivity, stability, perturbation, matrix, eigenvalue, independence, normalization.

А.О. Дымова. Исследование чувствительности и устойчивости моделей динамических систем. При решении задачи факторизации корреляционной функции выходных процессов системы определена матрица коэффициентов модели процессов, протекающих в системе, элементы которой имеют ошибки, так как получены экспериментально. Поэтому реальная матрица системы включает в себя расчетную матрицу, точностные характеристики системы и уровень шумов. Задача устойчивости модели динамической системы определяется структурой этой матрицы, ее рангом, типом и кратностью корней характеристического полинома. Рассматриваются три подхода решения задачи устойчивости модели динамических систем и вопросы чувствительности этих систем при возмущениях основных параметров.

Ключевые слова: модель, вектор, оценка, управление, чувствительность, устойчивость, возмущение, матрица, собственное значение, независимость, нормировка.

Постановка проблеми. При рішенні задачі ідентифікації багатомірної динамічної системи виходили з того, що модель її динаміки може бути задана векторноматричним диференціальним рівнянням [1, 2]:

$$\dot{\bar{\mathbf{x}}} = \mathbf{A}(t)\bar{\mathbf{x}}(t) + \mathbf{D}(t)\bar{\mathbf{m}}(t) + \bar{\mathbf{n}}(t), \quad (1)$$

де $\mathbf{A}(t)$ – матриця коефіцієнтів моделі процесів, що протікають в системі;

$\mathbf{D}(t)$ – матриця управління;

$\bar{\mathbf{x}}(t)$ – вектор стану;

$\bar{\mathbf{m}}(t)$ – вектор управляючих впливів;

$\bar{\mathbf{n}}(t)$ – вектор збуджуючих впливів.

Оцінка матриці $\mathbf{A}(t)$ визначалась на основі факторизації кореляційної матриці вихідних сигналів системи [2], а оцінка вектора управління $\bar{\mathbf{m}}(t)$ знаходилась проекційним методом [3] в припущенні, що система має оптимальне управління і $\bar{\mathbf{n}}(t)$ – багатомірний білий шум, потужність якого залежить від режимів роботи динамічної системи.

Заключним етапом є дослідження чутливості отриманої моделі до збуджень і її стійкість.

Вирішення задачі. Вирішення задачі цього етапу потребує врахування того, що елементи матриці $\mathbf{A}(t)$ визначаються з експерименту і тому вони можуть мати помилки. В цьому випадку матриця $\mathbf{A}(t)$, оцінку якої отримано при вирішенні задачі факторизації кореляційної функції вихідних процесів системи, є наближенням матриці, відповідної точним вимірам [2].

Враховуючи точнісні характеристики вимірювальної системи та рівень шумів, величина помилки ε елементів a_{ij} матриці $\mathbf{A}(t)$, що дорівнює $\varepsilon \leq \delta$. Це можна відобразити у вигляді реальної

матриці системи як суму двох матриць: $\mathbf{A}(t)$ – реальна розрахункова матриця без врахування шумів і матриця \mathbf{E} – такого ж порядку як і матриця \mathbf{A} та розглядати матрицю $(\mathbf{A}(t) + \mathbf{E})$. Елементи матриці \mathbf{E} :

$$|e_{ij}| \leq \varepsilon. \quad (2)$$

Повне вирішення поставленої задачі може бути зведено до алгебраїчної проблеми власних значень матриць $\mathbf{A}(t)$ та $(\mathbf{A}(t) + \mathbf{E})$ і складається не тільки у визначенні власних значень і власних векторів матриць $\mathbf{A}(t)$ та $(\mathbf{A}(t) + \mathbf{E})$, але також в оцінці можливих варіацій власних значень всіх матриць класу $(\mathbf{A} + \mathbf{E})$, що задовольняє умові (2). При цьому фундаментальна алгебраїчна проблема власних значень заключається у визначенні значень λ в рівнянні

$$\mathbf{A}x = \lambda x \quad (3)$$

системи n однорідних лінійних рівнянь з n невідомими. Рівняння (3) можна представити у вигляді

$$(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})x = 0, \quad (4)$$

де \mathbf{I} – $(n \times n)$ одинична матриця.

При довільному λ система рівнянь (4) має тільки рішення $x = 0$. Нетривіальне рішення існує тоді, коли матриця $(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})$ особлива, тобто коли її визначник

$$\det(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I}) = 0, \quad (5)$$

Розкриваючи визначник в лівій частині рівняння (5) за степенями λ , отримаємо

$$a_0 + a_1\lambda + \dots + a_{n-1}\lambda^{n-1} + (-1)^n \lambda^n = 0 \quad (6)$$

– характеристичне рівняння і характеристичний поліном. В полі комплексних чисел це рівняння завжди має n коренів, які можуть бути комплексними навіть при дійсній матриці \mathbf{A} та будь-якої кратності, аж до n [3, 4, 5]. Вони називаються власними значеннями або характеристичними числами. Кожному значенню λ відповідає принаймні одне нетривіальне рішення x . Якщо ранг матриці $(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})$ менше ніж $(n-1)$, то буде не менш двох лінійно незалежних векторів, що задовольняє рівнянню (4). Якщо x – рішення рівняння (4), то kx – теж рішення при будь-якому k . Навіть, якщо ранг $(\mathbf{A} - \lambda \mathbf{I})$ дорівнює $n-1$, власний вектор, що відповідає λ , визначений з точністю до довільного множника, тому здійснюється нормування. Найбільш зручними способами нормування є:

- а) сума квадратів модулів компонент вектора x дорівнює одиниці;
- б) найбільша за модулем компонента вектора x дорівнює одиниці;
- в) сума модулів компонент вектора x дорівнює одиниці.

Способи а) та в) – нормування, що рідко зустрічаються.

Формули (1-6) справедливі і для транспонованої матриці \mathbf{A}^T . при цьому мають місце співвідношення:

$$\begin{aligned} \mathbf{A}^T \mathbf{y} &= \lambda \mathbf{y}; & \det(\mathbf{A}^T - \lambda \mathbf{I}) &= 0; \\ \mathbf{A}^T \mathbf{y}_i &= \lambda_i \mathbf{y}_i; & \mathbf{y}_i^T \mathbf{A} &= \lambda_i \mathbf{y}_i^T; \\ \mathbf{x}_i^T \mathbf{y}_j &= 0 & (\text{якщо } \lambda_i &\neq \lambda_j). \end{aligned} \quad (7)$$

Зауважимо, що, так як \mathbf{x}_i та \mathbf{y}_j можуть буди комплексними векторами, $(\mathbf{x}_i^T \mathbf{y}_j)$ не є скалярним добутком в звичайному сенсі. Дійсно, маємо

$$\mathbf{x}_i^T \mathbf{y}_j = \mathbf{y}_j^T \mathbf{x}_i, \quad (8)$$

а не

$$\mathbf{x}_i^T \mathbf{y}_j = \overline{\mathbf{y}_j^T \mathbf{x}_i}. \quad (9)$$

Якщо \mathbf{x} – комплексний, то може статися, що

$$\mathbf{x}^T \mathbf{x} = 0, \quad (10)$$

в той час як даний скалярний добуток завжди позитивний для всіх ненульових \mathbf{x} .

Рішення задачі стійкості моделі динамічної системи (1) в загальному випадку визначається структурою матриці \mathbf{A} , її рангом, типом та кратністю коренів характеристичного поліному і може бути вирішено методом теорії збурень різного порядку власних значень і власних векторів [1, 4, 5, 6, 7].

Є три підходи до вирішення задачі стійкості моделі (1):

- 1) на основі алгебраїчних функцій і теорії векторних та матричних норм [5];
- 2) на основі функцій комплексного аргументу, слідства теореми Коши – принципу аргументу [8, 9];
- 3) на основі теорем Гершгоріна [4].

Перший та другий підходи в термінах характеристичного поліному для кратних значень λ занадто грубі, так як поліном недостатньо відображує будову матриці $(\mathbf{A} + \varepsilon \mathbf{E})$. тому використовуємо третій підхід – на основі теорем Гершгоріна; він має більшу практичну цінність і враховує структуру матриць \mathbf{A} і $(\mathbf{A} + \varepsilon \mathbf{E})$, що впливає з теореми 1:

Будь-яке власне значення матриці \mathbf{A} лежить принаймні в одному з кіл з центром a_{ii} і радіусами

$$r_i = \sum_{j \neq i} |a_{ij}| \quad (11)$$

на комплексній площині.

З цього витікає, що у будь-якого власного значення λ є хоча б один ненульовий \mathbf{x} , що $\mathbf{A}\mathbf{x} = \lambda\mathbf{x}$. В обраному \mathbf{x} проведемо нормування (б) за r -ій найбільшій за модулем компоненті вектора \mathbf{x} :

$$\mathbf{x}^T = (x_1, x_2, \dots, x_{r-1}, 1, x_{r+1}, \dots, x_n),$$

де $|x_i| \leq 1, i \neq r$.

Звідси витікає:

1)

$$\sum_{j=1}^n a_{rj} x_j = \lambda x_r = \lambda \quad (12)$$

2)

$$|\lambda - a_{rj}| \leq \sum_{j \neq r} |a_{rj} x_j| \leq \sum_{j \neq r} |a_{rj}| |x_j| \leq \sum_{j \neq r} |a_{rj}| \quad (13)$$

і λ лежить в одному з цих кіл.

Теорема 2 [4]. Якщо φ кіл теореми 1 утворюють зв'язну область, то в цій зв'язній області знаходиться рівно φ власних значень матриці \mathbf{A} . З доказу теореми та теорії алгебраїчних функцій витікає, що корені характеристичного поліному для матриці $(\mathbf{A} + \varepsilon \mathbf{E})$ являються безперервними функціями від збурення ε та радіусами εr_i для ε від 0 до 1 і при $\varepsilon = 1$. Аналогічні висновки і результати можна отримати, якщо розглядати транспоновану матрицю \mathbf{A}^T замість матриці \mathbf{A} .

Для визначення стійкості моделі необхідно проаналізувати власні значення матриці $(\mathbf{A} + \varepsilon \mathbf{E})$, використовуючи її жорданову канонічну форму. Для простих власних значень λ_i матриці, що має елементарні дільники [3, 4, 6, 10] матриць \mathbf{A} та $(\mathbf{A} + \varepsilon \mathbf{E})$ діагональні. Отже існує матриця \mathbf{H} така, що $(\mathbf{H}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{H}) = \text{diag}(\lambda_i)$, причому стовпці \mathbf{H} складають повну систему правих власних векторів \mathbf{x}_i , а рядки \mathbf{H}^{-1} складають повну систему лівих власних векторів \mathbf{y}_j^T .

При нормуванні $\|\mathbf{x}\|_2 = \|\mathbf{y}\|_2 = 1$ [4, 11] ($\|\bullet\|_2$ – евклідова норма) можна взяти в якості i -го стовпці матриці \mathbf{H} власний вектор \mathbf{x}_i і тоді i -ий рядок матриці \mathbf{H}^{-1} буде

$$\mathbf{y}_i^T / \mathbf{s}_i, \quad (14)$$

де $\mathbf{s}_i = \mathbf{y}_i^T \mathbf{x}_i$ при $i = (1, 2, \dots, n)$.

Тоді

$$\mathbf{H}^{-1}(\mathbf{A} + \varepsilon \mathbf{E})\mathbf{H} = \text{diag} \lambda + \varepsilon \begin{vmatrix} \beta_{11} / s_1 & \beta_{12} / s_1 & \dots & \beta_{1n} / s_1 \\ \beta_{21} / s_2 & \beta_{22} / s_2 & \dots & \beta_{2n} / s_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{n1} / s_n & \beta_{n2} / s_n & \dots & \beta_{nn} / s_n \end{vmatrix}. \quad (15)$$

Згідно теореми 1 Гершгоріна отримаємо, що власні значення лежать в колах з центрами $\lambda_i + \varepsilon \beta_{ij} / s_i$ та радіусами $\sum_{j \neq i} |\beta_{ij} / s_i|$, де $\beta_{ij} = \mathbf{y}_i^T \mathbf{E} \mathbf{x}_j$, так як $\|\mathbf{E}\|_2 \leq n$, то

$$|\beta_{ij}| = |\mathbf{y}_i^T \mathbf{E} \mathbf{x}_j| \leq \|\mathbf{y}_i\|_2 \|\mathbf{E} \mathbf{x}_j\|_2 \leq \|\mathbf{E}\|_2 \leq \|\mathbf{E}\|_2 \|\mathbf{y}_i\|_2 \|\mathbf{x}_j\|_2 \leq n. \quad (16)$$

За визначенням

$$(\mathbf{A} + \varepsilon \mathbf{E})\mathbf{x}_i(\varepsilon) = \lambda_i(\varepsilon)\mathbf{x}_i(\varepsilon) \quad (17)$$

і так як $\lambda_i(\varepsilon)$ та всі компоненти $\mathbf{x}_i(\varepsilon)$ представляються рядами, що сходяться, прирівняємо члени при однакових степенях ε в рівнянні (17) [5]. Прирівнюючи коефіцієнти при ε та враховуючи, що

$$\lambda_i(\varepsilon) = \lambda_i + k_1 \varepsilon + k_2 \varepsilon^2 + \dots, \quad (18)$$

взявши перше наближення ряду

$$\lambda_i(\varepsilon) = \lambda_i + k_1 \varepsilon \quad (19)$$

і так як

$$k_1 = \frac{\mathbf{y}_i^T \mathbf{E} \mathbf{x}_i}{\mathbf{y}_i^T \mathbf{x}_i} = \frac{\beta_{11}}{s_1}; \quad (20)$$

з (16) витікає

$$|k_i| = \frac{n}{|\mathbf{s}_i|}. \quad (21)$$

Тобто при достатньо невеликому ε головний член λ_i дорівнює $k_1 \varepsilon$ і чутливість цього власного значення в першу чергу залежить від \mathbf{s}_i .

Система і відповідно її модель стійкі, якщо корені характеристичного рівняння збуреної матриці \mathbf{A} – (матриці $\mathbf{A} + \varepsilon \mathbf{E}$) лежать в лівій напівплощині комплексної площини (лівіше уявної осі – осі ординат). При цьому центри кіл Гершгоріна є діагональні елементи матриці $(\mathbf{A} + \varepsilon \mathbf{E})$, а радіуси визначаються згідно рівняння (11) для матриці $(\mathbf{A} + \varepsilon \mathbf{E})$.

Для обчислення власних значень матриць \mathbf{A} та $(\mathbf{A} + \varepsilon \mathbf{E})$ існують розроблені чисельні методи: метод обертань для симетричних матриць, метод А.М.Данилевського з перетворенням

вихідної матриці в матрицю Фробеніуса, метод О.Н.Крилова на основі тотожності Гамільтона-Келі, метод Леверрьє-Фаддєєва на основі формул Ньютона для сум степенів коренів характеристичного рівняння матриці [11, 12, 13, 14]. Останні три метода приблизно однакові з точки зору обчислювальних витрат і не потребують умови симетричних матриць.

Основні результати і висновки.

1. Стійкість моделі динамічної системи визначається розташуванням власних значень на комплексній площині.
2. Чутливість моделі до збурень параметрів моделі можна в першому приближенні оцінити першим членом в розкладанні в ряд $\lambda(\varepsilon)$.
3. Змінення запасу стійкості можливо прорахувати одним з трьох методів (А.М.Данилевського, О.Н.Крилова, Леверрьє-Фаддєєва) по зсувах власних значень матриці $(A + \varepsilon E)$ на комплексній площині, змінюючи ε від 0 до 1 для нормованих значень векторів.

1. Ту Ю. Современная теория управления / Юлиус Ту – М.: Машиностроение, 1971. – 472 с.
2. Марасанов В.В. Прогнозирование структуры динамических систем / В.В. Марасанов, О.И. Забытовская, А.О. Дымова – Вестник ХНТУ № 1 (44) - 2012, С. 292-302.
3. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц / Феликс Рувимович Грантмахер – М.: Наука, 1988. – 552 с.
4. Ланкастер П. Теория матриц / Питер Ланкастер – М.: Наука, 1978. – 280 с.
5. Уилкинсон Дж.Х. Алгебраическая проблема собственных значений / Дж.Х. Уилкинсон – М.: Наука, 1972. – 565 с.
6. Деруссо П. Пространство состояний в теории управления / Деруссо П., Рой Р., Клоуз Ч. ; пер. с англ. Р. Т. Янушевского – М.: Наука, 1970. – 620 с.
7. Математические основы теории автоматического регулирования. Т.1. / В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов, Б. К. Ющенко. – М.: Высшая школа, 1977. – 808 с.
8. Привалов И. И. Введение в теорию функций комплексного переменного. / И. И. Привалов. – М.: Наука, 1984. – 432 с.
9. Теория автоматического регулирования. Книга 1. Математическое описание, анализ устойчивости и качества систем автоматического регулирования. / Под ред. д-ра техн. наук, проф. В. В. Солодовникова. – М.: Машиностроение, 1967. – 770 с.
10. Арбиб М.М., Мейнс Э.Дж. Основания теории систем: разложимые системы / М.М. Арбиб, Э.Дж.Мейнс – Математические методы в теории систем. – М.: Мир, 1979. – С.7-49.
11. Фадеев Д. К. Вычислительные методы линейной алгебры / Д. К. Фадеев, В. Н. Фадеева. – М.: Физматгиз, 1963. – 736 с.
12. Демидович Б. П. Основы вычислительной математики. / Б. П. Демидович, И. А. Марон. – М.: Наука, 1966. – 664 с.
13. Березин И.С. Методы вычислений. Т.2. / И.С. Березин, Н.П.Жидков. – М.: Физматгиз, 1962. – 639 с.
14. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специальный справочник. / Игорь Гайдышев. – СПб.: Питер, 2001. – 752 с.
15. Розенвассер Е.Н. Чувствительность систем управления / Розенвассер Е.Н., Юсупов Р.М. – М.: Наука, 1981. – 464 с.

УДК 004

Лактіонов О. І., аспірант

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

СУТНІСТЬ І СТРУКТУРА ПОНЯТТЯ «ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ» ВІДКРИТОЇ ЗМІШАНОЇ СИСТЕМИ

Лактіонов О.І. Сутність і структура поняття «інформаційна технологія» відкритої змішаної системи. Розглядаються теоретико-методологічні основи структури поняття «інформаційна технологія» через призму забезпечення функціонування відкритої змішаної системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування».

Ключові слова. Інформаційна технологія, відкрита змішана система, «Оператор – Верстат – Числове програмне керування».

Лактіонов А.И. Сущность и структура понятия «информационная технология». Рассматриваются теоретико-методологические основы структуры понятия «информационная технология» через призму обеспечения функционирования открытой смешанной системы «Оператор – Станок – Числовое программное управление».

Ключевые слова. Информационная технология, открытая смешанная система «Оператор – Станок – Числовое программное управление».

Laktionov A.I. The essence and structure of the concept of "information technology" open mixed system. The theoretical and methodological foundations of the structure of the concept of "information technology" are considered in terms of ensuring the functioning of an open mixed system "Operator – Machine – Computer numerical control"

Keywords. Information technology, open mixed system, "Operator – Machine – Computer numerical control".

Вступ та постановка проблеми. У наукових джерелах існує чимало визначень понять «інформаційна технологія». У п.1 ГОСТ Р 52653 – 2006 «Інформаційно-комунікаційні технології в освіті. Терміни та визначення» сформульоване базове визначення поняття «Інформаційна технологія»: *Процеси, методи пошуку, збору, зберігання, обробки, надання, розповсюдження інформації і способи здійснення цих процесів і методів* [1]. У даному стандарті виділяються основні атрибути поняття «інформаційна технологія», а саме: *процеси, методи, способи*.

Проте, недостатня увага приділяється дослідженню сутності і структури поняття «інформаційна технологія» забезпечення функціонування відкритої змішаної системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування», що актуалізує дослідження.

Мета роботи. Дослідити теоретичні основи поняття інформаційна технологія забезпечення функціонування відкритої змішаної системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування».

Аналіз досліджень і публікацій. Проблемою інформаційних технологій, ролі оператора у відкритих системах, методик визначення ефективності інформаційних технологій займалися закордонні та вітчизняні науковці: Ушакова І. О., Плеханова Г. О. [2], Гужва В. М. [3] – *інформаційна технологія на промислових підприємствах*; Носенко Т. І. [4], Грицунов О. В. [5], Соколов В. Ю. [6], Рагулин П. Г. [7], Давидовская М. І., Лапо А. І., Пупців А. Е. [8], Ромашко С. М. [9] – *«інформаційна технологія» у навчальному процесі*; Трофимов В. В. [10], Глівенко С. В., Лапін Є. В., Павленко О. О. та ін. [11], Бенько М. М. [12] – *інформаційна технологія у бухгалтерському обліку*. З результатами їх досліджень, обов'язковими змістовними складовими інформаційної технології є «інформація» і «технології», зміст яких формується і обмежується реальними виробничими процесами.

Виклад основного матеріалу. Відомо, що у структуру інформаційної технології входить апаратне і програмне забезпечення [13]. Розглядаючи структуру і класифікацію інформаційних технологій виділяють контур інформації, який міститься у числовому програмному керуванні.

У нашому дослідженні передбачається обов'язкова взаємодія соціальної підсистеми (оператора верстата з ЧПК) та підсистеми засобів виробництва (верстата, ЧПК), що є основою визначення поняття інформаційної технології, яка забезпечує функціонування відкритої системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування».

Теоретико-методологічною основою поняття «інформаційна технологія», що забезпечує функціонування відкритої системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування» є об'єднання змісту двох вихідних понять «інформація» і «технологія», які вступають у взаємодію із зовнішнім інформаційним середовищем.

Моделювання поняття «інформаційна технологія» передбачає тлумачення існуючих в літературі понять інформаційної технології, які не завжди є логічно завершеними, так як кожен автор намагався зафіксувати своє поняття «інформаційна технологія», виділивши компоненти притаманні певній галузі. Для визначення поняття інформаційної технології та його використання у нашому дослідженні ми виділяли для порівняльного аналізу основні елементи та компоненти поняття у зв'язку з функціонуванням двох типів систем – закритої та відкритої.

Найбільш близьким до нашого дослідження є зміст поняття «інформаційна технологія» яке сформулював Горелов Д. О. опираючись на ознаки, що призначені для виконання виробничих функцій, а саме: 1) основні вхідні компоненти; 2) сукупність елементів; 3) суттєві зв'язки між елементами; 4) інтегративні (об'єднувальні) властивості; 5) цілісність; 6) внутрішня упорядкована структура й організація; 7) мета функціонування і критерії оцінювання функціонування системи; 8) керуючий або регулюючий пристрій; 9) межі з зовнішнім середовищем і здатність системи до взаємодії з ним; 10) особливі властивості елементів, з якими вони входять в дану систему [14, с.58]. Ми використовуємо методи порівняння інформації на вході і виході системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування» з метою визначення її якості її функціонування, оскільки інформаційна технологія фіксує ту інформацію, яка з необхідністю проявляється у реально існуючій системі виробничого процесу. Тому структура інформаційної технології моделюється відповідно змісту виробничого процесу як системного утворення.

У табл. 1. подаємо зміст та складові поняття «інформаційна технологія», які подаються науковцями у різних сферах діяльності.

Таблиця 1. **Теоретичні основи поняття «інформаційна технологія» у різних сферах діяльності** – навчання; операції бухгалтерського обліку; менеджмент; інформатика; сфера аналізу інформаційних технологій

№ з/п	Відомі визначення поняття «Інформаційна технологія»	Складові поняття «інформаційна технологія»	Мета дослідження автора у виділеній сфері діяльності
1	Інформаційна технологія « <i>може бути визначена як поєднання процедур, які реалізують функції збору, накопичення, зберігання, обробки і передачі даних на основі застосування вибраного комплексу технічних засобів за участі управлінського персоналу</i> ». І. О. Ушаков, Г. О. Плеханова[2, с.58]	збір, накопичення, зберігання, обробка і передача даних;	отримати потрібну інформацію необхідної якості на заданому носії (у промисловості);
2	Інформаційна технологія, « <i>процес, що використовує сукупність засобів і методів збору, обробки та передачі даних (первинної інформації) для одержання інформації нової якості про стан об'єкта, процесу або явища (інформаційного продукту)</i> ». О. В. Грицунов [5, с.197]	засоби і методи збору, обробки та передачі даних (первинної інформації) для одержання інформації нової якості	виробництво інформації для її аналізу людиною й прийняття рішення з виконання якої-небудь дії (у навчанні);

№ з/п	Відомі визначення поняття «Інформаційна технологія»	Складові поняття «інформаційна технологія»	Мета дослідження автора у виділеній сфері діяльності
3	«Інформаційні технології» – <i>«це система методів, способів і процедур збору, накопичення, реєстрації, передачі, обробки, зберігання, пошуку, модифікації, аналізу, захисту, видачі необхідної інформації в людино-машинній системі, всім зацікавленим підрозділам на основі використання апаратних та програмних засобів, що забезпечує автоматизоване виконання функцій управлінського (облікового) працівника»</i> . М. М. Бенько [12, с.171]	методи, способи і процедури збору, накопичення, реєстрації, передачі, обробки, зберігання, пошуку, модифікації, аналізу, захисту, видачі інформації в людино-машинній системі	забезпечити автоматизацію методу бухгалтерського обліку та інших функцій управління в інформаційних системах (операції бухгалтерського обліку);
4	Інформаційна технологія – <i>«представлений в проектній формі концентрований вираз наукових знань і практичного досвіду, який дозволяє раціональним способом організувати той чи інший інформаційний процес для економії витрат трудової діяльності, енергії або матеріальних ресурсів»</i> . В. В. Трофимов [10, с.47]	концентрований вираз наукових знань і практичного досвіду	створення із інформаційного ресурсу якісного інформаційного продукту, задовольняючого потреби користувача (менеджмент);
5	Інформаційна технологія – <i>«це системно-організована послідовність операцій, що виконуються над інформацією з використанням засобів і методів автоматизації»</i> . П. Г.Рагулин [7, с.31]	послідовність операцій, що виконуються над інформацією з використанням засобів і методів автоматизації	виробництво інформації для її аналізу і прийняття рішення з виконання якої-небудь дії (сфера інформатики);
6	Під інформаційною технологією <i>«розуміється процес, що складається з методів, способів і прийомів, що дозволяють здійснювати обробку, зберігання, передачу, пошук і видачу інформації»</i> . М. І. Давидовская, А. І. Лапо, А. Е. Пупців [8, с.25]	методи, способи і прийоми, що дозволяють здійснювати обробку, зберігання, передачу, пошук і видачу інформації	створення інформації, використання її людиною для її аналізу і прийняття рішень (сфера аналізу інформаційних технологій);

При визначенні поняття «Інформаційна технологія» у різних дослідженнях науковці використовували комплекси критеріїв із вказаного переліку – наявність методів, професійна компетентність оператора, засобу виробництва, пристрою числового програмного керування, інформація забезпечення виробничого процесу, критерій виділення технології, яка моделюється виробничим процесом, критерій бюджету часу, який витрачається на підготовку верстата до роботи, використання оберненого зв'язку в управлінні.

Ушакова І. О., Плеханова Г. О., досліджуючи інформаційні технології у сучасному бізнесі, розглядають їх, як процедури реалізації функцій, за допомогою яких здійснюється маніпуляція інформацією. Таким чином, «інформаційна технологія» розглядається як система послідовних дій, головна ідея якої – це взаємодія компонентів **технічного, програмного середовища і управлінського персоналу, із зовнішнім інформаційним середовищем**, що є найбільш близьким до нашого дослідження.

Сутність визначення поняття інформаційного середовища передбачає зміст функціонування і розвиток вказаної відкритої змішаної системи передбачає не тільки збір, виробництво і маніпуляцію, а й ефективне управління, де об'єктом управління є інформація та її автоматизація, а суб'єктом людина – оператор верстата з ЧПК. Таким чином, у системі «Оператор – Верстат – Числове програмне керування» виділяються два блоки управлінського циклу – керований процес (об'єкт управління) і керуючий орган управління (суб'єкт управління), що у своїй сукупності складає систему управління, де «людина» вступає у взаємодію із «машиною» та пристроями інформаційного забезпечення отримання оцінок для аналізу стану оберненого зв'язку.

Грицунов О. В., досліджуючи поняття інформаційна технологія у навчальному процесі, виділяє дві групи її складових: сукупність засобів і методів у єдності з різними виробничими технологіями. У процесі виготовлення деталей на верстаті з ЧПК оператор стає головним компонентом системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування», так як він є носієм інформації у вигляді знань, умінь і навичок, які реалізуються у єдності з існуючими мотивами та поведінкою людини (оператора) у процесах взаємодії з верстатом та його керуючим пристроєм. Але у визначенні Грицунова О. В. не виділяється соціальний компонент, зміст якого визначає сутність поняття «інформаційна технологія» забезпечення функціонування відкритої системи.

У нашому дослідженні взаємодія оператора з верстатом невід'ємно проявляється і з комп'ютерним технічним пристроєм – числовим програмним керуванням. Тобто, основою функціонування відкритої системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування» є взаємодія усіх трьох її підсистем та елементів. Зауважимо, що без людини (оператора) функціонування системи неможливе, навіть якщо підприємством керує автоматизована система управління технологічними процесами (АСУТП), оскільки для активації і введення вихідних параметрів системи необхідна діяльність людських ресурсів, які завжди знаходяться у зовнішньому середовищі як закритих, так і відкритих систем.

Тільки людина задає вихідні параметри автоматизованої інформаційної системи, яка в свою чергу передає і керує інформацією (її якістю) фіксуючи дані із датчиків з усіх контролюючих пристроїв, де автоматизована інформаційна система підвищує швидкість роботи оператора верстата з ЧПК. Тому, фактором підвищення ефективності функціонування інформаційної системи є людина, її професійна компетентність (знання, уміння і навички, мотиви праці, поведінка та трудові дії), здатність до комунікації як з іншими людьми, готовність раціонального використання бюджету часу на підготовку верстата з ЧПК до роботи, що у сукупності забезпечує ефективність виробництва. Категорія «інформаційна технологія» передбачає у відкритій системі «людина-машина» поєднання змісту «інформації» та відповідної «технології» у якій присутній процес взаємодії оператора із виконавчими органами верстата і блоком керування.

Бенько М. М. проводячи дослідження у сфері в бухгалтерському обліку та аудиту розглядає інформаційні технології як автоматизацію бухгалтерського обліку шляхом використання автоматизованих систем. Він виділяє компоненти інформаційної технології, яка забезпечує функціонування системи «бухгалтер - бухоблік». Дана система не передбачає технічну підсистему, як у системі «Оператор – Верстат – Числове програмне керування», що вступає у взаємодію із зовнішнім середовищем.

Трофимов В. В. виділяє інформаційну технологію як найважливіший процес будь-якої системи, зокрема, **технічних, соціальних і природних систем**. Цінність змісту поняття «інформаційна технологія» в тому, що в якості загального критерію ефективності інформаційної технології виділяється зміст функціонування соціальних і технічних складових конкретної системи.

Наше визначення сутності поняття «інформаційна технологія» передбачає зовнішнє природне оточення та інформаційне середовище системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування». Існування взаємодії між матеріальними та ідеальними об'єктами системи і об'єктами її зовнішнього середовища дозволяє при визначенні ефективності інформаційної

технології використовувати у якості її головного показника бюджет часу який витрачає оператор на підготовку верстату з ЧПК до роботи, у порівнянні з типовими нормами витрат часу.

Рагулин П. Г. досліджуючи поняття «інформаційна технологія» у рамках спеціальності «Прикладна інформатика» виділяє дві її системоутворюючі компоненти – соціальна та програмно-технічна складові. У системі «Оператор – Верстат – Числове програмне керування» елементом її соціальної підсистеми є оператор та його зв'язки з людьми та іншими носіями інформації. Цілеспрямоване створення, передача, зберігання і відображення інформаційного продукту – це елементи програмно-технічної підсистеми. Тому у процесі виготовлення деталей оператор верстата з ЧПК повинен осмислювати і підтримувати взаємодію з вказаними соціальними і технічними підсистемами, які впливають на ефективність функціонування системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування».

Вихідними компонентом поняття «інформаційна технологія» є надана із зовнішнього середовища і осмислена оператором інформація, яка реалізовується у процесі конкретної виробничої технології, що моделюється у як система знань, умінь і навичок особистості оператора верстата з ЧПК, як мотивація забезпечення якості продукту, конкретна послідовність трудових дій у процесі роботи. При наявності взаємодії оператора з верстатом та числовим програмним керуванням виникає структура і організація системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування», де оператор є її активним елементом і одночасно об'єктом інформаційної технології яка забезпечує її функціонування.

Давидовська М. І., Лапо А. І., Пупців А. Е. виділяють методи і способи прийомів, щоб проаналізувати різницю між інформаційною технологією і інформаційною системою. Таким чином, поняття «інформаційна технологія» містить взаємодію людини із програмними та технічними засобами виробництва, де комплекс якостей професійної компетентності забезпечують взаємодію оператора із верстатом та ЧПК.

У відкритій змішаній системі «Оператор – Верстат – Числове програмне керування» зв'язки між компонентами поняття «інформаційна технологія» визначають змістом інформацією, якою оператор володіє і реалізує у трудових операціях за алгоритмом технології виробничого процесу виготовлення деталей.

Дослідженням інформаційних технологій також займалися й інші науковці : Zurawski R. [15], Колиско О. З., Волосніков О. Д. [16], Денисенко М. П., Колос І. В. [17], Байкарова О. О., Тарасюк Л. М. [18], Бондаренко М. В., Ігнатенко Л. О. [19], які досліджували кібернетичні (закриті) системи та їх інформаційне забезпечення, впровадження яких удосконалює роботу промислових підприємств та підвищує ефективність використання кваліфікованих людських ресурсів.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розробок у даному напрямку. Аналіз наукових праць дослідників у різних сферах дозволяє зробити важливий висновок, що на сьогоднішній день недостатня увага приділялась дослідженню сутності і структури поняття «інформаційна технологія» забезпечення функціонування відкритої змішаної системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування». Системний аналіз вказаних досліджень дозволяє сформулювати сутність поняття «інформаційна технологія», як фактору забезпечення функціонування системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування», де системоутворюючим активним фактором виступає діяльність людини.

Інформаційна технологія виникає, використовується і реалізовується у прив'язці до персоналізованої системи. При зміні оператора як елемента системи змінюється і зміст інформаційної технології. Опираючись на дослідження науковців ми тлумачимо поняття «інформаційна технологія» не як загальне визначення, а поняття, яке пов'язане із забезпеченням функціонування конкретної системи. Тому, у подальших дослідженнях доцільно розглянути інформаційну технологію як фактор забезпечення функціонування різних типів відкритих систем.

1. ГОСТ Р 52653-2006 Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения. – 12 с.
2. Ушакова І. О. Інформаційні системи та технології на підприємстві : конспект лекцій / І. О. Ушакова, Г.О. Плеханова. – Харків : Вид. ХНЕУ, 2009. – 128 с.
3. Гужва В. М. Інформаційні системи і технології на підприємствах: Навч. посібник / В. М. Гужва. – К.: КНЕУ, 2001. – 400 с.
4. Носенко Т. І. Інформаційні технології навчання : навч. посіб. / Т. І. Носенко; Київ. ун-т ім. Б. Грінченка. – К., 2011. – 183 с.

5. Грицунов О. В. Інформаційні системи та технології: навч. посіб. для студентів за напрямом підготовки «Транспортні технології» / О. В. Грицунов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 222 с.
6. Соколов В. Ю. Інформаційні системи і технології : Навч. посіб. — К. : ДУКТ, 2010. — 138 с.
7. Рагулин П.Г. Информационные технологии. Электронный учебник. — Владивосток: ТИДОТ Дальневост. ун-та, 2004. - 208 с.
8. Давидовская М. И. Современные информационные технологии / М. И. Давидовская, А. И. Лапо, А. Е. Пупцев. – Вильнюс: ЕГУ, 2008. – 425 с.
9. Ромашко С.М. Опорний конспект лекцій з дисципліни "Інформаційні системи в менеджменті". – Львів: ЛІМ. – 2007. – 49с.
10. Трофимов В.В. Информационные системы и технологии в экономике и управлении: учебник для бакалавров / под ред. В. В. Трофимова.–3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 521 с.
11. Глівенко С. В. Інформаційні системи в менеджменті: Навчальний посібник / С. В. Глівенко, Є. В. Лапін, О. О. Павленко. – Суми: ВДТ "Університетська книга", 2003. – 352 с.
12. Бенько М.М. Інформаційні системи і технології в бухгалтерському обліку : монографія. – К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2010. – 336 с.
13. Недашківський О. Л. Планування та проектування інформаційних систем: навчальний посібник. / О. Л. Недашківський. – Київ, 2014. – 215 с.
14. Горелов Д.О. Організація виробництва: Конспект лекцій. — Х.: ХНАДУ, 2012. — 544 с.
15. Zurawski R. The industrial information technology handbook / R. Zurawski. – South San Francisco, CA: CRC PRESS, 2005. – 1820 с.
16. Колиско О. З. Програмне забезпечення системи управління персоналом ІТ-підприємства [Текст] / О. З. Колиско, О. Д. Волосніков // Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві : зб. наук. пр. молодих вчених, аспірантів, магістрів кафедри інформаційних технологій проектування / за заг. наук. ред. В. Ю. Щербаня. – К. : КНУТД, 2016. – С. 169-171.
17. Денисенко М. П. Інформаційне забезпечення ефективного управління підприємством / М. П. Денисенко, І. В. Колос // Економіка та держава. – 2006. – № 7. – С. 19 – 24.
18. Байкарова О. О. Інформаційні технології – засіб оптимізації діяльності підприємств / О. О. Байкарова, Л. М. Тарасюк // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2013. – № 11. – С. 177-182.
19. Бондаренко М. В. Розробка та обґрунтування системи організаційного та інформаційного забезпечення управління міжнародною конкурентоспроможністю підприємства / М. В. Бондаренко, Л. О. Ігнатенко. // Научно-технический сборник. Коммунальное хозяйство городов. – 2007. – №78. – С. 11–31.

УДК 378

Ліщина Н.М., Ліщина В.О.

Луцький національний технічний університет

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ "ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ" ДЛЯ БАКАЛАВРІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ "КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ"

Ліщина Н.М., Ліщина В.О. Деякі аспекти викладання дисципліни "Дослідження операцій" для бакалаврів спеціальності "Комп'ютерні науки". У статті розглядаються проблеми професійної підготовки майбутніх програмістів у контексті вивчення дисциплін фундаментального циклу. Описані основні теми та задачі курсу «Дослідження операцій». Визначено роль знань і вмінь з дослідження операцій у підготовці фахівця з комп'ютерних наук.

Ключові слова: професійна підготовка, комп'ютерні науки, дослідження операцій, задачі оптимізації, оптимальний розв'язок.

Лищина Н.М., Лищина В.О. Некоторые аспекты преподавания дисциплины "Исследование операций" для бакалавров специальности "Компьютерные науки". В статье рассматриваются проблемы профессиональной подготовки будущих программистов в контексте изучения дисциплин фундаментального цикла. Описаны основные темы и задачи курса «Исследование операций». Определена роль знаний и умений по исследованию операций в подготовке специалиста по компьютерным наукам.

Ключевые слова: профессиональная подготовка, компьютерные науки, исследования операций, задачи оптимизации, оптимальное решение.

Nataliia Lishchyna, Valeriy Lishchyna. Some aspects of teaching the discipline "Investigation of operations" for bachelors of specialty "Computer Science". The article report deals with the problems of professional training of future programmers in the context of studying the disciplines of the fundamental cycle. The main topics and tasks of the course "Exploration of operations" are described. The role of knowledge and skills in the research of operations in the preparation of a specialist in computer sciences is determined.

Keywords: professional training, computer science, operations research, optimization tasks, optimal solution.

Постановка проблеми. В умовах інформаційного суспільства математична освіта відіграє важливу роль у підготовці фахівців практично усіх галузей життя. У науковій літературі постійно обговорюються питання призначення, проблем, змісту математичної освіти, пошуку ефективних організаційних форм навчання, використання педагогічних інновацій та інформаційно-комунікаційних технологій у викладанні дисциплін математичного циклу та ін.

Вимоги до математичної освіти сучасного фахівця зазнали суттєвих змін: послабла роль деяких розділів класичної математики; з'являються нові навчальні математичні дисципліни. Безумовним залишається вплив навчання математики на формування певного рівня математичної культури, інтелектуального розвитку, наукового світогляду, розуміння сутності практичної спрямованості математичних дисциплін, оволодіння методами математичного моделювання. Особливо гостро проблема навчання математиці постає для ІТ-фахівців, оскільки основу програмування складає не тільки знання певної мови програмування, а й уміння побудови математичної моделі, знання ефективних алгоритмів, процесу створення алгоритмів для розв'язання поставленого завдання.

Таким чином, математична підготовка – це складний процес, основними компонентами якого є: одержання певної системи математичних знань; оволодіння певними математичними вміннями та навичками; розвиток математичного мислення. Це процес, який дозволяє збалансувати тенденції фундаменталізації та професіоналізації. Він повинен бути неперервним: на молодших курсах студент засвоює фундаментальні поняття та навички, а на старших – оволодіває професійними знаннями та прийомами, які базуються на спеціальних розділах математики.

Якісна підготовка фахівців, у тому числі математична, нині базується, в першу чергу, на самостійній навчальній діяльності, яка стає провідною в умовах інтеграції навчального процесу до стандартів Європейської системи освіти, яка запроваджує скорочення аудиторного навантаження та збільшення обсягу самостійної роботи, як основної форми навчання. Але при цьому важливо розуміти, що самостійна навчальна діяльність – це не самоосвіта студента за власним планом, а організована та керована викладачем діяльність, що спрямована на досягнення визначеної мети навчання. Курси математичних дисциплін достатньо складні та в основному викладаються на молодших курсах, і студенти не в змозі вивчити навчальний матеріал без допомоги викладача [2].

Аналіз останніх публікацій та досліджень. Аналізом специфіки задач у галузі програмування і питанням професійних якостей програмістів у різний час займалися психологи і педагоги Ф. Брукс, Г. Вейнберг, Н. Вірт, Л. Гришко, Е. Дейкстра та ін.

Розв'язання задач управління тісно пов'язане з ускладненням самого об'єкта аналітичного дослідження та функцій управління, що, у свою чергу, вимагає від дослідника все більш ширших та ґрунтовних знань у сфері застосування різноманітних методів для побудови адекватних економіко-математичних моделей. Цій проблематиці присвячено дуже багато праць як вітчизняних, так і зарубіжних вчених, зокрема: Б. Є. Бачевського, В. В. Вітлінського, Г. І. Великоіваненко, В. К. Галіцина, Н. Е. Єгорової, О. Д. Шарапова та інших.

Формування мети дослідження. Метою дослідження є визначення деяких аспектів викладання дисципліни "Дослідження операцій" для бакалаврів спеціальності "Комп'ютерні науки", розгляд проблем професійної підготовки майбутніх програмістів у контексті вивчення дисциплін фундаментального циклу, формулювання ролі знань і вмінь з дослідження операцій у підготовці фахівця з комп'ютерних наук.

Виклад основного матеріалу. Сучасна галузь програмування потребує висококваліфікованих спеціалістів, які здатні розробити програмне забезпечення для будь-якої сфери діяльності, галузі виробництва чи особистих потреб людини. Спектр запитів суспільства та економіки на якісні та зручні програми для задоволення професійних і життєвих потреб достатньо широкий. Тому нині програмування є досить розвинутою і складною сферою діяльності, що вимагає пошуку нових підходів до професійної підготовки майбутніх програмістів.

Особливістю роботи програміста є необхідність розв'язувати різні за типом завдання відповідно до певної предметної галузі та будувати математичні моделі. Наприклад, задачі оптимізації вимагають від програміста знання чисельних методів. Під час розв'язування завдань управління ресурсами від програміста вимагається знання щодо роботи з великими масивами даних, баз даних. Завдання ВНЗ, з метою підвищення конкурентоспроможності випускника, підготувати фахівця, який усвідомлює увесь спектр і специфіку завдань, з якими найчастіше стикаються програмісти та з певним досвідом.

У підготовці бакалаврів з комп'ютерних наук важливим є фундаментальний цикл дисциплін. Дисципліна «Дослідження операцій» відображає важливий напрям розвитку сучасної математики. В ній розглядаються питання, пов'язані з використанням кількісних методів для прийняття найкращого рішення у різних галузях діяльності людини. Дана дисципліна сприяє подальшому підвищенню рівня фундаментальної математичної і комп'ютерної підготовки студентів [2].

У навчанні дослідження операцій нерозривно поєднуються різні компоненти: науковий, технічний та технологічний, які по різному подаються в залежності від рівня та цілей навчання. Але на кожному рівні обов'язково має бути знайдене місце для фундаментальних знань, роль яких часто недооцінюється. У педагогічній практиці навчання введеться переважно в технологічному напрямку.

Разом з тим, ключову роль у процесі фундаменталізації змісту навчання відіграють фундаментальні поняття, які також тісно пов'язані з базовими поняттями суміжних дисциплін. Тому, виокремлення фундаментальних понять дослідження операцій, їх усвідомлення і закріплення через досвід дослідницької діяльності є інтегративним компонентом організації навчання дисципліни, створення міжпредметних зв'язків, формування у студентів цілісної системи знань і уявлень як про теоретичні основи, так і про шляхи застосування отриманих знань на практиці.

Фундаментальними у цій дисципліні постають поняття: операція, модель, алгоритм, граф, а також тісно пов'язані з ними поняття методу, процедури, функції, що загалом формують фундаментальне ядро навчання. До того ж, у змісті навчання важливу роль відіграють так звані фундаментальні алгоритми, якими треба опанувати при розв'язанні певного набору класичних задач. До них відносимо: задачі розподілу ресурсів (транспортна задача, задача про призначення); задача мережного планування; задача вибору маршруту (задача комівояжера); задачі теорії ігор. На прикладі навчання цієї дисципліни можна продемонструвати взаємозв'язок математичних методів і реалізації відповідних до них операцій і алгоритмів з візуалізацією результатів, через які відображаються співвідношення певних об'єктів та їх властивостей[4].

При вивченні навчальної дисципліни «Дослідження операцій» звертається увага на: ознайомлення студентів з основами математичного апарату, необхідного для розв'язання теоретичних і практичних задач, пов'язаних з оптимізацією; розвиток логічного мислення та підвищення загального рівня математичної культури; здобуття навичок дослідження прикладних питань та уміння перевести задачу на математичну мову; формування навичок самостійного

вивчення учбової літератури з дослідження операцій; застосування отриманих знань для аналізу, моделювання і розв'язання прикладних задач із застосуванням комп'ютерної техніки [3].

Метою вивчення дисципліни є формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок формалізації задач з використанням спеціалізованих оптимізаційних методів.

Навчання дослідження операцій у системі підготовки фахівців з комп'ютерних наук відіграє особливу важливу роль, бо поєднує в собі як фундаментальні поняття і принципи різних математичних та комп'ютерних дисциплін, так і прикладні моделі й алгоритми їх застосування. У ній реалізуються основні наукові підходи до математичного моделювання процесів, обґрунтування рішень, математичного опису базових понять і принципів реалізації інформаційних процесів опрацювання даних, що власне і є предметом комп'ютерного моделювання в інформатиці [5].

Згідно робочої навчальної програми дисципліни рекомендується розглянути основні принципи та задачі дослідження операцій, теоретичні основи лінійного програмування, симплексний та двоїтий симплексний методи розв'язування задач лінійного програмування, метод штучного базису знаходження опорного розв'язку задач лінійного програмування. Детально розглядається теорія двоїстості у лінійному програмуванні та її економічний зміст. Розглядається транспортна задача лінійного програмування, а також задача цілочисельного лінійного програмування, задача комівояжера, задачі динамічного програмування, система масового обслуговування, теорія ігор.

Потрібно під час вивчення дисципліни дослідження операцій ознайомити студентів з основними задачами дослідження операцій. Типовими класами задач дослідження операцій є:

Управління запасами. Із збільшенням запасів створюються умови для більш ритмічної роботи виробництва. Запас – це гарантія можливості виконання будь-якого замовлення. Якщо запасів не вистачає, то можливі значні збитки за рахунок невиконання зобов'язань. Але разом з тим збільшується змертвілий капітал і витрати на зберігання. Недаремно існують підприємства, які зовсім не мають складів: їх замінюють майданчики для розвантаження отриманої та відвантаження виготовленої продукції. Виникає проблема управління запасами при найменших витратах.

Розподіл ресурсів. Ресурси – це гроші, матеріали, людська праця і т.п. Ресурси завжди обмежені і в різних виробках забезпечують різний прибуток. Наприклад, ми маємо матерію, з якої можна виготовити або чоловічий, або жіночий, або дитячий одяг за різними цінами та прибутками. Виникає проблема розподілу людей, матерії та інших ресурсів між виробами з метою отримання найбільшого прибутку.

Ремонт та заміна обладнання. Застаріле обладнання вимагає витрат на ремонт і має знижену продуктивність. Потрібні розрахунки для прийняття рішення по визначенню термінів ремонту та заміни обладнання, які забезпечують найбільший прибуток.

Задачі масового обслуговування: розглядають питання створення та функціонування черг (на заводському конвейері; у залізничній касі; для літаків над аеропортом, що йдуть на посадку; клієнтів в ательє побутового обслуговування; абонентів міської телефонної станції). Потрібно розв'язати проблеми якісного обслуговування при мінімальних витратах на обладнання.

Задача рюкзака: рюкзак (вантажна машина, вагон, судно, літак) має обмежену вантажність. Потрібно так заповнити рюкзак, щоб отримати максимальний прибуток [1].

Задачу пакування рюкзака використовують для моделювання різних проблем, зокрема:

— у системах підтримки управління портфелем для балансування та диверсифікації вибраних капіталовкладень із метою пошуку найкращого балансу між ризиками та ефективністю вкладів у різні фінансові активи;

— при завантаженні човна або літака: вибір багажів для оптимального завантаження транспортного засобу;

— у кроєнні різних матеріалів (тканини, сталеві листи тощо): вибір оптимальної схеми розкрою матеріалів з метою зменшення кількості відходів.

Також дослідження цієї задачі корисне для пошуку розв'язків методом генерування стовпчиків та в задачі завантаження контейнерів.

Студентам програмістам важливо запропонувати на практичних заняттях реалізувати алгоритми дослідження операцій на практиці.

У загальному вигляді завдання можна сформулювати так: із заданої множини предметів з властивостями «вартість» і «вага», потрібно відібрати якесь число предметів таким чином, щоб

отримати максимальну сумарну вартість при одночасному дотриманні обмеження на сумарну вагу.

Нехай $P(i) > 0$ і $W(i) > 0$ — відповідно вартість і вага i -го предмету, де $i = 1, 2, 3, \dots, N$, а N — число предметів.

Потрібно знайти такий булевий вектор X розмірністю N , де

$X(i) = 1$, якщо предмет з номером i покладений в рюкзак;

$X(i) = 0$, якщо предмет з номером i не покладено в рюкзак;

щоб була максимальною сума $\sum P(i) X(i)$ і виконувалася нерівність $\sum W(i) X(i) \leq C$, де $C > 0$ — місткість рюкзака.

Розглянемо варіант алгоритму розв'язання задачі про рюкзак за умови, що ваги предметів є натуральними числами, а вартості предметів є дійсними числами. Наведемо опис алгоритму розв'язку задачі про рюкзак з елементами псевдокоду.

INPUT: // Вхідні дані

Масиви вихідних даних (ВД) містять цілі ваги W і дійсні вартості P предметів $W(1..N) > 0$ і $P(1..N) > 0$, де N число предметів і $C > 0$ — місткість рюкзака.

OUTPUT: // Вихідні дані

Масив S містить індекси елементів ВД складових оптимального розв'язку задачі про рюкзак.

START // початок алгоритму

Етап 1 // сортування ВД

Сортуємо ВД в порядку зменшення вартості предметів:

$P(1)/W(1) \geq P(2)/W(2) \geq \dots \geq P(i)/W(i) \geq \dots \geq P(N)/W(N)$, де $P(i) > 0$ вартість предмета i , $W(i) > 0$ вага предмета i .

Для зниження потреби в пам'яті для алгоритму визначаємо мінімальну вагу в наборі ВД

$W_{\min} = \min(W)$

Етап 2 // ініціалізація робочих масивів

Створюємо масив дійсних чисел LP розмірністю $(W_{\min} \dots C)$ і масив цілих чисел LCr розмірністю $(W_{\min} \dots C)$.

Заносимо в масив LP і LCr дані першого елемента з відсортованого списку ВД.

$LP(W(1)) = P(1)$

$LCr(W(1)) = 1$,

де $P(1)$ вартість і $W(1)$ вага першого предмету в відсортованому списку ВД.

Етап 3 // заповнення робочих масивів

FOR $i = 2$ TO N // цикл серед елементів, що залишилися ВД

Нехай $W(i)$ і $P(i)$ вага і вартість поточного елемента ВД.

Створюємо порожній масив дійсних чисел $Clone$ розмірністю $(W_{\min} \dots C)$.

Вносимо в масив $Clone$ вартість поточного елемента ВД

$Clone(W(i)) = P(i)$

Копіюємо в масив $Clone$ ненульові дані з масиву LP додаючи вартість $P(i)$ поточного елемента і збільшуючи його індекс на вагу $W(i)$, за умови що індекс в $Clone$ не перевищить місткості рюкзака C .

FOR $j = W_{\min}$ TO $(C - W(i))$

IF $LP(j) > 0$ THEN

$Clone(j + W(i)) = LP(j) + P(i)$

END IF

NEXT // кінець циклу копіювання

Проводимо модифікацію масивів LP , LCr на основі даних масиву $Clone$. Оновлюємо в масивах LP , LCr тільки ті елементи вартість яких у $Clone$ більше ніж у LP .

FOR $j = W_{\min}$ TO C

IF $Clone(j) > 0$ AND $Clone(j) > LP(j)$ THEN

$LP(j) = Clone(j)$

$LCr(j) = i$

END IF

NEXT // кінець циклу модифікації LP , LCr

NEXT // кінець циклу серед елементів що залишилися

Етап 4 // формування результату, зворотній спуск

Створюємо порожній масив цілих чисел S для заповнення його індексами предметів ВД. У масиві LP знаходимо максимальне значення вартості $P_{\max} = \text{MAX}(LP)$, це вартість знайденого оптимального розв'язку. Індекс знайденого в масиві елемента дорівнює вазі розв'язку, позначимо його W_r , тобто $LP(W_r) = P_{\max}$.

```
// цикл формулювання результату
UNTIL  $W_r > 0$  // если  $W_r = 0$ , результат сформульований
 $LCr(W_r) \rightarrow S$  // заносимо індекс ВД в результат
// змешуємо вагу розв'язку на вагу доданого в результат предмету
 $W_r = W_r - W(LCr(W_r))$ 
NEXT // кінець циклу формулювання результату
FINISH // кінець алгоритму.
```

Представлений алгоритм дозволяє отримати точний розв'язок цілочисельної задачі про рюкзак.

Задача комівояжера: полягає у знаходженні найвигіднішого маршруту, що проходить через вказані міста хоча б по одному разу. В умовах завдання вказуються критерій вигідності маршруту (найкоротший, найдешевший, сукупний критерій тощо) і відповідні матриці відстаней, вартості тощо. Зазвичай задано, що маршрут повинен проходити через кожне місто тільки один раз, в такому випадку розв'язок знаходиться серед гамільтонових циклів. Існує маса різновидів узагальненої постановки задачі, зокрема геометрична задача комівояжера (коли матриця відстаней відображає відстані між точками на площині), трикутна задача комівояжера (коли на матриці вартостей виконується нерівність трикутника), симетрична та асиметрична задачі комівояжера. Прості методи розв'язання задачі комівояжера: повний лексичний перебір, жадібні алгоритми (метод найближчого сусіда), метод включення найближчого міста, метод найдешевшого включення, метод мінімального кістяка дерева. На практиці застосовують різні модифікації ефективніших методів: метод гілок і меж і метод генетичних алгоритмів, а так само алгоритм мурашиної колонії. Всі ефективні (такі, що скорочують повний перебір) методи розв'язання задачі комівояжера — евристичні. У більшості евристичних методів знаходиться не найефективніший маршрут, а наближений розв'язок. Користуються популярністю так звані anytime алгоритми, тобто алгоритми, що поступово покращують деякий поточний наближений розв'язок.

Розв'язання будь-якої задачі дослідження операцій традиційним ручним способом (без залучення засобів обчислювальної техніки) потребує від спеціалістів великих затрат сил і часу для здійснення ітераційних процесів наближення до оптимального значення.

Існує ряд потужних інформаційних систем, що значно знижують ризик одержання помилкового результату і на декілька порядків скорочують час розв'язання задач. Для розв'язання задач дослідження операцій найбільш вдалим є використання сучасної інформаційної системи Microsoft Excel версії 7.0 і вище. Пояснюється це, насамперед, тим, що дана система є програмним інструментом для розв'язання інших (не зв'язаних із пошуком екстремуму) задач. Великою перевагою системи є її універсальність. Практично будь-які типи задач математичного програмування можуть бути успішно розв'язані за допомогою Microsoft Excel. Тут необхідно особливо підкреслити, що математичні моделі можуть носити дискретний характер. Однак при великій розмірності задачі її розв'язання за допомогою даної системи може бути неефективним через великі витрати часу. У цьому випадку при неперервному характері математичної моделі задачі можна використовувати інформаційну систему MathCAD. Вибір цих систем як інструментальних програмних засобів для розв'язання задач дослідження операцій багато в чому обумовлений їхньою широкою популярністю і доступністю [1].

Висновки. В результаті вивчення дисципліни «Дослідження операцій» студенти повинні отримати здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх оптимальні рішення, будувати моделі оптимального вибору управління з урахуванням змін параметрів економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії. Бакалаври з комп'ютерних наук на практичних заняттях вчать формулювати мету управління організаційно-технічною та економічною системами, формувати систему критеріїв якості управління, будувати математичну модель задачі, вибирати та застосовувати відповідний метод розв'язування задачі оптимізації, знаходити її оптимальний розв'язок, коригувати модель й розв'язок на основі отриманих нових знань про задачу й операцію, виробляти управлінське рішення щодо досліджуваної операції й виконання цього рішення,

застосовувати програмні засоби для пошуку оптимальних рішень задач організаційно-економічного управління.

1. Самойленко М.І. Дослідження операцій (Математичне програмування. Теорія масового обслуговування): Навч. посібник / М.І. Самойленко, Б.Г. Скоков. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 176 с.
2. Круглик В. С. Міждисциплінарний підхід у професійній підготовці майбутніх програмістів [Електронний ресурс] / В. С. Круглик, В. В. Осадчий // Збірник наукових праць № 27, 2017 р.- 46-51с. – Режим доступу <http://pedosvita.kubg.edu.ua>
3. Стандарт вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня за галузю знань 12 «Інформаційні технології» спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Міністерство освіти і науки України. – Режим доступу <http://mon.gov.ua/activity/education/reforma-osviti>.
4. Когут У. П. Фундаментальні поняття як інтегративний компонент організації навчання дослідження операцій майбутніх бакалаврів інформатики/ У. П. Когут // Інформаційні технології і засоби навчання, 2016. - Том 52, №2. –с. 36-51.
5. Жалдак М. І. Основи теорії і методів оптимізації : навч. посіб. для студ. мат. спец. вищ. навч. закл. / Жалдак М. І., Триус Ю. В. – Черкаси : Брама-Україна, 2005. – 608 с.

УДК 004.93

Марченко О.І., к.т.н., доцент,

Лиман Д.М., студент,

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

МОДИФІКОВАНИЙ СПОСІБ ПОВНОГО ПЕРЕБОРУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ДЕРЕВ

Марченко О.І., Лиман Д.М. Модифікований спосіб повного перебору для визначення відповідності дерев. У статті запропоновано спосіб, який надає можливість більш швидкого визначення повної або часткової відповідності двох дерев, ніж способом повного перебору. Запропонований спосіб є модифікацією способу повного перебору з використанням додаткових структур даних для визначення можливості дострокового завершення чергової ітерації порівняння у випадку знаходження невідповідності між деревами. Результатом роботи способу є множини верши та ребер з частковою або повною відповідністю між деревами, що порівнюються.

Ключові слова: граф, дерево, ізоморфність, відповідність дерев, NP задача.

Марченко А.И., Лиман Д.Н. Модифицированный способ полного перебора для определения соответствия деревьев. В статье предложен способ, который предоставляет возможность более быстрого определения полного или частичного соответствия двух деревьев, чем способ полного перебора. Предложенный способ является модификацией способа полного перебора, с использованием дополнительных структур данных для определения возможности досрочного завершения очередной итерации сравнения в случае обнаружения несоответствия между деревьями. Результатом работы способа являются множества вершин и ребер с частичным или полным соответствием между сравниваемыми деревьями.

Ключевые слова: граф, дерево, изоморфность, соответствие дерев, NP задача.

Marchenko O.I., Lyman D.M. Modified brute force algorithm for determining trees correspondence. The proposed method allows quicker determining the complete or partial correspondence between two trees compared to brute force method. Presented method is a modification of brute force method. It uses additional structures to determine the possibilities of early termination of the current comparison iteration when discrepancy between trees detected. The method produces sets of vertices and edges with partial or full trees correspondence.

Keywords: graph, tree, isomorphic, tree congruence, NP task.

Рис. 1, Лим. 9.

Постановка наукової проблеми.

Задача визначення відповідності дерев є частковим випадком більш загальної задачі визначення ізоморфності графів [1], яка використовується у багатьох сферах де можна спростити реальну модель до дерева. Наприклад, одним із застосувань у сфері автоматизації проектування електронних схем є верифікація представлення різних схем, що виконується завдяки пошуку відповідності між графами, при статичному аналізі вихідного коду деякі способи знаходження дублікатів побудовані на основі пошуку подібності між деревами. Загальний випадок рішення задачі ізоморфізму є задачею, яку відносять до групи NP-повних задач [2]. Частковий випадок цієї задачі, коли визначається відповідність між деревами, може бути спрощений завдяки відсутності будь-якого виду циклічності у деревах, наявності однієї кореневої вершини, від якої будуються зв'язки з іншими вершинами, та іншими характеристиками дерева згідно теорії графів. Пошук способів прискорення процесу визначення ізоморфності дерев на основі їх більш простої структури, ніж у графів, є актуальною задачею.

Аналіз досліджень.

Задача визначення ізоморфності двох графів, яка є більш загальною задачею розглянутої у цій статті, є NP-повною. Вирішенню NP-повних задач присвячена велика кількість наукових статей, а в деяких з них намагаються вирішити часткові випадки [3]. Як відомо, дерева є підмножиною ненаправлених графів зі своїми властивостями, що спрощують можливість визначення відповідності.

У статті [4] пропонується вирішення проблеми визначення входження дерев завдяки створенню структури даних, яка задає множину процедур для виконання алгоритму повного перебору. Класичним способом вирішення даної задачі вважається алгоритм Ульмана [5]. Способи, що мають на меті скорочення кількості дій для встановлення відповідності відрізняються між собою підходами для вирішення цієї задачі. Наприклад, існують способи, що аналізують вхідні моделі та застосовують структуровані методи прогнозування результату [6] або використовують трансформації для зведення проблеми до задачі пошуку максимальної кліки у графах та побудови допоміжних структур даних у

вигляді графів асоціацій, використовуючи концепцію зв'язності теорії графів [7].

Метою даної роботи є розроблення способу для прискорення процесу визначення відповідності між вершинами двох вхідних дерев завдяки частковому обходу та побудові словника повної або часткової узгодженості вершин.

Повний перебір вхідних дерев для визначення відповідності дерев.

Проблема визначення відповідності дерев зводиться до визначення множин вершин, які необхідно видалити, щоб отримати дерево T з дерева P . Наведемо деякі визначення та властивості дерев, які будуть використані надалі у статті:

- усі вершини дерева мають зв'язки;
- існує коренева вершина, від якої можна знайти простий унікальний шлях до будь-якої вершини;
- зв'язки типу «батько-дитина» та «дитина-батько» – зв'язки між вершинами, що з'єднані напряму одна з одною, рухаючись від кореня та в зворотньому напрямку відповідно;
- вершини з однаковою довжиною шляху від кореня, утворюють ярус дерева.

З властивостей дерева витікає відсутність гамільтонових циклів, які наявні у графах, що суттєво зменшує кількість можливих дій для отримання одного дерева з іншого. У той же час, поняття впорядкованості дерев ускладнює пошук відповідності. Граф називається впорядкованим, якщо існує і враховується порядок між вершинами-дітьми. Вирішення задачі відповідності невпорядкованих дерев є більш складним випадком, оскільки виникає проблема визначення гомоморфних дерев. Це означає, що для визначення відповідності між структурами двох дерев необхідно брати до уваги порядок між дітьми одного рівня. На рисунку 1 наведено два невпорядковані дерева, які мають відповідність.

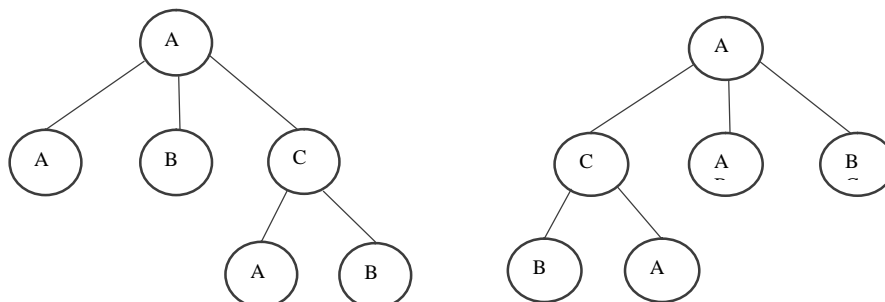


Рис. 1. Невпорядковані гомоморфні дерева

Повний перебір є загальним способом, який полягає у систематичному переборі усіх можливих варіантів для знаходження рішення поставленої задачі за допомогою послідовної перевірки кожного кандидата на відповідність критерію рішення цієї задачі. Хоча спосіб повного перебору легкий у реалізації і в результаті буде точно знайдено рішення, якщо воно існує, але при його використанні можливі випадки комбінаторного вибуху, тобто різкого зростання часу, потрібного для визначення відповідності дерев, через збільшення кількості можливих рішень, які необхідно перевірити. Цей спосіб може бути достатньо ефективно використаний у разі, якщо вдається знайти шляхи зменшення множини рішень, яку потрібно аналізувати, до прийнятної кількості елементів. У випадку, якщо простота або наочність вирішення задачі має вищий пріоритет за швидкість вирішення самої задачі, використання способу повного перебору цілком виправдане.

Спосіб повного перебору обов'язково повинен складатися з чотирьох етапів: ініціалізація можливого варіанту, генерація наступного, валідація та отримання вихідного результату. Перелічені процедури приймають в якості вхідного параметру P дані, що відображають проблему, яку намагаються вирішити. Порядок дій та їх опис наступний:

1. Ініціалізація (P): генерація першого кандидата для вирішення поставленої проблеми P .
2. Наступний (P, c): генерація іншого кандидата c для P .
3. Валідація (P, c): перевірка чи задовольняє кандидат c проблему P .
4. Вихідні дані (P, c): використання кандидата c для проблеми P як придатний результат.

Додатковою задачею другої процедури є показ випадку відсутності інших кандидатів рішення проблеми P , окрім кандидата, згенерованого в результаті першої процедури. Загальний підхід до

такого випадку є повернення так званого null-кандидата (нульового кандидата), тобто такого значення кандидата, яке не входить в множину можливих значень реальних кандидатів для вирішення проблеми P . Також можлива ситуація, при якій взагалі відсутні кандидати для вирішення поставленої задачі P , тому повернення null-кандидата як результат роботи є валідним результатом.

Спосіб повного перебору може бути представлений у вигляді алгоритму верхнього рівня:

```

c ← ініціалізація(P)
while c не дорівнює null кандидату do
  if валідація(P,c) then
    вихідні дані(P, c)
  end if
  c ← наступний(P,c)
end while

```

В загальному випадку, спосіб повного перебору може бути легко модифікований для використання першого кандидата, що задовольняє процедурі валідації, в якості кінцевого результату. Також можливе використання інших критеріїв для зупинки пошуку, таких як, наприклад, припинення виконання пошуку після отримання заданої кількості придатних результатів для вирішення заданої проблеми P або після певного часу роботи (тактів процесора) програми, що реалізує даний спосіб, тощо.

Крім того, для реалізації пошуку відповідності між вхідними деревами повним перебором необхідно визначити також критерій перевірки кандидатів на коректність результату та описати дії чотирьох процедур, що були зазначені вище. Кандидатами перевірки коректності є піддерева одного вхідного дерева, які порівнюються для пошуку відповідності з іншим вхідним деревом. На кожній ітерації процесу визначення відповідності дерев відбувається видалення певної вершини з метою отримання піддерева з кількістю вершин рівною кількості вершин того дерева з яким визначається відповідність. Оскільки дерева завжди мають кореневу вершину, то піддерево з кореневою вершиною і буде кандидатом при ініціалізації пошуку, а кожний наступний кандидат буде піддеревом з видаленою однією вершиною з минулого кандидата. Процедура валідації двох дерев – це перевірка на еквівалентність дерев отриманих шляхом всіх можливих перестановок між вершинами дерева кандидата та дерева з яким визначається відповідність. Критерієм еквівалентності неупорядкованих дерев є відповідність зв'язків між вершинами графа. У випадку упорядкованих дерев, до критерію неупорядкованих дерев додається критерій збереження порядку між дітьми одного рівня. У разі позитивного результату на етапі валідації, на виході отримаємо два дерева, які мають вершини з повною відповідністю між собою.

Модифікований спосіб перебору дерев для визначення відповідності неупорядкованих дерев

В запропонованому способі змінюються кандидати для порівняння та критерій верифікації двох дерев. Як зазначено вище, критерієм відповідності двох дерев є однаковість зв'язків між вершинами. Зв'язки між вершинами дерев можна представити у вигляді списку пар ключ-значення, так званого словника, де ключем є вершина-батько, а значенням – вершина-дитина. Таким чином зберігається характеристика еквівалентності дерев та спрощується визначення кінцевого рішення. Ним має бути один або декілька словників відповідності в яких ключами є вершини дерева з яким визначається відповідність, а значеннями – вершини дерева в якому знаходиться відповідність. Тобто представлені словники відповідності є кандидатами для верифікації, процес порівняння яких має швидку реалізацію у багатьох мовах програмування. В свою чергу змінюється й критерій перевірки, ним стає наявність усіх вершин дерева, що порівнюється у якості ключів в словнику відповідності між вершинами двох дерев.

Основою способу, що пропонується, є спуск по ярусам дерев з побудовою усіх можливих варіантів відповідності між деревами, оскільки вхідні структури даних є невідсортованими і необхідно виконати усі перестановки для визначення можливих варіантів рішення. Наступний етап – пошук помилки у побудованих варіантах відповідності та збільшення кількості елементів словника, поки кількість записів у кандидаті не буде дорівнювати кількості вершин дерева, з яким відбувається процес пошуку відповідності. Процес перебору згідно даного способу складається з трьох кроків:

1. Взяття чергового ярусу дерева.
2. Побудова усіх можливих варіантів відповідності між деревами на ярусі.
3. Злиття кожного варіанту з існуючим словником відповідності.

Відмінність даного способу від способу повного перебору полягає у зменшенні кількості можливих варіантів відповідності пошуком невизначеності у словнику після кожної ітерації. Невизначеність у словнику – це двозначність між ключами або значеннями, тобто два ключі відповідають одному значенню, або навпаки два значення відповідають одному ключу. Внаслідок використання критерія невизначеності у словнику, кількість ітерацій зменшується порівняно зі способом повного перебору. Наведений спосіб закінчує свою роботу у двох випадках: пройдені усі вершини або знайдена двозначність словника.

У разі вичерпання ярусів обох вхідних дерев, можна зробити висновок, що було знайдено шукану відповідність між двома структурами. В загальному випадку, може бути більше ніж один словник повної відповідності між вершинами дерев, оскільки повна перестановка дає велику кількість можливих варіантів. Випадок, коли кожен з можливих варіантів продукує колізію в існуючому словнику відповідності, визначає неповну відповідність між двома деревами. В залежності від кількості вершин, що були отримані в результаті визначення гомоморфізму структур даних, можна підрахувати ступінь відповідності.

Наведемо опис послідовних дій запропонованого способу:

1. Ініціалізація двох списків повної та часткової відповідності пустими словниками.
2. Паралельний обхід двох вхідних дерев, починаючи з першого ярусу. Далі будуть циклічно виконуватися наступні дії:

2.1. Виконання перестановки вершин на поточному ярусі другого дерева по кількості вершин з поточного ярусу першого дерева.

2.2. Створення словника відповідності для кожної перестановки з п.2.1., де ключем є вершина з першого дерева поточного ярусу, а значенням – вершина з другого дерева поточного ярусу.

2.3. Кожен словник з п.2.2. поєднується з кожним елементом зі списку відповідності. Словники, в яких при поєднанні не виникла колізія, є новим значенням списку словників відповідності. Словники, в яких при поєднанні виникла колізія між ключами або значеннями, вважаються словниками часткової відповідності і додаються до списку часткової відповідності, після чого вже не приймають участі у подальшому поєднанні.

2.4. Якщо усі словники з п.2.2 продукують невідповідність у результуючих словниках відповідності, то необхідно перенести усі словники зі списку повної відповідності до списку часткової відповідності, і виконання способу закінчується. В інакшому випадку, виконується взяття наступного ярусу з вхідних дерев та перехід до п. 2.1. У разі, якщо наступного ярусу в одному з вхідних дерев немає, виконання способу закінчується.

3. Результатом виконання дій способу є два списки. В залежності від наявності або відсутності словників в списку повної відповідності, можна зробити висновок про еквівалентність між вхідними деревами.

Оскільки представлений спосіб на виході надає не тільки словник з повною відповідністю вершин, а й множину словників з частковою відповідністю, то за допомогою даних словників можна визначити відсоткове значення співпадіння між вхідними деревами двох типів: за кількістю безпомилкових варіантів відповідності між вершинами та повних ярусів дерев. Відсоткове значення може бути знайдене як відношення кількості вершин з безпомилковою відповідністю до кількості вершин дерева, з яким визначалась відповідність.

Наведене вище відношення може бути модифіковане для пошуку відсотку відповідності між деревами за кількістю повних ярусів дерев, що відповідають безпомилково. Для цього необхідно замінити лише підрахунок кількості вершин на підрахунок кількості ярусів. Якщо інформація про показники дерев, що порівнюються, відсутня, то для повної оцінки результату пошуку відповідності необхідно використовувати обидва показники, а саме: середнє значення вершин у ярусі, середня кількість вершин-дітей та інші.

Отримані словники відповідності можуть бути використані у різних сферах, в яких необхідно визначити відповідність між двома моделями, за умови, що моделі можуть бути представлені у вигляді дерева. При проектуванні електронних схем існує необхідність автоматизація процесу перевірки

різних представлень електронних схем. Також існують способи повної автоматизації оптимізації програмного забезпечення за допомогою пошуку загальних абстрактних синтаксичних дерев для зменшення кількості дублювання у кодї, а також часткової автоматизації програмного забезпечення у випадку аналізу зв'язків між структурами даних, змінними та іншими логічними частинами програмного забезпечення [8]. Іншим прикладом використання пошуку відповідності між деревами є аналіз шаблонів проектування у вихідному кодї програмного забезпечення. Такий підхід активно використовується у випадку аналізу вихідного коду значного розміру для подальшого автоматизованого або ручного рефакторингу [9].

Визначені часткові відповідності можуть бути використані для рішення задач пов'язаних з ізоморфністю дерев та інших видів направлених графів. Прикладами таких задач є пошук найбільших або найменших спільних піддерев та визначення мінімального розширення вершин та ребер для повної відповідності між вхідними направленими графами.

Висновки

У даній статті пропонується модифікація способу повного перебору, який дозволяє визначати повну або часткову відповідність між двома деревами. Представлений спосіб надає можливість дострокового завершення визначення повної або часткової відповідності між вершинами двох неупорядкованих вхідних дерев, використовуючи загальний підхід повної перестановки між вершинами та список словників як додаткових структур даних для пришвидшення процесу верифікації кандидатів для вирішення поставленої задачі з метою дострокової зупинки процесу пошуку. Додатковим результатом роботи способу є визначення множини вершин та ребер, що необхідно видалити для отримання співпадаючих дерев.

У якості напрямку для подальшої модифікації та розвитку розглянутого способу можна запропонувати реалізацію виконання вибору підмножини можливих варіантів повної відповідності для зменшення кількості виконуваних операцій. Крім того, можна виконувати аналіз вихідного результату для представлення оцінки відповідності двох орієнтованих графів, а також розширити використання способу на інші види графів: неорієнтовані, змішані, циклічні.

1. Kelly. A congruence theorem for trees. / Kelly, Paul J. // Pacific J. Math. – 1957. – P. 961–968.
2. Campbell D.M. Tree isomorphism algorithms: Speed vs. Clarity. / D.M. Campbell // Math. Mag. 64, No. 4. – 199. – P. 252-261.
3. Yuko Itokawa, Masanobu Wada, Toshimitsu Ishii and Tomoyuki Uchida. Tree Pattern Matching Algorithm Using a Succinct Data Structure // Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2011 Vol I, IMECS 2011, March 16-18, 2011, Hong Kong.
4. Philip Bille and Inge Li Gørtz. The Tree Inclusion Problem: In Optimal Space and Faster // Technical Report IT University of Copenhagen, January 2005
5. J.R. Ullman. An Algorithm for Subgraph Isomorphism // Journal of the ACM (JACM) - Volume 23 Issue 1 - Jan. 1976, pp. 31-42.
6. Ranjitha Kumar. Flexible Tree Matching / Ranjitha Kumar, Jerry O. Talton, Salman Ahmad, Tim Roughgarden, Scott R. Klemmer // Proceedings of the Twenty-Second international joint conference on Artificial Intelligence - Volume Volume Three, p. 2674-2679, 2011.
7. M. Pelillo. Matching hierarchical structures using association graphs / M. Pelillo, K. Siddiqi, S.W. Zucker // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume 21, 1999.
8. Свамі М. Графи, мережі та алгоритми / М. Свамі, К.Тхулаліраман // Світ. — 1984. — 455с.
9. Кериевски Дж.М. Рефакторинг с использованием шаблонов. / Дж.М. Кериевски // Вильямс. — 2008. — 400 с.

УДК 681.121.89.082.4

Ф.Д. Матіко, доктор технічних наук, доцент

В.І. Роман, кандидат технічних наук

Національний університет «Львівська політехніка»

ВПЛИВ ПРОСТОРОВОГО РОЗТАШУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ СПОТВОРЕНИХ ПОТОКІВ

Матіко Ф.Д., Роман В.І. Вплив просторового розташування ультразвукового витратоміра на точність вимірювання витрати спотворених потоків. В статті на базі аналітико-емпіричних функцій швидкості спотворених потоків Salami розроблена узагальнена методика дослідження додаткової похибки вимірювання витрати ультразвукових витратомірів з різними типами схем розташування акустичних каналів. Встановлено, що просторове розташування ультразвукового витратоміра відносно горизонтальної площини може спричинити перевищення нормативних допустимих меж додаткової похибки вимірювання витрати зумовленої спотворенням структури потоку навіть для витратомірів із великою кількістю акустичних каналів.

Ключові слова: ультразвуковий витратомір, додаткова похибка, структура потоку, профіль швидкості, функція Salami, акустичний канал.

Матіко Ф.Д., Роман В.І. Влияние пространственного расположения ультразвукового расходомера на точность измерения расхода искаженных потоков. В статье на базе аналитико-эмпирических функций скорости искаженных потоков Salami разработана обобщенная методика исследования дополнительной погрешности измерения расхода ультразвуковых расходомеров с различными типами схем расположения акустических каналов. Установлено, что пространственное расположение ультразвукового расходомера относительно горизонтальной плоскости может вызвать превышение нормативных допустимых пределов дополнительной погрешности измерения расхода обусловленной искажением структуры потока даже для расходомеров с большим количеством акустических каналов.

Ключевые слова: ультразвуковой расходомер, дополнительная погрешность, структура потока, профиль скорости, функция Salami, акустический канал.

Matiko F.D., Roman V.I. The influence of the spatial arrangement of the ultrasonic flowmeter on the accuracy of the measurement of the distorted flow. In the article, based on the Salami analytic-empirical functions of the velocity of distorted flows, developed a generalized methodology for studying the additional error of measuring the flow rate of ultrasonic flowmeters with different types of layouts of acoustic paths. It has been established that the spatial arrangement of the ultrasonic flowmeter relative to the horizontal plane may lead to an excess of the standard allowable limits of the additional error of measuring the flow rate due to distortion of the flow structure even for flowmeters with a large number of acoustic paths.

Key words: ultrasonic flowmeter, additional error, flow structure, velocity profile, Salami function, acoustic path.

Постановка наукової проблеми. Активне впровадження ультразвукових витратомірів (УЗВ) для задач комерційного обліку плинних енергоносіїв (зокрема природний газ), викликане рядом їх переваг: відсутність впливу на структуру потоку; відсутність рухомих частин що швидко зношуються в процесі роботи; незначні втрати тиску; широкий діапазон вимірювання витрати; можливістю застосування для вимірювальних трубопроводів (ВТ) будь-яких діаметрів; можливістю вимірювання двонаправлених потоків; можливість визначення додаткових параметрів потоку (густини, швидкості звуку, теплотворної здатності) [1].

Проте, як і традиційні засоби вимірювання витрати плинних енергоносіїв (турбінні та роторні лічильники; методи із застосуванням пристроїв звуження потоку) так і УЗВ в значній мірі чутливі до зміни умов в яких вони калібровані (тиск, витрата, структура потоку). Головним фактором зменшення точності вимірювання витрати який може виникнути під час експлуатації УЗВ є спотворення структури потоку викликаного наявністю перед витратомірами місцевих опорів (МО). Згідно [1] дослідження і розробка заходів щодо усунення впливу цього фактора на точність вимірювання витрати УЗВ є одною із найважливішою наукових задач ультразвукової витратометрії.

Аналіз досліджень. Згідно огляду науково-технічної та нормативної літератури по ультразвуковій витратометрії [1] усунення спотворень структури потоку перед УЗВ здійснюють двома шляхами: встановленням прямолінійних ділянок ВТ достатньої довжини (для природнього вирівнювання структури потоку), або застосуванням спеціальних пристроїв для кондиціонування потоку перед УЗВ (для примусового вирівнювання структури потоку). Обидва названі підходи мають недоліки: встановлення прямолінійних ділянок ВТ достатньої довжини не завжди можливе, а також має високу вартість реалізації; застосування кондиціонерів потоку призводить до збільшення втрат тиску. Слід відмітити, що встановлення кондиціонера потоку не знімає повністю питання вибору довжини прямолінійних ділянок ВТ, оскільки для УЗВ із встановленим кондиціонером також необхідно витримати певну мінімальну їх довжину. Отже актуальними залишаються пошук інших підходів які б забезпечували високу точність вимірювання витрати

спотворених потоків плинних енергоносіїв без суттєвих змін в конфігурації ВТ та конструкції УЗВ.

В даній роботі пропонується вирішувати окреслені питання математичним шляхом. В якості моделей спотвореного потоку рекомендується застосовувати емпіричні функції швидкості професора L.A. Salami [2]. Застосування функцій Salami для вирішення задач ультразвукової витратометрії розглянуто в багатьох закордонних [3-6] та вітчизняних [7-10] наукових працях.

В [7] авторами цієї статті з використанням математичного апарату функцій Salami досліджено як один із способів усунення впливу спотворень структури потоку на точність вимірювання витрати УЗВ збільшення кількості їх акустичних каналів (АК); поточна стаття є логічним продовженням цих досліджень. Тому в цій роботі авторами **поставлено за мету** дослідити вплив зміни просторової орієнтації УЗВ (по відношенню до МО) на похибку вимірювання витрати в умовах спотворень структури потоку.

Виклад основного матеріалу. Як відомо, потік плинного середовища через виробничі ВТ циліндричної форми має спотворену структуру потоку. Причиною такої ситуації є те, що ВТ мають в своєму складі (вмонтовані в трубопровід) різноманітне регулююче обладнання, запірну арматуру, МО різного типу (коліна, група колін, трійники, дифузори, конфузори), фільтри і так далі, які служать джерелами спотворень профілю швидкості потоку (його структури) [1, 2].

Для дослідження потоків із спотвореною структурою професором L.A. Salami в результаті обробки численних експериментальних даних [2], було створено 23 профілі швидкості спотвореного потоку. Серед них Р4, Р8, Р11, Р12, Р13, Р14 дуже схожі на профілі швидкості потоку після МО типу «коліно» та його модифікацій; Р6, Р9, Р17 та Р19 нагадують профіль швидкості, який утворюється після струминовипрямляча у формі сітки. Багатоядерні профілі такі як Р5, Р10, Р16, Р20, Р21, Р22 і Р23 були знайдені для імітації складних профілів швидкості після циркуляційних теплообмінників, які часто зустрічаються на ВТ [2].

В роботі [7] авторами розроблено методику дослідження додаткової похибки вимірювання витрати багатоканальних хордових УЗВ зумовленої спотворенням структури потоку. Оскільки в цій роботі буде досліджено й інші типи УЗВ (із діаметральними та комбінованими схемами розташування АК), виконаємо узагальнення цієї методики. Етапи узагальненої методики досліджень:

1. Визначення геометричних характеристик УЗВ (тип схеми розташування АК; кількість АК та координати їх просторового розташування).

В роботі досліджено три типи схем розташування АК: діаметральні (див.рис.1,а); хордові 2, 3 та 4 каналні (неефективність дослідження хордових УЗВ із кількістю АК більше за 4 описана авторами в [7]) (див.рис.1,б); Δ-схема (див.рис.1,в).

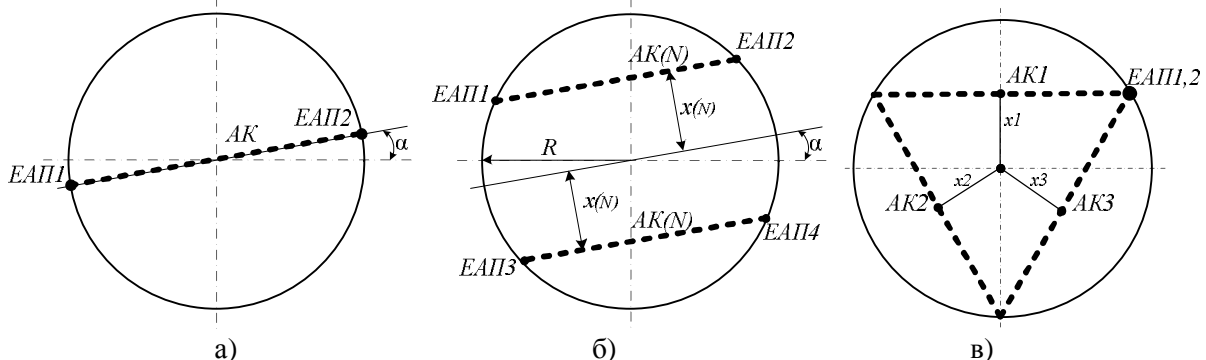


Рис.1. Схеми розташування АК УЗВ: а) діаметральна; б) хордова; в) Δ-схема;
 N – кількість АК; α – кут нахилу УЗВ відносно горизонтальної площини; R – радіус ВТ;
 ЕАП – електроакустичний перетворювач; x – координата розташування АК УЗВ

Координати розташування хордових АК УЗВ (рис.1,б) вибрано згідно класичного числового методу інтегрування Гауса-Якобі [5]:

$$x(N=2)=[0,5000 \quad -0,5000]*R;$$

$$x(N=3)=[0,7071 \quad 0 \quad -0,7071]*R;$$

$$x(N=4)=[0,8090 \quad 0,3090 \quad -0,3090 \quad -0,8090]*R;$$

Координати розташування АК Δ-схеми рівні $x_{1,2,3} = 0,5*R$. Початковий кут інсталяції такого УЗВ вибраний так, що кути нахилу АК Δ-схеми відносно горизонтальної площини рівні:

$$\alpha(АК1) = 0^\circ;$$

$$\alpha(\text{AK2}) = 135^\circ;$$

$$\alpha(\text{AK3}) = 225^\circ.$$

2. Розрахунок еталонних значень нормованої об'ємної витрати потоку на базі функцій Salami згідно формули [2, 6]:

$$q_{\text{SAL}} = \int_0^{2\pi} \left(\int_0^1 r \cdot v_{\text{SAL}}(r, \theta) dr \right) d\theta. \quad (1)$$

де: v_{SAL} – функція Salami; r, θ – радіальна та кутова координата точки функції швидкості Salami [2].

В даній роботі використано функцію Salami P13 аналітичний запис якої має наступний вигляд [4]:

$$v_{\text{SAL}} = (1-r)^{\frac{1}{7}} - \frac{e^{0,1\pi}}{2} r(1-r)^{\frac{1}{9}} e^{-0,2\theta} \sin \theta. \quad (2)$$

Використовуючи формули (1) та (2) знайдено еталонне значення нормованої об'ємної витрати потоку на базі функцій Salami P13: $q_{\text{SAL}}(\text{P13}) = 2,4366$. Графічне представлення функцій Salami P13 наведено на рис.2.

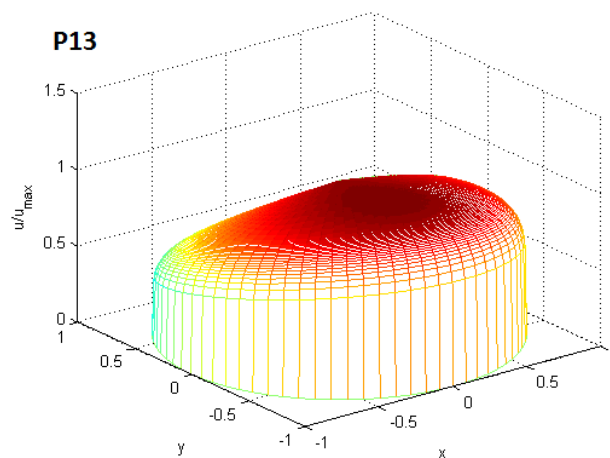


Рис.2. 3D профіль функції Salami P13

3. Розрахунок значення об'ємної витрати УЗВ на базі функцій Salami виконується в залежності від типу схеми розташування АК.

3.1. Для діаметральних УЗВ згідно формули [1]:

$$q_{v.\text{УЗВ}} = \pi R^2 \cdot v_{\text{AP}}. \quad (3)$$

3.2. Для хордових УЗВ згідно формули [1]:

$$q_{v.\text{УЗВ}} = \pi R^2 \cdot \frac{\sum_{i=1}^N v_{\text{AP}}(i)}{N}. \quad (4)$$

3.3. Для УЗВ із Δ -схемою згідно формули [1]:

$$q_{v.\text{УЗВ}} = \pi R^2 \cdot \frac{\sum_{i=1}^N v_{\text{AP}}(i)}{3}. \quad (5)$$

Значення швидкості потоку v_{AP} в (3)-(5) розраховуємо за узагальненою формулою [7, 8]:

$$v_{\text{AK}} = \sum_{i=1}^N \left[\frac{1}{T(i)} \left(\int_0^{\sqrt{R^2-x(i)^2}} v_{\text{SAL}} \left(\sqrt{x(i)^2 + L^2}, \alpha + \arctg \frac{L}{x(i)} \right) dL + \int_0^{\sqrt{R^2-x(i)^2}} v_{\text{SAL}} \left(\sqrt{x(i)^2 + L^2}, \alpha - \arctg \frac{L}{x(i)} \right) dL \right) \right], \quad (6)$$

де: L – довжина АК УЗВ [7]; T – ширина площини в якій лежить i -тий АК УЗВ [7].

4. Усунення гідродинамічної похибки УЗВ.

Одним із способів усунення гідродинамічної похибки УЗВ [1] є введення в рівняння витрати відповідного коефіцієнта наближення вимірної швидкості потоку до теоретично бажаної (еталонної). Формула для розрахунку такого коефіцієнта має вигляд:

$$k = \frac{q_{v.УЗВ}}{q_{v.et}}, \quad (7)$$

де: $q_{v.et}$ – значення витрати розраховане для аналітичної формули неспотвореного потоку. В теорії гідродинаміки [2] така формула зветься законом розподілу. Найбільш розповсюдженим законом розподілу швидкості турбулентного потоку є степеневий закон розподілу швидкості.

Зважаючи на те, що функція Salami включає в себе як неспотворений компонент цей самий степеневий закон розподілу, пропонуємо визначати коефіцієнт k за наступною формулою:

$$k = \frac{q_{v.УЗВ}}{2\pi \cdot \int_0^1 r \cdot (1-r)^n dr}, \quad (8)$$

де: n – показник степеня степеневого закону розподілу швидкості потоку.

Як видно із (2) для функції Salami P13 $n=7$. Для діаметральних УЗВ коефіцієнт k буде зватись коректувальним і позначатиметься k_c . Для хордових УЗВ та УЗВ із Δ -схемою коефіцієнт k зватиметься калібрувальним і позначатиметься k_{cal} . Використовуючи всі вище описані формули визначено наступні значення коефіцієнтів:

$$\begin{aligned} k_v(N=1) &= 0,9333. \\ k_{cal}(N=2) &= 0,9928; \\ k_{cal}(N=3) &= 0,9942; \\ k_{cal}(N=4) &= 0,9988. \\ k_{cal}(\Delta) &= 0,9928. \end{aligned}$$

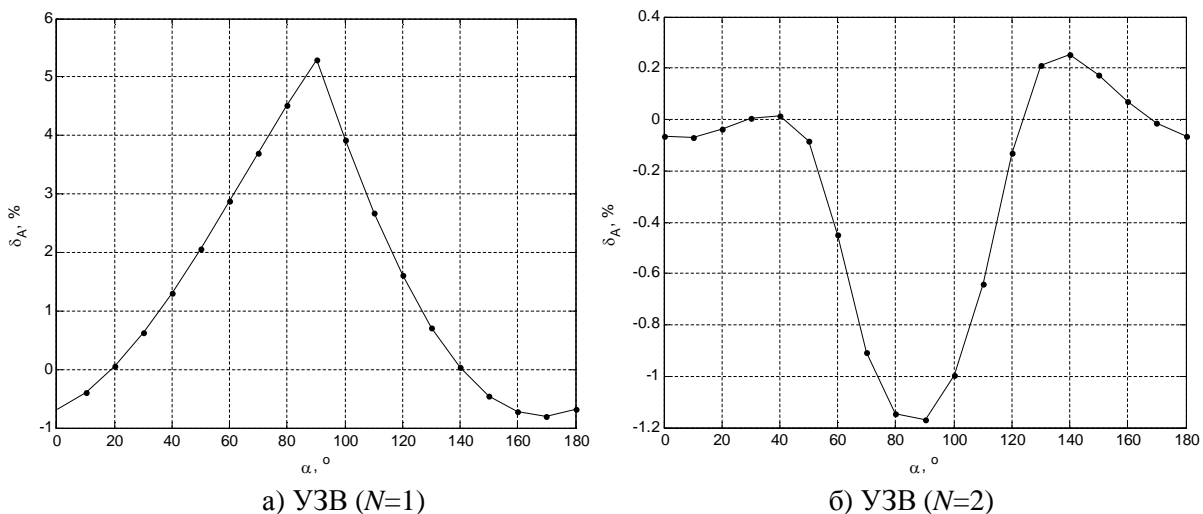
5. Обчислення додаткової похибки зумовленої спотворенням структури потоку у формі функцій Salami (δ_A) виконується за формулою:

$$\delta_A = \frac{k \cdot q_{v.УЗВ} - q_{v.et}}{q_{v.et}} \cdot 100 \quad (9)$$

За умову визначення оптимального кута встановлення УЗВ по відношенню до горизонтальної площини (до спотворення структури потоку) прийнято вимоги ISO 17089-1 [1, пп.5.9.3.2] про те, що максимальна додаткова похибка зумовлена спотворенням структури потоку не повинна перевищувати значення 0,3 %:

$$|\delta_{A(\alpha)}^{\max} - \delta_{A(\alpha+1)}^{\max}| < 0,3\% \dots \quad (10)$$

На рис.3 представлено результати дослідження похибки δ_A за розробленою методикою в діапазоні значень кута $\alpha = 0 \dots 180^\circ$.



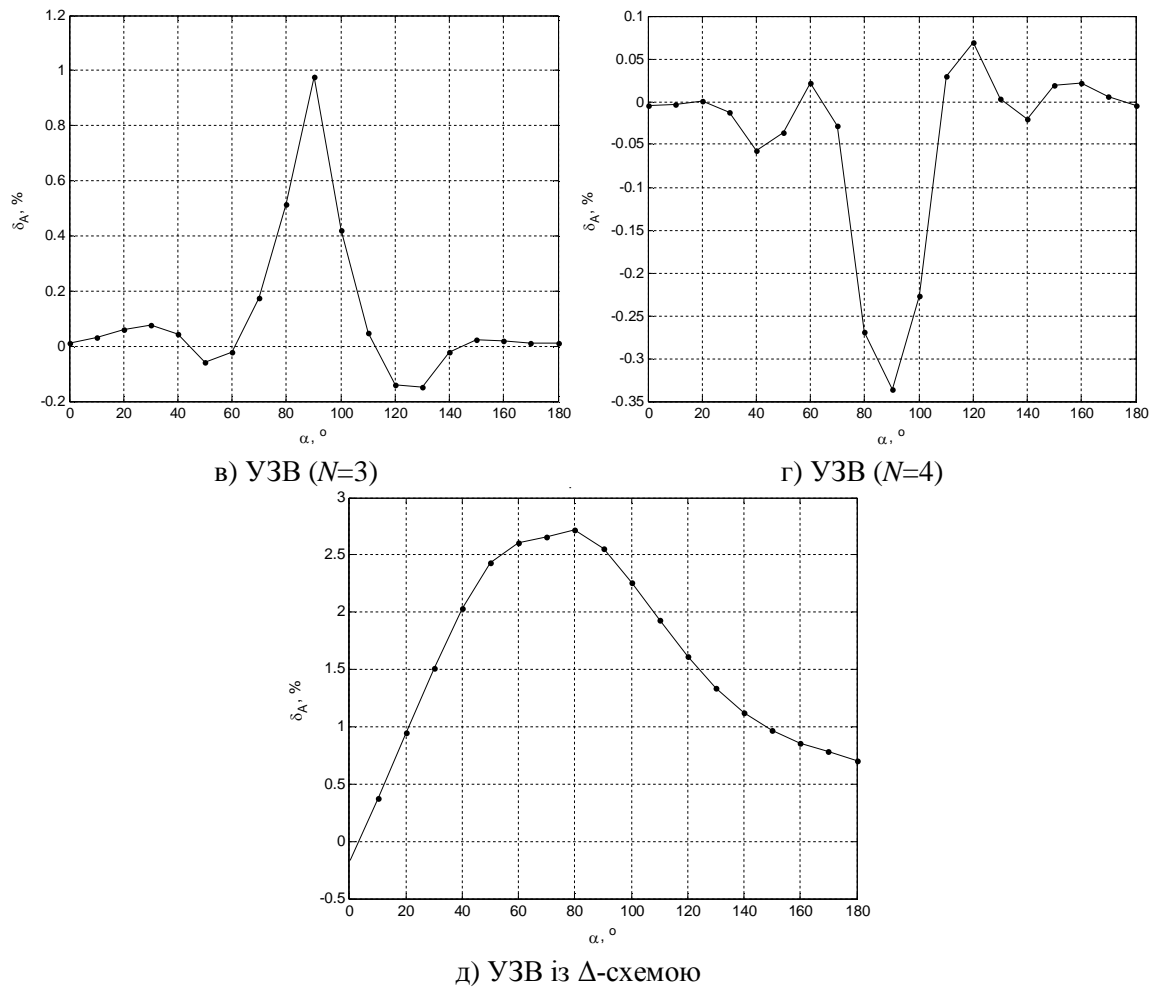


Рис.3. Результати дослідження δ_A для різних типів УЗВ на функції P13

Висновки. Аналізуючи наведені на рис.3 дані, можна стверджувати, що додаткова похибка вимірювання витрати УЗВ зумовлена спотворенням структури потоку залежить не тільки від кількості АК та способу їх розташування, а й від кута повороту витратоміра відносно горизонтальної площини. Так, в одному випадку, підбір кута повороту УЗВ (рис.3,а) відносно горизонтальної площини ($\alpha = 10... 20^\circ$ або $\alpha = 140... 150^\circ$) дозволив зменшити похибку δ_A (на моделі P13) до задовільного рівня в $\pm 0,3\%$. Проте перевищення цих діапазонів значень кута α навпаки спричиняє різке збільшення похибки δ_A в кілька разів; цей ефект зустрічається навіть в багатоканальних УЗВ, і у всіх розглянутих випадках (рис.3) призводить до виходу значення похибки δ_A за нормовані межі в $\pm 0,3\%$.

В результаті можна стверджувати, що подібні дослідження є вкрай важливими на етапі проектування конфігурації ВТ в тих випадках, коли відстань між джерелом спотворення і УЗВ є досить малою. В цьому випадку аналіз просторове розташування УЗВ на базі функцій Salami може в значній мірі сприяти усуненню додаткової похибки вимірювання витрати δ_A .

1. International Organization for Standardization. (2010). ISO 17089-1: Measurement of fluid flow in closed conduits - Ultrasonic meters for gas. Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement. Geneva, Switzerland: ISO.
2. Salami, L.A. (1984). Application of a computer to asymmetric flow measurement in circular pipes. Trans. Inst. Meas. Control, 6, 197-206.
3. Zanker, K.J. (1999, 25-28 October). The effects of Reynolds number, wall roughness, and profile asymmetry on single- and multi-path ultrasonic meters. Paper presented at the Proceedings of XVII International North Sea Flow Measurement Workshop, Oslo, Norway, 117-129.
4. Moore, P.L., Brown, G.J., and Stimpson, B.P. (2000). Ultrasonic transit-time flowmeters modelled with theoretical velocity profiles: methodology. Meas. Sci. Technol., 11, 1802-1811.
5. Tresch, T., Gruber, P., & Staubli, T. (2006, July 30 – August 1). Comparison of integration methods for multipath acoustic discharge measurements. Paper presented at the Proceedings of VI International Conference on IGHEM, Portland Oregon, USA.
6. Duffell, C.J., Brown, G.J., Barton, N.A., and Stimpson, B.P. (2003, 25-28 March). Using optimization algorithms and CFD to improve performance of ultrasonic flowmeters. Paper presented at the Proceedings of II International South East Asia Hydrocarbon Flow Measurement Workshop, Kuala Lumpur, Malaysia.

7. Матіко Ф.Д. Дослідження похибки ультразвукових витратомірів за умов спотвореної структури потоку із застосуванням одноядерних функцій Salami / Ф.Д. Матіко, В.І. Роман // *Метрологія та прилади*. – 2017. – №3(65). – С.36-43.
8. Дорожовець М.М. Теоретичний аналіз просторового розподілу швидкості руху рідини за допомогою функцій Саламі для багатоканального ультразвукового витратоміра / М.М. Дорожовець, А.В. Семенистий // *Вісник НУ«ЛП» : Автоматика, вимірювання та керування*. – 2004. – №500. – С.131-134.
9. Коробко І.В. Оцінка асиметрії потоку рідини при вимірюванні її витрати та кількості / І.В. Коробко, Я.В. Волинська // *Вісник НТУУ«КПІ» : Серія «Приладобудування»*. – 2013. – №45. – С.91-98.
10. Демідов І. Вимірювання витрати води багатоканальними ультразвуковими витратомірами / І. Демідов, В. Поджаренко // *Вісник НУ«ЛП» : Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація*. – 2003. – №476. – С.76-81.

УДК 004.932

О. Є. П'ятикоп, Д. В. Голодов

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

ЗАДАЧА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОМОЛЬНИХ КУЛЬ НА ЗОБРАЖЕННІ

П'ятикоп О.Є., Голодов Д.В. Задача ідентифікації помольних куль на зображенні. Робота присвячена проблемам обробки зображення в умовах реальних промислових систем комп'ютерного зору. У статті наведено огляд основних методів сегментації об'єктів та пошуку кіл на цифровому зображенні з аналізом останніх досягнень. Описані результати дослідження результати підбору параметрів при перетворення у систему кольорів HSV.

Ключові слова: обробка зображень, сегментація, куля, перетворення в кольорному просторі HSV.

Пятикоп Е.Е., Голодов Д. В. Задача идентификации помольных шаров на изображении. Работа посвящена проблемам обработки изображения в условиях реальных промышленных систем компьютерного зрения. В статье приведен обзор основных методов сегментации объектов и поиска окружностей на цифровом изображении с анализом последних достижений. Описаны результаты подбора параметров для преобразования в систему цветов HSV.

Ключевые слова: обработка изображений, сегментация, шар, преобразования в цветовом пространстве HSV.

Piatyko O., Golodov D. Segmentation of grinding balls in the image. The work is devoted to the problems of segmentation in conditions of real industrial computer vision systems. The article provides an overview of the main methods for segmenting objects on a digital image and analysis of the latest achievements. The results shows of the selection of parameters for or the transformation of the color system.

Keywords: image processing, segmentation, sphere, transformation in the HSV color space.

Постановка проблеми.

Комп'ютерний зір потрібен в самих різних сферах людського життя. Такі системи необхідні в медицині [1], де отримання, обробка і розшифровка зображень дозволяє більш точно поставити діагноз і контролювати хід хірургічних операцій; в робототехніці для орієнтації в просторі і навігації [2]; в системах ідентифікації [3], а також для забезпечення взаємодії людини і комп'ютера за допомогою голосу, жестів і рухів. Значним напрямком є застосування системи комп'ютерного зору на виробництві, де їх використання дозволяє автоматизованим системам:

- відстежувати розвиток технологічних процесів,
- контролювати допуски відхилення форми виробів,
- сканувати технічні об'єкти для експорту в систему автоматизованого проектування,
- розпізнавати зображення промислових деталей,
- управляти роботизованими ділянками виробництва,
- аналізувати структуру поверхні матеріалів по зображенням та інше [4-6].

Однією з актуальних завдань аналізу зображення є проблема розпізнавання помольних куль на зображенні завантажувального лотку гартівного барабану, який встановлено на пристрою для термічної обробки куль [7, 8]. Ці кулі використовуються в гірничодобувних та інших галузях промисловості для помолу при підготовці рудних і нерудних матеріалів. Металеві кулі виробляються різного діаметру від 40 до 120 мм, а їх температура при обробці сягає 600°C. Виробництво куль передбачає такі технологічні операції: нагрів заготовки у секційній печі, формування шару, закалка шару у гартівному барабані, опускання куль у бункер складу. Перед спусканням куль їх необхідно підрахувати. Для автоматизації цього процесу актуально використання системи комп'ютерного зору, яка дозволить підрахувати кількість гарячих куль к кожному лотку. Навпроти лотків встановлюється камера, яка фіксує обертання барабану. З відеоряду необхідно вилучати кадри з зображенням лотку барабану з кулями для подальшого аналізу та розпізнавання. Приклад зображення наведено на рисунку 1.

Для наведеної задачі існує декілька особливостей. По перше, несприятливі умови роботи камери: можливе засвітлення, накопичення пари у повітрі. Камеру можливо розмістити навпроти барабану з кулями, але у кадрі будуть залишатися зайві об'єкти, які необхідно обрізати перед аналізом зображення. Кулі у лотку можуть бути різної температури і необхідно розпізнавати та рахувати тільки гарячі, які відрізняються кольором.

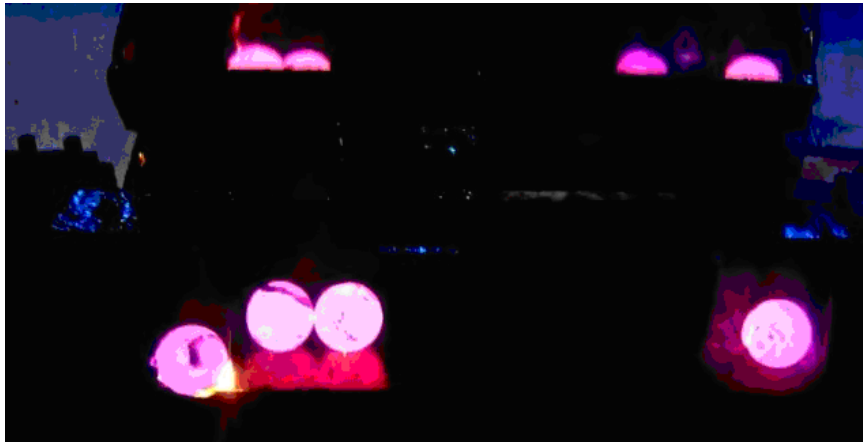


Рис 1. Зображення гартівного барабану з помольними кулями

Також проблемою є розташування куль у лотку: кулі можуть бути одна за однією, можуть бути зліплені. В залежності від освітлення кулі можуть давати віддзеркалення або тіні. Такі ситуації показані на рисунку 2. Усі ці проблеми потребують індивідуального підходу до вирішення задачі.



Рис. 2 Різновид розташування помольних куль у лотку

Процес розпізнавання традиційно включає ряд етапів: перетворення вихідного зображення в початкове уявлення (отримання цифрового зображення, попередня обробка), сегментація, нормалізація, фільтрація, виділення деталей (ознак) та класифікація об'єкта [9, 10]. Для наведеної проблеми необхідно також виконати ці етапи:

1. захват кадру з відео ряду;
2. обрізання зображення лотку від зайвих об'єктів;
3. передобробка (зміна контрасту, кольорового простору та інше);
4. аналіз зображення на наявність об'єктів у кадрі;
5. сегментація областей рожевого кольору;
6. ідентифікація (виявлення) куль.

Усі етапи мають особливий характер і їх виконання залежить безпосередньо від особливостей прикладної задачі. Якщо перші чотири етапи мають особливий характер і безпосередньо залежать від налаштування камери, то для виконання сегментації та пошуку куль на зображенні існують методи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

З точки зору обробки цифрового зображення, сегментація – це процес розділення цифрового зображення на декілька сегментів – множину пікселів. Мета сегментації полягає у спрощенні і/або зміні представлення зображення для полегшення його аналізу. Точніше, сегментація зображень – це процес присвоєння таких міток кожному пікселю зображення, що пікселі з однаковими мітками мають спільні візуальні характеристики. Результатом сегментації зображення є множина сегментів, які разом покривають все зображення, або множина контурів, виділених з зображення. Всі пікселі в сегменті схожі за деякою характеристикою або за визначеною властивістю, наприклад колір, яскравість або текстура. Сусідні сегменти істотно відрізняються за цими характеристиками [8-12].

Для сегментації зображень було розроблено декілька універсальних алгоритмів і методів [9-12] :

- методи визначення порогів;
- методи, засновані на кластеризації;
- методи, засновані на стисненні;
- методи з використанням гістограм;
- виділення країв;
- методи розростання областей;
- методи, засновані на диференціальних рівняннях з частинними похідними;
- варіаційні методи;
- методи розрізу графа;
- метод водоподілу.

Загального рішення для задачі сегментації зображень не існує, часто ці методи доводиться поєднувати зі знаннями з предметної області, щоб ефективно вирішувати цю задачу в її предметній області. Часто сегментація використовується при обробці медичних зображень. Так у роботі [1] автор виконує обробку ультразвукових зображень сонних артерій на основі еволюційних алгоритмів за допомогою методу синтезу схем сегментації ультразвукових зображень на підставі генетичного програмування, який за рахунок запропонованих модифікацій операторів кросинговеру та мутації збільшує швидкість синтезу точних схем сегментації. Також сегментування еволюційним методом проводиться у роботі [2] для зображення, що отримане з бортових систем оптико-електронного спостереження. Цей підхід дає добрі показники, за думкою авторів, але зображення їх предметної галузі містять велику кількість дрібних об'єктів.

Інший підхід запропоновано для сегментації зображень об'єктів на цифрових астрономічних зображеннях [4]. Розроблений метод належить класу методів сегментації областей із заданими маркерними точками. Як маркерних точок використовуються попередньо виділені піки зображень об'єктів. З метою зменшення обчислювальних витрат сегментація проводиться в бінарній області с заздалегідь заданими розмірами і можливістю їх адаптивного збільшення. Виділення зображення об'єкта виконується із застосуванням послідовності морфологічних операцій ерозії, дилатації і морфологічної реконструкції. Для обліку особливостей астрономічних зображень, морфологічна обробка проводиться з попередньою модифікацією цифрового зображення. Робота [5] показує, що попереднім етапом перед сегментацією може бути виділення контуру об'єкта. З результатами детектору Канні також порівнюють свої методи у роботах [2, 4].

Близька до наданої проблеми робота [3]. В статті описано проблему біометричної ідентифікації по райдужній оболонці ока: вихідне зображення спотворене шумами апаратури сканування, дискретизації або каналів передачі даних, в результаті чого зображення мають нерівномірну яскравість і контрастність. Автор пропонує передобробку, що включає: вирівнювання загальної яскравості зображення, ліквідацію на вихідному зображенні високочастотних перешкод і різного роду артефактів, контрастування бінарного зображення та інших функціональних перетворень, наприклад перетворення у систему HLS (HSV).

Також актуальна робота [6], яка присвячена розробці алгоритму, що здійснює розпізнавання дорожніх знаків, які обмежують швидкість. Досягнення цієї мети передбачає вирішення наступних завдань: перетворення колірного простору, видалення шумів, виділення областей інтересу, верифікація об'єктів інтересу. Дорожні знаки, як об'єкти інтересу, за формою представляють коло. Схожість з помольними кулями є не лише у формі, а й за кольором. Автори вважають доцільним використання колірного простору HSV, в якому ефективність виділення червоного кольору вище в порівнянні з RGB простором. Для визначення наявності кіл в областях інтересу застосовується перетворення Хафа, а саме градиентний метод Хафа (Hough gradient method) [10, 13].

Метою дослідження. На основі вивчення традиційних методів та аналізу сучасних досліджень вирішено на етапі передобробки дослідити параметри для перетворення у систему кольорів HSV, як у роботі [3, 6] та для зменшення кількості помилкових піків перед початком виявлення об'єктів інтересу провести попередню обробку з використанням фільтру згладжування [4]; для сегментації розглянути комбінування методів визначення порогів та методи з використанням гістограм.

Основні матеріали дослідження.

Щоб виконати поставлену задачу, програмними методами був перехоплений відеопоток та обрано карди. Далі на кожному кадрі була виділена лише смужка області розміром 566x20

пікселів, де очікується поява рожевих куль. Її розташування встановлено експериментально. В цій області перевіряється наявність рожевого (маджентового) кольору. Якщо цього забарвлення більше, ніж 2%, то кадр буде оброблятися далі. Цей процес дає можливість підвищити швидкість та обробляти кадри у реальному часі.

Перед подальшою програмною обробкою зображення вирішено промодельовати у середовищі MATLAB процес перетворення у системи кольорів HSV та визначити параметри порогів для подальшого їх використання у автоматизованій системі ідентифікації та підрахунку куль. Моделювання підтвердило, що використання простору HSV є більш однозначним порівняно з масками каналів RGB. Приклад наведено на рисунку 3.

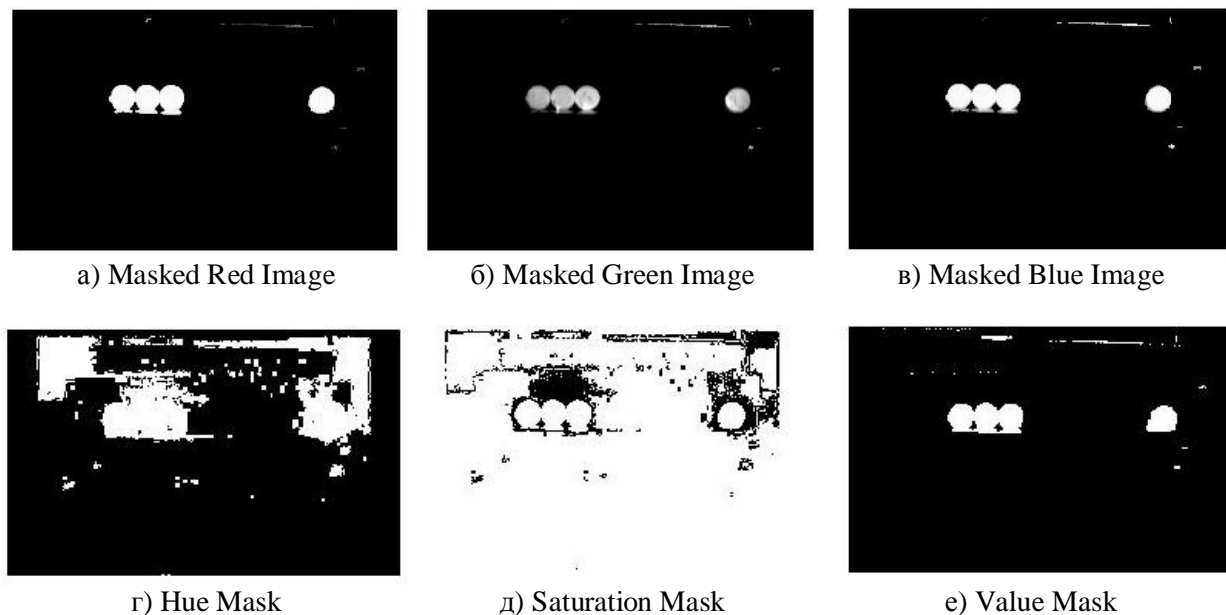


Рис. 3. Результати маскуванню у різних кольорових системах

Простір HSV (також HSB) – колірна модель, заснована на трьох характеристиках кольору:

- колірний тон (Hue), який варіюється в межах 0-360°, але іноді – діапазон 0-100 або 0-1;
- насиченість (Saturation), яка варіюється в межах 0-100 або 0-1. Чим більший цей параметр, тим «чистіший» колір, тому цей параметр іноді називають чистотою кольору. А чим ближчий цей параметр до нуля, тим ближчий колір до нейтрального сірого;
- значення кольору (Value), або яскравість (Brightness), задається в межах 0-100 або 0-1.

Після рішення використовувати простір HSV були проведені дослідження з підбору параметрів моделі. Таким чином, встановлене оптимальне значення параметра V, яке дозволяє достовірно оцінювати кількість помольних куль. Результати експерименту наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – результати дослідження параметру V

Значення параметра V	Кількість помольних куль		Похибка
	знайдено	реально	
0.75	501	485	3.3%
0.8	495	485	2.1%
0.85	490	485	1.0%
0.9	484	485	0.2%
0.95	472	485	2.7%
1	468	485	3.5%

В результаті моделювання також встановлено, що доцільно використовувати морфологічні операції ерозії та дилатації, щоб виключити малорозмірні артефакти. У якості фільтра згладжування обрано метод фільтрації зображення за допомогою функції Гауса (GaussianBlur) з

розміром 9 пікселів, який призводить до розмивання зображення. Даний підхід використовується для зменшення перешкод на зображенні та зниження деталізації.

Для проведення сегментації досліджено методи з використанням гістограм. На рисунку 4 наведено приклад. Встановлено, що необхідно використовувати для верхньої границі параметри HSV(237, 0, 108), для нижньої – HSV(255, 170, 255).

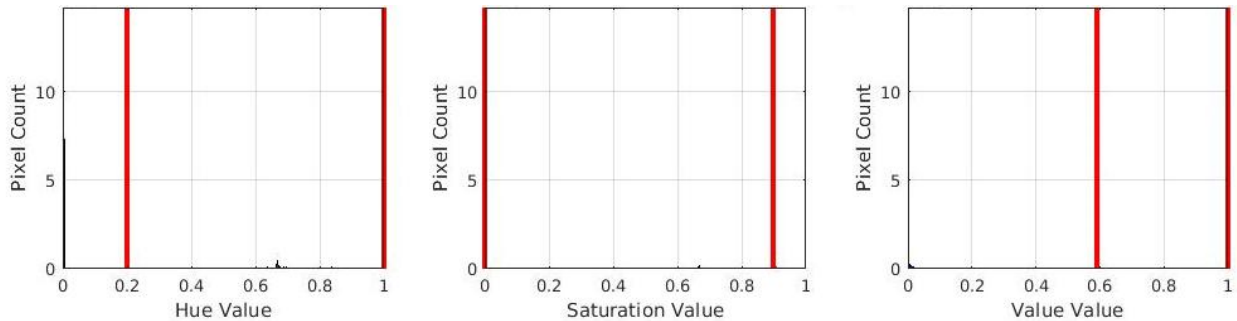


Рис. 4. Результати побудови гістограм

Перспективи подальших досліджень.

Для наведеної задачі були отримані оптимальні параметри для перетворення у систему кольорів HSV. Для проведення сегментації встановлені верхні та нижні границі відбору за кольором в просторі HSV, які дозволяють на цьому етапі визначити вірно помольні кулі з похибкою 0.2%. Таким чином, можна перейти до програмування заключного етапу – ідентифікації помольних кулі на основі перетворення Хафа.

1. Махно Т.А. Автоматизированная система обработки ультразвуковых изображений сонных артерий на основе эволюционных алгоритмов // Электротехнические и компьютерные системы, 2015.– №18(94).– С. 92-99.
2. Худов В.Г. Оцінка якості еволюційного методу сегментування зображення, що отримано з бортових систем оптико-електронного спостереження / В.Г. Худов, О.М. Маковейчук, І.А. Хижняк // Системи управління, навігації та зв'язку, 2017. – Випуск 4(44). – С. 133-137.
3. Рябова Л. В. Особенности алгоритма предварительной обработки изображений радужной оболочке глаза // Захист інформації, 2015. – Т.7. – №1. – С. 5-9.
4. Погорелов А. В. Сегментация изображений одиночных объектов на цифровых астрономических изображениях /А.В. Погорелов, В.Е. Саваневич, А.Б. Брюховецкий // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии, 2017. – № 76. – С. 170-191.
5. Пятикоп Е.Е. Сравнение методов выделения контура для изображения капли металла/ Е.Е. Пятикоп, Т. А. Левицкая Т.А., Л. В.Тельных // Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. Серія: Технічні науки, 2016. – Вип. 33. – С. 152-159.
6. Попов Е.Ю. Алгоритм распознавания дорожных знаков ограничения скорости / Е.Ю. Попов, Д.И. Крыжановский // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 6 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/06/14717>
7. Устройство для закалки шаров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/221/2210606.html>
8. Закалочный барабан. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prom-pechi.ru/index.php?id=64>
9. Пуятін Є.П. Методи та алгоритми комп'ютерного зору: навч. посіб./ Є.П. Пуятін, В.О. Гороховатський, О.О. Матат – ТОВ «Компанія СМІТ», – 2006. – 236 с.
10. Шапиро Л. Компьютерное зрение = Computer Vision/ Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: Бинум. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
11. Сегментация изображения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org>
12. Романенко І. О. Аналіз ефективності сучасних методів сегментації цифрових зображень // Системи обробки інформації, 2016. – Випуск 3 (140). – С. 172-174.
13. Yuen H. K. Comparative study of Hough transform methods for circle finding./ H K Yuen, J. Princen, J. Illingworth and J. Kittler.// Image and Vision Computing – vol. 8, no.1, 1990, pp. 71-77. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.bmva.org/bmvc/1989/avc-89-029.pdf

УДК 539.3:620.191.33

Поліщук М.М. к.т.н.

Луцький національний технічний університет

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ

Поліщук М.М. Математичне моделювання технологічного процесу подрібнення. У статті на основі моделі механіки твердого тіла, що деформується, досліджується процес подрібнення грудок сапропелю прямокутної форми. Отримане в результаті моделювання з використанням методу інтегральних перетворень. Проводиться чисельне дослідження напружений-деформованого поля в грудках сапропелю залежно від швидкості навантаження і геометричних параметрів. Знайдений просторово-часовий розподіл головної дотичної напруги, яка вирішальним чином впливають на процес руйнування і міру подрібнення.

Ключові слова. Навантаження, теорія подрібнення, моделювання, ударне навантаження, інтегральні перетворення, головна дотична напруга

Полищук Н.Н. Математическое моделирование технологического процесса измельчения. В статье на основе модели механики твердого деформируемого тела, исследуется процесс измельчения комков сапропеля прямоугольной формы. Получено в результате моделирования с использованием метода интегральных преобразований. Проводится численное исследование напряженно-деформированного состояния в комках сапропеля в зависимости от скорости нагрузки и геометрических параметров. Найденный пространственно-временное распределение главной касательных напряжений, которая решающим образом влияют на процесс разрушения и степень измельчения.

Ключевые слова. Нагрузка, теория измельчения, моделирование, ударная нагрузка, интегральные преобразования, главная касательные напряжения

Polishchuk M.M. Mathematical modeling of the technological process of grinding. In the article on the basis of the model of the mechanics of a deformable solid, the process of crushing the pieces of sapropel of a rectangular shape is investigated. Obtained as a result of simulation using the method of integral transformations. Numerical study of strain-deformed retention in sapropel lobes is conducted, depending on the loading speed and geometric parameters. The spatial-temporal distribution of the main tangential voltage, which decisively influences the process of destruction and the degree of grinding, is found.

Keywords. Load, crushing theory, simulation, impact load, integral transformation, main tangential voltage

Вступ. Математичне моделювання подрібнення, яке використовується на даний час в гірничій справі, харчовій промисловості та лісовому господарстві передбачає, що подрібнення супроводжується руйнуванням міжмолекулярних чи міжатомних зв'язків, а тому для його кількісного опису можна використовувати енергетичні підходи [1, 2]. Зокрема, для моделювання процесу подрібнення необхідну для руйнування роботу зовнішніх зусиль часто пов'язують із площею новоутворених поверхонь та об'ємом матеріалу.

На відміну від твердих тіл, ґрунти є за своєю суттю багатокомпонентними сумішами і їх руйнування відбувається насамперед за рахунок втрати адгезії окремих компонент і вирішальним чином визначається їх складом, вологістю, температурою, тощо. Хоча в загальному випадку вищезначена проблема стосується складних, геометрично та фізично нелінійних моделей механіки, багато важливих закономірностей та ефектів, що передують процесу руйнування ґрунтових сумішей можна виявити та дослідити з використанням лінійної моделі теорії пружності [3].

Постановка проблеми Родючість ґрунтів є визначальною умовою ведення сільськогосподарського виробництва в сучасних умовах. На сьогоднішній день кількість земель сільськогосподарського призначення скорочується, в основному із-за неможливості підтримувати їх родючість. Основним постачальником органічних добрив до недавнього часу була тваринницька галузь. Але за останні 20 років її обсяги значно зменшилися, що призвело до зниження норм внесення органічних добрив в цілому на окремих територіях в 5 разів [4]. Світові технології вирощування сільськогосподарських культур орієнтовані тільки на вдосконалення технічних систем і їх оптимізації з метою отримання максимальної кількості вихідної продукції [5, 6, 7] нехтуючи при цьому екологічними наслідками господарювання на землі. Тому виникає необхідність в пошуку нових видів органічних добривах, а також нових технологій їх виготовлення і внесення в ґрунт. Одними з таких можуть стати озерні сапропелі прісноводних водойм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основною проблемою використання сапропелю в природному стані є його висока вологість (92 - 96 %). Для подальшого використання як органічних добрив його вологість повинна складати не більше 60 %. Зниження вологості сапропелю призводить до втрат поживних речовин [8, 9, 10]. Застосування озерних сапропелів в якості органічної речовини методом поверхневого внесення, вимагає витримувати норму внесення в межах 40 - 60 тонни/га, що є неефективним [10, 11, 12, 13]. Спроби створення нових видів добрив на основі сап-

ропелю стикаються з труднощами пов'язаними з відсутністю технічних засобів їх виробництва [14,15].

Отримані результати проведених автором досліджень вказують на певні особливості зміни властивостей проморожених озерних сапропелів, що перебувають тривалий час під впливом умов середовища. За наявності підвищеної вологості у складі сапропелю є тверді включення, що необхідно враховувати при виборі способу їх внесення в ґрунту. У разі локального внесення проморожених озерних сапропелів такі тверді включення можуть нести негативну дію на ефективність вирощування сільськогосподарських культур.

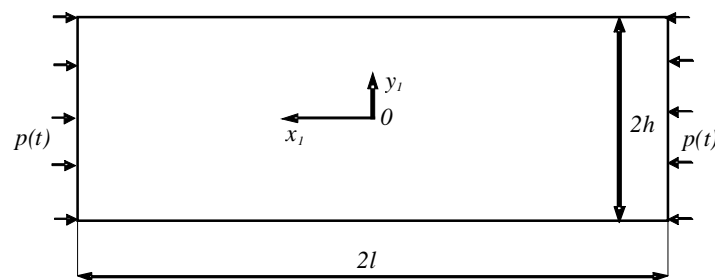
У зв'язку з цим виникла необхідність розробки і впровадження в практику простої, надійної і ефективної технології подрібнення сапропелю безпосередньо перед його внесенням.

Математичне моделювання технологічного процесу подрібнення, використовуване нині в гірській справі, харчовій промисловості і лісовому господарстві передбачає, що подрібнення супроводжується руйнуванням міжмолекулярних або міжатомних зв'язків, а тому для його кількісного опису можна використати енергетичні підходи [13, 14]. Для моделювання процесу подрібнення необхідну для руйнування роботу зовнішніх зусиль часто зв'язують з площею утворених в результаті руйнування нових поверхонь і об'ємом подрібненого матеріалу.

На відміну від твердих тіл, ґрунти і, зокрема, сапропель є за своєю суттю багатокомпонентними сумішами і їх руйнування відбувається, передусім, за рахунок втрати адгезії окремих компонент і, вирішальним чином, визначається їх складом, вологістю, температурою і т.д... У загальному випадку вищезгадані проблеми відносяться до складних, геометрично і фізично нелінійним моделям механіки суцільних середовищ. Проте, цілий ряд важливих закономірностей і ефектів, передуючих процесу руйнування ґрунтових сумішей і багато в чому йому сприяючих, можна виявити і досліджувати з використанням лінійної моделі теорії пружності [15].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.
 В якості об'єкту досліджень пропонується вибрати фрагмент сапропелю у формі прямокутника, до двох протилежних сторін якого прикладається високоінтенсивна самеурівноважене навантаження. Крім того, внаслідок ефекту прилипання сапропелю до лопати ротора, на цих же поверхнях відсутні переміщення в напрямку дотичної. Дві інших поверхні прямокутника вважаються вільними від навантаження.

Розглянемо прямокутник з розмірами $2h \times 2l$ по x_1 та y_1 відповідно (рис. 1). З моменту часу $t = 0$ до його сторін $x_1 = \pm l$ докладаються нормальні зусилля $p(t)$. На ці ж сторони ставиться умова відсутності дотичної складової вектору переміщення. Інші поверхні $y = \pm h$ впродовж усього процесу деформації залишаються вільними від навантаження.



Для зручності проведення математичних викладень і виявлення найбільш характерних параметрів, що визначають динамічний напружено-деформований стан, введемо в розгляд безрозмірні змінні і величини $x = x_1 / l$, $y = y_1 / l$, $\tau = c_1 t / l$, $x_0 = h / l$, $\kappa^2 = c_1 / c_2 = (\lambda + 2\mu) / \mu$, де c_1 , c_2 , - швидкості поширення хвиль стискування і зрушення в матеріалі сапропелю λ μ - пружні постійні.

В термінах цих змінних, вважаючи, що до моменту часу $t = 0$ грудка знаходилася в стані спокою, завдання формулюється таким чином:
 рівняння руху пружного середовища

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 \theta}{\partial \tau^2}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial y^2} = \kappa^2 \frac{\partial^2 u_y}{\partial \tau^2} - (\kappa^2 - 1) \frac{\partial \theta}{\partial y}; \quad (2)$$

початкові умови

$$\theta = \frac{\partial \theta}{\partial \tau} = 0, \quad u_y = \frac{\partial u_y}{\partial \tau} = 0, \quad \tau = 0; \quad (3)$$

умови на навантажених поверхнях

$$\sigma_{xx}(\pm 1, y, \tau) = \mp p(\tau), \quad u_y(\pm 1, y, \tau) = 0; \quad (4)$$

умови на вільних поверхнях

$$\sigma_{xx}(x, \pm y_0, \tau) = 0, \quad \sigma_{xy}(x, \pm y_0, \tau) = 0, \quad (5)$$

де $\theta(x, y, \tau) = \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y}$ - об'ємне розширення $u_x(x, y, \tau)$ $u_y(x, y, \tau)$ - компоненти вектору пружного переміщення

$$\begin{aligned} \sigma_{xx} &= \lambda \theta + 2\mu \varepsilon_{xx}; \quad \sigma_{yy} = \lambda \theta + 2\mu \varepsilon_{yy}; \\ \sigma_{xy} &= 2\mu \varepsilon_{xy}; \quad \varepsilon_{xx} = \frac{\partial u_x}{\partial x}; \quad \varepsilon_{yy} = \frac{\partial u_y}{\partial y}; \\ \varepsilon_{xy} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_x}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial x} \right); \end{aligned} \quad (6)$$

- компоненти тензора напруги і тензора деформацій.

$$\text{З умов(4), враховуючи, що } \theta(\pm 1, y, \tau) \equiv \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} \right) \Big|_{x=\pm 1} = \frac{\partial u_x}{\partial x} \Big|_{x=\pm 1}$$

отримаємо

$$\mu^{-1} \sigma_{xx}(\pm 1, y, \tau) = \kappa^2 \theta(\pm 1, y, \tau). \quad (7)$$

ПОБУДОВА РІШЕННЯ ЗАДАЧІ

Застосуємо до рівняння(1) інтегральне перетворення Лапласа по тимчасовій змінній і кінцевій \cos - перетворення Фур'є по змінній x [16]. Враховуючи симетрію завдання, нульові початкові умови(3), співвідношення(7) і умови(4), замість рівняння(1), після перетворень отримаємо

$$\frac{d^2 \bar{\theta}_n}{dy^2} - (\xi_n^2 + s^2) \bar{\theta}_n = (-1)^{n+1} \frac{2\xi_n}{\kappa\mu} \bar{p}(s), \quad (8)$$

де $\xi_n = \pi(2n+1)/2a$ $\bar{\theta}_n(y, s) = \int_{-1}^1 \cos(\xi_n x) \int_0^\infty \theta(x, y, \tau) \exp(-s\tau) d\tau dx$ - зображення по Лапласу і Фур'є.

Замість рівняння(2) відповідно отримаємо

$$\frac{d^2 \bar{v}_n}{dy^2} - (\xi_n^2 + \kappa^2 s^2) \bar{v}_n = (1 - \kappa^2) \frac{d\bar{\theta}_n}{dy}, \quad (9)$$

де $\bar{v}_n(y, s) = \int_{-1}^1 \cos(\xi_n x) \int_0^\infty u_y(x, y, \tau) \exp(-s\tau) d\tau dx$. Рішення рівняння(7), враховуючи, що $\bar{\theta}_n(y, s)$ є парною функцією змінної y має вигляд

$$\bar{\theta}_n = A_n(s) \cosh(\gamma_1 y) + \frac{(-1)^n 2\xi_n \bar{p}(s)}{\mu \kappa^2 \gamma_1^2} \quad (10)$$

при $\gamma_1 = \sqrt{\xi_n^2 + s^2}$.

З обліком(10), рішення рівняння(9) отримаємо у виді

$$\bar{v}_n = B_n(s) \sinh(\gamma_2 y) + \frac{\gamma_1}{s^2} A_n(s) \sinh(\gamma_1 y) \quad (11)$$

при $\gamma_2 = \sqrt{\xi_n^2 + \kappa^2 s^2}$.

Іншу компоненту вектору переміщення

$$\bar{u}_n(y, s) = \int_{-1}^1 \sin(\xi_n x) \int_0^\infty u_x(x, y, \tau) \exp(-s\tau) d\tau dx$$

знайдемо, враховуючи співвідношення $\bar{u}_n = \frac{1}{\xi_n} \left(\bar{\theta}_n - \frac{d\bar{v}_n}{dy} \right)$ у виді

$$\bar{u}_n(y, s) = -B_n(s) \xi_n^{-1} \gamma_2 \cosh(\gamma_2 y) - \frac{\xi_n}{s^2} A_n(s) \cosh(\gamma_1 y) + \frac{(-1)^n 2\bar{p}(s)}{\mu \kappa^2 \gamma_1^2}. \quad (12)$$

Величини $A_n(s)$ і $B_n(s)$ знайдемо з граничних умов(5), які в трансформантах по Лапласу і Фур'є і в термінах знайдених вище виразів матимуть вигляд

$$\begin{aligned} (\kappa^2 - 2)\bar{\theta}_n + 2\frac{d\bar{u}_n}{dy} &= 0, \\ -\xi_n \bar{v}_n + \frac{d\bar{u}_n}{dy} &= 0, \quad y = \pm y_0. \end{aligned} \quad (13)$$

Враховуючи вирази(10) -(12) з умов(13) знайдемо

$$\begin{aligned} A_n(s) &= \frac{s^2 (\xi_n^2 + \gamma_2^2) \sinh(\gamma_2 y_0) \bar{p}_n(s)}{\gamma_1^2 \Delta(\xi, s)}; \\ B_n(s) &= \frac{-2\xi_n^2 \sinh(\gamma_1 y_0) \bar{p}_n(s)}{\gamma_1 \Delta(\xi, s)} \end{aligned} \quad (14)$$

де

$$\Delta(\xi, s) = 4\xi_n^2 \gamma_1 \gamma_2 \sinh(\gamma_1 y_0) \cosh(\gamma_2 y_0) - (\xi_n^2 + \gamma_2^2)^2 \cosh(\gamma_1 y_0) \sinh(\gamma_2 y_0),$$

$$\bar{p}_n(s) = \frac{(-1)^n 2\xi_n (\kappa^2 - 2) \bar{p}(s)}{\mu \kappa^2}.$$

Остаточню по відомих $A_n(s)$ і $B_n(s)$ отримаємо

$$\bar{v}_n(y, s) = \gamma_1^{-1} \Delta^{-1} \left[(\xi_n^2 + \gamma_2^2) \sinh(\gamma_2 y_0) \sinh(\gamma_1 y) - 2\xi_n^2 \sinh(\gamma_1 y_0) \sinh(\gamma_2 y) \right] \bar{p}_n; \quad (15)$$

$$\bar{u}_n(y, s) = \left(\frac{1}{(\kappa^2 - 2)\xi_n} + \frac{\xi_n}{\Delta} \left[2\gamma_1 \gamma_2 \sinh(\gamma_1 y_0) \times \cosh(\gamma_2 y) - (\xi_n^2 + \gamma_2^2) \sinh(\gamma_2 y_0) \cosh(\gamma_1 y) \right] \right) \frac{\bar{p}_n}{\gamma_1^2}.$$

Обернення по Лапласу проведемо з використанням теореми розкладання [17]. Для цього розглянемо перше вираження(15) і знайдемо особливі точки знаменника. Очевидно, що корені вираження $\gamma_1 = 0$ не є особливими точками знаменника, а тому розглянемо рівняння

$$4\xi_n^2 \gamma_1 \gamma_2 \sinh(\gamma_1 y_0) \cosh(\gamma_2 y_0) - (\xi_n^2 + \gamma_2^2)^2 \cosh(\gamma_1 y_0) \sinh(\gamma_2 y_0) = 0. \quad (16)$$

Корені характеристичного рівняння(16) є уявними і комплексно-зв'язаними. Тому доцільно провести заміну $s = i\eta$ і, відповідно отримати $\gamma_1 = \sqrt{\xi_n^2 - \eta^2}$ $\gamma_2 = \sqrt{\xi_n^2 - \kappa^2 \eta^2}$.

Очевидно, що корені $\eta_{n,k}$ залежать від дискретної величини ξ_n а тому є можливими три випадки їх розміщення :

$$0 \leq |\eta_{n,k}| \leq \frac{\xi_n}{\kappa}; \quad \frac{\xi_n}{\kappa} < |\eta_{n,k}| \leq \xi_n; \quad |\eta_{n,k}| > \xi_n \quad (17)$$

Для першого інтервалу характеристичне рівняння зберігає вид(16) і має кінцеве число коренів $\eta_{n,k,1}$. Для інтервалу $\kappa^{-1}\xi_n < |\eta_{n,k}| \leq \xi_n$ характеристичне рівняння набирає вигляду:

$$4\xi_n^2 \gamma_1 \tilde{\gamma}_2 \sinh(\gamma_1 y_0) \cos(\tilde{\gamma}_2 y_0) - (\xi_n^2 + \tilde{\gamma}_2^2)^2 \cosh(\gamma_1 y_0) \sin(\tilde{\gamma}_2 y_0) = 0, \quad (18)$$

при $\tilde{\gamma}_2 = \sqrt{\kappa^2 \eta^2 - \xi_n^2}$. Воно має кінцеве число k_2 коренів $\eta_{n,k,2}$.

І, відповідно, для інтервалу $|\eta_{n,k}| > \xi_n$ рівняння

$$4\xi_n^2 \tilde{\gamma}_1 \tilde{\gamma}_2 \sin(\tilde{\gamma}_1 y_0) \cos(\tilde{\gamma}_2 y_0) + (\xi_n^2 + \tilde{\gamma}_2^2)^2 \cos(\tilde{\gamma}_1 y_0) \sin(\tilde{\gamma}_2 y_0) = 0 \quad (19)$$

при $\tilde{\gamma}_1 = \sqrt{\eta^2 - \xi_n^2}$ має нескінченну кількість коренів $\eta_{n,k,3}$.

Для звернення виразів(15) з використанням теореми розкладання слід вичислити похідну від знаменника (17). Для цього отримаємо значення похідної від вираження для різних інтервалів розміщення коренів характеристичного рівняння :

$$0 < |\eta| \leq \frac{\xi_n}{\kappa}, \Delta' \Big|_{s=\pm\eta_{n,k,1}} \equiv \tilde{\Delta}_1(n, k) = \pm i \eta_{n,k,1} \left\{ 4\xi_n^2 \left[\frac{\gamma_2}{\gamma_1} \sinh(\gamma_1 x_0) \cosh(\gamma_2 x_0) + \frac{\kappa^2 \gamma_1}{\gamma_2} \times \right. \right. \\
 \times \sinh(\gamma_1 x_0) \cosh(\gamma_2 x_0) + x_0 \gamma_2 \cosh(\gamma_1 x_0) \cosh(\gamma_2 x_0) + \kappa^2 x_0 \gamma_1 \sinh(\gamma_1 x_0) \sinh(\gamma_2 x_0) \left. \right] - \\
 - 4\kappa^2 (\xi_n^2 + \gamma_2^2) \cosh(\gamma_1 x_0) \sinh(\gamma_2 x_0) - (\xi_n^2 + \gamma_2^2)^2 \frac{x_0}{\gamma_1} \sinh(\gamma_1 x_0) \sinh(\gamma_2 x_0) - \\
 \left. - (\xi_n^2 + \gamma_2^2)^2 \frac{\kappa^2 x_0}{\gamma_2} \cosh(\gamma_1 x_0) \cosh(\gamma_2 x_0) \right\}. \quad (20)$$

$$\frac{\xi_n}{\kappa} < |\eta| \leq \xi_n, \Delta' \Big|_{s=\pm\eta_{n,k,2}} \equiv \tilde{\Delta}_2(n, k) = \mp \eta_{n,k,2} \left\{ 4\xi_n^2 \left[\frac{\tilde{\gamma}_2}{\gamma_1} \sinh(\gamma_1 x_0) \cos(\tilde{\gamma}_2 x_0) - \right. \right. \\
 - \frac{\kappa^2 \gamma_1}{\tilde{\gamma}_2} \sinh(\gamma_1 x_0) \cos(\tilde{\gamma}_2 x_0) + x_0 \tilde{\gamma}_2 \cosh(\gamma_1 x_0) \cos(\tilde{\gamma}_2 x_0) + \kappa^2 x_0 \gamma_1 \sinh(\gamma_1 x_0) \sin(\tilde{\gamma}_2 x_0) \left. \right] - \\
 - 4\kappa^2 (\xi_n^2 - \tilde{\gamma}_2^2) \cosh(\gamma_1 x_0) \sin(\tilde{\gamma}_2 x_0) - (\xi_n^2 - \tilde{\gamma}_2^2)^2 \frac{x_0}{\gamma_1} \sinh(\gamma_1 x_0) \sin(\tilde{\gamma}_2 x_0) + \\
 \left. + (\xi_n^2 - \tilde{\gamma}_2^2)^2 \frac{\kappa^2 x_0}{\tilde{\gamma}_2} \cosh(\gamma_1 x_0) \cos(\tilde{\gamma}_2 x_0) \right\}. \quad (21)$$

$$|\eta| > \xi_n, \Delta' \Big|_{s=\pm\eta_{n,k,3}} \equiv \tilde{\Delta}_3(n, k) = \mp \eta_{n,k,3} \left\{ 4\xi_n^2 \left[\frac{\tilde{\gamma}_2}{\tilde{\gamma}_1} \sin(\tilde{\gamma}_1 x_0) \cos(\tilde{\gamma}_2 x_0) + \right. \right. \\
 + \frac{\kappa^2 \tilde{\gamma}_1}{\tilde{\gamma}_2} \sin(\tilde{\gamma}_1 x_0) \cos(\tilde{\gamma}_2 x_0) + x_0 \tilde{\gamma}_2 \cos(\tilde{\gamma}_1 x_0) \cos(\tilde{\gamma}_2 x_0) - \kappa^2 x_0 \tilde{\gamma}_1 \sin(\tilde{\gamma}_1 x_0) \sin(\tilde{\gamma}_2 x_0) \left. \right] - \\
 - 4\kappa^2 (\xi_n^2 - \tilde{\gamma}_2^2) \cos(\tilde{\gamma}_1 x_0) \sin(\tilde{\gamma}_2 x_0) - (\xi_n^2 - \tilde{\gamma}_2^2)^2 \frac{x_0}{\tilde{\gamma}_1} \sin(\tilde{\gamma}_1 x_0) \sin(\tilde{\gamma}_2 x_0) + \\
 \left. + (\xi_n^2 - \tilde{\gamma}_2^2)^2 \frac{\kappa^2 x_0}{\tilde{\gamma}_2} \cos(\tilde{\gamma}_1 x_0) \cos(\tilde{\gamma}_2 x_0) \right\}. \quad (22)$$

Друге вираження (15), окрім коренів характеристичного рівняння (16) як особливі точки знаменника має ще корені рівняння $\gamma_1 = 0$: $s = \pm i\xi$.

Враховуючи це, остаточне вираження для компонент вектору переміщення матиме вигляд

$$u_x(x, y, \tau) = -\frac{4}{\mu} \left(1 - \frac{2}{\kappa^2} \right) \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \xi_n^2 \sin(\xi_n x) \times \\
 \times \left\{ \sum_{k=1}^{k_1} \frac{2\gamma_1 \gamma_2 \sinh(\gamma_1 y_0) \cosh(\gamma_2 y) - (2\xi_n^2 - \kappa^2 \eta_{n,k,1}^2) \sinh(\gamma_2 y_0) \cosh(\gamma_1 y)}{\gamma_1^2 \tilde{\Delta}_1(n, k)} f(\eta_{n,k,1}, \tau) + \right. \\
 + \sum_{k=1}^{k_2} \frac{2\gamma_1 \tilde{\gamma}_2 \sinh(\gamma_1 y_0) \cos(\tilde{\gamma}_2 y) - (2\xi_n^2 - \kappa^2 \eta_{n,k,2}^2) \sin(\tilde{\gamma}_2 y_0) \cosh(\gamma_1 y)}{\gamma_1^2 \tilde{\Delta}_2(n, k)} f(\eta_{n,k,2}, \tau) + \\
 \left. + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{2\tilde{\gamma}_1 \tilde{\gamma}_2 \sin(\tilde{\gamma}_1 y_0) \cos(\tilde{\gamma}_2 y) + (2\xi_n^2 - \kappa^2 \eta_{n,k,3}^2) \sin(\tilde{\gamma}_2 y_0) \cos(\tilde{\gamma}_1 y)}{\tilde{\gamma}_1^2 \tilde{\Delta}_3(n, k)} f(\eta_{n,k,3}, \tau) \right\} \quad (23)$$

$$\begin{aligned}
 u_y(x, y, \tau) = & -\frac{4}{\mu} \left(1 - \frac{2}{\kappa^2}\right) \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \xi_n \cos(\xi_n x) \times \\
 & \times \left\{ \sum_{k=1}^{k_1} \frac{(2\xi_n^2 - \kappa^2 \eta_{n,k,1}^2) \sinh(\gamma_2 y_0) \sinh(\gamma_1 y) - 2\xi_n^2 \sinh(\gamma_1 y_0) \sinh(\gamma_2 y)}{\gamma_1 \tilde{\Delta}_1(n, k)} f(\eta_{n,k,1}, \tau) + \right. \\
 & + \sum_{k=1}^{k_2} \frac{(2\xi_n^2 - \kappa^2 \eta_{n,k,2}^2) \sin(\tilde{\gamma}_2 y_0) \sinh(\gamma_1 y) - 2\xi_n^2 \sinh(\gamma_1 y_0) \sin(\tilde{\gamma}_2 y)}{\gamma_1 \tilde{\Delta}_2(n, k)} f(\eta_{n,k,2}, \tau) + \\
 & \left. + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(2\xi_n^2 - \kappa^2 \eta_{n,k,3}^2) \sin(\tilde{\gamma}_2 y_0) \sin(\tilde{\gamma}_1 y) - 2\xi_n^2 \sin(\tilde{\gamma}_1 y_0) \sin(\tilde{\gamma}_2 y)}{\tilde{\gamma}_1 \tilde{\Delta}_3(n, k)} f(\eta_{n,k,3}, \tau) \right\},
 \end{aligned} \tag{24}$$

де

$$f(\eta, \tau) = \int_0^{\tau} p(\tau - t) \sin(\eta t) dt \tag{25}$$

При відомих компонентах вектору переміщення(23) компоненти тензора деформацій і тензора напруги обчислюються по формулах(6). При цьому можна показати, що усі ряди в рішенні(23) є такими, що рівномірно сходяться, а тому операції диференціювання при відшукуванні компонент тензора деформацій і тензора напруги можна виконувати безпосередньо під знаком суми.

ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ

У умовах, які моделюють подрібнення, динамічне навантаження з визначеним, залежним від швидкості обертання лопатей ротора монотонно зростає від нульового до свого граничного значення. Нами, при числових розрахунках використовувалася залежність $p(t) = p^* (1 - \exp(-at))^2$ яка для безрозмірного часу τ матиме вигляд

$$p(\tau) = p^* (1 - \exp(-\tau_0 \tau))^2 \tag{26}$$

при $\tau_0 = (l \cdot a) / c_1$.

Така залежність дозволяє погоджувати початкові і крайові умови, а також у багатьох випадках досить точно наблизити реальну залежність динамічного навантаження від часу(мал. 2).

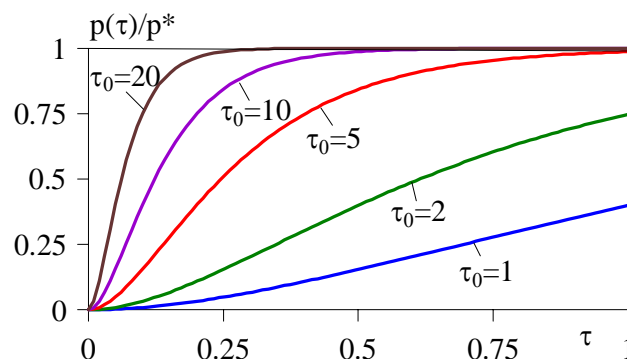


Рис 2. Залежність навантаження від часу

Обчислення інтеграла(25) для залежності навантаження(26) дозволяє знайти функцію $f(\eta, \tau)$:

$$f(\eta, \tau) = \frac{1}{\eta} - \frac{2\eta \exp(-\tau_0 \tau)}{\eta^2 + \tau_0^2} + \frac{\eta \exp(-2\tau_0 \tau)}{\eta^2 + 4\tau_0^2} + \cos(\eta \tau) \left(\frac{2\eta}{\eta^2 + \tau_0^2} - \frac{\eta}{\eta^2 + 4\tau_0^2} - \frac{1}{\eta} \right) + \sin(\eta \tau) \left(\frac{2\tau_0}{\eta^2 + 4\tau_0^2} - \frac{2\tau_0}{\eta^2 + \tau_0^2} \right). \quad (27)$$

Для такого виду навантаження робився розрахунок напруженого стану в грудці сапропелю прямокутної форми для різних значень τ_0 і різних співвідношень ширини і довжини прямокутника. На рис.3-5 представлені результати розрахунку напруженого стану в грудці сапропелю квадратної форми ($l = h$) при різних значеннях швидкості навантаження.

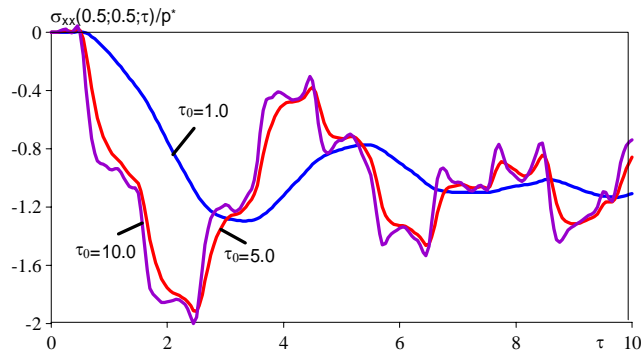


Рис. 3. Подовжня напруга, залежно від швидкості навантаження

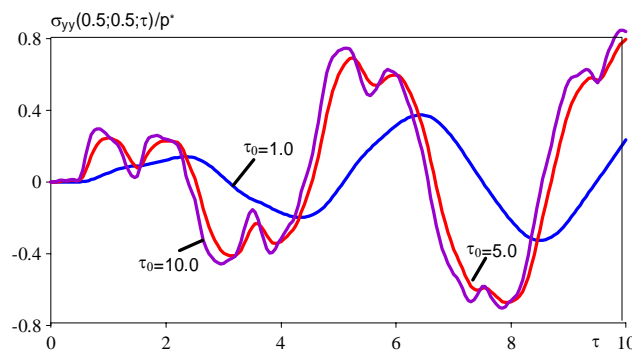


Рис. 4. Поперечна напруга, залежно від швидкості навантаження

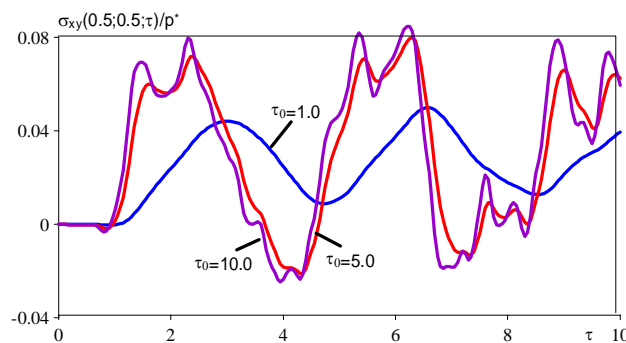


Рис. 5. Дотична напруга, залежно від швидкості навантаження

З малюнків можна зробити висновок, що при достатній ($\tau_0 \geq 5$) швидкості навантаження подовжня динамічна напруга по амплітуді удвічі перевищує відповідну статичну, поперечну напругу в певні моменти часу складають до 80% статичних, а дотична напруга тільки до 8%. Схожі результати отримані і при розрахунках напруженого стану в інших точках і при інших співвідношеннях висоти і ширини грудки. Причому зміна співвідношення між висотою і шириною грудки у будь-яку сторону призводить до зменшення рівня дотичної напруги.

Цей факт дозволяє стверджувати, що в такому формулюванні завдання, осі вибраної системи координат можна вважати головними осями тензора напруги в усіх точках прямокутної області. Це, у свою чергу, значно полегшує розрахунок головної дотичної напруги в матеріалі.

Відомо [3], що в цьому випадку максимальні по модулю дотичні напруги діятимуть на майданчиках похилих до осей координат під кутом 45° і складають

$$T_{\max} = \left| \frac{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}}{2} \right|. \quad (28)$$

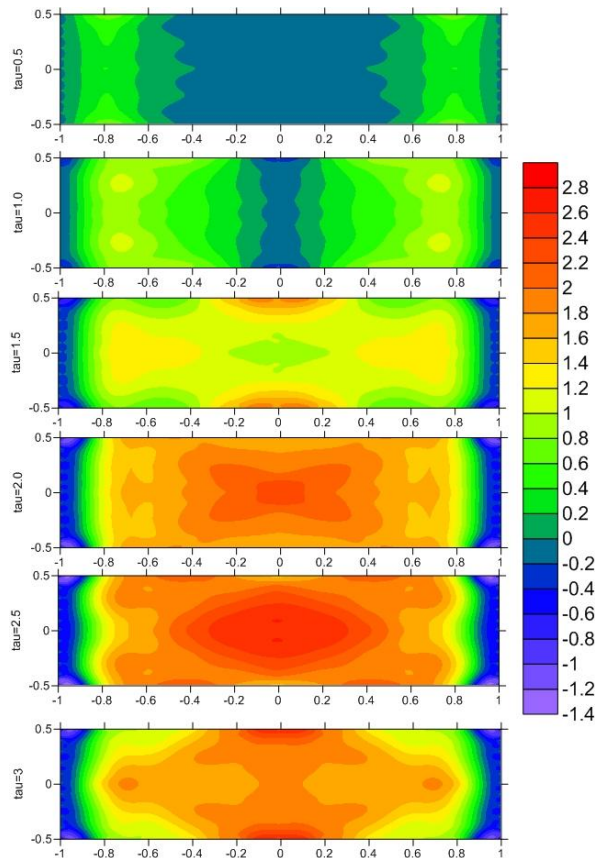


Рис. 6. Розподіл головної дотичної напруги в сапропелі при $h = 0.5l$

На рис. 6 представлені результати розрахунку просторово-часового розподілу віднесених до p^* головної дотичної напруги в елементі сапропелю, що має прямокутну форму із співвідношенням висоти до ширини $2 : 1$, при $\tau_0 = 5$ для різних значень безрозмірного часу.[16]

Висновки та перспективи подальшого дослідження. З приведеного можна зробити деякі висновки якісного і кількісного характеру. У перші моменти часу після додатка навантаження зони дії максимальних дотичних зусиль концентруються в локальних областях, розташування яких дозволяє прогнозувати руйнування зразка на 6-8 частин при досягненні дотичними зусиллями граничного значення. У ці моменти часу воно співвимірне з величиною зовнішнього навантаження. Якщо цих зусиль для руйнування недостатньо, то через проміжок часу $\tau_0 = 1$ ($t = 0.2ms$) внаслідок накладення набігаючих хвиль вони подвоюються, а після приходу відбитих хвиль зростають втричі в порівнянні з прикладеним навантаженням. Проте, зона дії цих зусиль сконцентрована поблизу центру зразка, що дозволяє прогнозувати його подрібнення на 2-4 частини. Схожі результати отримані і для інших геометричних співвідношень між висотою і шириною зразка. Таким чином, виходячи з модельних побудов, і проведених чисельних розрахунків можна стверджувати, що максимального значення головна дотична напруга досягає в областях розташованих поблизу центру зразка і складають до 300% від рівня зовнішнього навантаження.

Проте, для ретельнішого подрібнення бажано доводити зовнішнє навантаження до рівня граничного навантаження статичного завдання чистого зрушення, яке можна визначити експериментально.

1. Божидарнік В.В., Сулим Г.Т. Елементи теорії пластичності та міцності. – Львів: Світ, 1999.,Т.1 - 532 с.
2. Панасюк В. В. Механіка квазіхрупкого руйнування матеріалів. – К.: Наук. думка, 1991., - 416 с.
3. Божидарнік В.В., Сулим Г.Т. Елементи теорії пружності. – Львів: Світ, 1994., - 580 с.
4. Поліщук М.М., Бабарика С.Ф. Дослідження процесу подрібнення промороженого сапропелю. // Сільськогосподарські машини. - 36. наук. ст. Вип. 24. - Луцьк: Ред. - вид. відділ ЛНТУ, 2013. - С. 298-305.
5. Бабарика С.Ф. Обґрунтування параметрів робочих органів машин для поверхневого внесення сапропелів. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Тернопіль, 2012. 203 с.
6. Поліщук М.М. 2012р. Зміна фізико-механічних властивостей промороженого сапропелю з часом// "Актуальні задачі сучасних технологій": збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів, 19-20 грудня., м. Тернопіль - Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2012. С 17-18.
7. Поліщук М.М. Визначення тягового опору ложеформувача проморожених сапропелів// Сільськогосп. машини: 36. наук. ст. – Вип. 23. – Луцьк: Ред. - вид. відділ ЛНТУ, 2012. – 86 с.
8. Дідух В.Ф., Поліщук М.М. Дослідження умов локального внесення проморожених сапропелів//Механізація та електрифікація сільського господарства. Випуск 97 Т.1. – Глеваха, 2013. – С. 97 – 105.
9. Дідух В.Ф., Поліщук М.М. Тенденції розвитку технологій формування врожаю сільськогосподарських культур// Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки / Редакція: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. - Вінниця, - Випуск 11 т. 2 (66), 2012. - С 161-165.
10. Didukh V., Polishchuk M. Investigatijn of manufacture of organic fertilizers based on sapropel / /MOTROL. Commission of Motorization and Energetic in Agriculture – Lublin. Vol. 15, No 4. 2013 – P 225-230.
11. Сацюк В.В., Поліщук М.М., Голій О.В. До теорії визначення початкової швидкості руху частинки добрив на поверхні лопаті подрібнюючого бітера.// Сільськогосподарські машини:-36. Наук. ст. – Вип 25. – Луцьк: Ред. - вид. відділ Луцького НТУ, 2013 – С. 118-121.
12. Дідух В.Ф., Кірчук Р.В., Поліщук М.М. Обґрунтування профілю скребка транспортера.// Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 145. «Технічний сервіс машин для рослинництва». – Х.: Віровець А.П. «Апостроф», 2014 – С. 82-90.
13. Бакум М.В. Сільськогосподарські машини. Ч.2. Машини для внесення добрив. У 2-х томах– Харків: ХНТУСГ, – Т. 1. 2008 – 285с.
14. Кругляков, М.Л. Техніка плодороддя (Удобрения и новые машины для внесения их в почву). / М.Л. Кругляков, А.М. Кругляков. – М.: Знание, 1964.
15. Шевчук М.Й. Сапропелі України. Запас, якість і використання органо-мінеральних добрив // Вісник аграрної науки, №2, 2000. – С. 24 – 28.
16. Didukh V. MATHEMATICAL SIMULTION OF THE SAPRAPEL GRINDING BY MEANS OF THE SHOCK LOANDS / V. Didukh, M. Polishchuk, I. Turchyn // Econtechmod. An international quarterly journal. Vol. 03 № 3. Poland. Lublin – Lviv 2014. – P. 3-9.
17. Meyers, M.A. Dynamics behavior of materials. –New York: Wiley, 1994. 283 p.
18. Besson, J., Cailletaud, G., Chaboche, J.-L., Forest, S. Non-Linear Mechanics of Materials.-Hardcover, 2010 433 p.
19. Meleshko, V.V. Selected topics in the history of the two-dimensional biharmonic problem. Appl. Mech. Rev. Vol 56, No 1: 33-85 – 53 p.
20. Poruchikov, V.B. Methods of the classical theory of elastodynamics. – Berlin, New York: Springer-Verlag, 1993 – 319 p.

УДК 004.896

Проніна О.І.

Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»

МОДЕЛЮВАННЯ НЕЧІТКОГО ВИВЕДЕННЯ ДЛЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ПОЇЗДКИ

Проніна О. І. Моделювання нечіткого виведення для вибору оптимальної індивідуальної міської поїздки.

У статті представлені етапи побудови системи нечіткого виведення для вибору оптимальної поїздки. Описано вхідні лінгвістичні змінні необхідні для побудови системи нечіткого виведення. Сформовано продукційні правила для системи нечіткого виведення. Показано результати моделювання нечіткого виведення в середовищі MatLab Fuzzy.

Ключові слова: оптимальна поїздка, нечітке моделювання, продукційні правила, система нечіткого виведення.

Пронина О. И. Моделирование нечеткого вывода для выбора оптимальной индивидуальной городской поездки. В статье представлены этапы построения системы нечеткого вывода для выбора оптимальной поездки. Описаны входные лингвистические переменные необходимые для построения системы нечеткого вывода. Сформированы продукционные правила для системы нечеткого вывода. Показаны результаты моделирования нечеткого вывода в среде MatLab Fuzzy.

Ключевые слова: оптимальная поездка, нечеткое моделирование, продукционные правила, система нечеткого вывода.

O. I. Pronina Modeling of fuzzy output for the selection of the optimal individual city trip. The article presents the stages of constructing a fuzzy inference system for choosing the optimal trip. The input linguistic variables necessary for constructing a system of fuzzy inference are described. Production rules for the system of fuzzy inference have been formed. The results of simulation of fuzzy inference in Matlab are shown.

Keywords: optimal travel, fuzzy modeling, production rules, system of fuzzy inference.

Вступ. На сьогодні інформаційні технології активно розвиваються і використовуються у різних галузях діяльності людини. Швидкий і доступний Інтернет, GPS позиціонування і мобільні додатки роблять використання смартфонів все більш популярним. Особливо актуальні ці технології для транспортних систем і організації перевозок, в тому числі приватних пасажирських (таксі).

Дослідження моделей взаємодії користувача і клієнта показали, що найбільш ефективний варіант взаємодії – це модель виклику таксі «без диспетчера», коли взаємодія водія і клієнта йде безпосередньо, без посередника [1]. У цій моделі клієнт вибирає собі автомобіль зі списку згідно зі своїми бажаннями і перевагами, але навіть тут виникають складнощі. Найчастіше користувач обирає собі автомобіль, який розташовано першим у запропонованому списку. Або клієнт орієнтується тільки на один параметр, наприклад, «ціна поїздки», ігноруючи параметр «розташування водія щодо клієнта». Обравши таку поїздку, користувач може довго чекати машину і додатково заплатити за подачу автомобіля, в разі якщо відстань до клієнта перевищує мінімальну. Або ж користувач може не звернути увагу на параметр «клас автомобіля» і його стан, що позначиться на ціні поїздки та на загальному враженні від поїздки. Обираючи тільки один ключовий параметр практично неможливо вибрати оптимальну поїздку.

Таким чином, розробка підсистеми, яка дозволить автоматизувати процес вибору оптимального варіанту індивідуальної міської поїздки, актуальна. Оскільки область оцінки параметрів суб'єктивна, вирішено використовувати апарат нечіткої логіки.

Метою даної роботи є моделювання нечіткої системи виведення для визначення оптимальності поїздки, тобто поїздки яка буде поєднувати в собі клас автомобіля «комфорт», мінімальну вартість подачі автомобіля, низьку вартість поїздки, близьке розташування водія щодо клієнта, високий рейтинг водія.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На теперішній день існує багато робіт, присвячених транспортним системам і їх проблемам. Ряд завдань вирішує апарат нечіткої логіки, наприклад, дослідження перспективи мінімізації невизначеності в експертних висновках під час вирішення типових задач автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод при гальмуванні [2]. У роботі [3] на підставі нечіткого логічного висновку запропонована модель оцінки ризиків проектів / програм / портфелів з перевезення вантажів. Застосування даної моделі дозволяє використовувати якісні показники і поліпшити результати виведення.

В роботі [4] розглядаються математична формалізація проблеми маршрутизації танкерів-автозаправних станцій при невизначеній інформації про вимоги обслуговуваних судів. Розглядаються кілька підходів до синтезу алгоритмів прийняття рішень і математичних моделей

на основі інтерактивного підходу. Основна увага приділяється застосуванню нечітких множин і нечіткої логіки для моделювання невизначених порядків судів, які обслуговуються, і оптимізації палива в умовах невизначеності. У роботі [5] розроблено схему керування виробничо-транспортною системою машинобудівного підприємства на основі засад тягучих логістичних систем. Для прийняття рішень про оптимальний обсяг виробничої і транспортної роботи застосовано також апарат теорії нечітких множин.

У моделях розподілу пасажирських перевезень застосування нечіткої логіки та генетичних алгоритмів забезпечує точні результати розрахунків у визначенні транспортного попиту [6]. Крім того, нечітка логіка використовується при вирішенні проблеми з призначенням трафіка, формування пропускну здатності пасажирів для кожного маршруту руху [7].

Модель індивідуальної міської поїздки. Для опису моделі індивідуальної міської поїздки (таксі) використовується множина поїздка $\{P\}$, представлена у вигляді (1).

$$P = \{(p_1, \Omega_1^j), (p_2, \Omega_2^j), (p_3, \Omega_3^j), (p_4, \Omega_4^j), (p_5, \Omega_5^j)\}, p_k \in A \quad (1)$$

$$\Omega_i^j = \{\omega_i^j \mid \mu_{\Omega_i^j}(\omega_i^j)\}, \omega_i^j \in \Omega_i^j,$$

де $A = \{p_k\}$ – множина ознак: p_1 – клас автомобіля, p_2 – розташування водія щодо клієнта, p_3 – ціна поїздки, p_4 – ціна подачі автомобіля, p_5 – рейтинг водія; k – індекс ознаки; $\Omega_i^j = \{\omega_i^j\}$ – множина значень ознаки p_k , що представляє собою найменування нечітких змінних; значення індексів $j \in [1;4]$ описують множину значень ознаки.

Ознаки є вхідними змінними для моделі, що пропонується, для їх опису було вирішено використовувати лінгвістичні змінні. Оскільки при описі вхідних параметрів поїздки вони є більш інформативними для користувачів [8]. Аналіз дозволив виявити як найменування термів, так і їх кількість для кожної лінгвістичної змінної. У результаті аналізу видів функцій приналежності термів емпіричним шляхом були обрані: сігмоїдна, узагальнений колокол і трикутна функції приналежності [9].

Ознаки $\{p_i\}_{i=1}^5$ описуються, відповідно, лінгвістичними змінними:

- β_1 визначається кортежем $\langle \beta_1, T(\beta_1), X \rangle$, де β_1 = «клас автомобіля», $T(\beta_1) = \{\text{економ, комфорт, бізнес}\}$, $X = [0, 300]$, функція приналежності трикутна;
- β_2 визначається кортежем $\langle \beta_2, T(\beta_2), X \rangle$, де β_2 = «розташування водія щодо клієнта», $T(\beta_2) = \{\text{близько, середньо, далеко}\}$, $X = [0, 300]$, функції приналежності сігмоїдна і узагальнений колокол;
- β_3 визначається кортежем $\langle \beta_3, T(\beta_3), X \rangle$, де β_3 = «ціна поїздки», $T(\beta_3) = \{\text{низька, середня, висока}\}$, $X = [0, 300]$, функції приналежності сігмоїдна і узагальнений колокол;
- β_4 визначається кортежем $\langle \beta_4, T(\beta_4), X \rangle$, де β_4 = «ціна подачі автомобіля», $T(\beta_4) = \{\text{низька, середня, висока}\}$, $X = [0, 300]$, функції приналежності сігмоїдна і узагальнений колокол;
- β_5 визначається кортежем $\langle \beta_5, T(\beta_5), X \rangle$, де β_5 = «рейтинг водія», $T(\beta_5) = \{\text{низький, середній, хороший, відмінний}\}$, $X = [0, 300]$, функції приналежності сігмоїдна і узагальнений колокол.

Значення параметрів термів кожної лінгвістичної змінної, функції приналежності і діапазон універсуму для вхідних змінних описані в [10].

Побудова нечіткої моделі вибору оптимальної поїздки. Для визначення ступеня впевненості в оптимальності поїздки використовується нечітка модель вибору. В основі нечіткої моделі вибору оптимальності поїздки лежить формальна система виду (2).

$$HM_2 = \langle \{V\}_{i=1}^5, \{W\}_{j=1}^4, \{R\}_{k=1}^{107} \rangle, \quad (2)$$

де $V = \{\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5\}$ – множина вхідних лінгвістичних змінних; $W = \{\omega_1\}$ – множина вихідних лінгвістичних змінних; $R = \{R_1, R_2, \dots, R_{107}\}$ – множина правил нечітких продукцій, при формуванні якої використовувався підхід, описаний в [9]. Кожне правило R_i представлено у вигляді нечіткої продукції виду (3).

$$\text{ПРАВИЛО\#>: ЯКЩО } \beta_1 \in \alpha_1 \text{ "ТА" } \beta_2 \in \alpha_2 \text{ "ТА" } \dots \beta_m \in \alpha_m \text{ "ТО" } \omega_1 \in y_1 \text{ "ТА" } \dots \omega_s \in y_s \text{ " (3)}$$

У якості схеми нечіткого висновку пропонується використовувати алгоритм Мамдані [8-9]: метод активації – min-активація, у всіх правилах у якості логічної зв'язки для умов застосовується нечітка кон'юнкція, в якості метода агрегування використовується min-кон'юнкція, для акумуляції висновків правил – метод max-диз'юнкції, метод дефазифікації – метод центру тяжіння.

Лінгвістична змінна ω_1 визначається кортежем $\langle \omega_1, T(\beta_1), X \rangle$, де ω_1 = «ступінь впевненості в оптимальності поїздки», $T(\omega_1) = \{NSU, SSU, HSU, VSU\}$, $X = [0, 1]$. Найменування термів NSU – «низький ступінь впевненості», SSU – «середній ступінь впевненості», HSU – «добрий ступінь впевненості», VSU – «високий ступінь впевненості». Параметри термів представлені в табл.1. Функції приналежності, для термів NSU, VSU – сігмоїдної форми, для SSU, HSU – узагальнений колокол [8].

Таблиця 1. Параметри термів лінгвістичної змінної ω_1

Ім'я терма	Ім'я функції	Параметри			Діапазон універсуму	
		a	b	c	X_1	X_2
NSU	$\mu_{NSU}(x; a, c)$	50	-	0,175	0	0,25
SSU	$\mu_{SSU}(x; a, b, c)$	0,052	2	0,35	0,25	0,5
HSU	$\mu_{HSU}(x; a, b, c)$	0,047	2	0,63	0,5	0,75
VSU	$\mu_{VSU}(x; a, c)$	50	-	0,8	0,75	1

Моделювання нечіткої системи вибору оптимальної поїздки в середовищі Matlab. У сучасному світі особливої актуальності набувають засоби комп'ютерного моделювання. Це пов'язано з тим, що засобами комп'ютерного моделювання можна вирішити ряд важких у виконанні завдань, оптимізувати окремо взяті процеси. Для вибраної кількості вхідних даних розроблено структурну схему нечіткої моделі у середовищі MATLAB R2009b в пакеті Fuzzy Logic Toolbox. На рис.1 представлена структурна схема у вікні редактора системи нечіткого виведення.

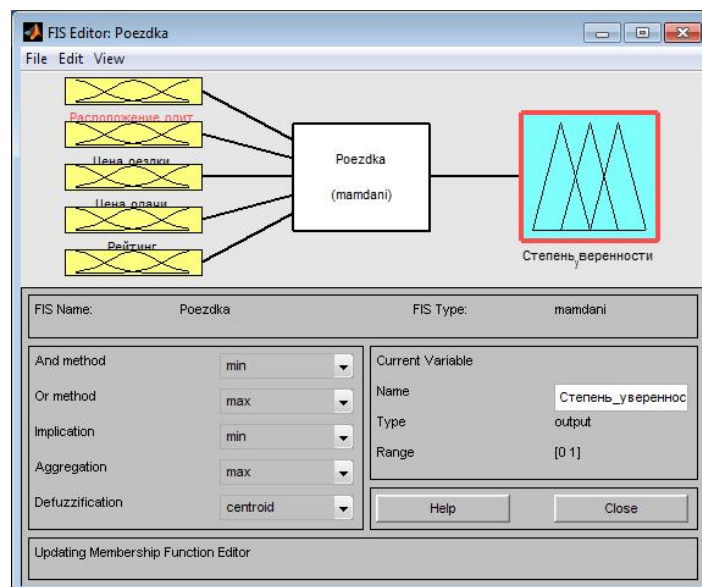


Рис. 1. Структурна схема системи на базі елемента нечіткої логіки

При створенні моделі проходить кілька етапів, основні особливості яких наведено нижче. На етапі фазифікації значення вхідних параметрів наводяться відповідно до їх нечітких лінгвістичних змінних з подальшим вибором закону зміни функції приналежності. Лінгвістична оцінка значення для змінної розташування водія щодо клієнта, проводиться за допомогою 3 термів: ("близько",

"середньо", "далеко"), рис. 2а. Лінгвістична оцінка значення для змінної рейтинг водія, проводиться за допомогою 4 термів: ("низький", "середній", "хороший", "відмінний"), рис. 2б.

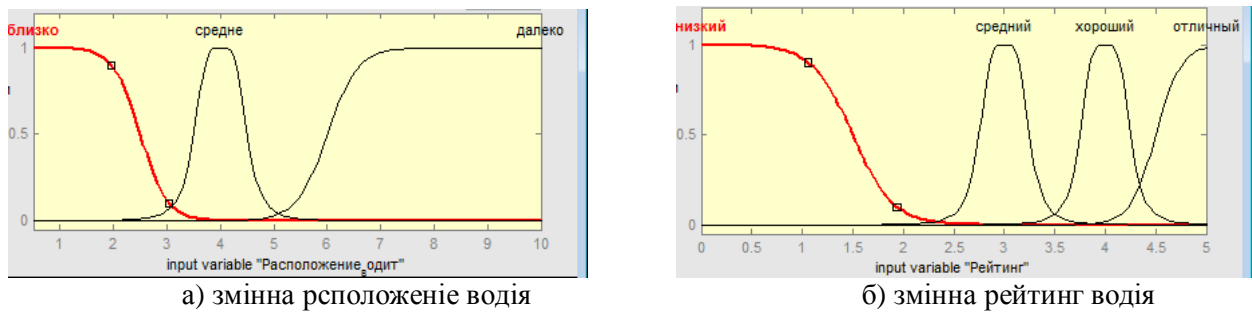


Рис. 2. Завдання лінгвістичної оцінки вхідних сигналів

Лінгвістична оцінка значення для змінних ціна поїздки і ціна подачі, проводиться за допомогою 3 термів: ("низька", "середня", "висока"), малюнок 3а, 3б.

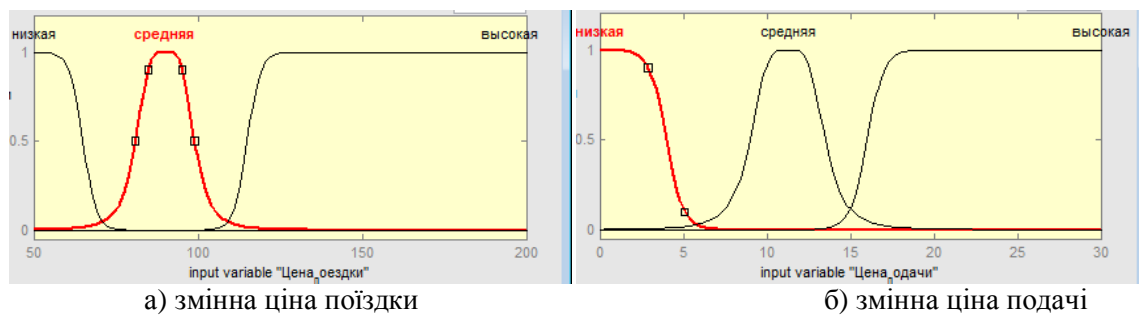


Рис. 3. Завдання лінгвістичної оцінки вхідних сигналів

Лінгвістична оцінка значення для змінної клас автомобіля, проводиться за допомогою 3 термів: ("економ", "комфорт", "бізнес"), рис. 4а. Лінгвістична оцінка значення для вихідної змінної ступінь впевненості, проводиться за допомогою 4 термів: ("низька", "середня", "хороша", "висока"), рис. 4б.

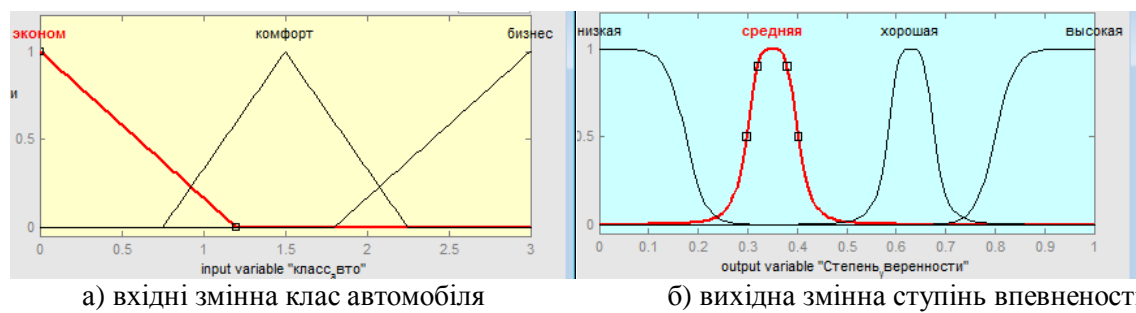


Рис. 4. Завдання лінгвістичної оцінки вхідних і вихідних змінних

При визначенні функцій приналежності необхідно, щоб ступені приналежностей кордонів інтервалу крайнім термам були наближені до одиниці. Таким чином буде виконуватися правило, чим менше (більше) значення змінної, тим більшою мірою воно відповідає крайньому терму "низький" ("високий") [11].

Причинно-наслідкові зв'язки між значеннями вхідних параметрів і вихідних даних формалізуються в сукупності нечітких логічних правил. Нечітка база знань з інформацією про залежність «вхід - вихід» містить лінгвістичні правила, приклади яких представлені нижче:

1. ЯКЩО $\beta_1 = \text{«комфорт»}$ ТА $\beta_3 = \text{«низька»}$ ТА $\beta_4 = \text{«низька»}$ ТА $\beta_2 = \text{«близько»}$ ТА $\beta_5 = \text{«відмінний»}$ ТО $\omega_1 = \text{«висока»}$.
2. ЯКЩО $\beta_1 = \text{«економ»}$ ТА $\beta_3 = \text{«середня»}$ ТА $\beta_4 = \text{«висока»}$ ТА $\beta_2 = \text{«далеко»}$ ТА $\beta_5 = \text{«середній»}$ ТО $\omega_1 = \text{«низька»}$.

Правила задаються експертами на основі суб'єктивних переваг і не носять випадкового характеру. При дослідженні нечіткої моделі використовується режим перегляду правил. Отримати значення необхідної вихідної змінної можна, задавши конкретне значення вхідних змінних.

Щоб виконати оцінку побудованої системи нечіткого виведення для завдання визначення ступеня впевненості в оптимальності поїздки необхідно ввести значення вхідних змінних для окремого випадку: клас автомобіля – «комфорт», розташування водія щодо клієнта – «близько», ціна поїздки – «низька», ціна подачі – «низька», рейтинг водія – «високий».

Наприклад, процедура нечіткого виведення для розробленої нечіткої моделі видає результат 0.811, який інтерпретується в ступінь впевненості в оптимальності поїздки - «високий»

Експеримент з перевірки адекватності нечіткої моделі вибору оптимальної поїздки.

Було проведено експеримент, в якому було створено 54 ситуації, з них 17 раз був використаний «економ клас» автомобіля, 20 раз «комфорт клас» і 17 разів «бізнес клас». Було проведено перебір всіх значень всіх вхідних змінних: ціна поїздки, ціна подачі, розташування водія щодо клієнта, рейтинг водія. Кожна створена ситуація оцінювалася не тільки системою, але і пропонувалася для оцінки експертам.

Для аналізу результату були розбиті на чотири групи: 1 група – поїздки з низьким ступенем впевненості [0; 0,25]; 2 група – поїздки із середнім ступенем впевненості [0,25; 0,5]; 3 група – поїздки з хорошим ступенем впевненості [0,5; 0,75]; 4 група – поїздки з високим ступенем впевненості в оптимальності [0,75; 1].

Щоб оцінити різницю між оцінкою експерта та результатами, що видає нечітка система вибору оптимальної поїздки була розрахована середня абсолютна помилка, значення якої наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Оцінка результатів експерименту

Розбиття отриманих даних на групи	Кількість значень в групі	MAE
1 група	7	0,019
2 група	22	0,009
3 група	11	0,013
4 група	14	0,004
Вся вибірка	54	0,0095

Згідно з отриманими результатами можна зробити висновок про кількісну незгоду розподілу. Міра різниці (MAE) вказує на незначну відмінність значень експерта від значень, отриманих від системи. Середня абсолютна помилка як в кожній з груп, так і у всій вибірці в цілому, не перевищує значення 0,019. А якщо аналізувати вибірку в цілому, то різниця між значеннями, отриманими від експертів і від системи, не перевищує точність в 0,01. Ці дані доводять адекватність нечіткої моделі вибору оптимальної поїздки.

Висновки. Таким чином, моделювання нечіткої системи вибору оптимальної поїздки в середовищі Matlab дозволило перевірити нечітку модель вибору оптимальної поїздки. Отримані результати було порівняно з результатами, які надали експерти. У результаті аналізу виявлено, що результати, що отримані за моделлю, і результати, що отримані при опитуванні експертів, досить близькі. І навіть в разі числової відмінності не виходять за межі словесного опису оптимальності поїздки, що підтверджує середня абсолютна помилка. На підставі цього можна зробити висновок, що нечітку модель вибору оптимальної поїздки можна далі впроваджувати у інформаційну систему організації індивідуальної міської поїздки у вигляді підсистеми.

1. Пронина О. И. Анализ моделей и технологий распределения транспортных услуг / О. И. Пронина // Наукові праці Донецького національного технічного університету серія: «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка», 2016. – №2 (23). – С. 86-90.
2. Кашканов А. А. Дослідження процесів руху транспортних засобів при гальмуванні [Електронний ресурс] / А. А. Кашканов, Ю. О. Воложинський, Я. В. Назарук // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ. 22-24 березня 2017 р. – Вінниця, – Електрон. текст. дані. – 2017. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/2124> (дата обращения: 12.12.2017).
3. Меленчук В. М. Модель оцінки ризиків проектів/програм/портфелів транспортної логістики із застосуванням нечіткого логічного виведення / В. М. Меленчук // Збірник наукових праць «Вісник ЛДУ БЖД». Серія «Управління проектами і програмами», 2016. – №13. – С. 48 – 55.
4. Kondratenko G. V., Kondratenko N. Y, Kondratenko Y. P. Fuzzy Knowledge Based System for Planning and Optimization of Tanker-Refueler Routes Minsk: Publishing Center of BSU, Pattern recognition and information processing, 2016, p. 93 – 98
5. Нефёдова Я. И. Моделирование процессов управления в производственно-транспортной системе / Я. И.

- Нефёдова, Ю. В. Булгакова // Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки, 2013. – №.27. – С. 205 – 2012.
6. Формальчик С. Ю. Застосування нечіткої логіки та генетичних алгоритмів у моделях пасажирських пересувань / С. Ю. Формальчик, А. Б. Білоус, І. А. Демчук // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. / М-во образования и науки Украины, ХНАДУ; [редкол.: Туренко А. Н. (гл. ред.) и др.]. – Харьков, 2014. – № 35. – С. 122 – 127.
 7. Fornalchuk Ye., Vilous A., Demchuk I. The Model of Correspondence of Passenger Transportation on the Basis of Fuzzy Logic Econtechmod. an international quarterly journal – 2015, Vol. 04, No. 2, pp. 59 – 64.
 8. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
 9. Каргин А. А. Введение в интеллектуальные машины. Книга 1. Интеллектуальные регуляторы / А. А. Каргин. – Донецк: Норд-Пресс, ДонНУ, 2010. – 526 с.
 10. Пронина О. И. Формализованное представление индивидуальной городской поездки на основе лингвистических переменных / О. И. Пронина // Вісник Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба «Системи обробки інформації», 2017. – № 1 (151). – С. 39-47.
 11. Сибикина И.В., Квятковская И.Ю. Построение лингвистических шкал в целях выявления важных дисциплин, формирующих компетенцию // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2012. – № 2. – С. 182–186.

УДК 005.5.658.5

Olena Sivakovs'ka, Ph.D

Lutsk National Technical University

SUCCESSFUL STARTUPS: HOW TO TEACH STUDENTS

Olena Sivakovs'ka. Successful startups: how to teach students. The article considers the features of startups teaching. There have been proposed implementation opportunities of information and innovation technologies into the learning process for Master's degree in Project Management. Unconventional ways in Startup Project Management have been showed too.

Keywords: startups, projects, management, business, ideas, innovation, technology, success.

Сиваковська О.М. Успішні стартапи: як навчити студентів. У статті розкриті особливості викладання стартапів. Запропоновані можливості впровадження інформаційних та інноваційних технологій у навчальний процес підготовки магістрів у сфері управління проектами. Представлені нетрадиційні підходи управління стартап-проектами.

Ключові слова: стартапи, проекти, управління, бізнес, ідеї, інновація, технологія, успіх.

Сиваковская Е.Н. Успешные стартапы: как научить студентов. В статье раскрыты особенности преподавания стартапов. Предложены возможности внедрения информационных и инновационных технологий в учебный процесс подготовки магистров в области управления проектами. Представлены нетрадиционные подходы управления стартап-проектами.

Ключевые слова: стартапы, проекты, управление, бизнес, идеи, инновация, технология, успех.

Introduction to research problem. When students are interested in business, in new ideas and want to have a good job, startup lecturer can help them. However, operating a startup has some key advantages that those big businesses simply aren't able to touch. Knowing these advantages, and playing to them, will help students' startup remain strong even in the face of decades-experienced, national-level competitors. But working for a startup can involve a lot of risk, that's no secret; according to the Wall Street Journal, three out of every four startups fail. But that doesn't mean taking a job with a startup – even one that ultimately fails – won't allow students to gain valuable experience and skills to add to their resume.

Research analysis. The problems of startups development are practiced by Oksana Borysenko (co-founder of "Enable Talk", Ukraine), Matt Aimonetti (software developer, co-founder of "Splice", USA), Rafis Abazov (researcher of Al Farabi Kazakh National University), Lisa Chesser (researcher of Florida International University). These people work hardly for the development of startup projects in the world. There are many companies, businessmen, manufacturer and investors, who are really interested in Startups today. Now many universities in our country introduce the discipline "Startup Project Management" in their educational programs too.

Presentation of the basic material and substantiation of results. The introduction of new educational strategies of methodological support increases not only the effectiveness of the process for preparing the student as a specialist, but also it influences the development of the teacher competencies, the achievement of modern awareness and the using of innovative educational technologies. The dynamics of the development and application of information and communication technologies is a reflection of the need to increase the level of teaching and the use of technical means for instruction to create a training channel between the teacher and students through telecommunications networks, and the create a virtual educational environment [1].

Now the world is more difficult, there are so much information and innovation technologies, and students of 21 century are cleverer and more adroit. So, the teaching of startup projects is very important today. With the help of this, our students can show their intelligence, their ingenuity and their uniqueness. Many universities around the world encourage business ideas from students and provide all kinds of support (often free) to student-led start-ups. This is a unique opportunity for innovative and forward-thinking students to set up their own start-ups—with the dream of coming up with a new Google, Facebook or Apple! It is pity, the majority of universities in our country can't do it. That's why students must find some investors, companies and etc., if they really have new and important ideas.

Recently, start-ups have become a kind of profession. Of course, this is not entrepreneurship in its pure form, because entrepreneurship implies the existence of some finished business model: you need a clear financial plan that allows you to understand the recoupment of your idea; understand when and what resources are needed to implement them, and so on. When creating a business, we plan our future well enough. A startup is a venture history: the task is not to build a profitable business, it demonstrates the

exponential growth of a certain set of metrics. If you earn with the help of startups – it's great, if not, it's not confoundedly.

So the task of the teacher is to help each student understands all aspects of this discipline. All students must be able to create new ideas, form own mind, differentiate advantages and disadvantages startup projects and at last they must be good “businessmen” and orators.

Teaching students about startups and small business inside the auditory room not only meets any set of standards, it prepares them for life. Students learn about brainstorming ideas, setting goals, budgeting, and indulging their individuality while still learning to cooperate with others.

On top of that, with the job market constantly fluctuating and the dismal outlook portrayed by the news, it's even more crucial to teach students about business. How teachers do this really just depends on their own individual personalities and preferences. However, this is the one time when a student should choose something they like first then the teacher can act as a guide [2].

Therefore I can propose some approaches that can be used in startups teaching.

There are: success stories, business letter, business plan, risks and benefits, types of businesses, auditory jobs vs. entrepreneurship, “the million-dollar question”, make money, budgeting, banking, spending money, turning a profit, balance checking accounts, supply and demand, observe consumer behavior, inventions, known information, the history of business, currency exchange, clubs, online stores, evaluate, project runway, advertising agency.

Let consider advantages of each approach.

Success stories. The teacher must read success stories with students. This can range from news or feature stories to historical pieces. One such story about Sarah Breedlove Walker introduces students to “a rags to riches” journey of one of the wealthiest black women in the 1900s. If teachers compare that with a story of Oprah Winfrey and her millionaire status, students will learn and find great inspiration for building a business from the bottom up [3].

Business letter. A teacher must teach students to write business letter correctly. A student might write a business letter to solicit interest from investors or possible consumers. The point being that the student should present the value of the business on several levels through formal language.

Business plan. Without a plan, anyone can lose his or her focus on a goal. If students write a business plan, they'll get a solid understanding of what it takes to start their own business. The teacher must explain how write this plane (explain all steps of the plan, all aspects and etc.).

Risks and benefits. Along the way, students should weigh the risks and benefits of whatever business venture they choose. The teacher can use tool, “The Balancing Act” Activity, as a visual for students. With the help of this, the lecturer can visually explain all risks and benefits of startup projects.

Types of businesses. A teacher must take students from start to finish through a business model. A lecturer can give them a specific type of business to focus on, delving into the ins and outs of making this business work. For instance, if students were to focus on different startups, they could start with <https://startup.ua/>. But if a student want to use this site, he must registrate there. The lecturer can show students the differences and similarities while providing them with invaluable details about starting and maintaining a successful business.

Auditory jobs vs. entrepreneurship. During the startup's lecture, a lecturer can create a sense of responsibility by giving each student a job and add a twist. First he must assign jobs such as white board cleaner, agenda and date manager, art director, and so forth. Assigning more important names to jobs works really well with older students. Then a teacher can listen to complaints and allow them to switch out jobs for a couple of week. Ultimately he needs to ask a series of questions to get them thinking. For e. g.: Would you be happy doing this when you're out of our university? How could you turn one of these skills learned into a business of your own? Or, do you prefer working for someone else? What are the benefits? What are the drawbacks? All of this will help them understand responsibility and decide what route works best for them.

“The million-dollar question”. Simply the teacher can ask a question: Do you want to be a millionaire? Then, he can ask some more questions and help guide students through an engaging lesson full of percentages, decimals, data analysis, number sense, solving equations, and problem solving. This lesson requires small stories and flexibility so keep that in mind when approaching any obstacles [3].

Make money. Starting a business may begin with an idea or a desire for independence but no business moves forward without money. That old adage, which seems obvious to an adult, “You gotta have money to make money,” isn't so apparent to a kid. So while teaching them the facts of dollars and cents for any grade level, instill this concept into them and have them list possible sources of funds [3].

Budgeting. Then the lecturer must ask the practical question of “How much money will you need?” Depending on the business type, students need to decide how much money they’ll need by creating a budget.

Banking. A teacher can ask, “How will you get that money?” But the lecturer must help them to answer through their own personalized lesson or by sending them to the bank. Now a teacher has students learning about borrowing money from the bank. Teachers can take many avenues to get to the point where students borrow the money. Along the way, there are more than enough learning opportunities, from learning about interest on loans to problem solving. Teachers can also find ideas to carry into higher grade levels.

Spending money. One of the single most serious aspects of dealing with money involves spending it. Students need a heavy dose of reality when it comes to simpler consumer spending. Some sites do a great job at conveying the importance of this with facts and information. Startups’ teacher can use special site to teach students how to spend wisely and carefully.

Turning a profit. Exemplifying what turning a profit means to a group of students seems simple enough, but it’s challenging. If students haven’t even had a job, how can they possibly grasp the reality of turning a profit from a small business start-up? Well, that’s what teachers are for and that’s why teachers have great resources such as www.richkidsmartkid.com Video games help teachers introduce ideas and lessons broken into grade levels help teachers cement some important concepts including the idea of making a profit [4].

Balance checking accounts. Many people find balancing a personal checking account difficult not because it’s a difficult concept, but because there are so many bills to pay. Taking some time to show and discuss paying bills and balancing accounts helps students with basic level of responsibility. The mint offers simple, digital lessons.

Supply and demand. Many students like video games. Is a great tool that will challenge students to build a small business and turn it into an empire. There is many videogames that help to create a new business virtually in the Internet. By introducing students to the idea of creating a trade company, it provides them with important lessons in supply and demand.

Observe consumer behavior. A lecturer can conduct an experiment with consumer behavior. He must introduce students to the stock market and link that with checking the news. But, more importantly, have students observe their own and their family and friends’ consumer behavior. That will make this so much more interesting. Then, students must come up with economically effective ways to solve or enhance some of the behaviors they’ve observed.

Inventions. Inventions and business should go together. That’s why young inventors need exposure to the business world. The teacher must start by questioning them: “How will this invention affect the world around you? How should it be marketed? How can the inventor hold on to a majority of the profits?” A startup researcher can show them the reality, that most inventors retain only 1% of profits. That’s why learning about business is so vital to students’ success.

Known information. In any project, there is a stage when you need to sit down and digest all information you’ve collected, all contacts you’ve approached and all opportunities you’ve explored. This is a very important stage when start-up hopefuls have not only to do the SWOT analysis (assessing Strength, Weaknesses, Opportunities and Threats) but also to decide where and how to move forward. At this stage it’s also important to digest the wealth of information you’ve collected into a good presentation for yourself and for all your friends, stakeholders and sponsors to get their feedback, comments and suggestions [5].

This is a stage when it is also essential to ask yourself honestly: is this project good enough for upscaling and moving forward as a serious once-a-lifetime opportunity? Or, is it a nice student-scale project which has provided experience and expertise in start-ups and satisfying your own ambitions, but not enough to become a large breakthrough innovative product?

Overall, it is important to remember that in building the first start-up it is equally important to build first team of friends and classmates. This combination – brainstorming and working up on students’ idea and building a team for this and many other projects – will help them to be successful in creating start-ups and developing innovative ideas.

The history of business. A teacher must compare students the various types of economic systems over time. This will help them understand where money came from and why. It will also help them understand how the credit card has changed the way they understand value, often disregarding the prices of various products and services.

Currency exchange. A startup researcher can ask students choose parts of the world where they think their product would sell or their business would thrive. Then, he can ask them determine exchange rates. They might want to stick to one continent, but it's always more interesting when they choose. Students will not only learn by using world maps but also begin to understand the value of money across continents.

Clubs. Various types of clubs help students socialize in an environment where they can be themselves so why not use the clubs to see the business side of their interests. Clubs often organize events or fundraisers to promote themselves so teach them some business skills along the way.

Online stores. The next step might be to show how students can set up an online shop. Of course there's so much more to business and entrepreneurship than just creating a place to sell the product, but it gives them a resource and a starting point for motivation.

Evaluate. A very important part of the process of start-up development is to realistically evaluate how much support students need for their start-up project. They must remember a historic fact about the importance of comprehensive evaluation for e. g.: in 1976 Stephen Wozniak, an engineering intern at the Hewlett-Packard (HP) Company, built a prototype of the first personal computer. However, after a quick evaluation HP decided the idea was not worth investing in, and declined to support the project. Thus, Stephen Wozniak joined Steve Jobs to create the Apple Corporation – a company which is currently about 10 times larger than HP.

One big mistake that students (and other start-up beginners) make is to focus exclusively on monetary support for their projects. Yet, case studies from many countries suggest the importance of getting human resource support and technical assistance, such as patent application and registration, and for the evaluation of market environment for the innovation [5].

Project runway. Creating a competitive environment out of a single project and offering prizes for the winners gives students a taste of how difficult following through on a goal can be but also how rewarding a win can make they feel. A lecturer can use this to show them how designers start their own lines. The website for the show Project Runway has some great clips to show students. www.mylifetime.com.

Advertising agency. A startup researcher can give the students a chance to create their own advertising agency. A teacher must create small groups of three or four students and have them come up with campaigns in print and digitally. Depending on the time and extent of lessons, a lecturer can challenge them to help come up with unique and campaigns for products they know and love. The teacher must make sure they place a value on their work and research how much ad agencies charge for various types of work. So the lecturer must compare large ad agencies to the smaller ones.

At first startup lessons, the teacher can ask such question: What is the common factor between Bill Gates, Steve Jobs and Mark Zuckerberg? On the surface the answer is very simple: all of them began their iconic projects during their university years and often only with the help of their closest friends. However, we have to dig deep inside their way of thinking, brainstorming and creating to understand the “magic bullet” of their success. Professors and students at business schools around the world have spent thousands of hours to deconstruct the mysteries of their success and to replicate their experience in the new environment.

Many years of experience in working with student start-up projects suggest that the next very important step in converting each idea into a workable start-up is to explore funding opportunities to finalize the ideas into a viable project and – if possible – into a workable prototype.

In the rapidly changing and extremely competitive business environment, often it is not enough to just show nice presentation slides and calculations on paper, as it might not work even for the most brilliant and potentially marketable ideas. A workable prototype will greatly increase students' chance of success, and therefore it is critically important to explore all existing opportunities for support.

And here the university environment might be able to help. During the last decade, many universities have established business incubators and techno-parks as innovation support institutions with a single mandate: to support students in various ways to start successful innovation projects and systems or to create industry-science linkages.

For example, a techno-park at Al Farabi KazNU – created in 2011 as an industry-science collaboration center for commercialization and technology transfer – currently supports about a dozen student projects at once. It also provides space for brainstorming and for writing up business proposals for students' projects and regularly organizes various workshops and seminars for students and faculty about various aspects of building start-ups and getting help for most prospective ideas [2]. In fact, at many

universities around the world, the financing of innovative entrepreneurs is built around four major sources: 1) in-house funds; 2) university-affiliated funds; 3) private alumni funds, and 4) private investment-angel funds.

At last a teacher must show students a sense of their own independence and matching that with their interests demonstrates just how much they can do with all of their skills and talents. A startup researcher must help students learn more about the world they live in and how they interact with it keeps them interested and provides them with valuable information critical to their ability to find happiness and success in a perpetually changing world.

Conclusions and Perspectives. Today the startup is that it is based on unique or creative idea and we all know that in this world where technology and consumer taste are changing so fast, an unique idea can do wonders because there is no limit as far as profit margins are concerned when it comes to startup as there is no benchmark against which these startups can be compared and hence they have monopoly over the pricing of product because uniqueness does not have any substitutes. Students can have a positive experience in the discipline of Start-Up Projects. They can acquire many useful skills, including the skill of public speaking, the ability to work with information and visualize it, conducting interviews, the ability to build on the opinions of consumers. Students can learn the culture of discussion, the ability to objectively evaluate their ideas, critical thinking. At last I can say most startup jobs won't pay as well as some of the bigger corporate and business jobs. So this discipline will be interesting for students, who want be rich, popular and is interested in the creating of new ideas for our country.

1. How to seed successful student Start-ups: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.topuniversities.com/blog/how-seed-successful-student-start-ups>.
2. Стартапы как новый школьный предмет: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://newtonew.com/school/startups-at-schools>.
3. Classroom Startups To Create and Learn: 50 Ideas To Bring Entrepreneurship Into The Classroom: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.opencolleges.edu.au/informed/features/classroom-startups/>.
4. Борисенко Д. В. Технологии стартапов в информационно-коммуникативном направлении развития вузовского образования [Текст] / Д. В. Борисенко // Сборник докладов Международной интернет-конференции «Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса современного университета». – Минск. – 2013. – С. 40 – 44.
5. Иншаков М. О. Инновационные стартапы в России: проблемы создания и маркетингового продвижения [Текст] / М. О. Иншаков, А. А. Орлова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – Волгоград. – 2014. – С. 27 – 32.

УДК 37.018+37.024

Ткачук Г.В., к.п.н.

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

МІЖПРЕДМЕТНИЙ ПІДХІД ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ ВЕБ-ДОДАТКІВ»

Ткачук Г.В. Міжпредметний підхід при вивченні дисципліни «Технології розробки веб-додатків». Описано можливості реалізації міжпредметних зв'язків у процесі формування технічної компетентності майбутніх учителів інформатики при вивченні дисципліни «Технології розробки веб-додатків». Запропоновано зміст та інтегровані завдання міжпредметного характеру, які дають змогу сформувати технічні компетентності фахівців.

Ключові слова: міжпредметний підхід, технічні компетентності, учитель інформатики.

Ткачук Г.В. Междисциплинарный подход при изучении дисциплины «Технологии разработки веб-приложений». Описаны возможности реализации междисциплинарных связей в процессе формирования технической компетентности будущих учителей информатики при изучении дисциплины «Технологии разработки веб-приложений». Предложено содержание и интегрированные задания междисциплинарного характера, которые дают возможность сформировать технические компетентности специалистов.

Ключевые слова: междисциплинарный подход, технические компетентности, учитель информатики.

Tkachuk G.V. Interdisciplinary approach in studying the discipline "Web Application Development Technologies". The article describes the possibilities of realizing interdisciplinary connections for forming the technical competence of future teachers of computer science in the study of the subject "Technologies of web application development". The content and integrated tasks of interdisciplinary nature are proposed, which allow to form technical competencies of specialists.

Keywords: interdisciplinary approach, technical competence, teacher of computer science.

Постановка наукової проблеми. Серед усього набору питань сучасної методики навчання інформатики у вищій школі чільне місце займає питання впровадження міжпредметного підходу у процесі формування професійної компетентності майбутнього вчителя інформатики. Важливим компонентом професійної компетентності майбутнього педагога є технічна компетентність, що може бути сформована не лише в межах суто технічних дисциплін, а й у межах взаємозв'язаних і взаємодіючих навчальних дисциплін інформатичного циклу загалом.

Важливою психологічною проблемою є формування у студентів вміння застосовувати системний метод мислення, поєднуючи елементи знань з різних навчальних дисциплін. Студенти повинні вміти критично осмислювати матеріал, що вивчається та порівнювати його з тими завданнями, які їм відомі, зіставляти їх, аналізувати, додавати до відомого раніше [8, с.17].

Використання міжпредметних зв'язків дає змогу розв'язати проблему диференціації навчальних завдань та контрольних-перевірочних робіт для здійснення діагностики навчальних досягнень студентів, ефективно та своєчасно здійснювати моніторинг рівня засвоєння навчального матеріалу групи студентів загалом і окремого студента зокрема, а також визначає відповідність цих досягнень обраній студентом траєкторії навчання. Систематичне і методично обґрунтоване встановлення міжпредметних зв'язків має на меті також забезпечення формування в студентів цілісної картини оточуючого світу [9, с.69].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема міжпредметного підходу не є новою, проте не перестає бути актуальною. В різні часи, зокрема і на сучасному етапі, нею займаються такі вчені як В. Ю. Биков, І. С. Войтович, Л. П. Воронець, С. У. Гончаренко, Р. С. Гуревич, О. П. Зеленька, І. А. Зязюна, У. П. Когут, Н. Г. Ничкало, В. В. Нічишина, Д. А. Покришень, С. І. Тищенко, Г. Ф. Федорець, А. М. Ясінський. Аналіз праць вказаних дослідників виявив, що роль міжпредметного навчання закріплена загальнодидактичним принципом міжпредметних зв'язків, який передбачає узгоджене вивчення наукового апарату. Даний принцип орієнтований на застосування і синтез знань, умінь і навичок дисциплін технічного характеру і дисциплін загальної професійної практичної підготовки. Вказані дослідження показують позитивний вплив міжпредметних зв'язків на якість знань, оскільки при їх реалізації в освітньому процесі відбувається взаємне використання наукового апарату, виключення повторень, формування єдиної системи поглядів тощо.

Незважаючи на активне обговорення проблем міжпредметного підходу у навчанні, варто зауважити, що частина питань залишається відкритою. Зокрема, питання формування технічних компетентностей учителя інформатики в умовах міжпредметного підходу, розгляд конкретних фахових дисциплін та реалізація міжпредметних зв'язків, дидактичні та психолого-педагогічні умови формування технічних знань.

Здебільшого технічна компетентність формується в межах суто технічних дисциплін (Архітектура комп'ютера, Організація комп'ютерних мереж та систем тощо), тоді як питання технічного характеру також розглядаються при вивченні дисциплін інформатичного циклу, тому виникає потреба в реалізації міжпредметного підходу та єдності в інтерпретації змісту загального циклу дисциплін.

Метою статті є дослідження можливостей реалізації міжпредметних зв'язків у процесі формування технічної компетентності майбутніх учителів інформатики під час вивчення дисципліни «Технології розробки веб-додатків», визначенні інтегрованих завдань та спільних понять, які використовуються у процесі технічної підготовки фахівця.

Виклад основного матеріалу та обґрунтування отриманих результатів дослідження. Організація міжпредметного підходу у процесі технічної підготовки майбутнього учителя інформатики передбачає виділення певних загально дидактичних та психолого-педагогічних умов, які сприяють формуванню технічних міжпредметних понять. Серед таких умов доцільно виділити наступні:

- узгоджене вивчення фахових навчальних дисциплін, при якому кожна з дисциплін використовує понятійний апарат технічних дисциплін;
- неперервність і наслідування у формуванні наукового апарату;
- обов'язкова єдність в інтерпретації наукового апарату для всіх дисциплін (як суто технічного характеру, так і інформатичного), що сприяють формуванню технічних компетентностей;
- запобігання дублюванню технічних понять, явищ, теорій при вивченні всіх дисциплін;
- єдність змісту однакових за класом технічних понять, явищ, теорій тощо.

Дотримання зазначених умов дасть змогу ефективно впровадити у процес підготовки майбутнього учителя інформатики міжпредметного підходу та сформувати відповідні технічні компетентності.

Звернемось до концептуального поняття нашого дослідження – «міжпредметні зв'язки». Ми будемо використовувати найбільш повне визначення: «Міжпредметні зв'язки є педагогічна категорія для позначення синтезуючих, інтеграційних відносин між об'єктами, явищами і процесами реальної дійсності, що знайшли своє відображення у змісті, формах і методах навчально-виховного процесу і виконують освітню, розвиваючу і виховну функції в їх органічній єдності» [14, с.25]. Отже, впровадження міжпредметних зв'язків є важливою передумовою формування певних компетентностей з однієї дисципліни в ході вивчення інших.

Міжпредметні зв'язки сприяють розв'язанню протиріч між засвоєними знаннями з різних дисциплін і необхідністю їх інтеграції, а також застосування на практиці сукупності цих знань. Таким чином, майбутній вчитель інформатики зможе використовувати методологію, основні поняття і положення технічних дисциплін в міжпредметному зв'язку з іншими дисциплінами циклу для вирішення задач технічної спрямованості.

Останнім часом активно йде процес становлення загальної теорії техніки, оскільки використання технічних знань в усіх сферах людської діяльності тісно пов'язана з їх фундаменталізацією. Це зумовлено, з одного боку, виокремленням у структурі загальної картини світу, поряд з природничо-науковою і соціально-історичною, технічної картини, яка відображає світ техніки в системі науково-технічних знань. З іншого боку, цей процес пов'язаний із широким впровадженням техніки у різні сфери виробництва й тією роллю, яку відіграє техніка на сучасному етапі розвитку суспільства [2, с.224].

Інформатика як технічна наука передбачає, що технічні компетентності можуть бути сформовані як у процесі вивчення спеціальних технічних дисциплін («Архітектура комп'ютера», «Основи комп'ютерних мереж та систем» тощо), так і в процесі вивчення фахових комп'ютерних дисциплін («Інформатика та ІКТ», «Організація баз даних», «Технології розробки веб-додатків» тощо) які передбачають формування технічних навичок опосередковано. Тому, формування технічних компетентностей доцільно розглядати не лише в межах суто технічних дисциплін, але й в розрізі всіх інформатичних дисциплін з урахуванням міжпредметного підходу.

Отже, доцільно розглянути зміст фахових комп'ютерних дисциплін та визначити теми, в межах яких можна сформувати технічні знання та вміння. Крім того, технічні компетентності найкраще формуються у процесі виконання практичних завдань, коли виникає необхідність розв'язати проблему, використовуючи знання різних дисциплін. Тому доцільно визначити перелік завдань міжпредметного характеру, які б сприяли формуванню технічних компетентностей.

Слід зазначити, що в нашому дослідженні основу технічної компетентності майбутнього учителя інформатики складає сукупність технічних знань, умінь, навичок, які передбачають: розуміння принципів роботи, характеристик і обмежень технічних пристроїв; уміння доступно викладати навчальний матеріал, що стосується технічної сторони; уміння підібрати, вивчити та узагальнити науково-технічну літературу, нормативні та методичні матеріали з технічних засобів; уміння класифікувати та обирати необхідне технічне обладнання залежно від його основних характеристик.

Розглянемо приклади реалізації міжпредметних зв'язків у системі формування технічної компетентності майбутніх учителів інформатики при вивченні дисципліни «Технології розробки веб-додатків». Зокрема, на заняттях використовувались інтегровані завдання, які давали можливість формувати у студентів якісно нові знання, які характеризуються вищим рівнем осмислення, динамічністю застосування в нових ситуаціях, підвищенням їх дієвості й системності.

При вивченні першої теми «Підходи до розробки веб-додатків», яка передбачає вивчення загальних основ в галузі веб-програмування доцільно згадати принципи побудови мережі загалом, оскільки це є технічним підґрунтям функціонування будь-якого веб-сервісу. При розгляді того чи іншого підходу до розробки веб-додатків розглядаються питання продуктивності системи, що передбачає вивчення питання розподілу фізичних ресурсів між процесором, оперативною пам'яттю, жорстким диском тощо. Варто наголосити на тому, що будь-яка програма, в тому числі веб-додаток, споживає фізичні ресурси комп'ютера і найголовніше питання полягає в тому, щоб розробити такий веб-додаток, який би споживав мінімум цих ресурсів. Оскільки, окрім серверних веб-додатків, існують клієнтські, доцільно розглянути також питання споживання фізичних ресурсів потенційного клієнта (тобто комп'ютера користувача) і технічних можливостей його системи.

Вивчення різних підходів до веб-розробки передбачає застосування термінів, які мають можуть в тому чи іншому контексті різне значення. Наприклад, термін «архітектура» в трактуванні «архітектура комп'ютера» означає логічну організацію, структуру і ресурси, тобто засоби обчислювальної системи, які можуть бути виділені для процесу обробки даних, тоді як в трактуванні «архітектура каркасів (фреймворків) веб-додатків» означає фундаментальну схему структурної організації певної програмної системи, яка складається з визначених наперед підсистем, а також точно визначає їхні сфери відповідальності та взаємовідносин. Відповідно, для реалізації міжпредметного підходу доцільно проаналізувати термін «архітектура» в різних контекстах – апаратному (технічному) та програмному. Технічного і програмного забарвлення можуть набувати також терміни «сервер», «клієнт», «контролер», «препроцесор», «конфігурація» тощо.

Окрім змістової частини, доцільно також торкнутись практичної частини навчальної дисципліни, що передбачає діяльність студента. Зокрема, завдання практичного характеру можуть включати питання, пов'язані з обчислювальною технікою. Наведемо приклад реалізації різних алгоритмів мовою PHP у взаємозв'язку з технічними знаннями.

В практиці PHP важливе місце займають логічні оператори. Щоб зрозуміти роботу логічного оператора, студентам пропонується уявити собі звичайний логічний висновок. Наприклад, можна зробити такий логічний висновок: «Якщо діагональ монітора складає більше 22 дюймів, але менше 26 дюймів, тоді можна купувати». У PHP код для такого висловлювання може виглядати наступним чином: `if ($monitor > 22 && $monitor < 26) dobuy();`. Таким чином, студенту пропонується пов'язати знання про монітор і його параметр – діагональ та реалізувати це у вигляді програмного коду.

При розгляді операторів відношення, можна запропонувати реалізувати такий PHP-код:

```
<?php
$memory = "USB";
if ($memory == " USB ")
echo "Основні параметри флеш-накопичувачів: обсяг, інтерфейс, матеріал корпусу, колір, виробник";
?>
```

Маючи змінну `$memory` (пам'ять) надати їй значення `USB`, що вказує на пам'ять реалізовану у вигляді флеш-накопичувача. За допомогою оператора порівняння перевірити вміст змінної `$memory` та вивести інформацію про основні параметри флеш-накопичувачів на екран, якщо значення є істинним.

При вивченні принципу дії трьохкомпонентного оператора «?» можна запропонувати для прикладу такий PHP-код:

```
<?php
    echo $charge <= 10 ? "Підключіть зарядний пристрій!" : "Заряду достатньо!";
?>
```

В даному фрагменті PHP-коду перевіряється змінна \$charge (заряд). Якщо її значення менше або рівне 10 (10% заряду), то на екран виводиться повідомлення, що потрібно підключити зарядний пристрій, інакше може бути виведене повідомлення, що заряду достатньо.

В продовження теми індикатору заряду можна запропонувати реалізувати це завдання за допомогою циклу while. Відповідно код PHP може мати такий вигляд:

```
<?php
.....
while ($charge > 10)
{
    // Продовження роботи без заряду...
    echo "Заряду достатньо!";
}
?>
```

Даний приклад ілюструє роботу циклу, що постійно перевіряє заряд ноутбуку у процесі роботи користувача і виводить повідомлення «Заряду достатньо!», доки змінна \$charge більша за 10, тобто, доки заряд ноутбука більший за 10%. Міжпредметний зв'язок також можна здійснити при розгляді масивів. Оскільки, масив – це впорядкований набір однотипних елементів, який може містити кілька значень даних, то можна створити масив з елементами, які характеризують всі параметри певної складової і за потреби вивести окрему складову. Наприклад:

```
$procesor = array('частота', 'кількість ядер', 'розрядність', 'буфер', 'виробник');
echo $procesor[3];
```

В даному PHP-коді описано змінну \$procesor, що містить масив з п'ятьма рядковими елементами – характеристиками процесора. Команда echo виводить інформацію про характеристику процесора під номером 3 – «буфер». Такий приклад дає змогу студентам пригадати технічні параметри процесора та його характеристики.

Заглиблюючись у тему масиви, можна запропонувати розгляд багатовимірного асоціативного масиву і реалізувати різні пристрої комп'ютера та їх характеристики. Код PHP може бути таким:

```
<?php
$computer = array (
    'procesor' => array('frequency' => "частота", 'cores' => "кількість ядер"),
    'ram' => array('amount' => "Обсяг", 'type' => "Тип"),
    'hdd' => array('amount' => "Обсяг", 'form-factor' => "Форм-фактор")
);
echo $computer['procesor']['cores'];
?>
```

Для реалізації такого завдання студентам необхідно пригадати складові комп'ютера та їх характеристики. Оскільки дисципліна «Технології розробки веб-додатків» містить теми, що стосуються вивчення мови SQL доцільно запропонувати завдання, пов'язані з формуванням запитів. Наприклад, у базі даних існує таблиця різних складових комп'ютера і користувачу необхідно вивести відомості про певний продукт з певною характеристикою, яка його цікавить. Запит SQL може бути реалізований таким чином:

```
SELECT * FROM hdd
WHERE interface = 'SATA';
```

В даному прикладі здійснюється запит до таблиці hdd (жорсткий диск) для відображення всіх параметрів жорстких дисків з умовою, що їх інтерфейс буде SATA.

Таблиця 1. Таблиця hdd в базі даних

Product	Device	Read	Write	Storage	Price	Interface
Seagate Enterprise 15K 2.5"	HDD	0.2	0.2	600	200	SAS
Western Digital 16MB 2.5"	HDD	0.16	0.16	4000	230	SATA
...

Також можна запропонувати додати дані до існуючої таблиці бази даних (табл.1), використовуючи запити мовою SQL. Це дасть змогу реалізувати міжпредметний зв'язок, оскільки для виконання даного завдання, студентам необхідно підключити відповідні технічні знання (розуміння параметрів жорсткого диску: типу, швидкості запису і зчитування, обсягу, інтерфейсу тощо).

Наведені приклади дають змогу вплинути на розвиток творчої діяльності (використовувати отримані знання й уміння в новій ситуації, здійснювати логічні висновки, вміння звернути увагу на різні характеристики об'єкта вивчення тощо). За допомогою міжпредметних зв'язків у навчально-виховному процесі можна стимулювати та спонукати майбутніх спеціалістів до професійного самовдосконалення.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Впровадження міжпредметного підходу у навчальний процес дає змогу сформувати єдиний наукових світогляд студентів, передбачити розвиток системоутворюючих ідей, понять, загальнонаукових прийомів навчальної діяльності, можливості комплексного застосування знань з різних навчальних дисциплін. Міжпредметні зв'язки забезпечують підвищення інтересу до вивчення предметів та допомагають у професійній орієнтації студентів. Підхід на основі міжпредметності впливає на складі і структуру навчальних предметів, оскільки кожен предмет є джерелом тих або інших видів міжпредметних зв'язків. З огляду на вищесказане, перспективним напрямом продовження досліджень є вивчення питань впровадження міжпредметних зв'язків у процесі формування технічної компетентності при вивченні інших фахових комп'ютерних дисциплін, які не мають суто технічного характеру.

1. Биков В.Ю. Інформатизація загальноосвітньої і професійно-технічної школи України: концептуальні засади і пріоритетні напрямки /В.Ю.Биков// Професійна освіта: педагогіка і психологія. Польсько-Український журнал. Ченстохова-Київ. – 2003. – Вип. IV. – С.501 – 514.
2. Войтович І.С. Інтеграція фундаментальної та професійної підготовки з фізики майбутніх учителів інформатики / І.С.Войтович // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Вип.89 / Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол.ред. Носко М.О. – Чернігів: ЧНУ, 2011. – С. 223 – 226
3. Воронець Л.П. Міжпредметні зв'язки у структуруванні курсу «Інформатика і комп'ютерна техніка» / Л.П.Воронець // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск V: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2005. – Т. 3: Теорія та методика навчання інформатики. –С.49-52.
4. Гончаренко С.У. Інтеграція наукових знань і проблема змісту освіти / С.У.Гончаренко // Постметодика. – 1994. – №2. – С. 2-5.
5. Гуревич Р.С. Теоретичні та методичні основи організації навчання у професійно-технічних закладах: [монографія] / С.Р. Гуревич; за ред. С.У.Гончаренка. – К.: Вища шк., 1998. – 229 с.
6. Зеленьак О.П. Межпредметные связи математики и информатики / О.П.Зеленьак // Наукові записки. Зб.наук. праць / Редкол. Ю.І.Волков та ін. – Кіровоград, державний педагогічний університет імені В.Винниченка. – 1999, випуск 16. – С.74-82.
7. Когут У.П. Модель фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін майбутніх бакалаврів інформатики на основі міжпредметних зв'язків / У.П.Когут // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: збірник наукових праць. Випуск X : в 3-х томах. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2012. – Т. 3: Теорія та методика навчання інформатики – С.55-61.
8. Копняк Н.Б. Реалізація міжпредметних зв'язків у системі формування інформатичної компетентності учнів загальноосвітньої школи / Н.Б.Копняк // Комп'ютер у школі та сім'ї №1, 2012. – С.17-19.
9. Мендерецький В. В. Значення інформаційних технологій для реалізації міжпредметних зв'язків на уроках фізики в загальноосвітній школі / В. В.Мендерецький, Н. В.Соловійова // Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізико-математичні науки. – Випуск 8. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2015. – С.68-71.
10. Зязюн І. А. Інтелектуально творчий розвиток особистості в умовах неперервної освіти / І. А. Зязюн // Неперервна професійна освіта: проблеми, пошуки, перспективи : [монографія] / за ред. І. А. Зязюна. – К. : "Віпол", 2000. – 636 с. – С. 11-57.
11. Ничкало Н.Г. Теоретико-методологічні проблеми і перспективи розвитку досліджень з неперервної професійної освіти / Н.Г.Ничкало // Неперервна професійна освіта: теорія і практика: зб. наук. пр.: [у 2-х ч.] / за ред. І.А.Зязюна, Н.Г.Ничкало. – Київ, 2001. – Ч.1. – С. 35 – 42.
12. Нічишина В.В. Інтегративна сутність процесу формування особистості майбутнього вчителя / В.В.Нічишина // Наукові записки Кіровоградського держ. пед. ун-ту ім. В. Винниченка.–Випуск 46. Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002.– С. 40 – 46.
13. Покришень Д. А. Програмно-педагогічне забезпечення міжпредметних зв'язків інформатики з математикою і фізикою у навчанні майбутніх інженерів : дис. ... канд. пед. наук. : 13.00.02 – теорія та методика навчання (інформатика) / Д.А.Покришень ; Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова. – К., 2010. – 240 с.
14. Федорец Г.Ф. Межпредметные связи в процессе обучения / Г.Ф. Федорец //СПб. : изд-во СПбГУ, 1994. – 250 с.