

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

проф., д.т.н. Рудь В. Д. (м. Луцьк)

Перший заступник головного редактора:

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

Другий заступник головного редактора:

доц., к.т.н. Лотиш В. В. (м. Луцьк)

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

Редактор-коректор:

доц., к.т.н. Мельник К.В. (м. Луцьк)

Свиридюк К.А. (м.Луцьк)

Члени редакційної колегії:

проф., д.т.н. Божидарнік В. В.

(м. Луцьк)

проф., д.т.н. Мазур М. П. (м. Луцьк)

проф., д.т.н. Пальчевський Б. О.

(м. Луцьк)

проф., д.т.н. Мельник А. О. (м.Київ)

проф., д.пед.н.. Горбатюк Р. М.

(м. Тернопіль)

проф., д.пед.н. Поліщук Ю. Й.

(м. Тернопіль)

проф., д.пед.н. Романишина Л. М.

(м. Тернопіль)

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

проф., д.т.н. Сидорчук О. В. (м.Київ)

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

доц., к.т.н. Гуменюк Л. О. (м. Луцьк)

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

доц. к.т.н. Пех П. А. (м. Луцьк)

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

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

доц. к.т.н. Решетило О. М. (м. Луцьк)

Адреса редколегії:

Луцький національний технічний університет,

кафедра комп'ютерної інженерії,

вул. Львівська, 75, ауд.141

м. Луцьк, 43018

тел. (0332) 74-61-15

E-mail: cit@lntu.edu.ua

ekaterinamelnik@gmail.com

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

№15

Журнал засновано у грудні 2010 р.

2014

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 16705–5277 Р.

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

ISSN:978-617-672-040-9

ЗМІСТ

Інформатика та обчислювальна техніка

Андрущак І.Є. Питання обчислювальної складності клінічної експертної системи, що ґрунтується на правилах, побудованих методом послідовного покриття.....	4
Губаль Г. М. Особливості створення інтерактивних математичних тестів у видавничій системі LATEX.....	9
Жигаревич О.К. Метод побудови семантичної моделі представлення знань.....	14
Карбовський В.В., Каганюк О.К., Шолом П.С. Мультисайтинг в CMS Drupal	21
Ліщина Н.М. Методи побудови пам'яті з впорядкованим доступом.....	26
Монашко С.Ю., Здолбіцька Н.В., Здолбіцький А.П. Arduino-проект рухомої веб-камери.....	32
Редько О.І. Комп'ютерні технології нового покоління для накопичення інформації	37
Удодик П.В., Смолянкін О.О., Маркіна Л.М. Побудова бібліотечних FBD-блоків для обчислення значень елементарних функцій в програмному пакеті UltraLogik.....	41

Автоматика та управління

Бандура І.О. Підходи до симетрування навантаження з пріоритетним використанням конденсаторних установок симетруючих пристроїв.....	46
Грицюк І.В. Визначення економічно обґрунтованих рівнів компенсації реактивної потужності в електричних мережах з розосередженим генеруванням.....	54
Грицюк І.В., Грицюк Ю.В., Оксенюк М.А. Аналіз впливу модульованих напруг живлення на режими роботи статичних тиристорних компенсаторів.....	60

ЗМІСТ

Автоматика та управління

Грицюк Ю.В., Грицюк І.В., Оксенюк М.А. Дослідження впливу розосереджених джерел електроенергії на втрати потужності та режим напруг в розподільних електромережах.....	65
Гуда О.В., Тимошук В.М. Методика розрахунку пластин, пошкоджених тріщинами.....	70
Гуменюк Л.О., Гуменюк П.О., Лотиш В.В. Застосування комп'ютерного моделювання при рішенні прикладних задач.....	76
Дутчак Б.І., Михальчук Р.І. Синтез параметричних систем, математичні моделі яких описуються звичайними лінійними диференціальними рівняннями із змінними коефіцієнтами	80
Козак С.О., Грудецький Р.Я. Програмно-апаратний комплекс управління катером на повітряній подушці	86
Коцюба А.Ю. Застосування двовимірних клітинних автоматів в моделюванні правостороннього руху транспортного засобу по створеній користувачем схемі доріг.....	94
Лісковець С.М. Про методи розв'язування алгебраїчних рівнянь в роботах Я.П. Кулика	99
Решетило О.М., Смолянкін О.О., Колядинська К.М. Програмно-апаратний комплекс управління аеродинамічним стендом для управління стійкістю об'єкта кулевидної форми.....	107
Сацик В.О., Решетило О.М., Шабас Б.Р. Визначення закономірностей кластерного розміщення у замороженій водопровідній та джерельній воді на основі програмного продукту Image-Pro Plus	112
Середа В.Ю. Узагальнений метод розв'язання інтегральних рівнянь типу Фредгольма другого роду	119
Федік Л.Ю. Особливості системи автоматизованого проектування SolidWorks	127
Христинець Н.А., Свиридчук К.А. Вибір незалежних змінних та рівні варіювання факторів у плануванні експерименту для процесу формування градієнтного матеріалу	131
Шавурський Ю.О. Похибки вимірювання температури біологічного палива у термоанемометричному витратомірі	135
Ящук А.А. Візуалізація математичної моделі процесу сушіння матеріалу за допомогою бібліотеки OpenTK для C# в середовищі VisualStudio	142

Педагогічні науки

Кабак В.В. Теоретичні аспекти використання інтернет-технологій у вищих технічних навчальних закладах	148
Лісковець С.М. Математичні таблиці в контексті історичного розвитку математичних дисциплін та навчального процесу	154
Мельник В.М., Мельник К.В., Жигаревич О.К., Костюк Є.В. Роль систематизованого та відео-ілюстративного матеріалу в засвоєнні навичок програмування засобами Borland C++ Builder	161
Панасюк Н.Л., Олійник М.М. Управління якістю освіти у вищих технічних навчальних закладах як невід'ємна складова державного управління освітньою галуззю	168
Панасюк Н.Л. Роль національної політики підвищенні якості в системі вищої освіти України.....	173
Подольак В.М., М.І.Лепкий, В.А.Кошелюк. Педагогічні умови використання мультимедійних технологій навчання у вищих навчальних закладах.....	177
Ткачук Н.М. Підготовка вчителів профільної школи до впровадження інноваційних педагогічних технологій.....	182

УДК 61:004.651(075.8)

І.Є.Андрушак

Луцький національний технічний університет

ПИТАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СКЛАДНОСТІ КЛІНІЧНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ, ЩО ГРУНТУЄТЬСЯ НА ПРАВИЛАХ, ПОБУДОВАНИХ МЕТОДОМ ПОСЛІДОВНОГО ПОКРИТТЯ

Андрушак І.Є. Питання обчислювальної складності клінічної експертної системи, що ґрунтується на правилах, побудованих методом послідовного покриття. У роботі розглядаються питання обчислювальної складності алгоритму індукції правил на основі алгоритму послідовного покриття. Встановлені оцінки підтверджено експериментально як із зміною кількості атрибутів, так і обсягу наборів навчальних даних.

Ключові слова: прийняття рішень, індукція правил, Java.

Андрушак И.Е. Вопрос вычислительной сложности клинической экспертной системы, основанная на правилах, построенных методом последовательного покрытия. В работе рассматриваются вопросы вычислительной сложности алгоритма индукции правил на основе алгоритма последовательного покрытия. Установлены оценки подтверждено экспериментально как с изменением количества атрибутов, так и объема наборов обучающих данных.

Ключевые слова: принятие решений, индукция правил, Java.

I.Ye.Andruschak. Question computational complexity clinical expert system based rules, built by the method of successive coverage. The paper deals with the computational complexity of the algorithm based on rule induction algorithm for consistent coverage. Established evaluation confirmed experimentally as a change in the number of attributes, and the amount of training data sets.

Keywords: decision making, rule induction, Java.

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

Сьогодні медичне діагностування може виконуватися автоматично з використанням комп'ютеризованих систем та алгоритмів. Такі системи переважно називаються діагностичними системами підтримки прийняття рішень або медичними діагностичними системами. Вони належать до загальнішого класу клінічних систем підтримки прийняття рішень [9-11]. Метою таких систем є системний супровід лікаря в процесі диференціальної діагностики. Багато з таких систем можуть надавати результати навіть коли не вистачає даних, тобто в умовах невизначеності, і що найважливіше – вони не обмежені щодо кількості інформації, яку можуть зберігати та обробляти [3-8].

В даній роботі ми досліджуватимемо класифікатор, що ґрунтується на правилах, в якому модель знань представляється множиною правил IF-THEN.

Математичне означення класифікаційних правил

Традиційне означення IF-THEN-правила наведене в роботах [1, 5]. Математично задача індукції класифікаційних правил формулюється таким чином. Маємо множину D , що містить N наборів навчальних даних. При цьому кожен i -й набір $(A_1^i, A_2^i, \dots, A_p^i, C^i)$ складається з вхідних даних – атрибутів $A_1, \dots, A_p$ та вихідних даних – атрибуту класу C . Можна припустити, що атрибути $A_1, \dots, A_p$ приймають лише категоріальні значення. Атрибут класу C приймає одне з K дискретних значень: $C \in \{1, \dots, K\}$. Метою є прогнозування класифікаційним правилом значення атрибуту класу C на основі значень атрибутів $A_1, \dots, A_p$.

Класифікаційним правилом R називається імплікація вигляду: $R: \bigwedge_{j \in S} (A_j \text{ is } a_j^*) \Rightarrow C = c^*$.

Тут $S \subseteq \{1, \dots, p\}$ – деяка підмножина індексів атрибутів.

При цьому слід максимізувати точність прогнозування атрибуту класу, а саме $P\{C = c\}$ для довільного $c \in \{1, \dots, K\}$. В результаті ми повинні отримати множину правил для кожного $c \in \{1, \dots, K\}$ відповідно, що в антеседенті містять умови включення для категоріальних атрибутів, а в консеквенті значення $c \in \{1, \dots, K\}$.

Метою роботи є дослідити питання обчислювальної складності методу індукції класифікаційних правил послідовним покриттям.

Алгоритм послідовного покриття

Використаємо алгоритм послідовного покриття, описаний в роботі [Han, 2001]. Зауважимо ще раз, що припускаємо, що усі атрибути – категоріальні.

Алгоритм послідовного покриття

Вхідні дані:

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

Att_vals – множина всіх атрибутів $A_1, \dots, A_p$ та їх можливих значень

$A_i \in \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{K_i}\}$.

Вихідні дані: $Rule_set$ – множина класифікаційних правил.

Метод:

1. Множина класифікаційних правил $Rule_set = \{\}$
2. Для кожного класу c
3. Розпочати цикл «до»
4. Побудувати нове класифікаційне правило
 $Rule = \text{Добути_одне_правило}(D, Att_vals, c)$
5. Вилучити набори навчальних даних з D , що покриваються правилом $Rule$
6. Виконувати цикл з кроку 3 до настання *термінальної умови*
7. Додати нове правило до множини класифікаційних правил:
 $Rule_set = Rule_set + Rule$
8. Кінець циклу з кроку 2
9. Множина навчальних правил в $Rule_set$

В основу методу *Добути_одне_правило* (D, Att_vals, c) покладена міра приросту інформації для побудови правил логіки першого порядку FOIL (First Order Inductive Learner). Метод є ітераційною процедурою по усіх атрибутах $A_1, \dots, A_p$.

Припустимо, що ми вже маємо класифікаційне правило:

R : IF *condition* THEN $class = c$.

Метою кожного кроку $i = \overline{1, p}$ є кон'юнкція умови *condition* за рахунок умови *condition'* вигляду $(A_i = a_i^j)$. Тут $j \in \{1, \dots, K_i\}$. Тобто нове правило матиме вигляд:

R' : IF *condition* AND *condition'* THEN $class = c$.

Згідно методу FOIL *condition'* вибирається з умови мінімізації міри:

$$FOIL_Gain = pos' \times (\log_2 \frac{pos'}{pos' + neg'} - \log_2 \frac{pos}{pos + neg}) \quad (1)$$

Тут $pos(neg)$ – число позитивних(негативних) навчальних наборів, що покриваються правилом R , $pos'(neg')$ – число позитивних (негативних) навчальних наборів, що покриваються правилом R' . Під позитивними (негативними) навчальними наборами для певного правила маємо на увазі навчальні набори з умовою консеквенту, які задовольняють (не задовольняють) умови антеседенту правила.

Міра (1) сприяє побудові правил, що мають більшу точність і при цьому покривають якомога більше позитивних навчальних наборів.

Розрахунок обчислювальної складності алгоритму

З аналізу алгоритму послідовного покриття бачимо, що обчислювальна складність визначається добутком кількості можливих значень атрибуту класу K (кількість ітерацій зовнішнього циклу) та обчислювальної складності процедури *Добути_одне_правило* (D, Att_vals, c), яка виконується всередині кожного циклу.

Процедура *Добути_одне_правило* (D, Att_vals, c) включає виконання p ітерацій. На кожній ітерації для певного атрибуту A_i проводиться розрахунок міри $FOIL_Gain$ для кожного з K_i значень атрибуту. Тобто внутрішнє тіло циклу в процедурі *Добути_одне_правило* (D ,

$Att_vals, c)$ виконується $\sum_{i=1}^p K_i$ разів. Міра $FOIL_Gain$ обчислюється в результаті 4-х SQL-запитів, складність яких можна оцінити величиною $O(\log(N))$ (див. документацію до MySQL 5.0 - <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/en/select-speed.html>). Отже, в цілому процедура *Добути_одне_правило* (D, Att_vals, c) має обчислювальну складність: $O\left(\sum_{i=1}^p K_i \times \log(N)\right)$.

Підсумовуючи, маємо обчислювальну складність всього алгоритму послідовного покриття порядку:

$$O\left(K \times \sum_{i=1}^p K_i \times \log(N)\right). \quad (2)$$

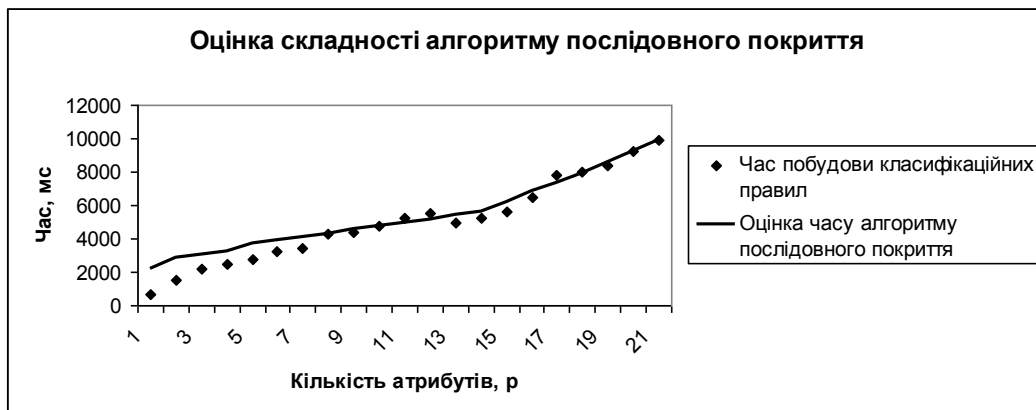
Чисельний експеримент. Для прикладу використано експериментальну базу даних біохімічних аналізів залежно від виду політравми. Навчальні набори містять 21 категоріальний атрибут та 6 різних значень атрибуту класу.

Дослідження проводили у двох напрямках: змінюючи число атрибутів в навчальних наборах; змінюючи кількість навчальних наборів. При цьому в обох випадках приходимо до оцінки часу побудови множини правил вигляду (1):

$$23 \times K \times \sum_{i=1}^p K_i \times \log(N) + 1550 \quad . \quad (3)$$

У додатках наведено побудовані класифікаційні правила.

На рис.1 представлено результати чисельного експерименту.



а)



б)

Рис.1. Порівняння результатів чисельного експерименту

Оптимізація побудови копій класифікаційних правил. Як зазначалося вище, з метою створення «глибоких» копій об'єктів в програмі використано технологію Java Object Serialization (JOS). Це – загальний підхід, який полягає в тому, що відбувається записування об'єкта до масиву з використанням `ObjectOutputStream` а згодом створення копії об'єкта за допомогою `ObjectInputStream`. В результаті створюється повністю окремий об'єкт з повністю відмінними об'єктами, на які він посилається. Саме такий підхід первинно було використано в програмній реалізації алгоритму.

На жаль тут виникаються проблеми, а саме:

- даний метод працює лише, коли об'єкти, що копіюються, а також об'єкти, на які йдуть прямі або непрямі посилання, підтримують серіалізацію. Тобто вони реалізують інтерфейс `java.io.Serializable`. На щастя досить лише декларації `implements java.io.Serializable`;

- технологія Java Object Serialization є повільною і її використання для створення глибокої копії вимагає як серіалізації так і десеріалізації;

- реалізація потоку байтового масиву, що входить до пакету `java.io` розроблена для досить загального використання для даних різних розмірів і для забезпечення безпеки в багатопотокових середовищах. Ці характерні особливості, однак, уповільнюють `ByteArrayOutputStream` і меншою мірою `ByteArrayInputStream`.

З метою вирішення певних з перелічених проблем (особливо третьої) використовуємо підхід, запропонований у роботі [<http://javatechniques.com/blog/faster-deep-copies-of-java-objects/>] і який полягає в альтернативних реалізаціях класів `ByteArrayOutputStream` та `ByteArrayInputStream`, що робить три простих оптимізацій:

- `ByteArrayOutputStream` за припущенням починається з 32-х байтного масиву для виводу. Далі при запису контенту до потоку розмір масиву при потребі збільшується (або до затребованого розміру, або розмір просто подвоюється). Отже, первинний розмір масиву в 32 байти означає, що створюється багато малих масивів, які потім копіюються і зрощуються при записі даних. Отже, є проста оптимізація – створити масив з більшим початковим розміром;

- усі методи класу `ByteArrayOutputStream` є синхронізованими. В цілому це правильно, але можна бути певними, що лише один потік має доступ до `ByteArrayOutputStream`. Вилучення синхронізації дасть певне пришвидшення. Методи класу `ByteArrayInputStream` залишаються й надалі синхронізованими;

- метод `toByteArray()` створює і повертає копію байтового масиву з потоку. Це проста ідея, яка полягає в тому, що в протилежному випадку, коли ми створюємо інший окремий байтовий масив для копіювання в нього, то йде сповільнення зарахунок виконання додаткової роботи.

Таким чином даний альтернативний підхід було використано в методі обчислення міри `private double FOIL_Gain(...)`, а саме копія правила створюється викликом спеціально створеного методу:

```
rule_prime = (Rule)rule.copyOptimized();
```

Провівши чисельний експеримент (рис.2) встановлено значення оцінки часу виконання алгоритму:

$$21. \times K \times \sum_{i=1}^p K_i \times \log(N) + 1550. \quad (4)$$



Рис. 2. Порівняння результатів чисельного експерименту на основі оптимізованого копіювання правил з оцінкою складності алгоритму (3)

Отже, вцілому бачимо певну оптимізацію часу виконання алгоритму (Рис.3), яка відчутніше проявляється при збільшенні обсягу наборів навчальних даних.

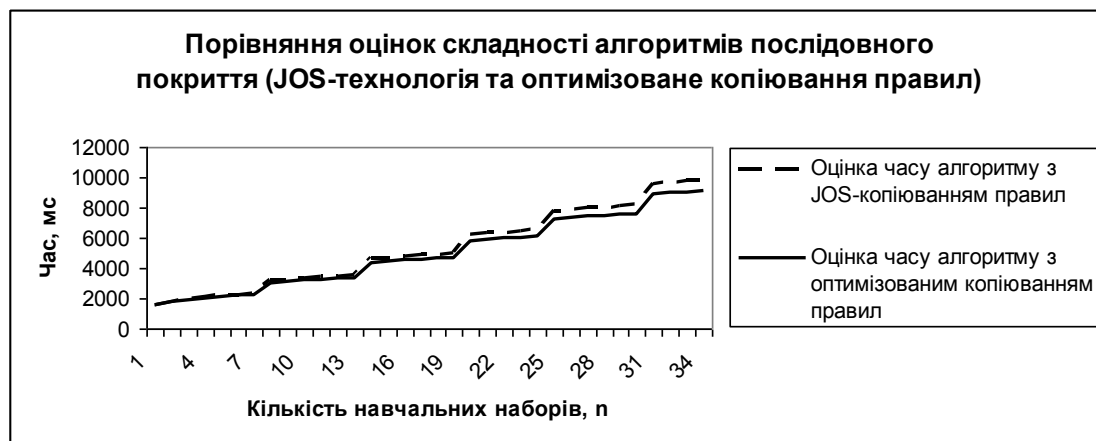


Рис. 3. Оптимізація часу виконання алгоритму

Висновки

У роботі розглянуто питання обчислювальної складності алгоритму послідовного покриття побудови класифікаційних правил. Визначено оцінку обчислювальної складності та її чисельно досліджено на прикладі клінічної експертної системи. При цьому запропоновано та підтверджено вплив оптимізації процедури копіювання правил, особливо при збільшенні обсягу наборів навчальних даних.

Список літератури

1. J.Han and M.Kamber, Data Mining: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann, San Francisco, 1st edition, 2001.
2. T.Hastie, R.Tibshirani and J.H.Friedman, The Elements of Statistical Learning, Springer, New York, 1st edition, 2001.
3. C.Ordonez, Comparing association rules and decision trees for disease prediction, In Proc. ACM HIKM Workshop, 2006, pp. 17-24.
4. C.Ordonez, Integrating K-means clustering with a relational DBMS using SQL, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering (TKDE) 18(2) (2006), 188-201.
5. C.Ordonez, Models for association rules based on clustering and correlation, Intelligent Data Analysis 13(2) (2009), 337-358.
6. J.R.Quinlan, Induction of decision trees. Machine Learning, 1: 81-106, 1986.
7. J.R.Quinlan. C4.5: Programs for Machine Learning. Morgan Kaufmann, 1993.
8. L.Breiman, J.Friedman, R.Olshen, and C.Stone. Classification and Regression Trees. Wadsworth International Group, 1984.
9. Марценюк В.П., Кравец Н.О. О программной среде проектирования интеллектуальных баз данных // Клиническая информатика и телемедицина – 2004. – №1. – с.47-53.
10. Марценюк В.П. Математичні моделі в системі підтримки прийняття рішень страхового забезпечення лікування онкологічних захворювань: підхід на основі динаміки Гомперца / В.П. Марценюк, І.Є. Андрушак, І.С. Гвоздецька, Н.Я. Климук // Доповіді Національної академії наук України. –2012. – №10. – С. 34-39.

УДК 681.322

Г. М. Губаль

Луцький національний технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ МАТЕМАТИЧНИХ ТЕСТІВ У ВИДАВНИЧІЙ СИСТЕМІ L^AT_EX

Губаль Г. М. Особливості створення інтерактивних математичних тестів у видавничій системі L^AT_EX. У статті розглядаються особливості створення інтерактивних математичних тестів у видавничій системі L^AT_EX. Використовуються питання типу «Правильно/Неправильно», «Коротка відповідь», «Есе», «Множинний вибір». Досліджуються стильові пакети eqExam, dashundergaps.

Ключові слова: видавнича система L^AT_EX, тест, \dotuline, \gaptext.

Губаль Г. Н. Особенности создания интерактивных математических тестов в издательской системе L^AT_EX. В статье рассматриваются особенности создания интерактивных математических тестов в издательской системе L^AT_EX. Используются вопросы типа «Правильно/Неправильно», «Краткий ответ», «Эссе», «Множественный выбор». Исследуются стилевые пакеты eqExam, dashundergaps.

Ключевые слова: издательская система L^AT_EX, тест, \dotuline, \gaptext.

Hubal H. M. Features for creating the interactive math tests in the publishing system L^AT_EX. In the article features for creating the interactive math tests in the publishing system L^AT_EX are considered. True/False Questions, Fill in the Blank Questions, Essay Questions, Multiple Choice Questions are used in the paper. Style packages eqExam, dashundergaps are investigated in the paper.

Keywords: publishing system L^AT_EX, test, \dotuline, \gaptext.

L^AT_EX – видавнича система для створення математичних текстів [1, 2, 5-10, 12-15]. Робота з видавничою системою L^AT_EX подібна до програмування, тим більше, що ця система розрахована на використання текстового режиму, командного рядка і багатьох конфігураційних файлів [3, 4, 11].

Розглянемо питання про створення інтерактивних математичних тестів у видавничій системі L^AT_EX. Для цього необхідно вміти встановлювати пакети L^AT_EX і створювати pdf-документи за допомогою програм Adobe Distiller або pdftex, або dvipdfm.

Для створення інтерактивних математичних тестів у видавничій системі L^AT_EX використовується стильовий пакет eqExam і додаткові до нього пакети: hyperref (технічний пакет для pdftex), AcroTex eEducation Bundle та everyshi.

Пакет eqExam забезпечує створення питань (завдань) типу «Правильно/Неправильно», «Коротка відповідь», «Есе» («Наведення означення», «Обґрунтування теоретичної гіпотези»), «Множинного вибору».

При створенні математичних тестів за допомогою пакета eqExam друкуються питання (завдання) у спеціальному форматі і по опціях заносяться відповіді.

Пакет eqExam публікується у трьох режимах:

- режим «Розв'язки в кінці документа», який встановлений по замовчуванню;
- режим «Тест», у якому відповіді не з'являються в документі;
- режим «Кнопка-відповідь», у якому відповіді з'являються в документі. Цей режим встановлює опція answerkey.

Пакет hyperref генерує гіпертекстові посилання зі стандартних команд перехресних посилань у L^AT_EX. AcroTex eEducation Bundle – колекція технічних пакетів для створення online інтерактивних тестів.

Наведемо приклад документа з приєднаним пакетом eqExam.

```
\documentclass[11pt]{article}
% У преамбулі документа приєднуємо пакет eqExam із деякими опціями
\usepackage[forpaper, pointsonboth, useforms, nosolutions, online]{eqexam}
\usepackage{english, ukrainian}
% Генеруємо назву тесту
```

```

\title[T1]{Тест 1}
\author{Г.М. Губаль}
\subject{Невизначений і визначений інтеграли}
\date{2 семестр \ the\year}
\begin{document}
\maketitle
% Генеруємо початок тесту
\begin{exam}{P1}
\begin{instructions}
Виконати тест. За неправильні відповіді бали віднімаються від загальної кількості балів.
\end{instructions}
% Питання (завдання) типу «Правильно/Неправильно». Оцінка питання (завдання) – 2 бали
\begin{problem}[2]
\textbf{Правильно} або \textbf{Неправильно}.
\begin{parts}
\item \TF{H} Усі первісні для функції  $f(x) = \sqrt{x^2 + a}$  визначаються формулою

$$\frac{x^2}{2}\sqrt{x^2 + a} + \frac{a}{2}\ln\left|x^2 + \sqrt{x^2 + a}\right| + C.$$

\item \TF{П} Усі первісні для функції  $f(x) = \sqrt{x^2 + a}$  визначаються формулою

$$\frac{x}{2}\sqrt{x^2 + a} + \frac{a}{2}\ln\left|x + \sqrt{x^2 + a}\right| + C.$$

\end{parts}
\end{problem}
\end{problem}
% Питання (завдання) типу «Коротка відповідь». При відповіді необхідно вписати слово
або фразу у виділене підкресленням місце. Оцінка питання (завдання) – 3 бали
\begin{problem}[3]
Кожний елементарний або найпростіший раціональний дріб є \fillin{4in} {правильним
раціональним дробом}.
\begin{solution}
Правильні раціональні дроби чотирьох видів:


- 1)  $\frac{A}{x-a};$
- 2)  $\frac{A}{(x-a)^k}, k = 2, 3, K;$
- 3)  $\frac{Mx + N}{x^2 + px + q};$
- 4)  $\frac{Mx + N}{(x^2 + px + q)^r}, r = 2, 3, K;$


де  $A, a, M, N, p, q$  – дійсні числа, а тричлен  $x^2 + px + q$  не має дійсних коренів.
\end{solution}
\end{problem}
% Питання (завдання) типу «Есе» – питання (завдання) відкритого типу, яке вимагає
розгорнутої відповіді. Відводиться 15 дюймів на вертикальний пробіл для відповіді. Оцінка
питання (завдання) – 4 бали
\begin{problem}[4]
Сформулювати геометричний зміст визначеного інтеграла.
\begin{solution}[15in]
Визначений інтеграл від невід'ємної неперервної функції чисельно дорівнює площі
відповідної криволінійної трапеції.
\end{solution}
\end{problem}

```

% Питання (завдання) типу «Множинний вибір» – питання (завдання), яке має кілька варіантів відповідей, із яких правильними є одна або кілька. Оцінка питання (завдання) – 5 балів

\begin{problem}[5]

Обчислити інтеграл $\int_0^1 \frac{dx}{1+x^2}$.

% Генеруємо таблицю з чотирма стовпчиками

\begin{answers}{4}

\bChoices

\Ans0 0 \eAns \Ans0 $\frac{\pi}{4}$ \eAns \Ans0 $\frac{\pi}{8}$ \eAns \Ans0 $-\frac{\pi}{4}$ \eAns

\eChoices

\end{answers}

\begin{solution}

$\frac{\pi}{4}$.

\end{solution}

\end{problem}

\end{exam}

\end{document}

Наведений код генерує Тест 1 у вигляді, зображеному на рис. 1.

Невизначений і визначений інтеграли Тест 1 Прізвище:
2 семестр 2014 Г.М. Губаль

Інструкції. (14 балів) Виконати тест. За неправильні відповіді бали віднімаються від загальної кількості балів.

(2Pts)	1. Правильно або Неправильно.	
	(a) _____ Усі первісні для функції $f(x) = \sqrt{x^2 + a}$	
	визначаються формулою $\frac{x^2}{2}\sqrt{x^2 + a} + \frac{a}{2}\ln x^2 + \sqrt{x^2 + a} + C$.	(2pts)
	(b) _____ Усі первісні для функції $f(x) = \sqrt{x^2 + a}$	
	визначаються формулою $\frac{x}{2}\sqrt{x^2 + a} + \frac{a}{2}\ln x + \sqrt{x^2 + a} + C$.	
(3Pts)	2. Кожний елементарний або найпростіший раціональний дріб	
	є _____ .	(3pts)
(4Pts)	3. Сформулювати геометричний зміст визначеного інтеграла.	
		(4pts)
(5Pts)	4. Обчислити інтеграл $\int_0^1 \frac{dx}{1+x^2}$.	
	W 0 W $\frac{\pi}{4}$ W $\frac{\pi}{8}$ W $-\frac{\pi}{4}$	(5pts)

Рис. 1. Режим «Тест»

У питаннях (завданнях) типу «Коротка відповідь» можна виділяти місце, в яке студент повинен вписати відповідь, використовуючи такі зразки:

- підкреслення точками;
- підкреслення пунктиром;
- підкреслення суцільною лінією.

Ці зразки створюються за допомогою стильового пакета `dashundergaps`, який необхідно приєднати у преамбулу документа. Наприклад, код

```
\documentclass[11pt]{article}
\usepackage{dot}{dashundergaps}
\begin{document}
\dashuline{Це підкреслення точками}.
\end{document}
```

генерує

Це підкреслення точками.

Код

```
\documentclass[11pt]{article}
\usepackage{dot, phantomtext}{dashundergaps}
\begin{document}
Кожний елементарний або найпростіший раціональний дріб є \gap{L}.
\end{document}
```

генерує

Кожний елементарний або найпростіший раціональний дріб є (1).

Деякі опції пакета `dashundergaps` використовуються з відповідними командами:

- опція `dot` з командою `\dotuline{text}` підкреслює text точками;
- опція `dash` з командою `\dashuline{text}` підкреслює text пунктиром;
- опція `phantomtext` з командою `\gaptext{text}` генерує `text` в дужках, перед яким генерується підкреслення суцільною лінією (якщо використовуються опції `dash` і `dot` або не використовується жодна з них), підкреслення точками (якщо використовується опція `dot`), підкреслення пунктиром (якщо використовується опція `dash`). Опція `phantomtext` із командою `\gaptext{text}` та з опцією `teachersnotes` генерує сам `text`.

При створенні тестів доцільно нагадувати студентам перейти на наступну сторінку (щоб студенти не пропустили яку-небудь сторінку). Для цього використовується пакет `turnthepage`, за допомогою якого кожна непарна сторінка (крім останньої, якщо вона непарна) генерує повідомлення перегорнути сторінку.

Зауважимо, що цей пакет є доцільним і до використання для інших типів документів.

Пакет `turnthepage` можна приєднувати у преамбулу документа командою:

```
\usepackage[<option>]{turnthepage}
```

Option генерує текст, який з'являється у правому нижньому куті непарної сторінки:

- «/...»;
- «перегорнути сторінку».

При використанні опції `online` або `email` пакета `eqExam` у питаннях (завданнях) типу «Правильно/Неправильно» і типу «Коротка відповідь» порожнє місце для написання відповіді генерується в поле для введення тексту; у питаннях (завданнях) типу «Есе» вертикальний пробіл, створений для написання відповіді, генерується у багаторядкове текстове поле; у питаннях (завданнях) типу «Множинний вибір» варіанти відповідей генеруються у радіокнопки.

Подати виконаний тест можна:

- у вигляді твердої копії, для чого використовується опція `online` у преамбулі документа;
- в електронному вигляді, для чого використовується у преамбулі документа опція `email` і команда `\submitinfo` з двома параметрами: перший містить скрипт `eqAttach.asp`, а другий `e-mail` одержувача.

Таким чином, у цій статті розглянуто особливості створення інтерактивних математичних тестів у видавничій системі L^AT_EX. При цьому використано питання типу «Правильно/Неправильно», «Коротка відповідь», «Есе», «Множинний вибір».

1. Балдин Е. М. Компьютерная типография L^AT_EX / Е. М. Балдин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008.
2. Беляков Н. С. T_EX для всех / Н. С. Беляков, В. Е. Палаш, П. А. Садовский. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009.
3. Губаль Г. М. Стратегії для створення математичної статті у видавничій системі L^AT_EX / Г. М. Губаль // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2013. – № 13.
4. Дубинич В. Н. Использование системы L^AT_EX для подготовки научных изданий / В. Н. Дубинич, М. В. Дубинич // Перспективы развития высшей школы: материалы V Международной науч.-метод. конф., Гродно: ГГАУ, 2012.
5. Жуков М. Ю. Оформление математических текстов при помощи пакета L^AT_EX2_ε / М. Ю. Жуков, Е. В. Ширяева. – Ростов н/Д: Изд-во ООО «ЦВВР», 2003.
6. Жуков М. Ю. L^AT_EX2_ε: искусство набора и верстки текстов с формулами / М. Ю. Жуков, Е. В. Ширяева. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2009.
7. Каров П. Шрифтовые технологии. Описание и инструментарий / П. Каров. Перевод с английского Карпинского О. С. и Куликова И. И. под редакцией, с предисловием и дополнением Ефимова В. В. – М.: Мир, 2001.
8. Кнут Д. Е. Всё про T_EX / Д. Е. Кнут. Пер. с англ. М. В. Лисиной. – Протвино: АО RDT_EX, 1993.
9. Котельников И. А. L^AT_EX по-русски / И. А. Котельников, П. З. Чеботаев. – Новосибирск: Сибирский хронограф, 2004.
10. Львовский С. М. Набор и верстка в системе L^AT_EX / С. М. Львовский. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: МЦНМО, 2003.
11. Ширяева Е. В. Введение в T_EX–программирование / Е. В. Ширяева, И. В. Ширяева. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2010.
12. Goossens M. The L^AT_EX companion / M. Goossens, F. Mittelbach, A. Samarin. – Addison-Wesley, 1994. Русский перевод: Гуссенс М. Путеводитель по пакету L^AT_EX и его расширению L^AT_EX2_ε / М. Гуссенс, Ф. Миттельбах, А. Самарин. Перевод с английского Маховой О. А., Третьякова Н. В., Тюменцева Ю. В. и Чистякова В. В. под редакцией Маховой И. А. – М.: Мир, 1999.
13. Kopka H. Guide to L^AT_EX / H. Kopka, P. Daly. – Addison-Wesley, 2004.
14. Lamport L. L^AT_EX. A document preparation system, user's guide and reference manual / L. Lamport. – Addison-Wesley, 1994.
15. Spivak M. The joy of T_EX. A gourmet guide to typesetting with the A_MS-T_EX macro package. – American mathematical society, Providence, RI, 1990. Русский перевод: Спивак М. Восхитительный T_EX: руководство по комфортному изготовлению научных публикаций в пакете A_MS-T_EX / М. Спивак. – М.: Мир, 1993.

МЕТОД ПОБУДОВИ СЕМАНТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАНЬ

Жигаревич О.К. Метод побудови семантичної моделі представлення знань. Розглядається та досліджується концепція семантичної моделі, яка об'єднує взаємодоповнюючі методи і засоби подання знань. На базі цієї моделі будуються мова представлення та обробки знань та інструментальні засоби, що забезпечують в повному обсязі відомі на даний момент потреби розробки баз знань прикладних інтелектуальних систем.

Ключові слова: семантична модель, контроль знань, база знань, онтологічна модель, програмна модель, імперативна модель.

Zhyharevych O.K. Method of construction semantic model of knowledge representation. Considered and explored the concept of semantic model that combines complementary methods and means of knowledge. Based on this model we construct representation and processing of knowledge and tools that provide fully known at present need to develop knowledge bases of Applied Intelligent Systems.

Keywords: .semantychna model control knowledge, knowledge base, an ontological model, programming model, imperative model.

Жигаревич О.К. Метод построения семантической модели представления знаний. Рассматривается и исследуется концепция семантической модели, которая объединяет взаимодополняющие методы и средства представления знаний. На базе этой модели строятся язык представления и обработки знаний и инструментальные средства, обеспечивающие в полном объеме известны на данный момент потребности разработки баз знаний прикладных интеллектуальных систем.

Ключевые слова: .семантична модель, контроль знаний, база знаний, онтологическая модель, программная модель, императивная модель.

Постановка проблеми. При створенні інтелектуальної системи (ІС) найбільш трудомістким процесом залишається розробка її бази знань. У зв'язку з цим виникає нагальна потреба в моделях представлення знань і побудованих на їх основі засобах створення баз знань, що володіють не тільки високою виразністю і гнучкістю, але і є досить простими і зрозумілими у використанні як інженерам знань - фахівцям за поданням знань, так і експертам - фахівцям в конкретних галузях знань.

В рамках робіт по штучному інтелекту накопичено широкий спектр засобів і методів подання й обробки знань. Так, семантичні мережі [1] використовуються як універсальна пам'ять для зберігання будь-якої інформації, яку можна представити в термінах об'єктів і відносин між ними.

Семантична мережа – це орієнтований граф, вершини якого – поняття, а дуги – відносини між ними.

Семантичні мережі (СМ) відносяться до об'єктно-орієнтованих методів представлення знань. На відміну від логічних, чисто аналітичних моделей баз знань, СМ представляють клас підходів, для яких загальним є використання графічних схем з вузлами (які позначають основні поняття) і дугами, що з'єднують ці вузли. Останні відображають відносини між вузловими елементами.

Своїм походженням СМ зобов'язані так званим асоціативним мережам (АМ). Вони використовувалися для моделювання інформаційних процесів, що відбуваються в пам'яті людини. Часто АМ і СМ розглядаються як синоніми. Термін “семантична” означає “змістовна”, а семантика – наука, яка встановлює відносини між символами та об'єктами, які вони позначають. Тобто наука, яка визначає зміст символів. Поняття – це абстрактні або конкретні об'єкти, а відносини – це зв'язки типу: “це” (“is”, “a kind of”), “має частину” (“has part”), “належить”, “полюбить”, та ін. Характерна особливість семантичних мереж – обов'язкова присутність трьох типів відносин:

- клас – екземпляр класу (дисципліна – «Моделювання»);
 - властивість – значення (об'єкт - модель);
 - зразок екземпляру класу («Моделювання» – Мережі Петрі).
- Найбільш поширені в семантичних мережах типи відносин:
- зв'язки типу “частина-ціле” (“клас-підклас”, “елемент-множина”, та ін.);
 - функціональні зв'язки (визначаються, як правило, за допомогою дієслів “впливає”, “успадковує”, та ін.);

- кількісні зв'язки (більш, менш, дорівнює, та ін.);
- зв'язки у просторі (далеко від, близько від, поза, над, та ін.);
- зв'язки за часом (на протязі, раніше, пізніше, та ін.);
- зв'язки за атрибутами (має властивість, має значення, та ін.);
- логічні зв'язки (АБО, ТА, НЕ, та ін.);
- лінгвістичні зв'язки (за правилами граматик, та ін.).

Проблема пошуку розв'язку в базі знань типу семантичної мережі процедурно зводиться до задачі пошуку фрагмента мережі. Фрагмент мережі відповідає деякій її підмножині, за допомогою якої формалізується запит до бази знань. Недоліком даної моделі представлення знань є складність організації процедури пошуку виводу для складних ієрархічних багаторівневих семантичних мереж. Зокрема, вивід на основі пошуку по перетинанню зв'язків погрожує небезпекою комбінаторного вибуху.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій.

Продукційні системи [2] розглядаються як зручний засіб для вираження операційної семантики понять предметної області та організації логічного висновку. Фрейми [3], що представляють об'єктно-орієнтований підхід в штучному інтелекті, служать для підвищення рівня представлення знань.

Фреймові моделі (системи, мережі фреймів) у порівнянні із семантичними мережами дають більш формалізований і в той же час досить гнучкий «механізм» представлення знань. Випереджаючи строге визначення фрейму, помітимо, що фрейм можна розглядати як складний вузол в особливого виду семантичної мережі. У рамках фреймових моделей вдалося значною мірою об'єднати декларативні знання про об'єкти і процедурні знання про методи витягу і перетворення інформації для досягнення заданої мети.

Абстрактний образ (прототип) деякого об'єкта з потенційною можливістю його обрамлення атрибутами називається фреймом. Він дозволяє сконцентрувати всі знання про даний об'єкт (чи клас об'єктів) у єдиній структурі даних (фреймі), а не розпорошувати їх між безліччю більш дрібних структур начебто логічних формул чи продукцій. Декларативні і процедурні знання про деяку сутність укладаються (пакуються) у єдину структуру (фрейм).

Інформаційна структура фрейму складається з імені, що виконує роль ідентифікатора, і слотів. Ідентифікатор, що привласнюється фрейму, повинний мати унікальне ім'я, єдине в даній фреймовій (мережній) системі. Кожен фрейм включає довільне число слотів, при цьому деякі з них визначаються самою системою, а інші задаються користувачем.

Як правило, існуючі інструментальні системи та оболонки для побудови ІС забезпечені якимось одним зі згаданих вище засобів подання та обробки знань. У той же час при створенні прикладних ІС часто виникає необхідність їх комплексного використання, оскільки жодне з цих коштів, узятя окремо, не може забезпечити в повному обсязі потреб розробки реальної прикладної системи. У зв'язку з цим інструментальні засоби розробки ІС повинні включати різні взаємодоповнюючі один одного методи і засоби представлення та обробки знань. При цьому можливі різні способи інтеграції таких коштів, починаючи з інтеграції на рівні підсистем і компонентів ІС і закінчуючи інтеграцією на рівні єдиного формалізму.

Перший спосіб інтеграції простіше в реалізації, але має ряд недоліків. Головним з них є відсутність концептуальної єдності використовуваних методів і засобів і як наслідок цього - відсутність концептуальної єдності створюваних баз знань. Це ускладнює розробку бази знань, так як окремі компоненти бази знань доводиться специфікувати не тільки за допомогою різних засобів представлення знань, а й використовувати для цього різні програмні системи, для інтеграції яких в одну ІС доводиться залучати не тільки інженерів знань, але і програмістів. Також при даному способі інтеграції доводиться витратити машинні ресурси на організацію взаємодії програмних систем, що реалізують окремі методи і засоби подання знань.

Більш кращим виглядає інший спосіб інтеграції, при якому всі необхідні методи і засоби об'єднуються в одну формацію (моделі / або мову подання знань). Така інтеграція не тільки створює передумови для побудови потужних баз знань (за рахунок спільного використання різних взаємодоповнюючих один одного методів і засобів), а й забезпечує концептуальну єдність створюваних баз знань ІС, так як всі компоненти бази знань стають пов'язаними загальними поняттями. На основі такого формалізму можуть бути створені інструментальні засоби, за допомогою яких експерти зможуть самі будувати базу знань ІС в повному обсязі, не вдаючись до допомоги посередників - інженерів знань і програмістів. Завдяки цьому значно спрощується

розробка бази знань ІС та підвищується її якість. Крім того, інтеграція всіх необхідних засобів в рамках однієї моделі (мови) створює передумови для створення на її основі ефективних прикладних ІС, так як усуваються неминучі витрати ресурсів на організацію взаємодії програмних систем, що реалізують окремі методи і засоби подання знань.

Досліджується концепція семантичної моделі подання знань, яка об'єднує різні взаємодоповнюючі один одному методи і засоби подання знань. На базі цієї моделі може бути побудована мова представлення та обробки знань та інструментальні засоби, що забезпечують в повному обсязі відомі на даний момент потреби розробки баз знань прикладних інтелектуальних систем.

Вимоги до семантичної моделі представлення знань

Для того щоб модель представлення знань була придатна для широкого класу інтелектуальних систем, вона повинна забезпечувати представлення всіх видів знань, необхідних для розробки і функціонування ІС. Перш за все, в базі знань ІС необхідно представляти знання про предметну область (ПО), в рамках якої буде функціонувати система (рис. 1). Сюди входять знання про основні сутностях (поняттях і об'єктах) предметної області, а також знання про те, яким чином ці сутності пов'язані між собою. До останніх належать знання про відносини, безпосередньо зв'язують поняття, а також більш складні види знань, що представляють різного роду залежності між поняттями ПО, як логічні, так і функціональні. Зокрема, при розробці великого класу ІС виникає необхідність у поданні знань про ПО у вигляді правил «ЯКЩО-ТОДІ». Також досить часто потрібно представляти знання у вигляді обмежень на значення параметрів, що описують деякий об'єкт або систему об'єктів.

Для кращого структурування ПО і забезпечення більш лаконічного її опису важливо мати можливість вибудовування понять предметної області в ієрархію «загальне-приватне» та підтримки успадкування властивостей по цій ієрархії.

Бази знань більшості ІС також містять конкретні знання з предметної області (предметні знання), які представляються у вигляді екземплярів понять (конкретних об'єктів) і зв'язків між ними - примірників відносин або обмежень, заданих на значеннях атрибутів екземплярів понять.

Іншим важливим типом знань, які потрібно подавати до ІС, є знання про розв'язування в рамках модельованої ПО задач і способах їх вирішення (методах і алгоритмах). Ці знання характеризують проблемну область (ПО) інтелектуальної системи. Такого роду знання можуть бути як декларативними, так і процедурними. До першого типу відносяться знання, що описують простір розв'язування ІС задач, включаючи розбиття задач на підзадачі і зв'язок підзадач з методами їх вирішення, до другого - знання, що представляють як методи вирішення задач, так і конкретні алгоритми.

Окрім знань, представлених в БЗ, практично в будь-яких ІС необхідно представляти знання, що описують фрагмент дійсності (ситуацію), який задає контекст, і вхідні дані для завдань, що вирішуються ІС. Такі знання, як і предметні знання, зазвичай подаються у вигляді екземплярів понять і відносин так/або обмежень, заданих на значеннях атрибутів екземплярів понять.

При описі предметних знань, контексту і вхідних даних завдання досить часто виникає необхідність представляти знання про об'єкти, що мають неточні значення атрибутів, шляхом завдання оцінок таких значень, наприклад, у вигляді множин можливих значень і / або обмежень на значення. Для представлення таких знань необхідно забезпечити можливість використання в примірниках понять атрибутів, що мають невизначене значення, і завдання примірників обмежень, що зв'язують такі атрибути.

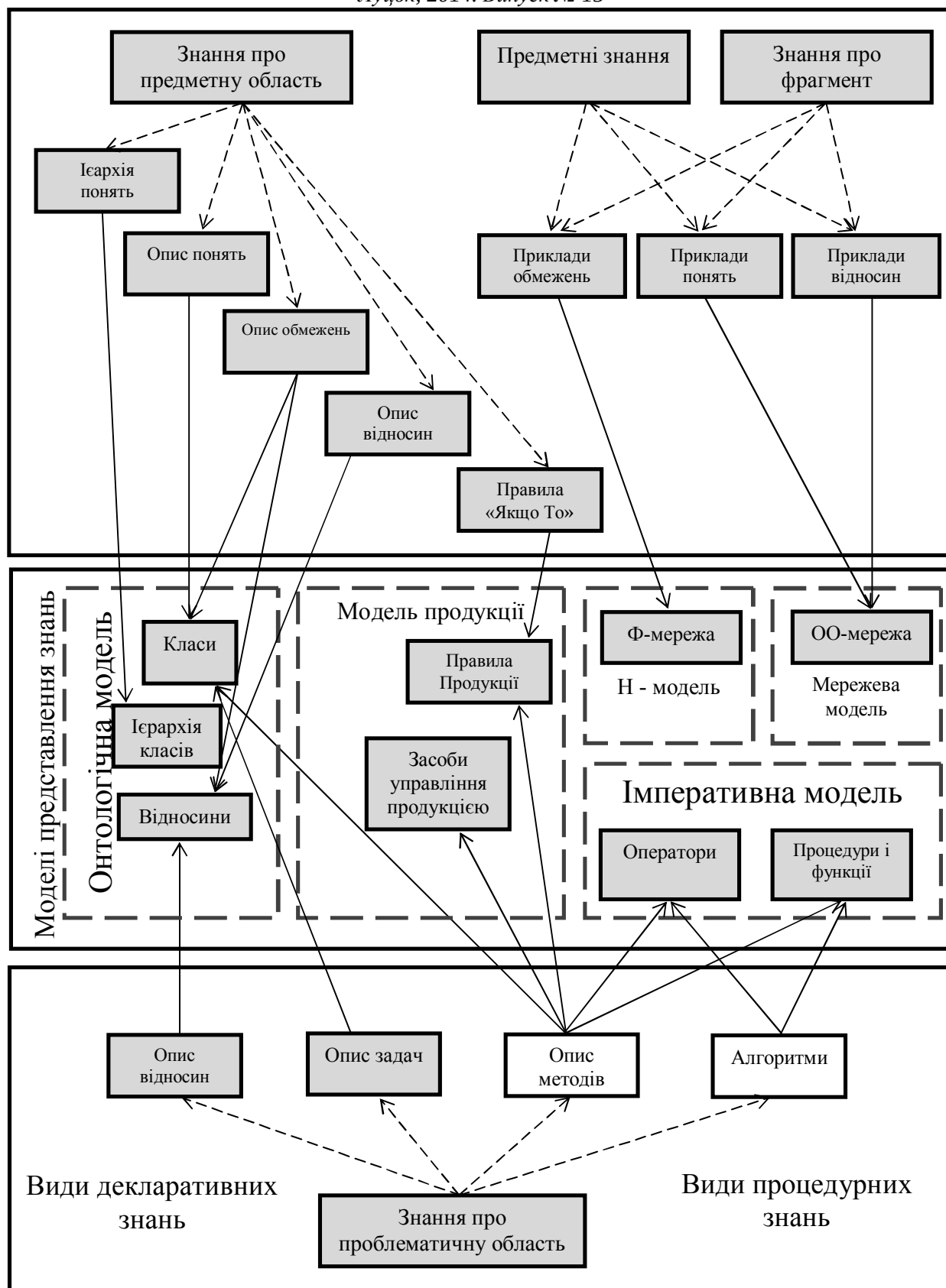


Рис – 1. Моделі представлення знань

Розглянуті вище види знань, необхідні для повноцінного функціонування ІС, не можуть бути представлені засобами однієї моделі. Для цього потрібні знання декількох моделей. Так, для подання знань про предметну область вимагається задіяти знання двох моделей - онтологічної і програмної (рис. – 1). Частина предметних знань і знань про фрагмент дійсності може бути представлена засобами мережевої моделі (в об'єктно-орієнтованій семантичній мережі), інша

частина - засобами недовизначеної моделі (у функціональній мережі або Ф-мережі). Для представлення знань про проблемної області потрібні кошти трьох моделей - онтологічної, продукційної і імперативної.

Таким чином, виникає необхідність у моделі подання знань, яка володіє набором методів і засобів, достатнім для подання в ІС всіх необхідних знань. Перш за все, така модель повинна забезпечувати подання як декларативних, так і процедурних знань, що є необхідною вимогою, так як без подання цих двох типів знань неможлива розробка повноцінної ІВ. Крім того, вона повинна забезпечувати подання і обробку як точних, так і неточних даних, що зробить її придатною для вирішення задач в умовах невизначеності знань і даних.

Побудова семантичної моделі представлення знань

Виходячи з перерахованих вище вимог, в даній роботі пропонується концепція семантичної моделі подання знань, яка об'єднує в рамках однієї формалізації різних взаємодоповнюючих один одного засобів та методів представлення та обробки знань наступних моделей - онтологічної, мережевої, продукційної, імперативної і невизначеної. (Остання включає апарат невизначених типів даних розроблених на її основі метод невизначених обчислювальних моделей [3], який, як показано фактично є універсальним методом програмування в обмеженнях. Вище було показано, що комбінація методів і засобів представлення знань, надається цими моделями, забезпечує в повному обсязі відомі на даний момент потреби прикладних ІС в поданні та обробці знань.

Семантична модель подання знань (СМПЗ-модель) може бути представлена так:

$$M = \langle \text{ONT}, \text{SN}, \text{FN}, \text{PSJP}, \text{NF} \rangle$$

ONT - прикладна онтологія, яка описувала основні поняття і відносини (класи об'єктів і відносин) предметної і проблемної областей додатки; SN - об'єктно-орієнтована семантична мережа (ОО-мережа), класи об'єктів і відносин якої, як і їх властивості, визначаються онтологією ONT; FN - функціональна мережа, що включає локальні обчислювальні моделі, задані на значеннях атрибутів об'єктів семантичної мережі SN/PS - система правил-програм, описаних в термінах класів і відносин онтології ONT; IP- засоби імперативного програмування; INF - загальний механізм виводу/обробки знань і даних, представлених в СМПЗ-моделі, що поєднує механізми виводу/обробки кожної з інтегровувальних моделей.

Представлення знань про предметну область ІС та вирішуваних нею завданнях забезпечується прикладною онтологією.

При цьому онтологія включає:

- 1) кінцеву непорожню множину класів С, які представляють поняття (сутності) ПО;
- 2) кінцеву множину бінарних відносин R, визначених на класах С;
- 3) кінцеву множину атрибутів А, що описують декларативні властивості класів і відносин;
- 4) множину типів даних G, які надають значення для атрибутів;
- 5) безліч обмежень D, які задають значення для атрибутів класів понять;
- 6) безліч математичних властивостей бінарних відносин R.

Всі класи онтології С побудовані в ієрархію «загальне-власне», і організовані як ієрархія властивостей (включаючи атрибути, відносини і обмеження) вищестоящих класів підпорядкованим.

Завдяки включенню в СМПЗ-модель апарату невизначених типів даних всі прості типи даних, що входять до G, мають невизначене розширення, що забезпечує можливість подання недовизначених значень у вигляді інтервалу або безлічі допустимих значень і оперування ними. Це дозволяє, зокрема, задавати атрибутам об'єктів ОО-мережі невизначеного значення.

Функціональні залежності між атрибутами відношень L, їв можуть задаватися в описах класів об'єктів і відносин у вигляді обмежень F, E, F, що пов'язують значення атрибутів об'єктів. (В описах бінарних відносин обмеження задаються на атрибутах їх аргументів.) Такі обмеження являють собою безліч логічних виразів (формул), що пов'язують арифметичними, теоретико-множинними і логічними операціями значення атрибутів одного чи кількох об'єктів. Слід зауважити, що завдяки включенню в СМПЗ-модель методу недовизначених моделей за допомогою обмежень задаються не тільки умови коректності значень пов'язаних ними атрибутів, але і функціональні семантики кожного з цих значень щодо інших, що забезпечує потенційну можливість обчислення (уточнення) невідомих (неточних) значень атрибутів через відомі (або більш точні). Залежно від потреб подання знань про ПО будь-якому бінарним відношенню може бути «приписана» одне або кілька суперечать один одному математичних властивостей R з наступного набору - рефлексивність, симетричність, транзитивність, антирефлексивне, антисиметричність, або зворотнє відношення.

Конкретні знання про ПО, як і знання про процес моделювання в ІС фрагменті дійсності або контексті завдання, представляються в об'єктно-орієнтованій семантичній мережі SN, що включає безліч екземплярів класів (об'єктів) та відносин. Для представлення цього виду знань також служать екземпляри обмежень, накладених на атрибути об'єктів (екземплярів класів) ОО-мережі і збережені у функціональній мережі, пов'язаної з ОО-мережею через атрибути об'єктів.

Так, якщо в описі якого-небудь класу або відносини задані обмеження, то при створенні кожного його примірника на основі цих обмежень будується локальна обчислювальна модель (ЛОМ), вершинами якої є вхідні в обмеження атрибути об'єкта (у разі відносини - атрибути його об'єктів-аргументів), а дугами - існуючі між ними функціональні відносини.

Побудовані таким чином ЛОМ всіх об'єктів та примірників відносин ОО-мережі об'єднуються в глобальну обчислювальну модель, яку будемо називати функціональною мережею. Для уточнення значень слотів об'єктів, ЛОМ яких представлені у функціональній мережі, використовується метод недовизначених обчислювальних моделей [5].

Опис предметних знань у вигляді правил «ЯКЩО-ТОДІ» засобами системи продукційних правил є природним і зручним для багатьох областей. В семантичній моделі система продукційних правил працює над семантичною мережею, склад понять і відносин якої визначається онтологією. У зв'язку з цим посилка і висновок будь-якого правила можуть описуватися в термінах класів і відносин онтології. Це дозволяє не тільки зручно представляти експертні знання у вигляді правил «ЯКЩО-ТОДІ», а й будувати досить потужні за своїми операційними можливостями і з їх допомогою описувати на досить високому рівні досить складні процеси виведення і обробки інформації.

Розглянемо, які знання надає СМПЗ-модель для представлення знань про вирішувані в рамках модельованої ПО завданнях і методах їх вирішення.

Знання про простір задач можуть бути представлені в прикладній онтології, де описуються типи завдань і методів, призначених для їх вирішення, і задається розбиття задач на підзадачі і зв'язок задач з методами їх вирішення (знання другого виду також можуть бути представлені засобами ОО-мережі). При цьому самі методи рішення можуть бути представлені продукційними правилами, об'єднаними в групи і / або продукційні модулі. Для цих цілей в модель включаються кошти структурування безлічі правил і управління ними, такі як оператори активації і деактивації груп правил, які можуть поєднуватися з семантичними засобами управління.

Для підтримки ефективної реалізації методів і алгоритмів, а також забезпечення створення повноцінних прикладних ІС в СМПЗ-модель включені традиційні для семантичної моделі (парадигми програмування). Вони застосовуються для розробки алгоритмів у випадках, коли їх реалізація іншими методами (наприклад, за допомогою продукційних правил) була б занадто неефективною за часом і / або витратної по пам'яті, а також для реалізації чисельних обчислень і забезпечення інтерфейсних можливостей ІС.

СМПЗ-модель включає механізм альтернатив, який є потужним засобом підтримки процесів виведення і обробки інформації в умовах, коли неточно задані не тільки об'єкти, але і відносини між ними. Даний механізм реалізується оператором альтернативи, який дозволяє задавати і перебирати альтернативи (варіанти обчислень), забезпечуючи при виникненні суперечності під час обробки черговий з них перехід до наступної альтернативи.

Інтеграція зазначених методів і засобів виконується на основі об'єктно-орієнтованого підходу. При цьому:

- поняття і відносини розробник ПО представляє класами об'єктів і відносин онтології ОЛП, Інкапсулює в собі семантичні властивості та обмеження на свої атрибути і аргументи;
- об'єкти (екземпляри класів) та примірники відносин представляються в семантичній мережі SN, структура та властивості якої визначені в онтології;
- обмеження F на значення атрибутів об'єктів представляються у функціональній мережі FN, пов'язаної через ці атрибути з семантичною мережею SN;
- всі необхідні процеси виведення і обробки інформації (реалізують процес вирішення задачі) здійснюються системою продукційних правил PS, працює над семантичною мережею, механізмом задоволення обмежень, реалізованим у функціональній мережі, а також засобами програмування ІМ.

Взаємозв'язки семантичних моделей показані на рис. – 2, тут видно, що мережева та програмна моделі використовують властивості, визначені в онтологічній моделі. Зокрема, структура та властивості елементів семантичної мережі визначаються в онтології, а посилки і

укладання продукційних правил описуються в термінах класів і відносин онтології. В свою чергу, засоби оперування, що надаються онтологічної моделлю, використовують засоби оперування мережевої моделі (для того, щоб привести ОО-мережу у відповідність з онтологією). Засоби оперування продукційної моделі використовують і функціонал мережевої моделі (для зіставлення посилки правил з семантичною мережею і виконання дій над нею, визначених у правилах), і засоби оперування, задані в імперативній моделі. Крім того, мережева модель використовує засоби оперування невизначеної моделі, а остання – зв'язки визначені в мережевій моделі.

У зв'язку з відсутністю інструментальних систем, що забезпечують в повному обсязі потреби розробників баз знань інтелектуальних систем, як базису для представлення знань в ІС запропонована модель, семантична взаємодоповнююча один одного методи і засоби представлення та обробки знань наступних моделей: онтологічної, мережевої, програмної, невизначеної і семантичної.

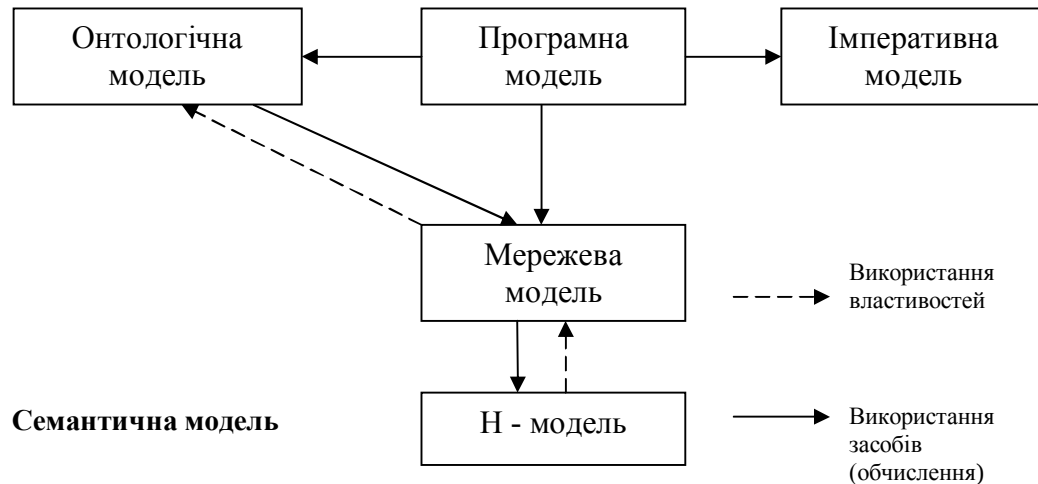


Рис. - 2. Взаємозв'язки семантичних моделей

Завдяки тому, що інтеграція зазначених методів і засобів виконана на основі об'єктно орієнтованого підходу, СМПЗ-модель дозволяє представляти одночасно декларативні і процедурні знання, а також знання про обчисленнях (знання, що дозволяють уточнювати значення параметрів описуваного об'єкта або ситуації). Крім того, такий спосіб інтеграції дозволяє отримати ефективну реалізацію інтелектуальної системи і зробити доступними всі інтегровані знання в рамках однієї мови подання та обробки знань.

На основі СМПЗ-моделі побудованої яка реалізується на об'єктно- орієнтованій мові подання та обробки знань, включає засоби для спільного опису як декларативних, так і обчислювальних властивостей понять і відносин деякою ПО, а також знання оперування їх прикладами в програмному стилі. Завдяки цьому на такій мові можна природним чином описувати і вирішувати широкий клас задач, в тому числі завдання, що вимагають поєднання логічного висновку і обчислень над неточно заданими значеннями.

Список використаних джерел:

1. Осипов, Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами: основы теории и технологии [Текст] / Г.С.Осипов. – М.:Наука, 1997
2. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. Искусственный интеллект: современный подход [Текст] : пер. с англ. — 2-е изд. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2008. – 1408 с.
3. Шихнабиева, Т.Ш. О семантическом подходе к представлению процесса обучения по дистанционной форме [Текст] / Т.Ш. Шихнабиева // Вестник МГОУ. – 2006. – Т.18, № 1. – С. 145-154.
4. Шихнабиева, Т.Ш. О представлении и контроле знаний в автоматизированных обучающих системах / Т.Ш. Шихнабиева // Информатика и образование. – 2008. – № 10. – С.55 – 59.
5. McKenney J. L., Clinical Study of the Use of a Simulation Model, The Journal of Industrial Engineering, N1, Jan. 1987.
6. Jacobson I. Object-Oriented Software Engineering. – s.l.:ASM press., 2004. – 528с.

УДК 004.415.3

В.В. Карбовський, доц. О.К. Каганюк, асистент П.С.Шолом
Луцький національний технічний університет

МУЛЬТИСАЙТИНГ В CMS DRUPAL

Карбовський В.В., Каганюк О.К., Шолом П.С. Мультисайтинг в CMS Drupal. В даній статті йдеться мова про налаштування мультисайтингу у системі керування вмістом Drupal. Наведені правила об'єднання таблиць бази даних MySQL.

Ключові слова: Мультисайтинг, система керування вмістом, CMS, Drupal, спільна база даних.

Карбовский Виктор Владимирович, Каганюк Алексей Казимирович. Шолом Павло Степанович. Мультисайтинг в CMS Drupal. В статье идет речь о настройке мультисайтинга в системе управления содержимым Drupal. Описанные правила объединения таблиц базы данных MySQL.

Ключевые слова: Мультисайтинг, система управления содержимым, CMS, Drupal, общая база данных.

Karbovskyi Viktor, Kaganiiuk Oleksii. Sholom Pavlo. Multi-siting in CMS Drupal. The article is talking about setting multi-siting in content management system Drupal. Described association rules database tables MySQL.

Keywords: Multi-siting, content management system, CMS, Drupal, common database.

Постановка проблеми. Кількість користувачів Інтернет у світі та в Україні зокрема щороку збільшується в кілька разів. Сьогодні Всесвітня мережа стала невід'ємною частиною життя як у розвинених країнах, так і у таких, що розвиваються. Завдяки стрімким темпам зростання Інтернет, дедалі частіше у його користувачів постає питання щодо розроблення якщо не власного веб-сайту, то хоча б індивідуальної веб-сторінки. Саме через це ми все частіше чуємо слово «CMS».

Система керування вмісту веб-сайту (англ. Content Management System) – це програмне забезпечення для організації веб-сайтів чи в інших інформаційних ресурсів в Інтернеті чи окремих комп'ютерних мережах. CMS надають змогу швидко та ефективно розробляти веб-сайти, значно полегшують створення, наповнення та оновлення.

Drupal – безкоштовна модульна система з відкритим кодом, написана мовою програмування php. Розробником цієї системи є Дріс Байтаерт (Dries Buytaert) та спільнота розробників. Система Drupal може працювати у таких популярних операційних системах, як Windows, Mac OS X, Linux, власне, на будь-якій платформі, яка підтримує роботу веб-сервера Apache (починаючи з версії 1.3), або IIS (починаючи з версії IIS5+) та інтерпретатор мови php (починаючи з версії 4.7.5+), також потрібна наявність системи керування базами даних, наприклад, відкриті системи MySQL або PostgreSQL. Структура та потужна база модулів Drupal у дає змогу порівняно швидко створювати потужні інтерактивні веб-сайти [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідно зазначити, що аналізу проблем, які склалися в галузі веб-програмування, приділяється увага вітчизняним розробникам, серед яких Влад Савицький, Юрій Глушков, Олександр Мітасов та інші.

Невирішені частини проблеми. Кожен, хто використовує в своїх проектах CMS Drupal, рано чи пізно зустрічається з проблемою оновлення ядра та модулів при адмініструванні кількох сайтів, а також – економією місця на хостингу. Суть проблеми полягає в тому, що при потребі в оновленні важливих елементів, необхідно пророблювати однакові дії з кожним сайтом, що забирає цінний час і є не дуже практично.

Метою даної роботи є продемонструвати налаштування мультисайтингу для Drupal, що значно спростить адміністрування кількох сайтів, створених за допомогою вищезгаданої системи керування вмістом.

Основна частина. Мультисайтинг – одна з найбільш потужних особливостей Drupal, це можливість запускати декілька веб-сайтів, що використовують один і той же комплект файлів ядра системи [2](Рис.1.).

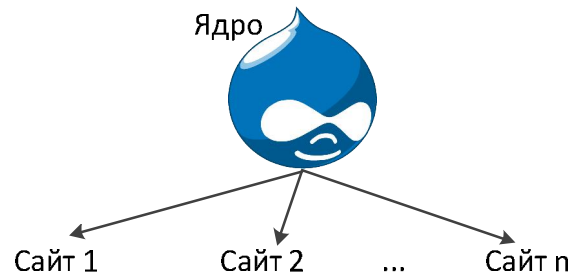


Рис. 1. Суть мультисайтингу

Для розв'язання проблеми перш за все необхідно зробити так, щоб новий сайт з доменом, наприклад, m.domain.ua, посилався на вже створений (domain.ua), тобто зробити його аліасом. Після цього обидва сайти будуть лежати в одній і ті ж директорії [3] (Рис.2).

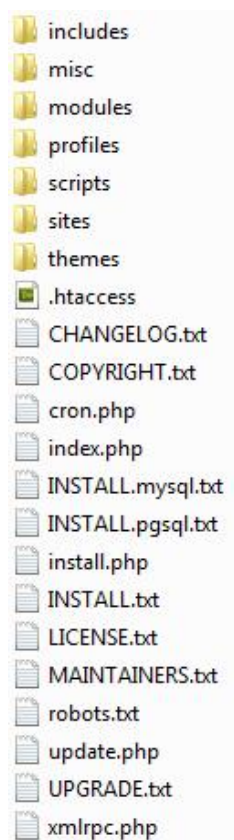


Рис. 2. Структура файлової системи Drupal

Призначення вкладених папок:

- files – тут містяться всі файли, завантажені відвідувачами на ваш сайт. Крім того, в даному каталозі можуть зберігатися персоналізовані файли налаштувань CMS Drupal та окремих модулів. Наприклад, змінені файли каскадних таблиць стилів, що використовуються темою оформлення, змінений JS-файл, файли .htaccess, robots.txt і ін.;
- includes – включає в себе файли з розширенням INC, що містять PHP-код ядра CMS Drupal;
- misc – додаткові файли, необхідні для коректного відображення вашого сайту: зображення, JS- та CSS-файли;
- modules – містить модулі, які входять до складу CMS Drupal. Ви можете помістити в цей каталог і нові модулі, проте правильніше для цього використовувати каталог sites \ all \ modules;

- profiles – включає в себе профілі установки CMS Drupal. Профіль установки – це текстовий файл з розширенням PROFILE, який визначає, які модулі будуть включені після інсталяції CMS Drupal і які налаштування будуть присвоєні цим модулям. Кожен файл профілю установки повинен знаходитися в окремій папці, розташованій в каталозі profiles;

- scripts – набір сценаріїв (файли з розширенням SH), призначених для віддаленого обслуговування CMS Drupal з допомогою SSH-підключення;

- sites – в даному каталозі містяться файли налаштувань CMS Drupal, а також модулі і теми оформлення, які ви додали після установки системи;

- themes – містить теми оформлення, які входять до складу CMS Drupal.

Основні файли, що знаходяться в кореневій папці:

- .htaccess – найчастіше містить відомості про те, до яких файлів (сценаріїв, сторінок HTML і т. д.) на вашому сайті зможуть отримати доступ відвідувачі.

- cron.php – даний сценарій виконує запуск планувальника завдань cron.

- index.php – головна сторінка CMS Drupal. Вона складається з 18 рядків коду і містить лише виклики функцій, які генерують і відображають основні регіони сторінки.

- robots.txt – включає в себе правила, на основі яких роботи пошукових систем повинні індексувати вміст вашого сайту.

- update.php – використовується для оновлення CMS Drupal.

- INSTALLmysql.txt – включає в себе опис процесу створення бази даних MySQL, яка буде використовуватися CMS Drupal після установки.

Всі операції проводяться в папці sites. Стандартно там знаходяться 2 папки: default (налаштування, модулі і теми для сайту за замовчуванням) та all (загальні модулі та теми).

Наступним етапом є створення в папці sites нової папки, ім'ям якої буде домен нового сайту(в даному випадку – m.domain.ua). Сюди необхідно скопіювати файл settings.php з папки default.

Необхідно зазначити, що у процесі пошуку файлів settings.php Drupal «обрізає» імена піддоменів зліва направо, а імена підпапок справа наліво. Перший знайдений файл буде використаний, решта проігноровано, тому дуже важливо вірно вказати ім'я папки для нового сайту.

Теми і модулі, що будуть використовуватись лише для нового сайту розміщуються у sites/m.domain.ua/themes та modules відповідно. Загальні теми і модулі - sites/all/themes та modules, а для вже створеного - sites/default/themes та modules.

Після цього необхідно відредагувати вищезгаданий файл settings.php.

- Якщо сайти будуть абсолютно незалежні, то в settings.php в \$db_url необхідно вказати окрему базу даних. Користувач також може бути будь-яким. Присутність або відсутність префікса ролі не грає.

- Якщо сайти використовувати спільну базу даних або таблиці.

Одна і та ж база даних (Рис.3.). У файлі settings.php в \$db_url вказуємо таку саму базу даних як на головному сайті, але обов'язково прописуємо інший префікс таблиць. Однак, з цим методом треба бути обережним, оскільки з кожним новим сайтом база даних буде значно збільшуватись. Наприклад, для головного сайту префікс s1_, а для нового – s2_. Для того, щоб новий сайт використовував спільну базу користувачів та їх профілів необхідно написати:

```
$db_prefix = array(
"default" => "s2_",
"users" => "s1_",
"sessions" => "s1_",
"authmap" => "s1_",
"profile_fields" => "s1_",
"profile_values" => "s1_",
);
```

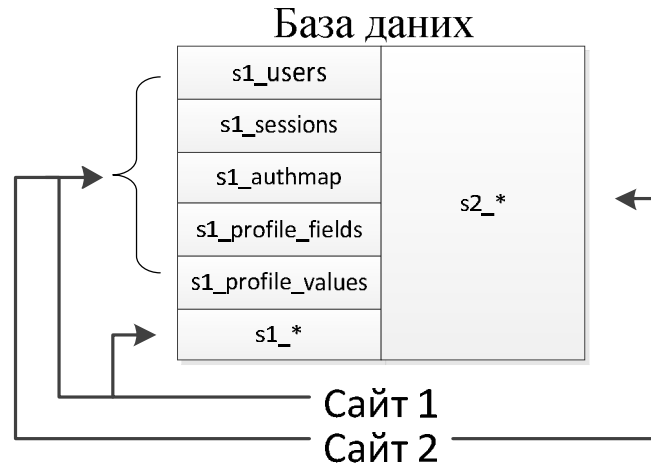


Рис. 3. Спільна база даних та деякі таблиці з неї

О *Різні бази даних, але деякі спільні таблиці* (Рис.4.). Необхідно проробити все те саме, що і в попередньому підпункті, але ще й вказати назву бази даних, з якої беруться таблиці. Наприклад для отримання спільних користувачів та їх профілів на головному сайті (БД – s1, префікс – s1_) та новому (БД – s2, префікс – s2_), у файлі settings.php нового сайту прописується :

```
$db_prefix = array(
"default" => "s2_",
"users" => "s1.s1_",
"sessions" => "s1.s1_",
"authmap" => "s1.s1_",
"profile_fields" => "s1.s1_",
"profile_values" => "s1.s1_",
);
```

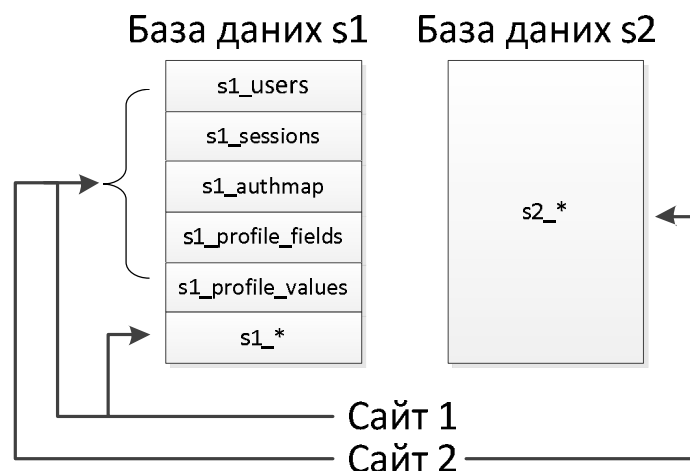


Рис. 4. Різні бази даних, але деякі спільні таблиці

При використанні спільних таблиць, необхідно дотримуватись певних правил, оскільки не всі таблиці можна робити спільними [4].

- Таблиці, які можна робити спільними:
 - filters та filter_formats – формати вводу;
 - locales_* – рядки перекладу;
 - role – ролі на сайті;

- o permission – права ролей на хуки, що надаються модулями;
- o users – користувачі сайту;
- o users_roles – ролі користувачів сайту.
- Таблиці, які можна робити спільними при необхідності:
 - o access – блокування по IP, імені користувача, e-mail;
 - o authmap – таблиця для зовнішньої аутентифікації (LDAP, OpenID);
 - o flood – обмеження кількості запусків певних ділянок коду;
 - o system – дані про встановлені модулі та теми;
 - o sessions – сеанси користувачів.
- Таблиці, які можна робити спільними небезпечно:
 - o comments – коментарі;
 - o files та file_revisions – файли;
 - o node та node_* – контент сайту;
 - o term_* – терміни таксономії;
 - o view_* – види;
 - o vocabulary та vocabulary_node_types – словники таксономії.
- Таблиці, які можна робити спільними не можна:
 - o blocks – таблиця блоків сайту;
 - o blocks_roles – доступ ролей до блоків;
 - o boxes – код блоків;
 - o cache та cache_* – кеш;
 - o history – останні непрочитані повідомлення;
 - o menu – меню сайту;
 - o sequences – внутрішній лічильник нод, коментарів, користувачів;
 - o url_alias та url_alias_extra – аліаси, чисті посилання;
 - o variable – змінні сайту;
 - o watchdog – журнал помилок сайту;

Висновки. Основною задачею було налаштувати мультисайтинг в CMS Drupal. В результаті отримано два сайти, створені за допомогою даної системи керування вмістом, які використовують спільне ядро, деякі спільні модулі, а також таблиці бази даних MySQL для використання спільної бази користувачів та їх профілів. Обновлення буде відбуватись для обох сайтів разом, а також на хостингу зекономлено місце, в порівнянні з тим, якби не використовували мультисайтинг.

1. http://archive.nbuv.gov.ua/portal/chem_biol/nvnltu/20_7/295_Kupar_20_7.pdf<http://musson.org.ua>
2. Рысецев М.В. Drupal 6.Bz drupal hand book, 2009-134с.
3. <http://camp09.drupal.ua/blog/multisiting>

УДК 004.33

Н.М. Ліщина

Луцький національний технічний університет

МЕТОДИ ПОБУДОВИ ПАМ'ЯТІ З ВПОРЯДКОВАНИМ ДОСТУПОМ

Ліщина Н.М. Методи побудови пам'яті з впорядкованим доступом. Розглядаються методи побудови пам'яті з впорядкованим доступом. Описані підходи до побудови пам'яті з впорядкованим доступом, виділено її особливості.

Ключові слова: комутуюча мережа, сортувальна мережа, структура ПВД.

Лищина Н.М. Методы построения памяти с упорядоченным доступом. Рассматриваются методы построения памяти с упорядоченным доступом. Описаны подходы к построению памяти с упорядоченным доступом, выделены ее особенности.

Ключевые слова: коммутирующая сеть, сортировочная сеть, структура ПВД.

Lishchyna Natalia. Methods of memory orderly access. Methods of constructing an ordered memory access. We describe approaches to the construction of an ordered memory access, highlighted its features.

Keywords: commuting network, sorting network, structure of MOA.

Постановка проблеми. Як і пам'ять з послідовним доступом, пам'ять з впорядкованим доступом орієнтована на роботу з масивами даних. В цій пам'яті забезпечується доступ до даних у програмно встановленому порядку, тобто індекс, який поступає в пам'ять разом з даним, або під час його зчитування, вказує місце даного у вихідному масиві.

Пам'ять з впорядкованим доступом може бути реалізована з використанням трьох підходів: на базі пам'яті з довільним доступом, на базі пам'яті з асоціативним доступом і на базі пристрою сортування даних (ПСД) [1].

При використанні першого методу можливі два варіанти реалізації ПВД. Згідно з першим варіантом дані в режимі запису розміщуються в комірках пам'яті з довільним доступом, адреси яких відповідають потрібному порядку зчитування, а в режимі зчитування адреси формуються в порядку зростання на одиницю. Згідно з другим варіантом дані в режимі запису розміщуються в послідовних комірках пам'яті з довільним доступом, а при зчитуванні потрібний порядок задається адресами. До недоліків ПВД на базі пам'яті з довільним доступом потрібно віднести велику інерцію, оскільки розпочати зчитування даних можна лише після завершення прийому всього масиву даних, а також потребу використання двох паралельних блоків пам'яті з довільним доступом для побудови пам'яті з впорядкованим доступом з розділеними входом і виходом.

При використанні другого методу виходять з того, що функції ПВД і процесора сортування даних (ПСД) досить подібні: ПВД виконує впорядкування елементів вихідного масиву даних відповідно до величини індексів, які їх супроводжують, а ПСД сортує числа в порядку їх зростання чи спадання. Тому логічно закріпивши номери даних M в масиві за цими даними провести їх впорядкування, і, тим самим, виконати функцію ПВД на ПСД. Такий підхід є ближчим за функціональними ознаками до принципів роботи ПВД і дозволяє використати всі її переваги. Зокрема, відпадає необхідність накопичувати весь масив даних, які підлягають зчитуванню та подальшому опрацюванню. Достатньо накопичити стільки даних, щоб можна було почати їх опрацювання одночасно з прийомом наступних. Наприклад, в процесорах швидкого перетворення Фур'є достатньо накопичити половину вибірки, щоб розпочати опрацювання даних.

Метою дослідження є розгляд методів побудови пам'яті з впорядкованим доступом, опис і аналіз підходів до побудови пам'яті з впорядкованим доступом.

Основна частина

Метод побудови ПВД на основі ПДД

При використанні першого методу використовується структура ПВД, варіант якої для випадку $L = N = 1$ показаний на рис.1. [1].

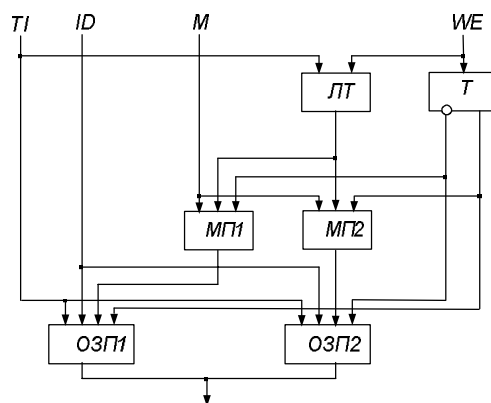


Рис. 1. ПВД на основі ОЗП.

До складу ПВД входять два ОЗП і відповідне обрамлення. Для пояснення роботи прийемо, що на даний момент часу ОЗП1 працює в режимі зчитування, а ОЗП2 - в режимі запису. З приходом нового масиву по сигналу дозволу запису QE відбудеться початкова установка лічильника тактів ЛТ, а тригер Т перемикається в протилежний попередньому стан, сигнали з прямого і інверсного виходів якого переключають ОЗП1 в режим запису, а ОЗП2 в режим зчитування. По першому тактовому сигналу з входу подання тактових імпульсів ТІ в пам'ять записується дане нового масиву в комірку, номер якої вказує індекс М, який поступає через мультиплексор МП1, керований інверсним виходом тригера Т. Надалі при кожному зверненні в ОЗП1 записується дане нового масиву. Одночасно з ОЗП2 зчитується раніше накопичений масив даних за послідовними адресами, які формуються в лічильнику тактів ЛТ та проходять на адресний вхід пам'яті через мультиплексор МП2, яким керує сигнал з прямого виходу тригера Т. Після запису нового масиву в ОЗП2 і зчитування раніше прийнятого масиву з ОЗП1 в ПВД поступає наступний масив даних, що супроводжується сигналом QE. Цей сигнал скидає лічильник ЛТ в нульовий стан, а також перемикає тригер Т, сигнали з виходів якого встановлюють ОЗП1 в режим зчитування, а ОЗП2 в режим запису, а також через мультиплексори МП1 і МП2 під'єднують до адресних входів ОЗП1 вихід ЛТ, а ОЗП2 - вхід поступлення індексів М. Таким чином змінюються режими роботи ОЗП1 і ОЗП2 і надалі їх робота відбувається аналогічно описаній. Як видно, за наведеною схемою ПВД здійснює одночасний прийом нового масиву і зчитування раніше записаного масиву даних з використанням одного адресного входу – входу поступлення індексів М, причому адреса вказує, яким по порядку в даному масиві зчитується це число.

У розглянутій ПВД, якщо послідовно записувані масиви мають різну величину, будуть перерви в прийомі і видачі даних. Якщо подальший масив менший попереднього, повинна бути перерва в прийомі інформації, а якщо більший – в видачі інформації. Введення в ПВД суматора для зсуву адрес дозволяє забезпечити накопичення в одній ПВД декількох масивів даних. У цьому плані цікавим виглядає варіант коли обидва ОЗП розбиваються на сегменти рівної ємності. В цьому випадку в ПВД можна проводити впорядкування і зберігання М масивів, де М - кількість сегментів, причому розмір масиву не повинен перевищувати ємність сегменту пам'яті. При цьому в ПВД необхідно ввести лічильник масивів, а розрядність зовнішньої адреси зменшиться на $\log_2 M$ розрядів. Як основні недоліки ПВД на базі ОЗП варто відзначити наявність перерви в прийомі і видачі даних при відмінній величині масивів, а також велику інерцію, оскільки розпочати зчитування з ОЗП1 або ОЗП2 можна тільки після завершення прийому подальшої інформації.

Метод побудови ПВД на основі комбінаційних сортувальних мереж

Якщо подати вхідні дані у вигляді матриці

$$\begin{pmatrix} ID_{0,0} & ID_{0,1} & \dots & ID_{0,l-1} \\ ID_{1,0} & ID_{1,1} & \dots & ID_{1,l-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ ID_{k-1,0} & ID_{k-1,1} & \dots & ID_{k-1,l-1} \end{pmatrix},$$

вихідні дані подати у вигляді матриці

$$\begin{vmatrix} OD_{0,0} & OD_{0,1} & \dots & OD_{0,n-1} \\ OD_{1,0} & OD_{1,1} & \dots & OD_{1,n-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ OD_{m-1,0} & OD_{m-1,1} & \dots & OD_{m-1,n-1} \end{vmatrix},$$

а індекси вхідних даних подати у вигляді матриці

$$\begin{vmatrix} SID_{0,0} & SID_{0,1} & \dots & SID_{0,l-1} \\ SID_{1,0} & SID_{1,1} & \dots & SID_{1,l-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ SID_{k-1,0} & SID_{k-1,1} & \dots & SID_{k-1,l-1} \end{vmatrix}.$$

то задача впорядкованими масиву вхідних даних за величиною їх індексів у масив вихідних даних виглядає наступним чином:

$$MOD = MID \ Q \ MIPD,$$

де MOD, MID та MIPD – матриці вихідних, вхідних даних та їх індексів, Q – оператор впорядкування.

Нехай

$$\begin{vmatrix} SV_{0,0} & SV_{0,1} & \dots & SV_{0,r-1} \\ SV_{1,0} & SV_{1,1} & \dots & SV_{1,r-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ SV_{p-1,0} & SV_{p-1,1} & \dots & SV_{p-1,r-1} \end{vmatrix}$$

- матриця впорядкованих індексів вхідних даних така, що $SV_{0,0} < SV_{0,1} < SV_{0,2} \dots < SV_{p-1,r-1}$, де $p=k$, $r=l$.

Тоді елементи матриці вихідних даних визначаються з виразу [12]

$$OD_{i,j} \{i=0,1,\dots,m-1, j=0,1,\dots,n-1\} = ID_{t,f} \{t=0,1,\dots,k-1, f=0,1,\dots,l-1\} \text{ при } SV_{i,j} = MID_{t,f}$$

де i,j – номер індекси у матриці впорядкованих індексів вхідних даних

$$\begin{vmatrix} SV_{0,0} & SV_{0,1} & \dots & SV_{0,r-1} \\ SV_{1,0} & SV_{1,1} & \dots & SV_{1,r-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ SV_{p-1,0} & SV_{p-1,1} & \dots & SV_{p-1,r-1} \end{vmatrix},$$

t,f – номер індекси у матриці індексів вхідних даних

$$\begin{vmatrix} SID_{0,0} & SID_{0,1} & \dots & SID_{0,l-1} \\ SID_{1,0} & SID_{1,1} & \dots & SID_{1,l-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ SID_{k-1,0} & SID_{k-1,1} & \dots & SID_{k-1,l-1} \end{vmatrix}.$$

Таким чином, виходячи з формалізованого опису, метод впорядкування матриці даних за їх індексами та відповідний метод побудови ПВД полягає в наступному [2]:

1. Потрібно впорядкувати матрицю індексів вхідних даних

$$\begin{vmatrix} SID_{0,0} & SID_{0,1} & \dots & SID_{0,l-1} \\ SID_{1,0} & SID_{1,1} & \dots & SID_{1,l-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ SID_{k-1,0} & SID_{k-1,1} & \dots & SID_{k-1,l-1} \end{vmatrix}$$

та отримати матрицю впорядкованих індексів вхідних даних

$$\begin{vmatrix} SV_{0,0} & SV_{0,1} & \dots & SV_{0,r-1} \\ SV_{1,0} & SV_{1,1} & \dots & SV_{1,r-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ SV_{p-1,0} & SV_{p-1,1} & \dots & SV_{p-1,r-1} \end{vmatrix}$$

таку, що

$$SV_{0,0} < SV_{0,1} < SV_{0,2} \dots < SV_{p-1,r-1}, \text{ де } p=k, r=l.$$

Зауваження 1: Випадку, коли $ID_{ij} = ID_{ts}$ де $i, t = 0, 1, \dots, p-1$; $j, s = 0, 1, \dots, r-1$ бути не може за визначенням задачі.

2. Для виконання впорядкування індексів використати елемент, який має назву «сортувальна мережа», (СМ).

3. Для виконання впорядкування даних відповідно до їх індексів використати елемент, який має назву «комутуюча мережа», (КМ). Задачею КМ є переміщення даних до відповідних виходів за результатами порівняння їх індексів в СМ.

4. Для запам'ятовування матриці даних

$$\begin{vmatrix} ID_{0,0} & ID_{0,1} & \dots & ID_{0,l-1} \\ ID_{1,0} & ID_{1,1} & \dots & ID_{1,l-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ ID_{k-1,0} & ID_{k-1,1} & \dots & ID_{k-1,l-1} \end{vmatrix}$$

виділити kl комірок пам'яті, в ролі яких використати регістри.

5. Записувати в режимі запису до регістрів ПВД дані, та здійснити їх впорядкування відповідно до величини їх індексів.

6. Зчитувати в режимі зчитування з регістрів ПВД дані, які в них зберігалися, на виходи ПВД.

7. Дані на входи ПВД можуть поступати паралельно або послідовно. Необхідно забезпечити на входи ПВД відповідний інтерфейс.

2. Дані на виходи ПВД можуть поступати паралельно або послідовно. Необхідно забезпечити на виходи ПВД відповідний інтерфейс.

У загальному випадку, коли в ПВД записується матриця $k \times l$ даних і з її виходу зчитується матриця $m \times n$ даних, структура ПВД має вигляд, показаний на рис.2.

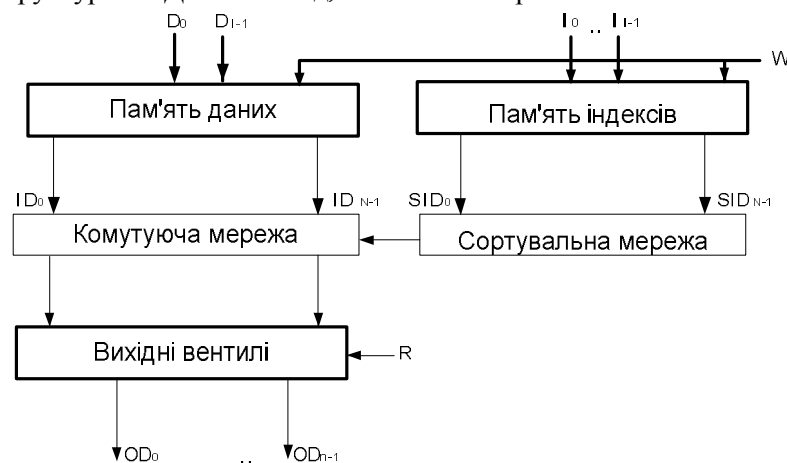


Рис.2. Структура ПВД на основі комбінаційної сортувальної мережі.

ПВД цього типу містить пам'ять для зберігання даних та індексів відповідно, до яких дані і індекси записують групами, а після того проводиться впорядкування даних за величиною їх індексів використовуючи сортувальну СМ та комутуючу КМ мережі.

Вхідні дані та їх індекси записуються до пам'яті сигналом запису W в відповідні комірки. В КМ здійснюється впорядкування даних з пам'яті даних відповідно до значень їх індексів з пам'яті індексів за правилом, заданим величинами індексів, які сортуються в СМ. З ПВД цього типу одночасно зчитують n чисел, для чого на її виході включено вихідні вентиля. З виходів цих вентилів вихідні дані при поступленні сигналу зчитування R будуть подані на відповідну вихідну шину.

Детальніше внутрішня структура ПВД цього типу показана на рис.3. [3].

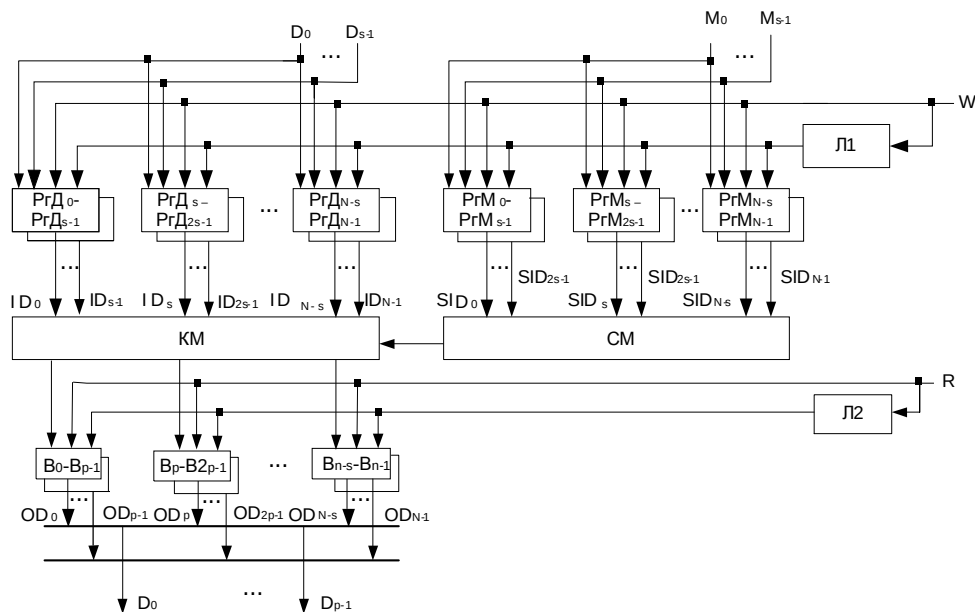


Рис.3. Внутрішня структура ПВД.

ПВД цього типу містить згруповані по k регістрів вхідні регістри даних PrD_0 - PrD_{k-1} , PrD_k - PrD_{2k-1} , ... PrD_{l-k} - PrD_{l-1} , та вхідні регістри індексів PrM_0 - PrM_{k-1} , PrM_k - PrM_{2k-1} , ... PrM_{l-k} - PrM_{l-1} для зберігання даних та індексів відповідно, до яких дані і індекси записують групами, а після того проводиться впорядкування даних за величиною їх індексів використовуючи сортувальну CM та комутуючу KM мережі.

Сигналом запису W вхідні дані та їх індекси запишуться в відповідні регістри, причому місце запису даних та індексів вказується сигналом з виходу лічильника Л, який формує сигнали дозволу запису. Цей лічильник спочатку перебуває в стані «0» та дозволяє запис першої групи даних і їх індексів відповідно до регістрів PrD_0 - PrD_{k-1} та PrM_0 - PrM_{k-1} , після поступлення першого сигналу запису W переходить в стан «1» та дозволяє запис другої групи даних і їх індексів відповідно до регістрів PrD_k - PrD_{2k-1} та PrM_k - PrM_{2k-1} , після поступлення другого сигналу запису W переходить в стан «2» та дозволяє запис третьої групи даних і їх індексів відповідно до регістрів PrD_{2k} - PrD_{3k-1} та PrM_{2k} - PrM_{3k-1} і так до запису l/k -ї групи даних та їх індексів до регістрів PrD_{l-k} - PrD_{l-1} та PrM_{l-k} - PrM_{l-1} . Після подачі сигналу зчитування R на KM буде здійснено впорядкування даних з регістрів PrD_0 - PrD_{k-1} , PrD_k - PrD_{2k-1} , ... PrD_{l-k} - PrD_{l-1} відповідно до значень їх індексів з регістрів PrM_0 - PrM_{k-1} , PrM_k - PrM_{2k-1} , ... PrM_{l-k} - PrM_{l-1} . З ПВД цього типу одночасно зчитують m чисел, для чого на її виході включено вентиля, які поділено на групи по m вентилів B_0 - B_{m-1} , B_m - B_{2m-1} , ... B_{n-m} - B_{n-1} та виходи кожного i -го вентиля, де $i=(j) \bmod m$, $j=0,1,\dots,n$ об'єднані спільною шиною. Лічильник Л підраховує сигнали зчитування R та вказує з якого номера вентиля на якому номері сигналу зчитування R дозволяється зчитування. З виходів цих вентилів вихідні дані при поступленні сигналу зчитування R будуть подані на відповідну вихідну шину.

Як видно з рис.5, ця пам'ять має таку ж кількість портів поступлення індексів, як і кількість портів вхідних даних, що робить проблематичною її реалізацію в вигляді окремої мікросхеми через значну кількість виводів. Крім того, в цій пам'яті необхідно забезпечувати зберігання індексів, що суттєво збільшує її апаратну складність. Для зберігання індексів, кількості яких рівна кількості даних, потрібно виділяти таку ж кількість комірок пам'яті, як і для зберігання даних. Названі два недоліки суттєво знижують ефективність існуючої ПВД.

Метод побудови ПВД на основі ПАД

Пам'ять з асоціативним доступом має ширші функціональні можливості у порівнянні з ПВД. Щоб вона виконувала функції ПВД, потрібно до ПАД разом з даними записувати і їх індекси. Вони записуються в довільні вільні регістри пам'яті. Дані вибираються з такої пам'яті на основі збігу їх індексів з заданими. Для цього індекси даних з усіх регістрів пам'яті поступають на схему порівняння (рис.4), де порівнюються з заданим індексом із регістра ознаки, і на вихід пам'яті поступають дані, індекси яких збігаються з заданим. Для цього до регістра ознаки потрібно по

черзі записувати індекси $IID_{i0}, IID_{i1}, \dots, IID_{i(n-1)}$, де i – номер стрічки вихідної матриці ($i = 0, 1, \dots, m-1$). [2]

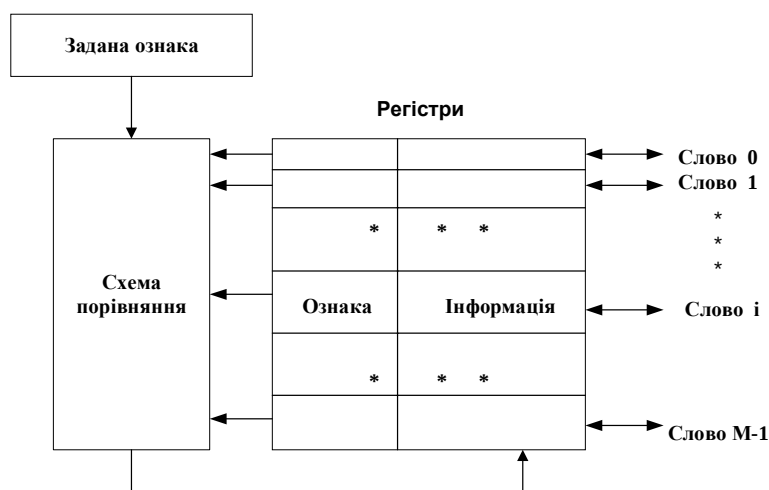


Рис.4. Структура пам'яті з асоціативним доступом.

Ця пам'ять є послідовною та відповідно повільнішою у порівнянні з вище розглянутою ПВД на основі комбінаційних сортувальних мереж.

Порівняно з пам'яттю з довільним, асоціативним та послідовним доступом, пам'ять з впорядкованим доступом має ряд суттєвих переваг, основні з яких наступні:

- В цій пам'яті наявне тільки однократне звернення за даним, оскільки код номера даного присутній лише при його запису або зчитуванні, тоді як в пам'яті з довільним та з асоціативним доступом звернення є двократним. Тим самим в два рази зменшується кількість розрядів в адресній частині команд і, відповідно, спрощується керування та зменшуються затрати обладнання.
- У варіанті пам'яті з впорядкованим доступом з розділеними входом і виходом забезпечується одночасний запис та зчитування даних, оскільки дані записуються в пам'ять без прив'язки до конкретної її комірки, а зчитуються в заданому порядку, який не пов'язаний з вхідними даними. Тим самим в два рази зростає швидкодія в порівнянні з пам'яттю з довільним та з асоціативним доступом.
- Немає прив'язки даних до комірок пам'яті, тому відпадає потреба в складних та повільних дешифраторах адрес. Їх функції можуть бути дезінтегровані, що дозволяє суттєво зменшити їх затримку та прискорити роботу пам'яті;
- Можуть ефективно вирішуватись питання розпаралелення роботи пам'яті з впорядкованим доступом, оскільки в ній немає прив'язки даних до комірок пам'яті.

Висновки. В даній статті розглянуто основи побудови пам'яті з впорядкованим доступом та оцінені вигоди від її застосування в різних архітектурах комп'ютерів. Показано, що критеріям ефективності паралельної пам'яті найкраще відповідає ПВД, оскільки вона є багатопортовою, надає можливість одночасного безконфліктного доступу до даних з багатьох портів, забезпечує одночасний запис даних, які поступають на її входи, та зчитування на виходи раніше записаних даних, забезпечує можливості виконання операцій реорганізації масивів та впорядкування даних в масивах, однократність звернення, виключення потреби звернень до комірок пам'яті, виключення потреби зберігання інформації про місце знаходження даного в пам'яті.

Список використаних джерел.

1. Мельник А.О. Архітектура комп'ютера. Наукове видання. – Луцьк: Волинська обл. друк., 2008. – 470 с.
2. Кун С. Матричные процессоры на СБИС: Пер. с англ. - М.: Мир, 1991. - 672с.
3. К. Е. Batcher, "Sorting networks and their applications," Proe. AFIPS Spring Joint Computer Conference, vol. 32, pp. 307-314, April 1968.

УДК 681.515.8

С.Ю. Монашко, Н.В. Здолбіцька, А.П. Здолбіцький
Луцький національний технічний університет

ARDUINO – ПРОЕКТ РУХОМОЇ ВЕБ-КАМЕРИ

С.Ю. Монашко, Н.В. Здолбіцька, А.П. Здолбіцький. Arduino – проект рухомої веб-камери. Проведено аналіз сервоприводів та способів схематичних рішень, також здійснено огляд платформи Arduino та програмного забезпечення систем на основі МК. Здійснено практичну реалізацію – розробка пристрою на платформі Arduino, де відбувається поєднання роботи мікроконтролера AVR ATmega8A та сервоприводів для зміни положення веб-камери.

Ключові слова: Arduino, мікроконтролер, ATmega8A, сервопривід, веб-камера, відеоспостереження.

Рис. 4. Літ. 11.

С.Ю. Монашко, Н.В. Здолбицкая, А.П. Здолбицкий. Arduino – проект подвижной веб-камеры. Проведен анализ сервоприводов и способов схематических решений, также сделан обзор платформы Arduino и программного обеспечения систем на основе МК. Осуществлена практическая реализация – разработка устройства на платформе Arduino, где происходит сочетание работы микроконтроллера AVR ATmega8A и сервоприводов для изменения положения веб-камеры.

Ключевые слова: Arduino, микроконтроллер, ATmega8A, сервопривод, веб-камера, видеонаблюдение.

S.Y. Monashko, N.V. Zdolbitska, A.P. Zdolbitsky. Arduino – project moving web-cam. The analysis of the servo circuit solutions and methods are also carried out a review Arduino platform and software systems based on MC. Done practical implementation - development device platform Arduino, which is the combination of microcontroller AVR ATmega8A and actuators to change the position of your webcam.

Keywords: Arduino, a microcontroller, ATmega8A, servo, a webcam, video surveillance.

Постановка проблеми. Сучасну мікроелектроніку важко представити без такої важливої складової, як мікроконтролери. Мікроконтролери непомітно завоювали увесь світ. Мікроконтролерні технології дуже ефективні. Той самий пристрій, який раніше збирався на традиційних елементах, будучи зібраним із застосуванням мікроконтролерів, стає простішим, не вимагає регулювання й менший за розмірами.

Системи відеоспостереження (системи замкнутого телебачення) призначені для організації відеоспостереження на відповідальних об'єктах. Залежно від типу використовуваного устаткування системи відеоспостереження ділять на аналогові і цифрові. Одним із важливих вузлів таких систем є система віддаленого керування за допомогою сервоприводів.

Далі буде розглянуто особливості роботи сервоприводів, а також складові частини веб-камери.

Метою роботи розробка та проектування пристрою рухомої веб-камери на основі МК ATmega8A з віддаленим керуванням для вирішення поставлених прикладних завдань в учбових лабораторіях кафедри КІ з розробкою спеціального ПЗ для управління даним пристроєм.

Сервоприводи. Сервопривід (також серводвигун, сервомеханізм) — це пристрій в системах автоматичного регулювання або дистанційного керування, що за рахунок енергії допоміжного джерела здійснює механічне переміщення регулюючого органу відповідно до отримуваних від системи керування сигналів. Тобто, міняється положення регулюючого органу (важеля, кнопки, перемикача) — потік матеріалу або енергії, що поступає на об'єкт дії, міняється і в результаті виконується дія на робочі машини або механізми, змінюється стан робочого об'єкта.

Більшість сервоприводів (рис. 1.1) використовують три дроти для роботи. Провід для живлення, зазвичай 4.8В або 6В, загальний провід (земля) і сигнальний провід. Керуючий сигнал передає інформацію про необхідному положенні вихідного валу. Вал пов'язаний з потенціометром, який визначає його положення. Контролер у сервоприводу по опорі потенціометра і значенням керуючого сигналу визначає, в який бік потрібно обертати мотор, щоб отримати потрібне положення вихідного валу. Чим вище напруга живлення сервоприводу, тим швидше він працює і більший момент розвиває.

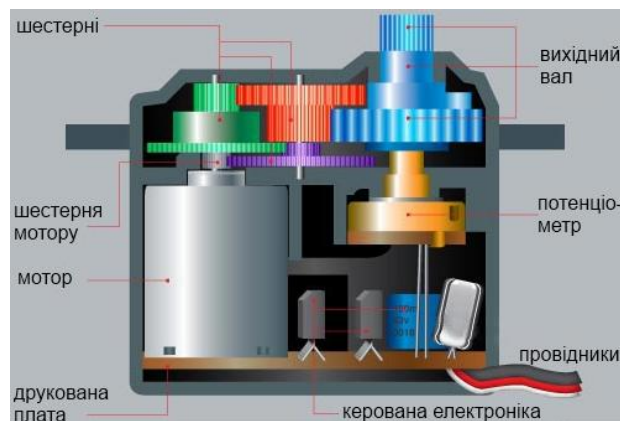


Рис. 1.1 – Основні складові сервоприводу

Потенціометр зворотного зв'язку посаджений прямо на вихідний вал, завдяки йому блок управління сервомашинки відстежує точне положення валу: опір потенціометра змінюється пропорційно куту повороту. Зчитавши опір, блок управління порівнює це значення з тим, яке має бути при заданому положенні валу. Якщо ці значення відрізняються, блок управління дає команду двигуну повернути вал в заданому напрямку, зменшуючи різницю значень. Досягнувши положення вала, коли значення з потенціометра збігається із заданим значенням, двигун зупиняється. Зчитування значення з потенціометра і його порівняння відбувається з великою частотою, тому вихідний вал буде прагнути зайняти задане положення при зміні зовнішнього навантаження.

Конструкція сервомашинки виконана таким чином, що крутний момент від двигуна до вихідного валу передається через редуктор з великим передавальним числом, тому при малих розмірах і енерговитратах, сервомашинки можуть забезпечувати більшу тягу.

Веб-камера. Сучасна веб-камера є цифровим пристроєм, що проводить відеозйомку, оцифрування, стиснення і передачу цифрового відео по комп'ютерній мережі.

Веб-камера — цифрова відео чи фотокамера, яка має можливість в реальному часі фіксувати зображення, призначені для подальшої передачі по мережі Інтернет.

До складу веб-камери входять наступні компоненти (рис. 1.2): ПЗС-матриця, об'єктив, оптичний фільтр, плата відеозахоплення, блок компресії (стиснення) відеозображення, центральний процесор і вбудований web-сервер, ОЗУ, флеш-пам'ять, мережевий інтерфейс, послідовні порти, тривожні входи/виходи.

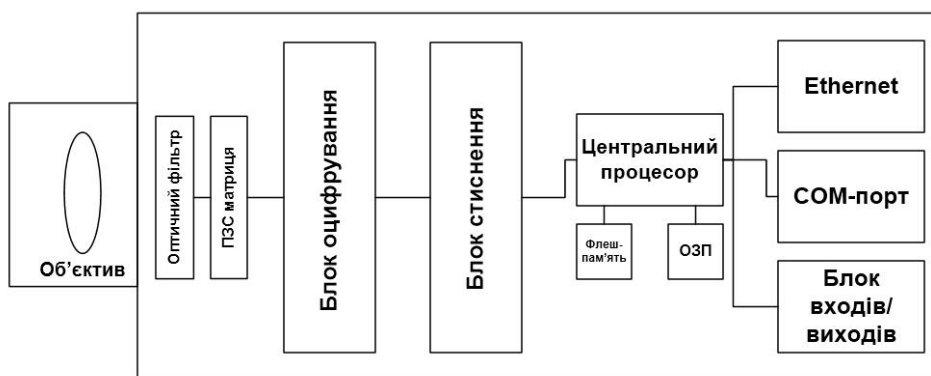


Рис. 1.2 – Блок-схема будови веб-камери

ПЗС-матриця (ПЗЗ (англ. charge-coupled devices, CCD) – прилад із зарядовим зв'язком) – прямокутна світлочутлива напівпровідникова пластинка з відношенням сторін 3:4, яка перетворює світло, що потрапляє на неї, в електричний сигнал.

Об'єктив – це система лінз, призначена для проектування зображення об'єкта спостереження на світлочутливий елемент веб-камери.

Оптичні інфрачервоні фільтри веб-камери – це оптично точні плоскопаралельні пластинки, які змонтовані зверху ПЗС-матриці.

Плата відеозахвату web-камери (блок оцифровування) здійснює перетворення аналогового електричного сигналу, сформованого ПЗС-матрицею, у цифровий формат. Процес перетворення сигналу складається з трьох етапів:

- дискретизація;
- квантування;
- кодування.

Дискретизація – зчитування амплітуди електричного сигналу через рівні проміжки часу (період). Цей етап перетворення сигналу характеризується частотою дискретизації.

Квантування – це процес подання результатів дискретизації в цифровій формі. Зміна рівня електричного сигналу за період дискретизації представляється у вигляді кодового слова з 8, 10 або 12 біт, які дають відповідно 256, 1024 і 4096 рівнів квантування. Від числа рівнів квантування залежить точність подання сигналу в цифровій формі.

Кодування. Крім інформації про зміну рівня сигналу, отриманої на попередньому етапі, у процесі кодування формуються біти, що повідомляють про кінець синхроімпульсу й початок нового кадру, а також додаткові біти захисту від помилок.

Блок компресії web-камери виконує стискування оцифрованого відеосигналу в один з форматів стиску (JPEG, MJPEG, MPEG-1/2/4, Wavelet). Завдяки стиску, скорочується розмір відеокادру. Це необхідно для зберігання й передачі відеозображення по мережі.

Стиск відеозображення у web-камері може бути представлено як апаратно, так і програмно. Програмна реалізація компресії дешевше, однак через високу обчислювальну ємність алгоритмів стиску вона малоефективна, особливо коли потрібно переглядати відеозображення з web-камери в online режимі.

Центральний процесор є обчислювальним ядром web-камери. Він здійснює операції по виводу оцифрованого й стислого відеозображення, а також відповідає за виконання функцій вбудованого web-сервера та програми, яка керує web-камерами.

Інтерфейс для Ethernet служить для підключення web-камери до мережі стандарту Ethernet 10/100 Мбит/с.

Для роботи в мережі web-камера може мати послідовний порт для підключення модему й роботи в режимі dial-up при відсутності локальної мережі. Через послідовний порт можна також підключати до web-камери периферійне устаткування.

Карта флеш-пам'яті дозволяє оновлювати програми, що керують web-камерами й зберігати HTML-сторінки користувачів.

ОЗП (операційний запам'ятовуючий пристрій) служить для зберігання тимчасових даних, які генеруються при виконанні програм, що керують, і скриптов користувачів.

Тривожні входи/виходи служать для підключення до web-камер датчиків тривоги. При спрацьовуванні одного з датчиків генерується сигнал тривоги, у результаті чого процесор web-камери компонує набір кадрів, записаних у відеобуфер до, після та у момент надходження сигналу тривоги. Цей набір кадрів може відсилатися на заданий e-mail адрес або по FTP.

Розробка пристрою на платформі Arduino. Поєднання простоти і швидкості розробки робить дану платформу надзвичайно привабливою для інженерів-початківців. До вашої уваги представлено проект пристрою рухомої веб-камери на платформі Arduino.

На рис. 1.3 показана структурна схема, яка відображає основні блоки пристрою (рис. 1.4), а також напрямки передачі інформації.

ATmega8A – мікроконтролер, один з основних модулів схеми, який обробляє сигнал від блоку PL2303HX, подає команди на сервоприводи, що призводить до руху пристрою.

Живлення – схема формування напруг живлення до всіх елементів схеми. Напруга надходить з 2 стандартних USB-порта – 5В.

USB Hub – пристрій, один з основних модулів схеми, який отримує сигнал від блоку PL2303HX і відправляє до ПК через USB; також підключена веб-камера.

Веб-камера – пристрій фіксує зображення та передає дані в ПК, підключений до USB Hub, через USB порт.

АРМ 2509N – КМОП транзистор, виконує енергозберігаючу функцію, виключає живлення на сервоприводи, коли не використовуються.

Tower Pro Micro Serve SG90 – сервоприводи, підключені до МК Atmega8A, виконують зміну положення камери.

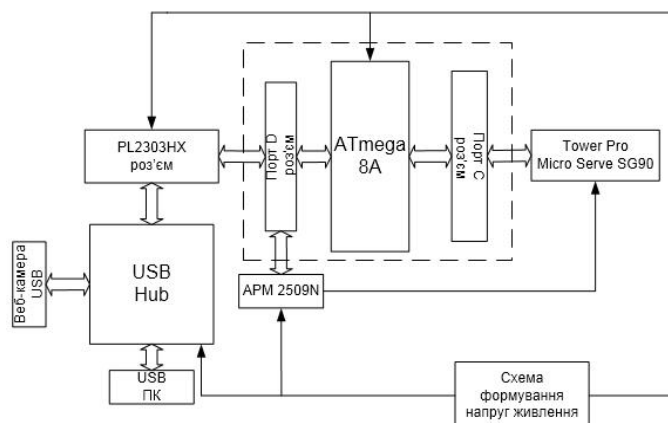


Рис. 1.3 – Структурна схема розробленого пристрою



Рис. 1.4 – Розроблений пристрій

Пристрій і необхідне ПЗ. Розроблена система відеоспостереження має мінімальну конфігурацію:

- Відеокамера;
- 2 сервоприводи;
- Плата Ардуіно;
- Usb-hub;
- Ноутбук;
- Керуюча програма (для ардуіно);
- Програмне забезпечення для ЕОМ.

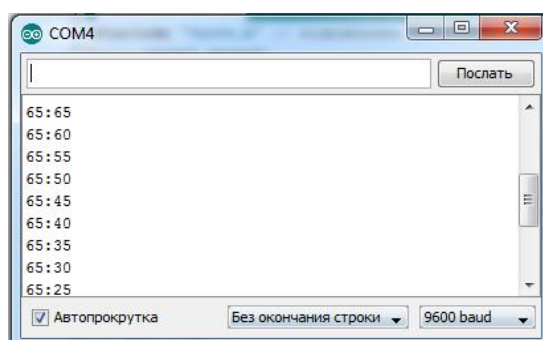


Рис. 1.5 – Монітор порту (Arduino IDE)

Управління пристроєм здійснюється через платформу Arduino, де ми через монітор порту (рис. 1.5) подаємо сигнали на пристрій, який реагуючи на дії змінює положення відповідно.

Для забезпечення видимості зміщення веб-камери створене ПЗ (Рис. 1.6)

Для даного пристрою, розроблене спеціальне ПЗ (прошивка) для МК та створене ПЗ для ЕОМ.



Рис. 1.6 – Програмне забезпечення для ЕОМ

Висновки

Було розглянуто особливості будови та роботи сервоприводів та веб-камери. Розроблене ПЗ дозволяє підключити та вивести зображення веб-камери в режимі реального часу для проведення експериментальних тестів розробленого пристрою. Новим є запропонована сфера поєднання можливостей мікроконтролера та сервоприводів на платформі Arduino.

Список використаних джерел

1. Anderson R., Cervo D. Pro Arduino (+source code). Apress, 2013. - 305 p
2. <http://www.atmel.com>.
3. Jonathan Oker and Hugh Blemings. Practical Arduino: Cool Projects for Open Source Hardware. Apress, 2009 - 445 p.
4. Sew Eurodrive. Сервоприводы. Основы, характеристики, проектирование. Серия "Практика приводной техники". ЗАО СЕВ-ЕВРОДРАЙФ, СПб. Том 7, 2000. – 73 с.
5. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства ATmega. Руководство пользователя. – М.:Изд. дом «Додэка XXI», 2011. – 592.
6. Здолбіцька Н.В., Савлук А.В. Моделювання поведінки живих організмів за допомогою аніматів на базі роботизованих платформ // Міжвузівський збірник "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 12. – 2013. – С. 27-30.
7. Москатов Е.А. Справочник по полупроводниковым приборам – М.: Журнал "Радио", 2007. – 327 с.
8. Рюмик С.М. Микроконтроллеры AVR. Ступень 1-10. – Чернигов, 2005. – 44 с.
9. Уильямс С. (перевод с английского под редакцией Букирева В. О.). "Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino." Санкт-Петербург. «БХВ-Петербург». 2010 год. – 256 с.
10. Хартон В.Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2007. – 240 с.
11. Ярочкина Г.В. "Радиоэлектронная аппаратура и приборы: монтаж и регулировка". Москва. «ПрофОбрИздат». 2002. – 274 с.

УДК 004.925

О.І.Редько

Луцький національний технічний університет

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАКОПИЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Редько О.І. Комп'ютерні технології накопичення інформації нового покоління. Швидкодія і ємність твердотільних дисків скоро зростуть. Завдяки новим роз'йомам і тривимірним коміркам флеш-пам'ять SSD стане працювати набагато швидше, вміщати більше даних і подешевшас.

Ключові слова: твердотільний диск, HDD, SSD, роз'йоми, Гбайт, SATA, материнська плата, SATAe, форм-фактор, 3D-пам'ять.

Редько О.И. Компьютерные технологии накопления информации нового поколения. Быстродействие и емкость твердотельных дисков скоро вырастут. Благодаря новым роз'йомам и трехмерным ячейкам флэш-память SSD станет работать намного быстрее, вмещать больше данных и станет дешевле.

Ключевые слова: твердотельный диск, HDD, SSD, роз'йоми, Гбайт, SATA, материнская плата, SATAe, форм-фактор, 3D-память.

Red'ko O. Computer, Information Storage new generation. Performance and capacity of SSDs will soon grow.

Thanks to the new rozyomam and three-dimensional cells of flash memory SSD will work much faster, hold more data and will be cheaper.

Keywords: solid-state drive, HDD, SSD, rozyomy, GB, SATA, motherboard, SATAe, form factor, 3D-memory.

Постановка проблеми. Сучасний комп'ютер не може обійтися без твердотільного диска. Завдяки накопичувачам даного типу операційна система, інші програми та ігри працюють помітно швидше, ніж якби вони були встановлені на класичний HDD. Останні все частіше застосовуються виключно в ролі запам'ятовуючого пристрою для довготривалого зберігання великих обсягів даних внаслідок низької ціни гігабайта дискового простору. При цьому сучасні SSD-носії з роз'йомом SATA обмежують можливості мікросхем флеш-пам'яті. Корпуси розміром 2,5 дюйми були розроблені для магнітних дисків, які можна було б використовувати в тонких ноутбуках. Розмір корпусів при цьому відповідає металевим пластинам, що обертаються, дані з яких читає зчитуюча головка. Зустрічається в сучасних комп'ютерах, також, інтерфейс SATA останнього покоління, що передбачає пропускну здатність до 600 Мбайт/с. А самі твердотільні накопичувачі складаються з невеликих горизонтально розташованих мікросхем пам'яті. Мікросхема управління (контролер) одночасно зчитує або записує кілька комірок одного твердотільного накопичувача, тому відбувається це набагато швидше, ніж коли дані пересилаються по SATA.

Флеш-вінчестер все змінить. Цього літа на материнських платах для ПК і ноутбуків з'явився новий роз'йом, який зможе дійсно розкрити потенціал технології флеш-пам'яті і дозволить зробити значний ривок у збільшенні пропускну здатності до декількох гігабайт за секунду. Стане можливим нарощування не тільки швидкості передачі даних, але і щільності запису. Через обвал цін на мікросхеми пам'яті SSD об'ємом 500 Гбайт стануть загальнодоступними. А завдяки новій структурі комірок флеш-пам'яті з'являться доступні терабайтні SSD.

Виклад основного матеріалу. Технології забезпечення високої швидкості. SSD нового покоління будуть працювати швидше всіх доступних сьогодні на ринку пристроїв. Вони стануть підключатись до материнської плати по шині SATA Express (SATAe) - новому інтерфейсу передачі даних, в якому будуть використовуватися як лінії PCI Express, так і старі лінії SATA для сумісності з накопичувачами попередніх поколінь. Пропускна здатність SATA не перевищує 600 Мбайт/с, старого роз'йому PCIe 2.0 – 500 Мбайт/с на кожен ліній, а для нового PCIe 3.0 цей показник становить 1 Гбайт/с на ліній. В порті, який служить для підключення SATAe SSD, задіяні як мінімум дві лінії зв'язку PCIe (табл. 1), тому швидкість передачі даних по ньому складає не менше 1 Гбайт/с. Однак SATAe – це не тільки новий роз'йом, а й оновлений програмний інтерфейс. З міркувань сумісності SATAe підтримує стандарт AHCI, який дебютував ще в 2004 році і переважно був орієнтований на роботу з відносно повільними накопичувачами на основі магнітних дисків. Новий стандарт NVMe (Non-volatile memory) Express створювався з нуля з урахуванням особливостей функціонування твердотільної пам'яті. У ньому істотно покращено

паралелізм, збільшено кількість черг та їх довжину, зменшена затримка контролера тощо. Все це дозволить повністю розкрити потенціал твердотільних накопичувачів.

Новий форм-фактор для мобільних ПК. SSD з інтерфейсом PCIe, швидкість обміну даними з якими досягає 4 Гбайт/с, вже застосовуються в серверах, однак через відсутність відповідних драйверів використовувати їх в ПК не є можливим. Виключенням є рішення начебто OCZ RevoDrive, які доводиться налаштовувати вручну. Для типового домашнього користувача перехід на твердотільні диски нового покоління почався з пристроїв в новому форм-факторі M.2 (рис. 1). Роз'ємом для їх підключення вже оснащуються деякі сучасні ноутбуки і материнські плати для настільних ПК. Накопичувач в новому форм-факторі являє собою друковану плату довжиною від 30 до 110 мм і шириною 22 мм з мікросхемами флеш-пам'яті і контролером. Залежно від того, який пристрій встановлено в роз'єм M.2, передача інформації може здійснюватись як по лініях SATA 6 Гбіт/с, так і по PCIe (до чотирьох). Plextor M6e і Samsung XP941 – це перші SSD з інтерфейсом M.2, що задіюють лінії PCIe.

Таблиця 1. Самі швидкі інтерфейси для SSD-накопичувачів

Швидкість передачі даних	0,6 Гбайт/с	2 Гбайт/с	3,2 Гбайт/с	4 Гбайт/с	8 Гбайт/с	17 Гбайт/с
З'єднання	SATA 6 Гбіт/с	SATAe M.2x2	PCIe 2.0x8	SATAe M.2x4	PCIe 3.0x8	DDR3
Програмний інтерфейс	AHCI	AHCI (NVMeHCI в планах)	AHCI	AHCI (NVMeHCI в планах)	проприєт. (NVMeHCI в планах)	проприєт.
Модель диска	Samsung 840 Pro	Plextor M6e	OCZ RevoDrive 350	Samsung XP941	LSI Nytro WarpDrive BFH8-3200	SanDisk ULLtra DIMM SSD
Застосування	ПК	ноутбуки, ПК	ПК	ноутбуки, ПК	сервери	сервери

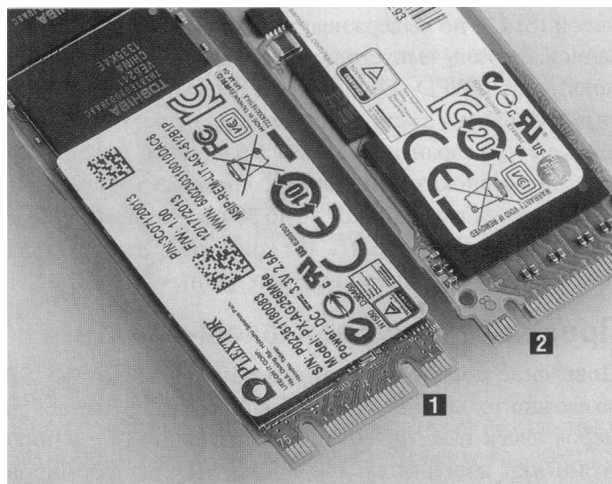


Рис. 1. SSD-накопичувачі форм-фактора M.2.

Ключі (вирізи) в роз'йомах M.2 показують, скільки ліній передачі даних можуть задіювати накопичувачі. Ключ з ідентифікатором «В» (1) у Plextor M6e свідчить про використання двох ліній, а ключ «М» (2) у Samsung XP941 – чотирьох

На жаль, на перших системних платах на базі чіпсетів Intel H97 і Z97 під роз'єм M.2 відводиться не більше двох ліній PCIe, що може уповільнити роботу деяких моделей SSD, наприклад, Samsung XP941. Для досягнення максимальної швидкості буде потрібно придбати або

SSD-адаптер для слота PCIe, або системну плату ASRock Z97 Extreme6, яка може задіяти всі чотири лінії PCIe для M.2. Диски в 2,5-дюймовому форм-факторі, що передають дані по лініях PCIe через роз'єм SATAe, стануть доступні пізніше.

Гігантські SSD з 3D-пам'яттю. Сьогодні ємність доступних жорстких дисків досягає кількох терабайт, а SSD – всього 250-500 Гбайт. Але вже наступного року ситуація може кардинально змінитись. Для цього потрібно змінити розміри і структуру комірок флеш-пам'яті. Популярні мікросхеми флеш-пам'яті типу NAND випускаються, як і транзистори ЦП, на напівпровідникових пластинах і функціонують аналогічним чином. Принципова відмінність полягає в тому, що комірки флеш-пам'яті можуть довго зберігати електричний заряд на плаваючому затворі. Комірки до 20 нм технічно можливі, проте з кожним етапом зменшення розміру комірок витрати на їх виробництво збільшуються, тому виробники планують перейти на інший тип комірок - 3D NAND. Сьогодні ємність твердотілого накопичувача - це питання ціни. Ємність дисків Optimus Max виробництва SanDisk становить 4 Тбайт (рис. 2), але купувати їх можуть тільки великі компанії, які в змозі платити сотні тисяч гривень за один носій. Samsung і Toshiba йдуть іншим шляхом: вони випускають накопичувачі, комірки яких можуть зберігати три біти інформації (TLC, Triple-Level Cells). Таким чином, комірки пам'яті здатні утримувати на плаваючому затворі вісім рівнів електричного заряду. Кожен рівень визначається комбінацією бітів від 000 до 111. Трирівнева структура дозволяє істотно збільшити щільність запису при одних і тих же розмірах і ціні в порівнянні з однорівневою (SLC), але витримує всього тисячу циклів перезапису. Samsung випустила серверний TLC-диск PM853T, показник DDPD (Diskful Writes per Day, кількість перезапису диска в день) якого становить 0,3-1,6 перезаписів при гарантованому життєвому циклі п'ять років. Даний показник для SLC-дисків серверного класу становить в середньому від 10 до 30 перезаписів, тому PM853T краще застосовувати для зберігання рідко оновлюваних і постійно запитуваних даних.



Рис. 2. Ємні SSD

На базі MLC-комірок можна створити SSD ємністю до 4 Тбайт, такий як SanDisk Optimus Max (1), але це буде коштувати великих грошей. Диски на базі TLC-комірок, як в Samsung PM853T (2) є дешевшими, але швидше зношуються

Межі двовимірної флеш-пам'яті. Поява доступних і довговічних терабайтних SSD можлива тільки в разі подальшого зменшення розмірів комірок пам'яті. Але при досягненні порогу в 20 нм (рис. 3) виникають додаткові проблеми. Для формування в пластині напівпровідника настільки маленьких елементів використовується лазер з довжиною хвилі 193 нм. Випалювати лінії, які менші за довжину хвилі, можливо тільки за допомогою масок і багаторазового опромінення. Крім того, при настільки тонких технологічних процесах, у 20 нм, товщина деяких структурних елементів комірок пам'яті становить всього декілька шарів атомів, і зменшити їх ще більше просто неможливо.

Ахіллесова п'ята знаходиться між керуючим і плаваючим затворами, і називається вона ізолюючим шаром (Interpoly Dielectric Layer, IPD). При запису інформації на керуючий затвор подається напруга, і між стоком і витокотом транзистора виникає потік електронів. Деяким електронам вдається подолати шар ізолятора завдяки більшій енергії, і вони потрапляють в плаваючий затвор, де можуть знаходитися досить тривалий час, поки до управляючого затвору не буде докладена велика негативна напруга, а електрони перетечуть на джерело (процедура перезапису). Шар ізоляції необхідний для того, щоб плаваючий затвор зберігав заряд між

процесами запису і зчитування, тобто зберігав дані. Товщина ізолюючого шару повинна бути не меншою 10 нм; в іншому випадку електрони з плаваючого затвора будуть витікати через витік, і комірка втрапить здатність зберігати дані.

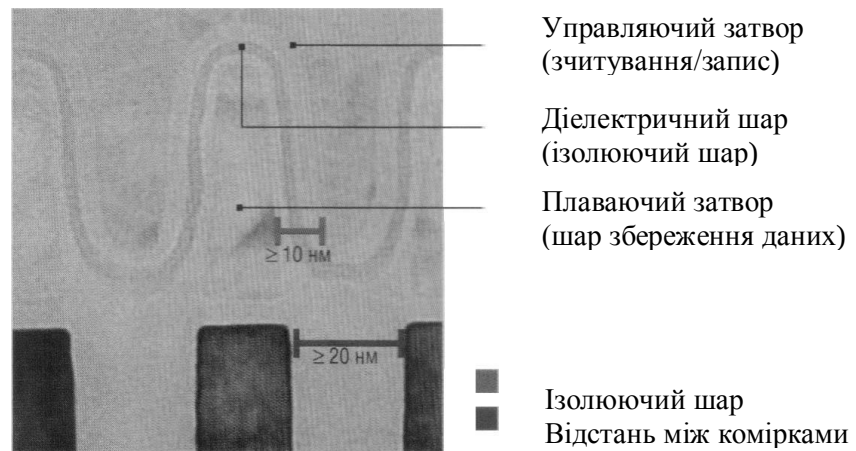


Рис. 3. Проблеми зі зменшенням 2D-комірок

Чим менші комірки флеш-пам'яті, тим менша відстань між ними. Якщо плаваючі затвори сусідніх комірок розташовані один до одного ближче 20 нм, товщину ізолюючого шару потрібно збільшити, щоб попередити витік електронів з однієї комірки в іншу. Навіть при вирішенні всіх проблем з виробництвом питання зменшення товщини ізолюючого шару і відстані між плаваючими затворами залишається відкритим, тому виграш в щільності запису даних при зміні технологічного процесу від 21 до 12 нм (залежно від матеріалів) буде несуттєвим.

Перспективи подальших досліджень. Тривимірні комірки підвищують ємність. Обмеження можливостей 2D NAND можна подолати іншим способом: не розташовувати комірки в одній площині, а упакувати їх в тривимірну структуру – чим більше шарів, тим вища щільність запису. Цього року Samsung представила свій концепт тривимірної пам'яті V-NAND, яка включає 24 шари комірок флеш-пам'яті. У великій багатошаровій структурі з вертикальним розташуванням комірок є свої переваги: V-NAND використовує невелику напругу і витримує 35000 циклів перезапису. Як заявляє Samsung, швидкість запису також збільшилась. Виробник планує до 2018 року збільшити щільність чіпів із 128 Гбіт до 1 Тбіт, що стане можливим при збільшенні кількості шарів. Чисто технічно V-NAND мало чим відрізняється від технології Bit-Cost Scalable Flash (BiCS) розробки Toshiba. BiCS утримує електричні заряди на записуваному шарі з нітриду кремнію, оточеного двома шарами окисної плівки. Комірку оточує керуючий затвор, що виводить електричний заряд із шару, на який проводиться запис. Принцип роботи V-NAND такий же, але матеріали шарів принципово інші: записуючий шар оточений не плівкою на основі окису кремнію, а алюмінієвим діелектриком, що виконаний за технологією high-k. Використання нітриду танталу в керуючому затворі, за заявою Samsung, дозволяє швидше витирати комірки. Нові матеріали забезпечують більшу відстань між рівнями заряду, що продовжує термін служби пам'яті.

Висновки. Галузеві джерела стверджують, що собівартість тривимірного 40-шарового чіпу пам'яті така ж, як двохмірного, а це означає, що SSD ємністю в кілька терабайт нарешті стануть доступними. Перші накопичувачі на базі мікросхем пам'яті з тривимірною структурою, наприклад, Samsung 850 Pro, очікуються на українському ринку вже восени 2014 року.

1. Акиншин Л. Шина PCI Express на модулях COM: отрасль встраиваемых систем принимает эстафету// Электронные компоненты, 2005. № 12.- с.30-35.
2. Как это работает. Твердотельные накопители // ComputerBild , 2010.-№ 1.- С. 36-38.
3. Андрей Воленко. Современные технологии хранения данных // UP Special, 2010. — № 9. — С. 36—39.
4. Переходим на SSD // Chip, 2010. -№ 10. - С. 66-69.
5. Флэш и SSD: факты и прогнозы. – [Электронный ресурс] .- режим доступа: http://fcenter.ru/online/hardarticles/hdd/29719-Flesh_i_SSD_fakty_i_prognozy

УДК 535.99

П.В.Удодик, О.О.Смолянкін, Л.М. Маркіна

Луцький національний технічний університет

ПОБУДОВА БІБЛІОТЕЧНИХ FBD-БЛОКІВ ДЛЯ ОБЧИСЛЕННЯ ЗНАЧЕНЬ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ФУНКЦІЙ В ПРОГРАМНОМУ ПАКЕТІ ULTRALOGIK

П.В.Удодик, О.О.Смолянкін, Л.М. Маркіна. Побудова бібліотечних fbd-блоків для обчислення значень елементарних функцій в програмному пакеті *ultralogik*. В статті розглядаються цілі та дробові раціональні функції для апроксимації значень елементарних функцій, а також інші методи обчислення названих функцій. Також розглянуті приклади побудови бібліотечних FBD-блоків для обчислення значень елементарних функцій в програмному пакеті *UltraLogik* при розробці програм контролерів для вимірювання, регулювання і управління технологічними процесами.

Ключові слова: FBD-блоки, *UltraLogik*, обчислення функцій, контролер, цикл, наближення, тригонометрична функція.

П.В.Удодик, О.О.Смолянкін, Л.М. Маркіна. Построение библиотечных FBD-блоков для вычисления значений элементарных функций в программном пакете *UltraLogik*. В статье рассматриваются цели и дробные рациональные функции для аппроксимации значений элементарных функций, а также другие методы вычисления названных функций. Также рассмотрены примеры построения библиотечных FBD-блоков для вычисления значений элементарных функций в программном пакете *UltraLogik* при разработке программ контроллеров для измерения, регулирования и управления технологическими процессами.

Ключевые слова: FBD-блоки, *UltraLogik*, вычисления функций, контроллер, цикл, приближение, тригонометрическая функция.

P.V.Udodyk, O.O.Smolyankin, LM Markina. Building a Library FBD-blocks to calculate the values of elementary functions in the software package *UltraLogik*. The article deals with the goals and fractional rational functions to approximate the values of elementary functions, as well as other methods of calculating these functions. Also the example of building a library FBD-blocks to calculate the values of elementary functions in the software package *UltraLogik* in program design controllers for measurement, regulation and control of technological processes.

Keywords: FBD-blocks, *UltraLogik*, calculation functions, controller, loop approximation, trigonometric function.

Застосування програмованих контролерів при розробці систем автоматизації і КІП технологічних процесів дозволяє обраховувати і надавати оператору такі технологічні параметри, які безпосередньому обрахуванню не піддаються, або ці вимірювання потребують дорогого обладнання. Але може виявитися, що для обрахування деякого параметру потребується обрахування елементарних функцій. Простий приклад: ми маємо циліндричний бак, розташований горизонтально відносно землі, в якому знаходиться речовина в рідкому стані призначена для технологічного процесу, кількість якої потрібно контролювати. Для цього ми можемо змонтувати його на тензометричних датчиках вагах, а можна просто виміряти рівень і обчислювати об'єм виходячи із геометричних розмірів бака і значення рівня. Але в цій ситуації нам потрібні вміння вираховувати значення функції $y = \arccos(x)$. Базові операції мови FBD в програмному пакеті *UltraLogik* містять лише чотири арифметичних дій: додавання, віднімання, множення, ділення. Також ми можемо користуватися операціями порівняння: $>$, $<$, $=$... і операціями управління типу *GOTO* і *RETURN*, що дозволяє організовувати безумовні і умовні переходи і цикли. Цього достатньо щоб вираховувати значення значення будь-якої елементарної функції з будь-якою, наперед заданою, точністю в рамках точності уявлення дійсних чисел в програмованому контролері. Оскільки для нас обчислення зв'язані з параметрами, які ми отримуємо в результаті вимірювання технологічних параметрів з точністю 0,25...2,0%, тому немає сенсу перегружати програму контролера і обраховувати функції з точністю більше 0,01%. Ми не користуємося зовнішніми блоками типу *EHT*, оскільки будуємо бібліотеку не для програмістів, а для операторів, не володіючих мовами програмування високого рівня. *UltraLogik*, на наш погляд, не призначений перш за все для спеціалістів по автоматизації та КІП, які розробляють системи автоматизації без втручання професійних програмістів, і для спеціалістів, яким припадає експлуатувати данні системи.

Обрахування квадратного кореня

Одною з перших функцій, для яких виникає потреба обрахування значення, являється функція $y = x^{1/2}$. Обрахування квадратного кореня необхідно при масштабуванні сигналу датчика різниці тиску при вимірюванні витрати з допомогою деякого звужуючого пристрою. Оскільки дана функція погано піддається поліноміальному інтерполюванню, тому для її обчислення ми

застосовуємо особливість послідовності, заданої рекурентною формулою $y_{n+1} = 0,5(y_n + x/y_n)$. Данна послідовність швидко зводиться до кореня квадратного від значення x . Так як при вимірюванні витрати, а також при корекції витрати по температурі, тиску і густині приходиться знаходити корінь з чисел в діапазоні 0..2, то для цієї цілі нами побудований блок **FUNC_SQR_Ltd**, показаний на малюнку №1. Онуління результату при підкорінному значенні менше 0,0025 зв'язано з можливими відхиленнями налаштування «нуля» датчика, що може при інтегруванні витрат привести до непоправного результату при «закритті засувці». При значенні $x = 0,0025...25$ похибка обрахування не перевищує 0,0004%.

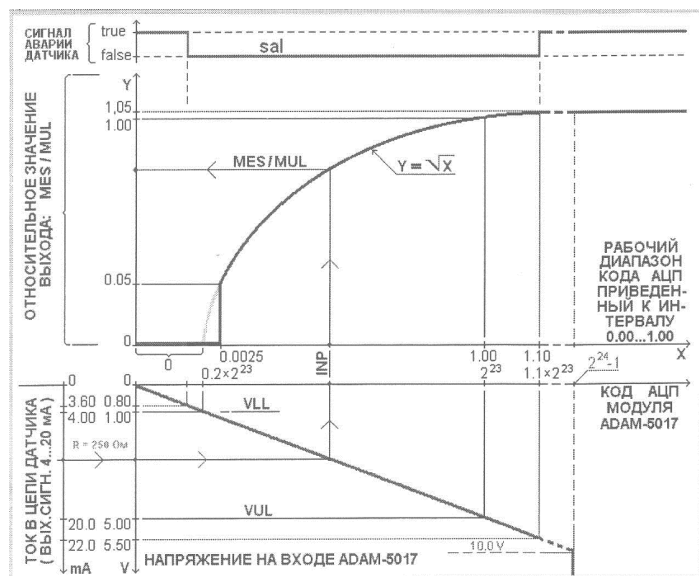
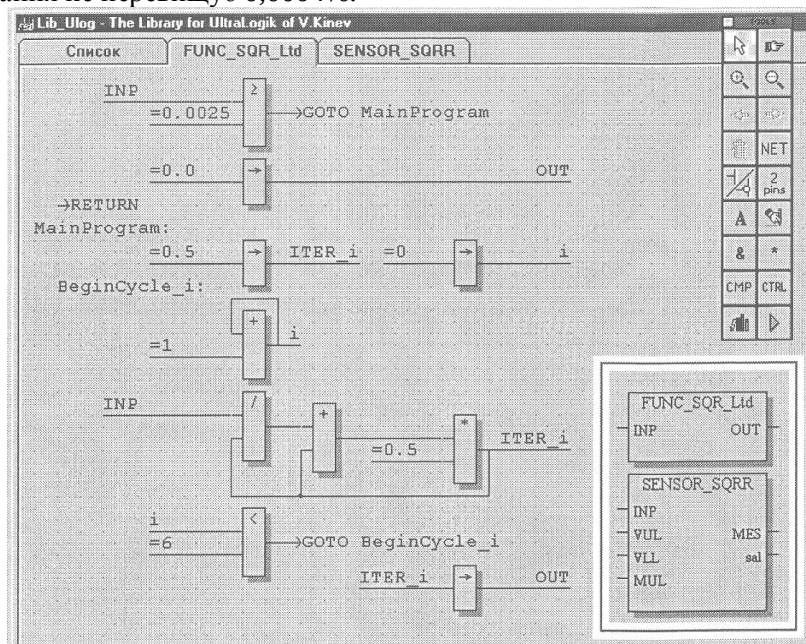


Рис. 1. Реалізація і зовнішній вигляд блока для добування кореня квадратного в обмеженому інтервалі. Алгоритм використання донного блоку в блоці SENSOR_SQR для масштабування сигналу датчика з квадратичною шкалою, вимірюваного за допомогою модуля ADAM-5017.

Для добування кореня $\sqrt{x}$, який виходить за вказані межі, використовується блок **FUNC_SQRR** (дивіться рисунок №2), в якому використані властивості функції: $x^{1/2} = 1000^n 10^m x_0^{1/2}$, якщо уявити що $x = 100^{2n} 10^{2m} x_0$, де: $m < 3$, $x_0 \in [1; 100]$; а також $x^{1/2} = 1 / (1/x)^{1/2}$. Корінь з x_0 добувається за допомогою вказаної рекурентної формули, m та n добуваються за допомогою організації «непрозорих» циклів. Похибка обрахування не перевищує 0,01%. Так само можемо побудувати блок **FUNC_CUBR** для добування кореня третього степеня на основі послідовності $y_{n+1} = 0,5(y_n + x/y_n^2)$,

прямуючий до $x^{1/3}$. Ітерацій при цьому потрібно в два рази більше ніж у випадку з квадратним коренем.

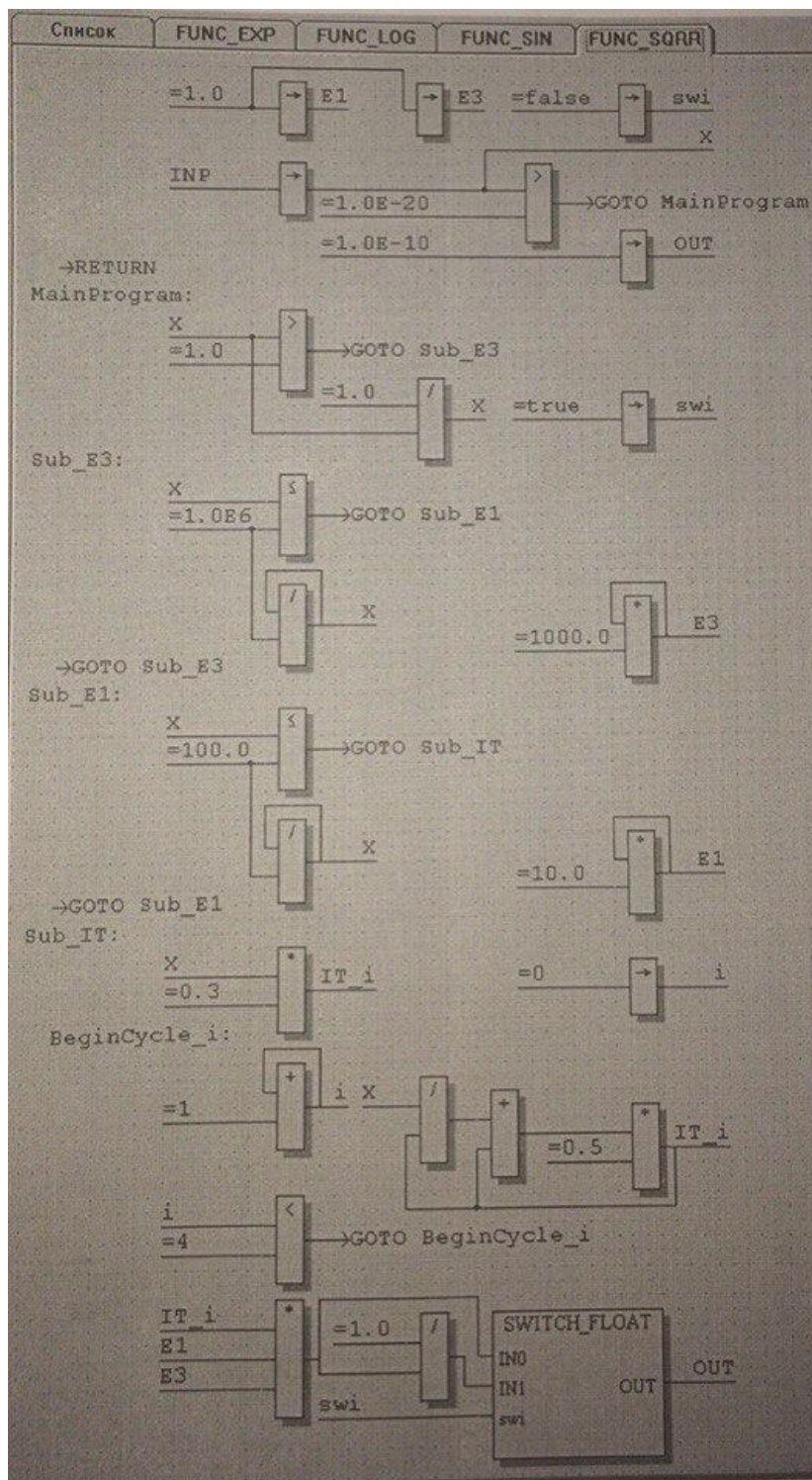


Рис. 2. Реалізація блока для добування кореня квадратного з додаткового числа більше 10^{-20} .

Обчислення обернених тригонометричних функцій

Для обчислення значень функцій $y = \arctg(x)$ використовується наближення Паде в вигляді дробової раціональної функції для $0 \leq x \leq 1$: $\arctg(x) = (945x + 735x^3 + 64x^5)/(945 + 1050x^2 + 225x^4)$. При $x > 1$ обчислюється значення функції для $1/x < 1$, так як $\arctg(x) = \pi/2 - \arctg(1/x)$. Для $x < 0$ враховується властивість непарності функцій $\arctg(-x) = -\arctg(x)$. Реалізація блока для обчислення функції $y = \arctg(x)$ показана на рисунку №3.

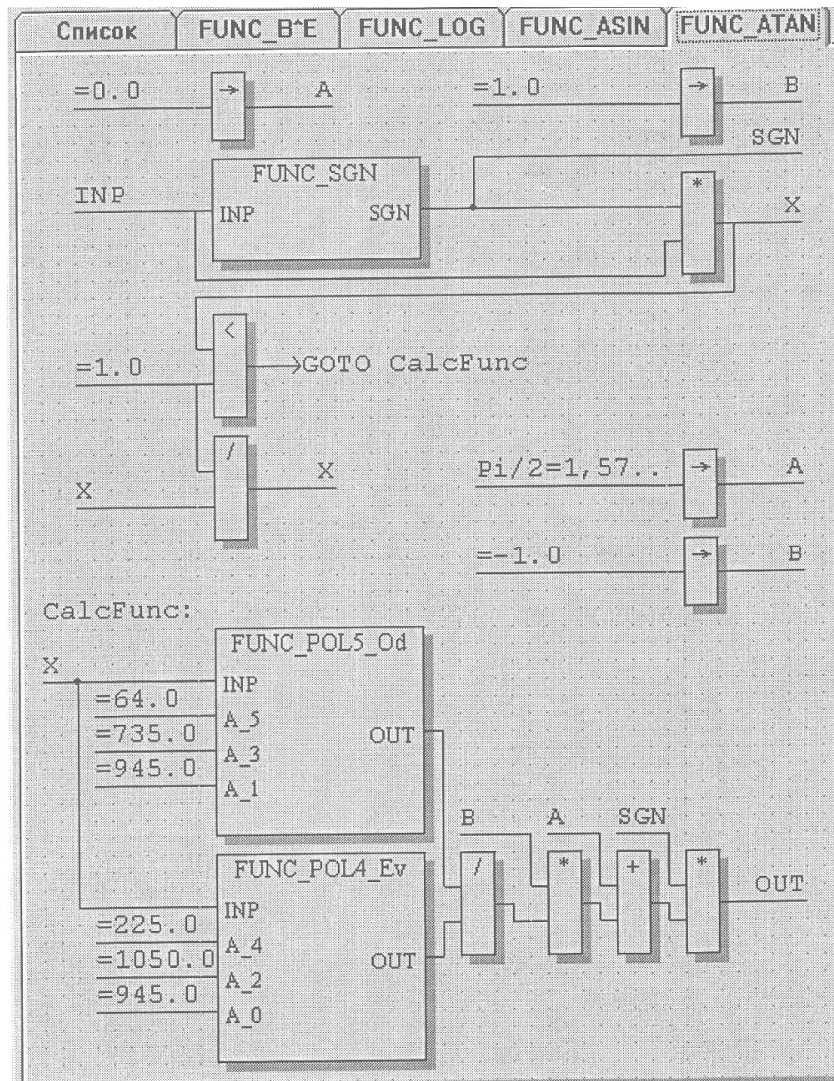


Рис. 3. Реалізація блоку для обрахування значень функції $y = \arctg(x)$.

Застосований блок FUNC_SGN на виході SGN виставляє значення +1.0 при $INP \geq 0.0$ або значення -1.0, якщо $INP < 0.0$.

Для обчислення функцій $y = \arcsin(x)$ і $y = \arccos(x)$ для $x \in [-1; +1]$ будуються відповідні блоки на основі властивостей обернених тригонометричних функцій: $\arcsin(x) = \arctg[x/(1-x^2)^{1/2}]$, $x \neq \pm 1$; $\arccos(x) = \pi/2 - \arcsin(x)$

Похибка використаного наближення Паде для $\arctg(x)$ при $x \in [0; 0.8]$ не перевищує 0,0045%, при $x \in [0.8; 1]$ – 0,024%.

Обчислення тригонометричних функцій

Для побудування FBD-блоку обрахування значень функції $y = \sin(x)$, згадаємо її розклад за формулою Тейлора:

$$\sin(x) = x - x^3/6 + x^5/120 - x^7/5040 + \dots + (-1)^{n-1} x^{2n-1} / (2n-1)! + \dots$$

Якщо обмежитися сьомим степенем:

$$\sin(x) = x - 1,666667 \cdot 10^{-1} x^3 + 8,333333 \cdot 10^{-3} x^5 - 1,984127 \cdot 10^{-4} x^7,$$

то максимальне відхилення на інтервалі $[0; \pi/2]$ при $x = \pi/2$ буде рівною -0,016%. На базі даного наближення реалізований блок FUNC_SIN, зображений на рисунку 4. При цьому використані властивості: $\sin(x - 10\pi) = \sin(x)$; $\sin(x - \pi) = -\sin(x)$; $\sin(-x) = -\sin(x)$.

Через низьку точність представлення контролером дійсних чисел, також числа π , інтервал аргумента обмежений по модулю числом 30π .

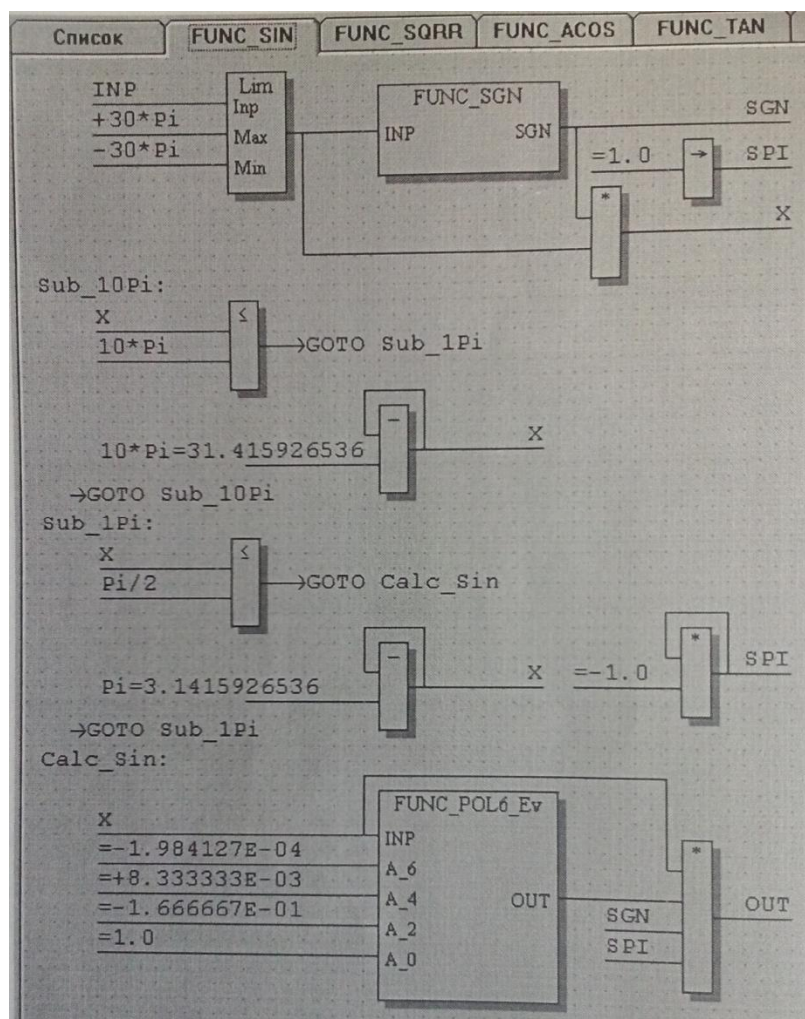


Рис. 4. Реалізація блока для обрахування значень функції $y = \sin(x)$.

Блок для обчислення значень функцій $y = \cos(x)$ реалізується з допомогою попереднього на основі формули $\cos(x) = \sin(\pi/2 - x)$, а блок для $y = \tan(x)$ з допомогою двох вказаних блоків, так як $\tan(x) = \sin(x)/\cos(x)$. При цьому потрібно уникнути ділення на нуль.

Побудовані і описані FBD-блоки для обрахування значень елементарних функцій мають похибку обрахунків меншу ніж похибка вимірювальних пристроїв які використовуються для автоматизації технологічних процесів, і можуть бути використані при обрахунку технологічних параметрів, які не піддаються безпосередньому вимірюванню. При необхідності точність може бути підвищена використанням поліномів більш високого степеня, в тому числі в наближеннях Паде, або збільшенням числа ітерацій. Але при цьому потрібно пам'ятати що ми обмежені точністю представлення дійсних чисел процесором контролера. Також відзначимо, що для розробки і побудови бібліотечних FBD-блоків не обов'язково мати ліцензійний програмний пакет UltraLogik, захищений електронним ключем. Бібліотеки можливо розробляти в безплатній демонстраційній версії пакета. Наведені в статті формули і алгоритми можуть бути корисними для спеціалістів, працюючих з іншими мовами функціональних блочних діаграм або релейних діаграм, якщо в число базових операцій не включені діаграми для обрахування елементарних функцій.

Список використаних джерел

1. Мэтьюз Д., Финк К. Численные методы. Использование MATLAB: Издательский дом «Вильямс», М., 2001
2. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Издание 7-е. Том 1: Издательство «Наука», М., 1970

УДК 621.316.13

Бандура І.О., к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ПІДХОДИ ДО СИМЕТРУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ З ПРІОРИТЕТНИМ ВИКОРИСТАННЯМ КОНДЕНСАТОРНИХ УСТАНОВОК СИМЕТРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

Бандура І.О. Підходи до симетрування навантаження з пріоритетним використанням конденсаторних установок симетруючих пристроїв. Розроблені математичні моделі керування несиметрією навантаження, які дозволяють знаходити вектор керування для СП, який забезпечує мінімальне значення струму зворотної послідовності в лінії живлення та компенсацію реактивних навантажень.

Ключові слова: компенсація реактивних навантажень, симетрування навантаження, конденсаторні установи симетруючих пристроїв.

Бандура И.А. Подходы к симметрированию нагрузок с приоритетным использованием конденсаторных установок симметрирующих устройств. Разработаны математические модели управления несимметрией нагрузки, которые позволяют находить вектор управления, который обеспечивает минимальное значение тока обратной последовательности в линиях питания и компенсацию реактивной нагрузки.

Ключевые слова: компенсация реактивных нагрузок, симметрирование нагрузок, конденсаторные установки симметрирующих устройств.

Bandura I.O. Approaches to balancing the load of priority using capacitors symetryuyuchyh devices. Mathematical models asymmetry load control that allow vector control to find joint venture that provides the minimum value of negative sequence current in power lines and compensation of reactive loads.

Keywords: compensation of reactive loads, load balancing and condenser units symetryuyuchyh devices.

Постановка наукової проблеми. Симетрування електричного режиму за допомогою СП в мережах енергопостачальних організацій може виконуватись як на шинах високої, так і низької напруги трансформаторних підстанцій (симетрування напруг), а також в деяких випадках у вузлах, наближених до джерела несиметрії, наприклад, в електрощитових багатоповерхових будинків (симетрування навантажень). Місця, де може виконуватись таке керування, перш за все визначаються технічною можливістю установки СП.

Для отримання висновків щодо залежності додаткових втрат активної потужності, а також інших складових збитків, пов'язаних із несиметрією режиму, від віддаленості вузла мережі в якому виконується керування параметрами зворотної послідовності, необхідно провести відповідні дослідження.

Аналіз досліджень. Відомо ряд наукових робіт, де вирішується задача симетрування електричного режиму та компенсації реактивних навантажень [1, 2]. Такі наукові напрацювання стосуються розв'язків в неперервних та в дискретних змінних. Відомі підходи, коли задачам симетрування та компенсації реактивної потужності надаються певні пріоритети [3] та коли таких пріоритетів немає [4]. Згадані роботи дозволяють прийняти обґрунтовані рішення, але не охоплюють всіх випадків, які можуть скластися в системі електропостачання.

Дослідження, результати яких наведені в статті, стосуються випадку, коли пріоритетною задачею, яка вирішується з використанням КУ СП, є задача компенсації реактивної потужності, і є подальшим розвитком відомих напрацювань. Всі результати отримані стосовно СП, секції яких під'єднані до лінійних напруг і здійснюють цілеспрямовані впливи лише на складові зворотної послідовності.

Формулювання цілі статті. Зважаючи на недоліки існуючих методів вирішення задачі симетрування електричного режиму, доцільно розробити математичні моделі керування несиметрією навантаження, які дозволяють знаходити вектор керування для СП, який забезпечує мінімальне значення струму зворотної послідовності в лінії живлення та компенсацію реактивних навантажень.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Розглянемо заступні схеми для струмів прямої та зворотної послідовностей, рис. 3.5, де $\underline{Z}_1$ – еквівалентний опір живильних мереж до вузла А – вузла під'єднання СП; $\underline{Z}_2$ – те саме, від вузла А до групи несиметричних навантажень. Згідно із [1] опори $\underline{Z}_1$ та $\underline{Z}_2$ в заступних схемах для струмів прямої і зворотної послідовностей приймемо однаковими.

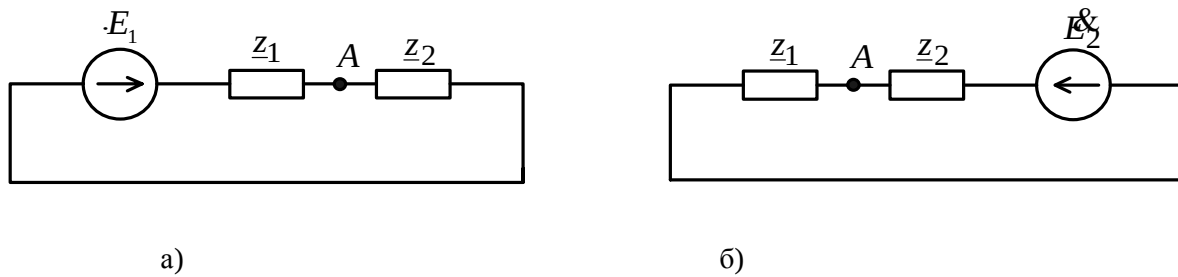


Рисунок 1. Заступні схеми:
а) прямої послідовності;
б) зворотної послідовності

Припустимо, що СП забезпечує повне симетрування напруг і напруга у вузлі A симетрична. Втрати активної потужності в мережі описуються виразом:

$$\Delta P = \Delta P_p + \Delta P_Q + \Delta P_2,$$

де ΔP_p ; ΔP_Q ; ΔP_2 – втрати активної потужності в мережі, зумовлені передачею активних і реактивних навантажень та несиметрією режиму.

Втрати активної потужності ΔP_Q , що відповідають сталому режиму (до під'єднання СП):

$$\Delta P_Q = \frac{Q^2}{U_n^2} \cdot (r_1 + r_2) = 3 \cdot I_1^2 \cdot \sin^2 \varphi \cdot (r_1 + r_2),$$

де Q – реактивна потужність, що споживається несиметричним навантаженням;

r_1 ; r_2 – активні складові опорів Z_1 та Z_2 ;

I_1 – струм прямої послідовності через Z_1 та Z_2 природного режиму.

Далі в дослідженнях ΔP_Q вважається як стала величина і за значенням, що дорівнює вихідному режиму. Втрата активної потужності ΔP_2 :

$$\Delta P_2 = 3\alpha^2 I_1^2 r_2 = 3\alpha^2 I_1^2 [(r_1 + r_2) - (r_1 + r_2)k],$$

де α – коефіцієнт несиметрії струмів;

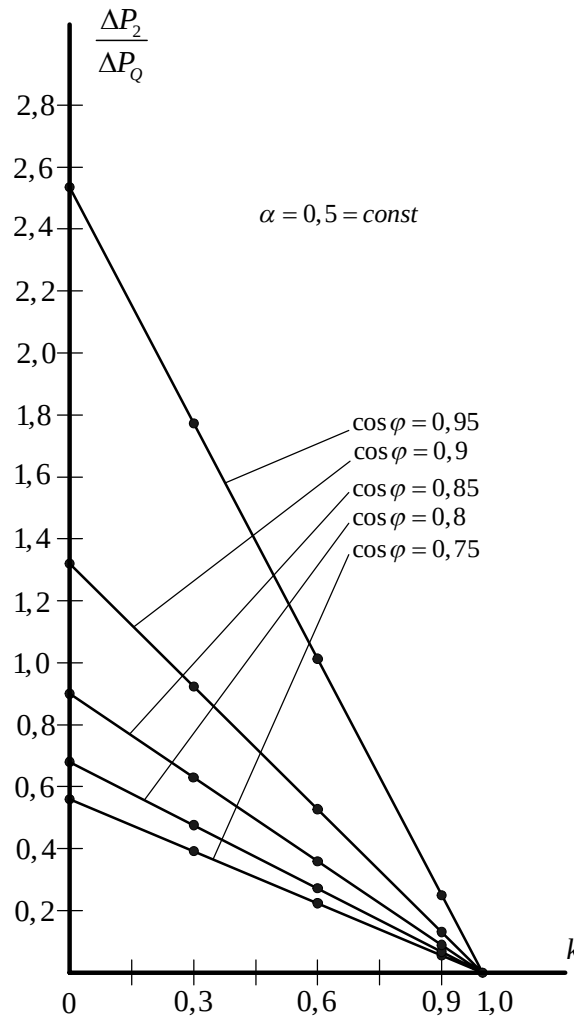
$$k = \frac{r_1}{r_1 + r_2}.$$

Якщо вважати, що $r_1 + r_2 = \text{const}$, то коефіцієнт k є мірою віддаленості вузла A від групи несиметричних електроприймачів ($k=1$ – вузол A співпадає із вузлом, до якого під'єднані однофазні навантаження).

Виконаємо оцінку зміни ΔP_2 в процесі наближення вузла під'єднання СП до групи несиметричних електроприймачів по відношенню до деякої сталої величини, наприклад, ΔP_Q :

$$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_Q} = \frac{\alpha^2}{\sin^2 \varphi} \cdot (1 - k).$$

Залежність $\frac{\Delta P_2}{\Delta P_Q}(k)$ наведена на рис.2.

Рисунок 2. Залежності додаткових втрат ΔP_2 від віддаленості вузла А

Можна зробити такі висновки:

- при наближенні вузла під'єднання СП до джерела несиметрії втрати ΔP_2 , що будуть мати місце за результатами симетрування режиму, зменшуються і дорівнюють нулю, якщо СП під'єднано безпосередньо до шин E_2 (для такого варіанту $k = 1$);

- позитивний результат, пов'язаний із зниженням ΔP_2 при симетруванні навантажень (в порівнянні із випадком симетрування напруг) посилюється ефектом від компенсації реактивної потужності КУ СП, оскільки воно виконується безпосередньо біля електроприймачів і тим самим знижуються втрати активної потужності від передачі реактивної в розподільній мережі;

- симетрування електричного режиму необхідно здійснювати якомога ближче до несиметричного навантаження.

Якщо розглянути епюру напруги зворотної послідовності вздовж лінії електропередачі при симетруванні навантажень, рис. 3, то можна перекоонатися, що по всій довжині (і відповідно по всім вузлам мережі) при повному симетруванні відбувається зниження до нуля напруги зворотної послідовності. Оскільки всі складові збитків від несиметрії режиму функціонально залежать від напруги зворотної послідовності, то можна констатувати про їх повне усунення.

Симетрування навантажень за своїми кінцевими результатами більш ефективно в порівнянні з симетруванням напруг. Тому у вузлах мережі, до яких під'єднані несиметричні електроприймачі, у разі технічної можливості необхідно здійснювати керування несиметрією навантажень.

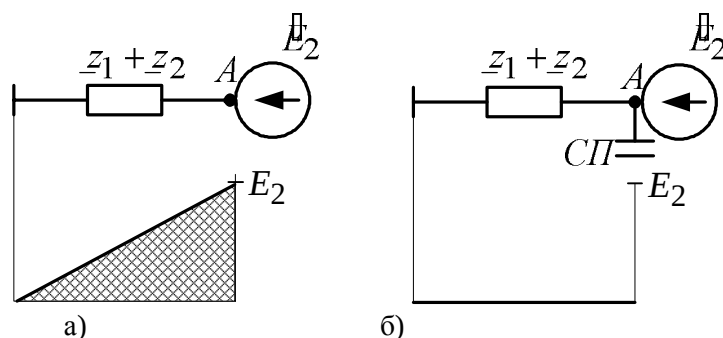


Рисунок 3. Епюра напруги зворотної послідовності вздовж лінії електропередачі:

а) – вихідного режиму (при відсутності СП);

б) – для випадку під'єднання СП

Вектор керування можна знаходити за відомим алгоритмом, який охоплює всі можливі випадки використання потужності КУ СП. Керування несиметрією режиму в даному випадку (симетрування навантажень) за будь-яких обставин доцільно здійснювати, забезпечуючи максимальний ефект і з симетрування.

Якщо, наприклад, керування виконується за допомогою СП з мінімальною кількістю вимикачів, то розрахунок складової $\mathbf{X}_1^{\text{сп}}$ може бути виконаним за математичною моделлю, яка розроблена в [3].

$$\begin{cases} \left| \operatorname{Re} \mathbf{\bar{I}}_2 + \sum_{i=1}^n c_i x_i + j \left(\operatorname{Im} \mathbf{\bar{I}}_2 + \sum_{i=1}^n d_i x_i \right) \right| \rightarrow \min \\ Q' - \sum_{i=1}^n \Delta Q_i x_i \geq Q_{\text{дон}} \\ x_i + \bar{x}_i = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ x_i; \bar{x}_i \in \{1, 0\}, \end{cases} \quad (1)$$

де $\mathbf{\bar{I}}_2$ – вихідне значення струму зворотної послідовності в лінії живлення групового несиметричного навантаження (при умові вимкнутих секцій СП);

$c_i; d_i$ – дійсна та уявна частина вектора струму зворотної послідовності, який створюється при ввімкненні i -ої секції СП, а стан цієї секції описується i -им елементом вектора керування $\mathbf{X}_1^{\text{сп}}$.

Математична модель (1) передбачає знаходження таких значень для елементів вектора $\mathbf{X}_1^{\text{сп}}$, реалізація якого забезпечить мінімум модуля струму зворотної послідовності в лінії живлення. Обмеження на реактивну потужність позначається на кінцевому результаті лише тоді, коли можливе отримання недопустимого результату по реактивній потужності в лінії живлення.

Якщо за результатами розрахунку $\mathbf{X}_1^{\text{сп}}$ залишилися симетричні елементи СП, що не використовуються, і розрахований вектор $\mathbf{X}_1^{\text{сп}}$ не забезпечує вимоги на значення реактивної потужності СП, то вектор $\mathbf{X}_2^{\text{сп}}$ можна визначити за математичною моделлю (2).

Складові $\mathbf{X}_3^{\text{сп}}$ визначається за математичною моделлю, яка відрізняється від (1) лише тим, що цільова функція забезпечує мінімум модуля струму зворотної послідовності в лінії живлення:

$$\begin{cases} \left| \operatorname{Re} \dot{I}_2(\mathbf{X}_1^{\text{сп}} + \mathbf{X}_2^{\text{сп}}) + \sum_{i=1}^{\tau} c_i z_i + j \left(\operatorname{Im} \dot{I}_2(\mathbf{X}_1^{\text{сп}} + \mathbf{X}_2^{\text{сп}}) + \sum_{i=1}^{\tau} d_i z_i \right) \right| \rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^{\tau} \Delta Q_i z_i \geq Q_d - Q^{\text{сп}}(\mathbf{X}_1^{\text{сп}} + \mathbf{X}_2^{\text{сп}}) \\ z_i + \bar{z}_i = 1, \quad i = 1, 2, \dots, \tau \\ z_i; \bar{z}_i \in \{1, 0\}, \end{cases} \quad (2)$$

де $\dot{I}_2(\mathbf{X}_1^{\text{сп}} + \mathbf{X}_2^{\text{сп}})$ – вектор струму зворотної послідовності в лінії живлення за умови реалізації вектора $\mathbf{X}_1^{\text{сп}} + \mathbf{X}_2^{\text{сп}}$.

Аналіз математичної моделі (2) можна здійснити за відомим алгоритмом. Розглянемо процес розрахунку вектора керування за розробленим обчислювальним методом, який підтверджує правильність отриманих наукових результатів.

Вихідними даними для розрахунку є такі параметри режиму в лінії 0,4кВ, яка живить групу несиметричних електроприймачів:

$$\begin{aligned} I_A &= 127,8 \text{ А}; \quad \cos \phi_A = 0,756; \\ I_B &= 146,7 \text{ А}; \quad \cos \phi_B = 0,578; \\ I_C &= 189,3 \text{ А}; \quad \cos \phi_C = 0,845. \end{aligned}$$

До вузла навантаження приєднано СП з такими параметрами секцій по напругах трифазної системи, табл.1.

Даний режим характеризується споживанням реактивної потужності, $Q' = 66,89$ квар, і струмами в координатах симетричних складових:

$$\begin{aligned} \text{– струм прямої послідовності,} \quad \dot{I}_1 &= 150e^{-j45^\circ} \text{ А}; \\ \text{– струм зворотної послідовності,} \quad \dot{I}_2 &= 18e^{-j75^\circ} \text{ А}; \\ \text{– струм нульової послідовності,} \quad \dot{I}_0 &= 42e^{-j109,5^\circ} \text{ А}. \end{aligned}$$

Таблиця 1. Технічні характеристики СП

Параметри секцій, які під'єднуються до напруги U_{AB}		Параметри секцій, які під'єднуються до напруги U_{BC}		Параметри секцій, які під'єднуються до напруги U_{CA}	
№ секції, i	ΔQ_i , квар	№ секції, i	ΔQ_i , квар	№ секції, i	ΔQ_i , квар
1	5	6	5	11	5
2	5	7	5	12	5
3	5	8	5	13	5
4	5	9	5	14	5
5	5	10	5	15	5

Знайдемо вектор керування для СП, який забезпечує мінімальне значення струму зворотної послідовності в лінії живлення та компенсацію реактивних навантажень 65 квар. Як пріоритетною для даного стану є задача компенсації реактивних навантажень.

Результати розрахунків із визначення вектора керування $\mathbf{X}_1^{\text{сп}}$ за ітераціями наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Результати, отримані за окремими ітераціями

Ітерація	Вектор керування $\mathbf{X}_1^{\text{сп}}$	Струм I_2 в лінії живлення, А	Реактивна потужність, що споживається, квар
Вихідний режим	$(\mathbf{X}_1^{\text{сп}})_0^T = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$	18,0	66,89
1	$(\mathbf{X}_1^{\text{сп}})_1^T = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$	13,6	61,89
2	$(\mathbf{X}_1^{\text{сп}})_2^T = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$	10,62	56,89
3	$(\mathbf{X}_1^{\text{сп}})_3^T = (1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$	5,94	51,89
4	$(\mathbf{X}_1^{\text{сп}})_4^T = (1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$	4,96	46,89
5	$(\mathbf{X}_1^{\text{сп}})_5^T = (1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$	2,92	41,89

Отримані результати свідчать, що для умов наведеного прикладу, маючи СП зазначених параметрів, можна досягти ефективного симетрування струмів (за умови відсутності вимог до реактивної потужності СП).

Оскільки результати розрахунку $\mathbf{X}_1^{\text{сп}}$ не забезпечують необхідних умов з компенсації реактивних навантажень, яка є пріоритетною задачею, виконаємо розрахунок $\mathbf{X}_2^{\text{сп}}$.

II Розрахунок $\mathbf{X}_2^{\text{сп}}$.

За результатами розрахунку $\mathbf{X}_1^{\text{сп}}$ залишаються незадіяними два симетричних елемента, ввімкнення яких не позначиться на досягнутому ефекті із симетрування режиму. Перший симетричний елемент утворюють секції № 4; №9 та №14, а другий – № 5; №10 та №15.

Математична модель для прийняття технічного рішення щодо ввімкнення симетричних елементів (аналіз якої дозволить визначити вектор $\mathbf{X}_2^{\text{сп}}$) в числовому вигляді може бути записаною:

$$\begin{cases} 41,89 - 3(5 \ 5) \mathbf{Y} \rightarrow \min \\ \mathbf{Y} + \bar{\mathbf{Y}} = \mathbf{n} \\ 41,89 - 3(5 \ 5) \mathbf{Y} \geq 0 \\ y_i; \bar{y}_i \in \{1, 0\}, \end{cases}$$

де $\mathbf{Y}^T = (y_1 \ y_2)$ - вектор керування симетричними елементами СП;

$\mathbf{n}$ – одинична матриця вимірністю (2×1) .

Розв'язком задачі є вектор $\mathbf{Y}^T = (1 \ 1)$, реалізація якого забезпечить реактивну потужність споживання 11,89 квар.

Вектор керування $\mathbf{Y}$ знаходиться у певній відповідності з вектором $\mathbf{X}_2^{\text{сп}}$, скориставшись якою можна вказати на значення вектора $\mathbf{X}_2^{\text{сп}}$:

$$(\mathbf{X}_2^{\text{сп}})^T = (0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1).$$

Використання симетричних елементів СП не дозволяє забезпечити вимогу із компенсації реактивних навантажень.

III Розрахунок $\mathbf{X}_3^{\text{сп}}$.

Для запису математичної моделі (2) в числовому вигляді знайдемо $(\mathbf{X}_1^{\text{сп}} + \mathbf{X}_2^{\text{сп}})$,

$$(\mathbf{X}_1^{\text{сп}} + \mathbf{X}_2^{\text{сп}})^T = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1),$$

та сформуємо вектор $\mathbf{Z}$:

$$\mathbf{Z}^T = (z_6 \ z_7 \ z_8 \ z_{13}).$$

Математична модель (2) в числовому вигляді запишеться:

$$\begin{cases} \left| -1,92 + (0 \ 0 \ 0 \ 6,58)\mathbf{Z} + j[2,21 + (-7,83 \ -7,83 \ -7,83 \ 9,92)\mathbf{Z}] \right| \rightarrow \min \\ (5 \ 5 \ 5 \ 5)\mathbf{Z} \geq 65 - 55 \\ \mathbf{Z} + \bar{\mathbf{Z}} = \mathbf{n} \\ z_i; \bar{z}_i \in \{1, 0\}. \end{cases}$$

Прирівняємо всі елементи $\mathbf{X}_3^{\text{сп}}$ до нуля.

Сформуємо вектор $\mathbf{X}_3^{\text{сп}}$ за результатами першої ітерації:

$$(\mathbf{X}_3^{\text{сп}})_1^T = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0).$$

Реалізація вектора $(\mathbf{X}_3^{\text{сп}})_1$ одночасно із $\mathbf{X}_1^{\text{сп}}$ та $\mathbf{X}_2^{\text{сп}}$ забезпечує компенсацію 60 квар реактивних навантажень. Реактивна потужність, що буде споживатись по лінії живлення становить 6,89 квар. Струм зворотної послідовності зростає і становить 5,93А.

Вектор керування, який забезпечує необхідну степінь компенсації реактивної потужності при мінімальному (за цієї умови) струмі зворотної послідовності в лінії живлення, становить:

$$\mathbf{X}^{\text{сп}} = \mathbf{X}_1^{\text{сп}} + \mathbf{X}_2^{\text{сп}} + \mathbf{X}_3^{\text{сп}} = (1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1).$$

Остаточне та проміжні значення для вектора $\mathbf{X}_3^{\text{сп}}$, отримані на окремих ітераціях, подані в табл. 3.

Таблиця 3. Результати розрахунку $\mathbf{X}_3^{\text{сп}}$, отримані за окремими ітераціями

Ітерація	Вектор керування $\mathbf{X}_3^{\text{сп}}$	Струм I_2 в лінії живлення, А	Реактивна потужність, що споживається, квар
Вихідний режим	$(\mathbf{X}_3^{\text{сп}})_0^T = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$	2,92	11,89
1	$(\mathbf{X}_3^{\text{сп}})_1^T = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$	5,93	6,89
2	$(\mathbf{X}_3^{\text{сп}})_2^T = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0)$	4,96	1,89

Для порівняння в табл. 4 наведені результати, отримані для умов розглянутого прикладу за відомим підходом до вирішення даної задачі [4].

Таблиця 4. Варіанти керування режимом за розробленим і відомим підходами та результати їх реалізації

Метод розрахунку	Вектор керування X^{cp}	Струм I_2 в лінії живлення, А	Реактивна потужність, що компенсується, квар
Розроблений	(1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1)	4,96	65
Відомий	(1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0)	25,64	65

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

З вище наведеного можна зробити наступні висновки:

1. Потужності КУ СП можуть пріоритетно використовуватись як для симетрування напруг (або струмів), так і для компенсації реактивних навантажень. Розв'язки таких задач можуть бути суперечливими: мінімальне значення для показників, які оцінюють несиметрію режиму, не завжди забезпечують оптимальну степінь компенсації реактивної потужності.

2. У випадку пріоритетного використання потужності КУ СП для компенсації реактивних навантажень вектор керування можна розрахувати як такий, що має три складові. Перша складова X_1^{cp} забезпечує оптимальне симетрування електричного режиму, друга X_2^{cp} передбачає використання симетричних елементів СП для компенсації реактивної потужності, третя забезпечує вимогу з компенсації реактивних навантажень, але при цьому має місце відхід від оптимуму, досягнутого при визначенні X_1^{cp} . В часткових випадках вирішення задачі може обмежуватись як розрахунком X_1^{cp} , так і X_1^{cp} та X_2^{cp} .

3. Розроблений підхід до розрахунку вектора керування може бути використаний при симетруванні напруг та струмів.

4. Вектор X_3^{cp} у випадках симетрування напруг та струмів можна розрахувати, використовуючи розроблені математичні моделі.

5. Аналіз синтезованих математичних моделей можна провести у відповідності з розробленим обчислювальним методом.

6. Розрахунок, проведений для одного із реальних режимів в мережі енергопостачальної компанії, підтвердив ефективність запропонованого підходу до визначення вектора керування та працездатність розробленого обчислювального методу.

Список використаних джерел.

1. Терешкевич Л.Б. Математична модель керування реактивною потужністю в електричних мережах з несиметричною напругою / Л.Б. Терешкевич, Т.М. Червінська // Вісник Кременчуцького державного університету ім. Михайла Остроградського. – 2010. – №3/2010(62), частина 1. – С. 161 – 164.
2. Саати Т. Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы / Т. Саати. – М.: Мир, 1973. – 302 с.
3. Терешкевич Л. Б. Симетрування напруги (струмів) з пріоритетним використанням КУ СП для компенсації реактивної потужності в мережах енергопостачальних компаній / Л.Б. Терешкевич, І.О. Бандура // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – 2011. – Випуск 117. – С. 82–84.
4. Железко Ю. С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии / Ю. С. Железко. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.

УДК 621.316

Грицюк І.В., к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНО ОБҐРУНТОВАНИХ РІВНІВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ З РОЗОСЕРЕДЖЕНИМ ГЕНЕРУВАННЯМ

Грицюк І.В. Визначення економічно обґрунтованих рівнів компенсації реактивної потужності в електричних мережах з розосередженим генеруванням. Запропоновано новий метод визначення економічно доцільних рівнів компенсації реактивної потужності, що дозволяє враховувати двосторонні перетікання потужності в мережах з розосередженими джерелами енергії.

Ключові слова: компенсація реактивних навантажень, розосереджені джерела енергії, економічні еквіваленти реактивної потужності, вхідна реактивна потужність.

Грицюк И.В. Определение экономически целесообразных уровней компенсации реактивной мощности в электрических сетях с рассредоточенным генерированием. Предложено новый метод определения экономически целесообразных уровней компенсации реактивной мощности, что позволяет учитывать двусторонние перетоки мощности в сетях с рассредоточенными источниками энергии.

Ключевые слова: компенсация реактивных нагрузок, рассредоточенные источники энергии, экономические эквиваленты мощности, входная реактивная мощность.

Hrytsiuk I.V. Determination of the economically justified level of reactive power compensation in electrical networks with dispersed generation. A new method for the identification of appropriate levels of reactive power compensation that takes into account the bilateral flow of power in networks with dispersed sources of energy.

Keywords: compensation of reactive loads, dispersed energy, economic equivalents of reactive power, reactive power input.

Постановка наукової проблеми. Утворення нових ринкових відносин між суб'єктами ринку електричної енергії та потреба державного економічного регулювання цих відносин за напрямками енергозбереження, з метою підвищення якості електроенергії та надійності електропостачання, зумовили появу відповідних нормативних умов регулювання перетікань реактивної енергії.

Однак, швидка зміна умов функціонування розподільних електричних мереж не завжди дозволяє ефективно розв'язувати існуючі задачі з допомогою наявної галузевої нормативної документації. Насичення електричних мереж розподіленими джерелами електроенергії (РДЕ), більшість з яких конструктивно орієнтовані на споживання реактивної потужності, потребує перегляду існуючих підходів щодо розв'язання задачі оптимального керування реактивною потужністю та її компенсації.

Енергопостачальні компанії, отримуючи плату за транспортування реактивної енергії від споживачів, не розраховуються при цьому з транспортними та енергогенерувальними компаніями за вироблення та транспортування реактивної енергії до меж їх балансової належності. На цій підставі жоден з суб'єктів ринку не зацікавлений у компенсації реактивної потужності в електромережах споживачів.

Разом з тим, всі суб'єкти оптового ринку об'єктивно зацікавлені у зниженні технологічних витрат електроенергії за рахунок компенсації реактивних навантажень (КРН) в електричних мережах. Рівень зниження витрат, очевидно, залежить не тільки від параметрів мереж, потужностей навантажень, рівнів напруги, але й від наявного рівня КРН в електромережах.

Аналіз досліджень. В основу відомого методу розрахунку оптимальних рівнів КРН [1, 2] покладені комплексний і системний підходи, принципи граничних затрат і поетапності розрахунків КРН. У методі застосовуються додаткові фактори для обґрунтування рівнів КРН і зниження потужності трансформаторів і мереж або віддалення строків їх реконструкції за рахунок додаткової компенсації. Для цього використовуються запропоновані в [2] методи коригування економічної і балансової задач КРН.

Задача дослідження й обґрунтування рівнів КРН в електричних мережах енергопостачальних компаній (ЕК) є достатньо новою, оскільки раніше це не відповідало вимогам системного підходу щодо розрахунків КРН [3, 4]. З впровадженням ринкових відносин між суб'єктами оптового ринку електроенергії України і споживачами, а особливо після введення в

дію нової методики розрахунку плати за перетікання реактивної енергії між ЕК і їх споживачами [4], інтерес до даної проблеми посилюється.

Формулювання цілі статті. Зважаючи на недоліки існуючих методів визначення оптимальних рівнів КРН, доцільно розробити новий метод оптимізації рівнів КРП в електромережах з РДЕ, який дозволить враховувати сукупні видатків енергопостачальної компанії на обслуговування перетікань реактивної потужності у межах балансової належності. Це забезпечує більш адекватні результати, оскільки дозволяє враховувати наявність зворотних перетікань активної та реактивної потужності за рахунок функціонування РДЕ та їх вплив на рівні напруг.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Для визначення оптимальних рівнів компенсації реактивної потужності у вузлах електромережі з огляду на забезпечення максимального економічного ефекту у вигляді зменшення витрат ЕК на обслуговування перетікань реактивної потужності розроблено математичну модель:

$$B = \sum_{i \in N} [Q_i (v_0 + (D_i c_0 t - v_0) \psi_i)] \rightarrow \min, \quad (1)$$

де B – витрати на впровадження КРН; Q_i – реактивна потужність споживання (генерування) у i -му вузлі електричної мережі (ЕМ); v_0 – укрупнена питома вартість засобів КРН; D_i – економічний еквівалент реактивної потужності (ЕЕРП) в i -му вузлі ЕМ; c_0 – ціна електроенергії у межах балансової належності ЕК; t – проміжок часу протягом якого визначаються витрати; ψ_i – оптимальне значення вхідної реактивної потужності в i -му вузлі ЕМ.

Залежно від сутності задачі оптимізації КРН та складу незалежних параметрів (множини вузлів, де планується встановлення компенсуювальних установок (КУ)), цільову функцію необхідно коригувати. Так, для розв'язання задачі оптимізації рівнів компенсації реактивних навантажень споживачів цільова функція набуде вигляду:

$$B = \sum_{i \in N_{СП}} [Q_{Hi} (v_0 + (D_i c_0 t - v_0) \psi_i)] + \sum_{i \in N_{РДЕ} \cup N_{ТП}} D_i Q_i c_0 t \rightarrow \min, \quad (2)$$

для оптимізації рівнів КРП у межах балансової належності енергопостачальної компанії:

$$B = \sum_{i \in N_{ТП}} [Q_{ТПi} (v_0 + (D_i c_0 t - v_0) \psi_i)] + \sum_{i \in N_{РДЕ} \cup N_{СП}} D_i Q_i c_0 t \rightarrow \min, \quad (3)$$

для комплексної задачі визначення оптимального рівня компенсації реактивних навантажень ЕМ засобами споживачів та ЕК:

$$B = \sum_{i \in N_{СП} \cup N_{ТП}} [Q_i (v_0 + (D_i c_0 t - v_0) \psi_i)] + \sum_{i \in N_{РДЕ}} D_i Q_{РДЕi} c_0 t \rightarrow \min. \quad (4)$$

де $N_{СП}$, $N_{РДЕ}$, $N_{ТП}$ – відповідно, кількість споживачів ЕМ, розосереджених джерел електроенергії, приєднаних до них, та компенсуювальних установок ЕК.

Враховуючи простоту та наочність цільової функції (1) сформульовано принцип формування оптимального рівня компенсації реактивної потужності в ЕМ за економічним критерієм: для забезпечення мінімуму витрат на обслуговування перетікань реактивної потужності зменшувати вхідну реактивну потужність за рахунок компенсації реактивної потужності доцільно лише у вузлах ЕМ, для яких $D_i c_0 t - v_0 > 0$, або враховуючи, що $v_0 > 0$:

$$RENT_i = \frac{D_i c_0 t}{v_0} > 1, \quad (5)$$

де $RENT_i$ – за певних умов чисельно дорівнює рентабельності капіталовкладень у розміщення засобів компенсації реактивної потужності у i -му вузлі. Вище абсолютне значення $RENT_i$ свідчить про більш потужні можливості даного вузла щодо зменшення витрат на обслуговування перетікань реактивної потужності в ЕМ.

Враховуючи дискретний характер незалежних змінних (встановлених потужностей КУ) та спосіб визначення доцільності встановлення компенсуювальної установки у певному вузлі для розв'язання задачі визначення оптимального рівня оснащення ЕМ засобами КРН пропонується

використати ітераційний метод дискретної оптимізації, а саме метод оптимізованого перебору варіантів.

З урахуванням специфіки застосування методу оптимізації задача визначення економічно доцільного рівня компенсації реактивної потужності в ЕМ може бути сформульована таким чином:

$$\left\{ \begin{array}{l} B = \sum_{i \in N} [Q_i (V_0 + (D_i \cdot t_0 - V_0) \psi_i)] \rightarrow \min; \\ D_i = \sum_{j \in M_i} (-\operatorname{Im}(\frac{S_{ji}}{S_{\phi Q_j}}) k_{\phi Q_j}^2); \\ \sum_{i \in N} Q_i \psi_i = Q_{\Sigma}; \\ Q_{\text{КУ}i} = Q_i (1 - \psi_i) \geq 0; \\ Q_{ei} = Q_i \psi_i \leq Q_i \\ U_{\max} \geq U_i \geq U_{\min}, i \in N; \\ I_{\text{доп}} \geq I_j, j \in M; \\ Q_{\max} \geq Q_i \geq Q_{\min}, i \in N, \end{array} \right. \quad (6)$$

де $Q_{\text{КУ}i}$ – потужність компенсуючих установок в i -му вузлі ЕМ; Q_{ei} – вхідна реактивна потужність в i -тому вузлі ЕМ; $U_{\max}$, $U_{\min}$ – відповідно, верхня і нижня межі допустимих напруг в ЕМ; I_j – фактичне струмове навантаження для j -го елемента мережі; $I_{\text{доп}j}$ – допустиме струмове навантаження для j -го елемента мережі; $Q_{\max}$, $Q_{\min}$ – відповідно, верхня і нижня межі допустимих реактивних потужностей.

На прикладах електричних схем різної складності досліджено залежності ЕЕРП від потужностей споживання, генерування РДЕ та генерування КУ. Визначено оптимальні рівні компенсації реактивної потужності, необхідні для коригування режимів роботи розподільних електричних мереж з РДЕ за напругою та реактивною потужністю, і показано, що наближення до оптимальних режимів пов'язане зі зменшенням ЕЕРП для вузлів споживання та генерування реактивної потужності.

Дослідження залежності розрахункових значень ЕЕРП від режимів роботи розподільних електричних мереж виконувались на прикладі схеми ЕМ 10 кВ вузлової підстанції 110/10 кВ (рис. 1). До вказаної підстанції приєднано 5 фідерів, 3 з яких забезпечують видачу сумарної потужності 1443 кВА, сумарна довжина ліній становить 29,87 км.

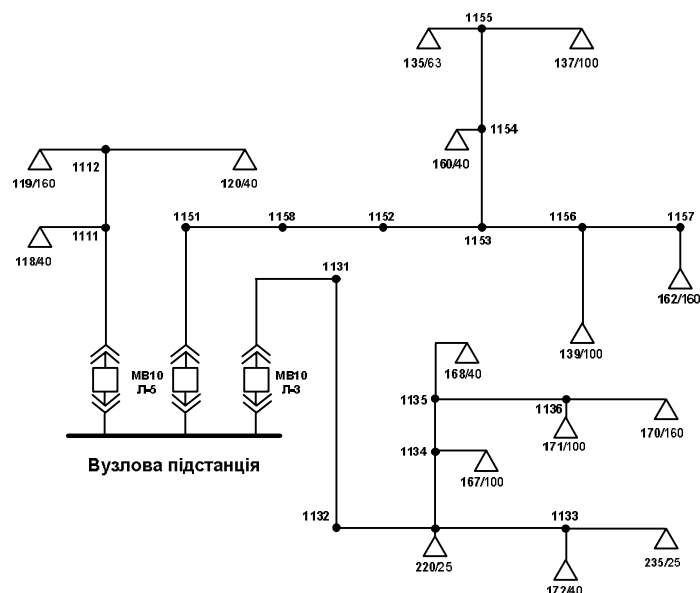


Рис. 1. Фрагмент схеми ЕМ 10 кВ вузлової підстанції 110/10 кВ.

Аналіз залежності ЕЕРП використано на прикладі фідера Л-3, сумарна встановлена потужність трансформаторних підстанцій якого становить 490 кВА, загальна протяжність ліній 9,29 км. Результати розрахунку ЕЕРП подано на рис. 2.

Як видно з рис. 2 економічні еквіваленти реактивної потужності залежать від режиму і збільшуються за зростання перетікань активної та реактивної потужності електромережами. Так, у режимі мінімальних навантажень, коли перетоки реактивної потужності у ЕМ практично відсутні, компенсація реактивної потужності є недоцільною. У режимах середніх і максимальних навантажень значення ЕЕРП різко зростають.

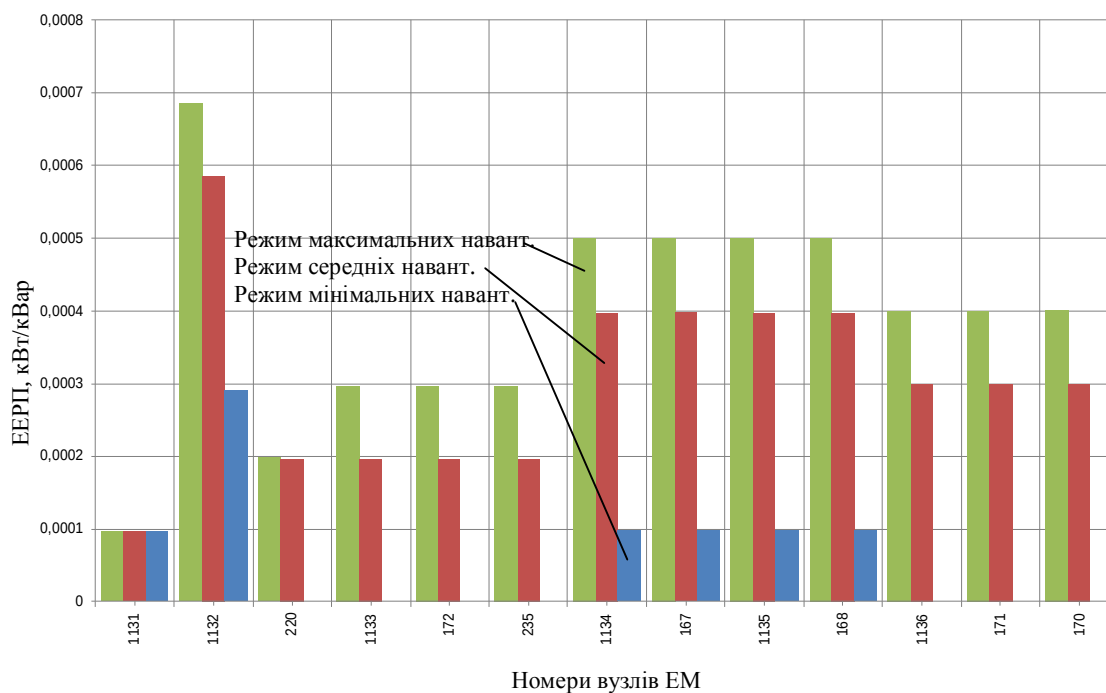


Рис. 2. Розрахункові значення ЕЕРП у режимах мінімальних, середніх та максимальних навантажень ЕМ.

Для дослідження впливу розосередженого генерування на режими роботи ЕМ та розрахунку необхідного рівня компенсації проведено обчислювальний експеримент на прикладі ЕМ (рис.3): зімітовано встановлення вітової електростанції (ВЕС) потужністю 30 кВт з асинхронним генератором та повною компенсацією реактивної потужності. Для встановлення РДЕ вибрано найбільш електрично віддалений вузол ЕМ. На підставі модифікованої розрахункової схеми електричної мережі виконано аналіз чутливості ЕЕРП до зміни режиму ЕМ з РДЕ. Результати подано на рис. 3.

З діаграми (рис. 3) видно, що встановлення РДЕ у розподільній електричній мережі призводить до зростання ЕЕРП, що пояснюється зміною напрямку та графіків перетікань реактивної потужності. Особливо це проявляється у режимі мінімальних навантажень. Результати порівняння ЕЕРП для ЕМ за відсутності розосередженого генерування та з РДЕ подано на рис. 4.

Як видно з аналізу результатів, що значення ЕЕРП для вузлів споживання залежать від розміщення цих вузлів по відношенню до РДЕ. Наприклад, для ТП-167 у режимі ЕМ без РДЕ значення ЕЕРП перевищує аналогічне у режимі з розосередженим генеруванням, що підключене до ТП-170. Тобто поява розосередженого генерування у схемі зменшила вплив реактивного споживання ТП-167 на втрати в ЕМ, зменшивши спад напруги на шляху перетікання реактивної потужності до її споживачів.

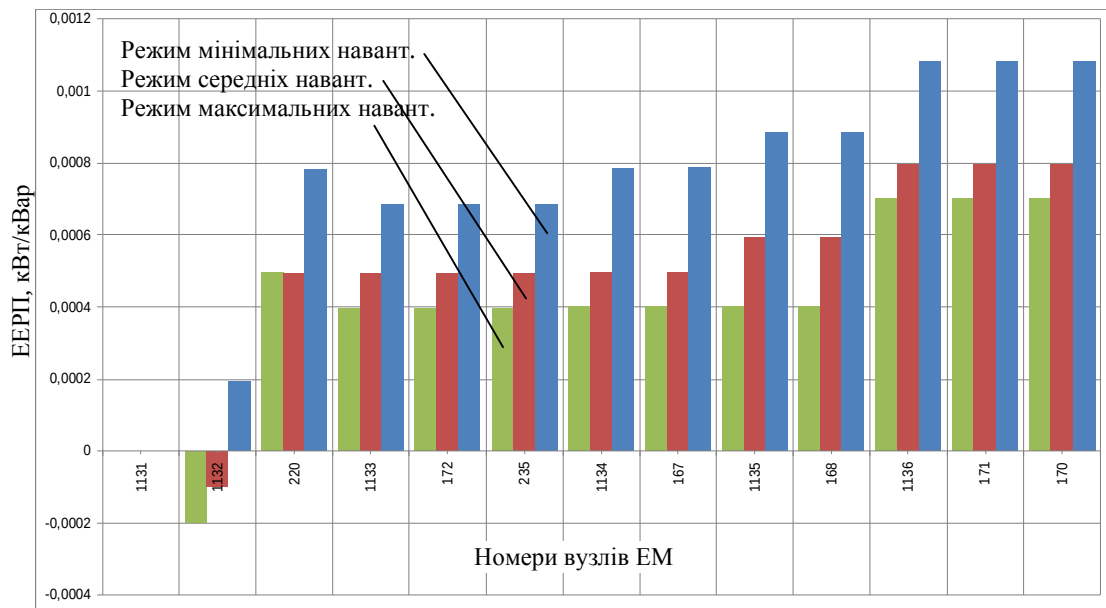


Рис. 3. Розрахункові значення ЕЕРП у різних режимах споживання електромереж з РДЕ.

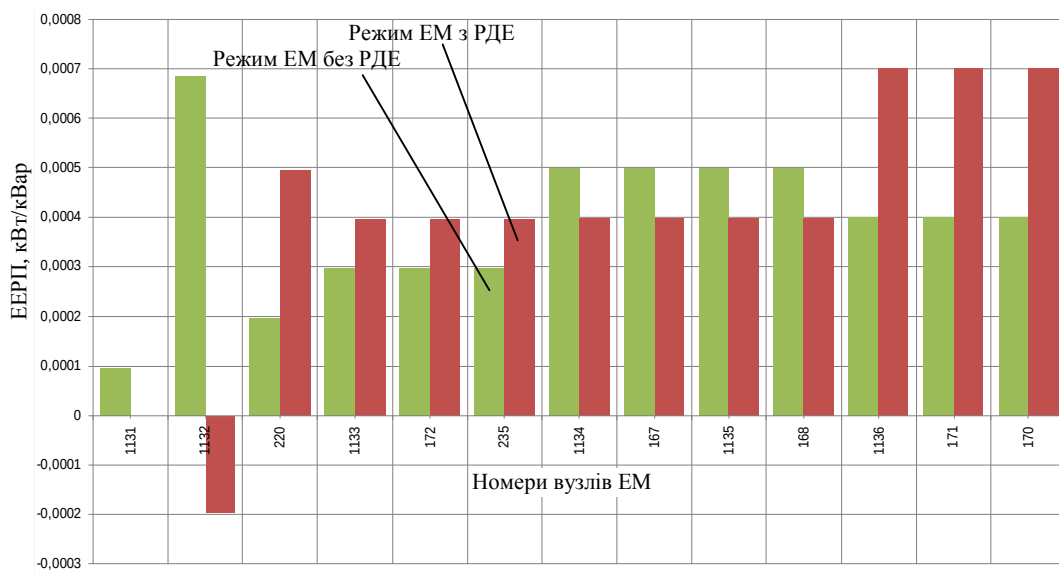


Рис. 4. Розрахункові значення ЕЕРП для ЕМ з РДЕ та без розосередженого генерування.

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

1. На підставі математичної моделі сумарних видатків ЕК на обслуговування перетікань реактивної потужності в ЕМ запропоновано ряд цільових функцій, які дозволяють формалізувати окремі локальні задачі оптимізації КРП зі збереженням пріоритетності забезпечення загальносистемного ефекту.

2. Запропоновано метод оптимізації рівнів КРП в електромережах з РДЕ, що базується на розробленій математичній моделі сукупних видатків енергопостачальної компанії на обслуговування перетікань реактивної потужності у межах балансової належності та побудований на принципах дискретної оптимізації. За рахунок цього метод забезпечує більш адекватні результати, оскільки дозволяє враховувати: можливість зворотних перетікань активної та реактивної потужності у магістралях ЕМ за рахунок функціонування РДЕ неспівмірної

потужності; вплив перерозподілу реактивної потужності в ЕМ на рівні напруг в них; зростання нерівномірності графіків реактивних перетікань окремих ЛЕП та трансформаторів за рахунок запровадження заходів з КРП.

3. Досліджено вплив реактивних потужностей КУ та РДЕ, що функціонують у локальних електричних системах, на значення ЕЕРП окремих споживачів, що дозволяє оцінити реальний регулювальний ефект, а також роль і задачі окремих джерел в процесі оптимального керування режимами ЕМ по реактивній потужності.

Список використаних джерел.

1. Рогальський Б. С. Економічні еквіваленти реактивної потужності (ЕЕРП) та їх використання [Текст] / Б. С. Рогальський, О. М. Нанака // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 6. – С. 126–129.
2. Праховник, А. В. Комплексне і системне вирішення проблем компенсації реактивних навантажень в електричних мережах споживачів та енергопостачальних компаній [Текст] / А. В. Праховник, В. М. Божко, Б. С. Рогальський, О. М. Нанака // Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро. – 2004. – № 2. – С. 2–9.
3. Рогальський, Б. С. Компенсація реактивної потужності. Методи розрахунку, способи та технічні засоби управління. [навчальний посібник] / Б. С. Рогальський. – Вінниця. – Універсум–Вінниця. – 2006. – С. 236.
4. Методика визначення економічно доцільних обсягів компенсації реактивної енергії, яка перетікає між електричними мережами електропередавальної організації та споживачами (основного споживача та субспоживача) [Електронний ресурс] / Наказ Мінпаливенерго України 05.01.2006р. №1. – Режим доступу : [http : //dnop.com.ua/dnaop/act9926.htm](http://dnop.com.ua/dnaop/act9926.htm).

УДК 621.314

Грицюк І.В., к.т.н.

Грицюк Ю.В., к.т.н.

Оксенюк М.А., аспірант

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ВПЛИВУ МОДУЛЬОВАНИХ НАПРУГ ЖИВЛЕННЯ НА РЕЖИМИ РОБОТИ СТАТИЧНИХ ТИРИСТОРНИХ КОМПЕНСАТОРІВ

Грицюк І.В., Грицюк Ю.В., Оксенюк М.А. Аналіз впливу модульованих напруг живлення на режими роботи статичних тиристорних компенсаторів. Досліджено вплив фазово-модульованої напруги живлення на енергетичні показники статичного тиристорного компенсатора реактивної потужності з заземленою нейтраллю у разі симетричного або несиметричного керування тиристорами бітиристорних ключів. Доведено, що живлення статичного тиристорного компенсатора реактивної потужності фазово-модульованою напругою має позитивний вплив на його техніко-економічні показники.

Ключові слова: реактивна потужність, тиристор, компенсатор, модуляція.

Грицюк И.В., Грицюк Ю.В., Оксенюк Н.А. Анализ влияния модулированных питающих напряжений на режимы работы статических тиристорных компенсаторов. Исследовано влияние фазово-модулированного напряжения питания на энергетические показатели статического тиристорного компенсатора реактивной мощности с заземленной нейтралью в случае симметрического или несимметрического управления тиристорами бисторных ключей. Доказано, что питание статического тиристорного компенсатора реактивной мощности фазово-модулированным напряжением имеет позитивное влияние на его технико-экономические показатели.

Ключевые слова: реактивная мощность, тиристор, компенсатор, модуляция.

Hrytsiuk I, Hrytsiuk Yu, Oksenjuk N. Analysis of the influence of modulated supply voltage on modes of static thyristor compensators. Influence amplitude- and the phase-modulated voltage of a feed on power parameters static thyristor compensator of reactive power with an earthed neutral is investigated at symmetric or asymmetrical controls thyristors bithyristors keys. Factors which allow optimizing operating modes of the compensator are determined, and also to increase his economic efficiency as source of reactive power.

Keywords: reactive power thyristor, compensator, modulation.

Постановка наукової проблеми. Застосування статичних тиристорних компенсаторів (СТК) реактивної потужності в електричних мережах промислових підприємств і енергопостачальних організацій забезпечує оптимізацію багатьох технічних і економічних показників систем електропостачання. Це підтверджується вітчизняним і зарубіжним досвідом експлуатації таких установок.

Аналіз існуючих моделей СТК, демонструє, що незалежно від конструктивного виконання, схем і принципу дії, їх живлення здійснюється синусоїдною напругою промислової частоти.

Синусоїдний сигнал, зазвичай, містить спотворення, що викликані наявністю нелінійних елементів. СТК обладнують фільтрокомпенсуючими пристроями (ФКП), які, залежно від спектру гармонік в мережі, компенсують ті, що мають максимальну амплітуду. Незважаючи на наявність фільтрів, в певній мірі, негативний вплив несинусоїдності напруги все-таки зберігається. Тому існує можливість живлення СТК несинусоїдною напругою, але із детермінованими законами зміни відповідних параметрів (амплітуди, частоти та початкової фази). В такому випадку головним завданням є зменшення споживання активної потужності СТК, а також доведення його загальних техніко-економічних показників до оптимального рівня.

Аналіз досліджень. Попередні дослідження в цій області [1, 2] доводять, що живлення СТК напругами полігональної форми та амплітудно-модульованою напругою дозволяє значно зменшити питоме споживання активної потужності або ж підвищити режимну гнучкість компенсатора.

Зокрема, в роботі [2] доведено, що застосування амплітудно-модульованої напруги у разі симетричного керування тиристорами бітиристорних ключів статичного тиристорного компенсатора забезпечує зменшення питомої споживаної активної потужності на 7,3% порівняно з випадком живлення синусоїдною напругою. Виявлено, що крім кута керування α тиристорами на інтегральні показники енергетичного процесу має суттєвий вплив глибина амплітудної модуляції q . Фактично утворюється другий канал керування енергетичним процесом в СТК. Компенсатор стає двоканальним, що підвищує його режимну гнучкість.

У разі глибокої модуляції спостерігається біфуркація струму в колі тиристорів, яка супроводжується стрибком реактивної та споживаної активної потужностей. Причому, чим більше значення q , тим більші величини цих стрибків. Вказаний фізичний ефект дозволяє практично миттєво переходити на інший режим роботи СТК та застосовуватись при динамічній компенсації реактивної потужності. Аналогічні характеристики має режим несиметричного керування тиристорами бітиристорних ключів СТК.

Формулювання цілей статті. Метою даного дослідження є оцінка рівня впливу фазово-модульованої напруги живлення на показники енергетичного процесу СТК.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Якщо до затискачів СТК підводиться фазово-модульована напруга живлення

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

то коли $0 \leq q \leq 1$, вона буде ізоморфною по відношенню до однотональної амплітудної модуляції напруги живлення [2] і може бути подана у вигляді

$$u(\theta) = U'_m (\sin \theta + q' \sin 2\theta), \quad (1)$$

$$\text{де } U'_m = U_m (I_0(q) - I_2(q)); \quad q' = \frac{I_1(q) - I_3(q)}{I_0(q) - I_2(q)}; \quad I_n(q), \quad n = 0, 1, 2, 3 \text{ - функції Бесселя}$$

дійсної змінної q ; n - індекс цієї функції. Ізоморфність амплітудно- та фазово-модульованих напруг живлення свідчить про те, що під дією цих напруг процеси в СТК протікають якісно однаково, проте кількісно вони будуть відрізнятися через неоднаковість U_m та U'_m , q і q' . Однак ізоморфність модульованих напруг живлення дозволила провести дослідження енергетичних процесів в СТК у разі його живлення амплітудно-модульованою напругою, а результати цього дослідження поширити на СТК у разі його живлення фазово-модульованою напругою шляхом заміни U_m на U'_m та $0,5q$ на q' . Таким чином, математичні моделі, які застосовувалися для дослідження впливу амплітудно-модульованої напруги на енергетичні показники СТК і описані в роботі [2], можуть бути адаптовані для компенсатора у разі живлення його фазово-модульованою напругою. Дослідження проводилися для СТК, до складу якого входять реактори РКOC-3900/10-У1 та тиристори Т253-500. Характеристики вказаних елементів подані в роботі [2]. При визначенні інтегральних показників енергетичного процесу СТК застосовувалися інтегральні методи, оскільки вони дозволяють визначити ці показники без розкладання кривих струму та напруги у ряд Фур'є. Інтегральні показники енергетичного процесу СТК із заземленою нейтраллю при його живленні фазово-модульованою напругою можна знайти за формулами (16)...(24), (28)...(36) [2], якщо в них здійснити заміну q на $2q'$, величини Q_* , P_* , P_{T*} помножити на $(I_0(q) - I_2(q))^2$, а

також в P_{T*} замінити γ_0 на $\frac{\gamma_0}{I_0(q) - I_2(q)}$. За допомогою системи Mathematica 5.0 були проведені

відповідні розрахунки та на їх основі побудовані графіки зміни реактивної потужності $Q_*(\alpha)$, споживаної активної потужності $P_*(\alpha)$ та її питомого значення $P_{Q*}(\alpha)$ при симетричному (рис.

1) й несиметричному керуванні тиристорами БК (рис. 2), якщо живлення здійснюється фазово-модульованою напругою. У разі фазової модуляції напруги живлення та симетричного керування тиристорами БК при збільшенні глибини модуляції q у межах від 0 до 1 відбувається зменшення величини реактивної потужності, величини споживаної активної потужності, а також зменшення на 4,9 % питомого значення споживаної активної потужності (рис. 1 а, б, в). Оскільки максимальне значення генерованої реактивної потужності в цьому випадку менше, ніж у разі амплітудної модуляції напруги живлення, то ємність конденсаторної батареї і відповідно її вартість зменшуються. Отже, застосування фазово-модульованої напруги живлення за інших рівних умов дає більший економічний ефект порівняно із застосуванням амплітудної модуляції напруги живлення. При глибокій фазовій модуляції напруги живлення спостерігаються стрибки реактивної та споживаної активної потужності СТК. Однак величина цих стрибків значно менша, ніж при амплітудній модуляції напруги живлення. Крім того, стрибки потужностей спостерігаються у більш вузькому діапазоні зміни величини q .

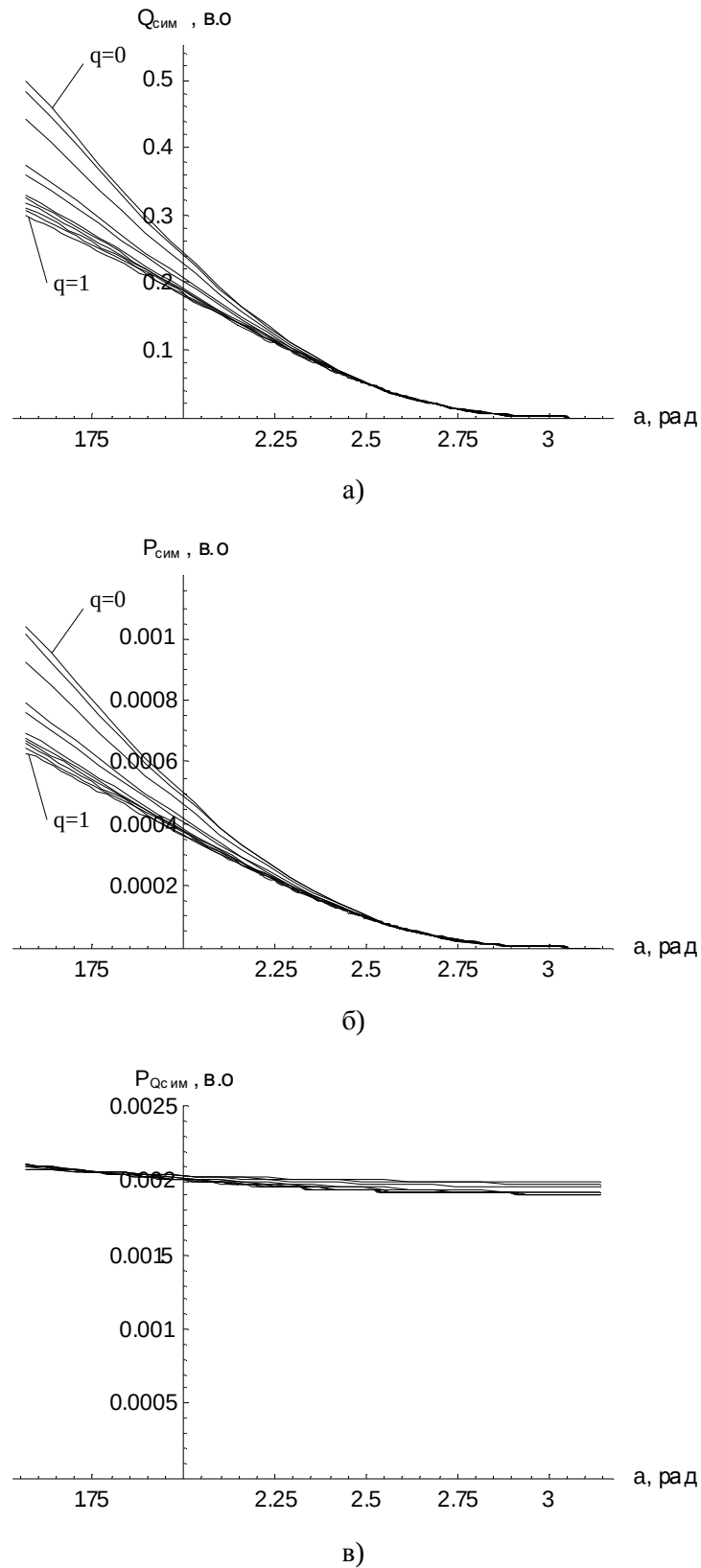


Рис. 1. Графіки залежностей $Q_*(\alpha)$, $P_*(\alpha)$ та $P_{Q*}(\alpha)$ при симетричному керуванні тиристорами у разі живлення СТК фазово-модульованою напругою.

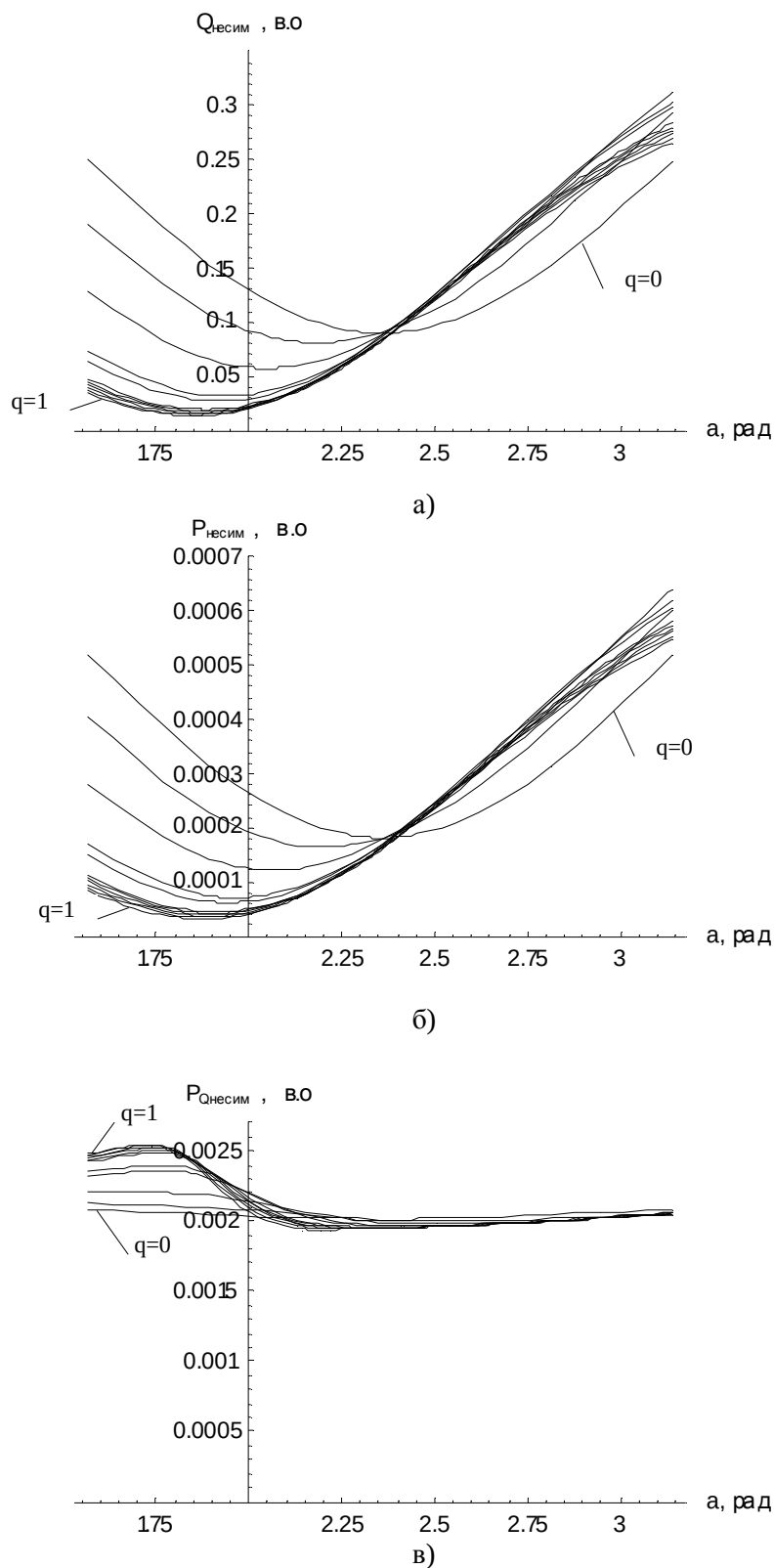


Рис. 2. Графіки залежностей $Q_*(\alpha)$, $P_*(\alpha)$ та $P_{Q^*}(\alpha)$ при несиметричному керуванні тиристорами у разі живлення СТК фазово-модульованою напругою.

При несиметричному керуванні тиристорами БК у разі фазової модуляції напруги живлення зі

збільшенням q відбувається така ж сама зміна конфігурації кривих $Q_*(\alpha)$, $P_*(\alpha)$ (рис. 2 а, б), що і при амплітудній модуляції, а питоме значення споживаної активної потужності зменшується на 4,9 % в діапазоні кутів керування α від $\frac{2\pi}{3}$ до π (рис. 2, в). Оскільки максимальне значення генерованої реактивної потужності в цьому випадку буде найменшим серед усіх розглянутих варіантів, то ємність та вартість конденсаторної батареї теж будуть найменшими.

Таким чином, застосування фазово-модульованої напруги живлення при несиметричному керуванні тиристорами БК дає найбільший економічний ефект порівняно з іншими варіантами. При глибокій фазовій модуляції напруги живлення так само, як і у разі симетричного керування тиристорами БК, спостерігаються незначні стрибки реактивної та споживаної активної потужностей СТК у вузькому діапазоні зміни величини q .

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

1. Запропоновано використовувати фільтрокомпенсуючий пристрій для формування на затискачах СТК фазово-модульованої напруги живлення (з детермінованими законами зміни фази) з метою оптимізації режимів роботи компенсатора.
2. Виявлено, що так само як і у разі амплітудної модуляції, у разі фазової модуляції напруги живлення при симетричному та несиметричному керуванні тиристорами БК, внаслідок біфуркації струму в колі тиристорів, спостерігаються стрибки генерованої реактивної потужності та споживаної активної потужності. Слід зауважити, що у випадку фазово-модульованої напруги стрибки згаданих показників значно менші, ніж у разі живлення амплітудно-модульованою напругою, крім того вони спостерігаються у більш вузькому діапазоні зміни глибини модуляції q .
3. Доведено, що застосування фазово-модульованої напруги живлення дає більший економічний ефект порівняно з випадком, коли застосовується амплітудно-модульована напруга, оскільки зменшується величина генерованої реактивної потужності, а це дозволяє зменшити ємність конденсаторної батареї та відповідно її вартість.

Список використаних джерел.

1. Грицюк Ю.В. Оптимізація режимів роботи статичних тиристорних компенсаторів реактивної потужності при їх живленні напругами полігональної форми за критерієм мінімуму питомої споживаної активної потужності. / Ю.В. Грицюк, М.В. Петухов, Б.С. Рогальський, М.П. Свиридов. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. - №2. – С. 46-55.
2. Грицюк Ю.В. Застосування амплітудно-модульованої напруги для оптимізації роботи статичних тиристорних компенсаторів реактивної потужності. Ю.В. Грицюк, М.В. Петухов, Б.С. Рогальський. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. - №6. – С. 54-67.

УДК 621.316

Грицюк Ю.В., к.т.н.

Грицюк І.В., к.т.н.

Оксенюк М.А., аспірант

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ВТРАТИ ПОТУЖНОСТІ ТА РЕЖИМ НАПРУГ В РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ

Грицюк Ю.В., Грицюк І.В., Оксенюк М.А. Дослідження впливу розосереджених джерел електроенергії на втрати потужності та режим напруг в розподільних електромережах. В роботі засобами імітаційного моделювання здійснено оцінку взаємного впливу різнотипних розосереджених джерел енергії та розподільних електричних мереж. Виявлено позитивний вплив від функціонування цих джерел на величину втрат та рівень напруги.

Ключові слова: розосереджені джерела енергії, локальна електрична система, гідроелектростанція, сонячна електростанція.

Грицюк Ю.В., Грицюк І.В., Оксенюк М.А. Исследование влияния рассредоточенных источников электроэнергии на потери мощности и режим напряжений в распределительных электросетях. В работе средствами имитационного моделирования осуществлена оценка взаимного влияния разнотипных рассредоточенных источников энергии и распределительных электрических сетей. Выявлено положительное влияние от функционирования этих источников на величину потерь и уровень напряжения.

Ключевые слова: рассредоточенные источники энергии, локальная электрическая система, гидроэлектростанция, солнечная электростанция.

Hrytsiuk Y.V., Hrytsiuk I.V., Oksenjuk M.A. The influence of dispersed energy sources to power loss and mode voltages in distribution networks. In this paper, a simulator assesses the relative impact of different types of dispersed energy sources and electricity distribution networks. The positive impact on the functioning of these sources by the amount of losses and voltage levels.

Keywords: dispersed energy sources, the local electrical system, power plant, solar power.

Постановка наукової проблеми. В останні роки світові тенденції, спрямовані на підвищення енергозбереження і раціонального використання природних ресурсів, призвели до інтеграції відновлювальних джерел енергії в наявні розподільні електричні мережі у вигляді розосереджених джерел енергії (РДЕ). Причому частка останніх в енергобалансі енергосистем зростає і в деяких електричних мережах вже сьогодні досягає 20–30% і більше. До РДЕ, що працюють безпосередньо в мережах 10–6–0,4 кВ, відносяться як традиційні джерела невеликої потужності, так і альтернативні. Таким чином, розподільна електрична мережа поступово перетворюється в мережу з характерними особливостями локальної електричної системи (ЛЕС), яка отримує живлення як від власних РДЕ, так і від централізованого джерела – електроенергетичної системи.

Разом з тим, розподільні електромережі енергосистем проектувалися і споруджувалися за умов централізованого електропостачання, виходячи з чого розбудова в них розосереджених джерел електроенергії породжує нові проблеми та задачі. Основними з технічної точки зору тут є задачі підтримання балансу активної і реактивної потужностей в ЛЕС та оптимізації розосередженого генерування активної та реактивної енергії.

Аналіз досліджень. Питання дослідження взаємного впливу РДЕ та розподільних електромереж розглянуте в ряді наукових праць [1 – 3]. Результатом попередніх досліджень є формування математичних моделей, що описують вплив РДЕ та централізованого генерування на формування потокорозподілу потужності електроенергетичних систем.

Формулювання цілі статті. Дослідження характерних режимів роботи розподільних електричних мереж сумісно з різнотипними РДЕ на основі імітаційних розрахунків.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Залежно від типу розосереджених джерел електроенергії (РДЕ), їх вплив на режими роботи електромереж є різним. Для фотовольтаїчних установок характерними є значні встановлені потужності (від сотень кіловат до десятків мегават для розподільних електромереж), що у поєднанні з істотною залежністю генерування від випадкового впливу навколишнього середовища, створює принципово нові умови функціонування розподільних електричних мереж (ЕМ). Крім того, застосування потужних інверторів може спричиняти спотворення форми кривої напруги ЕМ та появу вищих гармонік. У випадку використання для перетворення енергії синхронних генераторів, технологічною необхідністю є генерування реактивної потужності. Тобто, крім активної потужності, що є предметом договорів на постачання електроенергії, на

користування електричними мережами, на функціонування в межах енергетичного ринку України, такі РДЕ генерують і реактивну потужність. Виходячи з цього, синхронні генератори (СГ) працюють з коефіцієнтом потужності ($\cos\varphi = 0.8-0.85$). Залежно від співвідношення такого генерування та суміжного споживання їх вплив може бути позитивним, або негативним. Останній проявляється у зростанні струмів у лініях електропередачі (ЛЕП) та трансформаторах, а також підвищенні рівня втрат електроенергії в ЕМ. Однак, у обох випадках локальне генерування реактивної потужності РДЕ сприяє підвищенню рівнів напруги у вузлах ЕМ, що є позитивним моментом для забезпечення якості електропостачання електрично-віддалених споживачів. Крім того, цей аспект треба враховувати, визначаючи економічні еквіваленти реактивної потужності в ЕМ та необхідні рівні компенсації реактивної потужності. Важливою перевагою РДЕ з асинхронними генераторами є мінімальний вплив на режими розподільних електромереж, що зумовлено практично повною компенсацією реактивного споживання у межах балансової приналежності. Виходячи з цього, коефіцієнти потужності на шинах таких джерел є достатньо високими ($\cos\varphi = 0.98-1$).

Для підтвердження наведеного вище, в роботі було виконано ряд натурно-обчислювальних експериментів для аналізу впливу генерування реактивної потужності РДЕ на режими роботи розподільних електромереж і баланс реактивної потужності в них. В якості прикладу наведено результати вимірювань та обчислень для електричної мережі 10 кВ Ф-45 підстанції «Михайлівка», в яку віддають електроенергію РДЕ Слобода-Бушанського комплексу – гідроелектростанція (ГЕС) встановленою потужністю 250 кВт та сонячна електростанція (СЕС) встановленою потужністю 500 кВт (рис. 1). Слобода-Бушанська ГЕС оснащена асинхронними генераторами і, відповідно, практично не видає реактивну потужність в мережу 10 кВ Ф-45. Основні результати, що характеризують її вплив на втрати електроенергії в електричній мережі, подані у табл. 1. З них видно, що генерування ГЕС позитивно впливає на потокорозподіл в ЕМ, зменшуючи втрати електроенергії в ЛЕП на 40%. Вся електроенергія, яка генерується Слобода-Бушанською ГЕС споживається у межах електричної мережі 10 кВ Ф-45 і не передається до розподільних мереж 110 кВ.

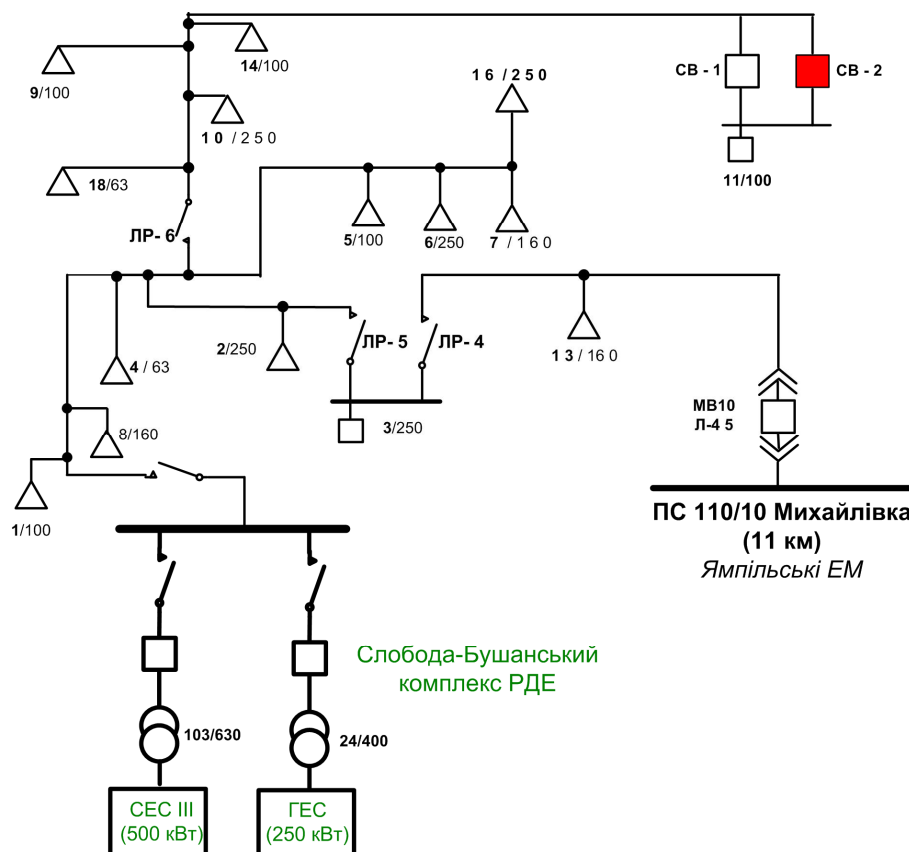
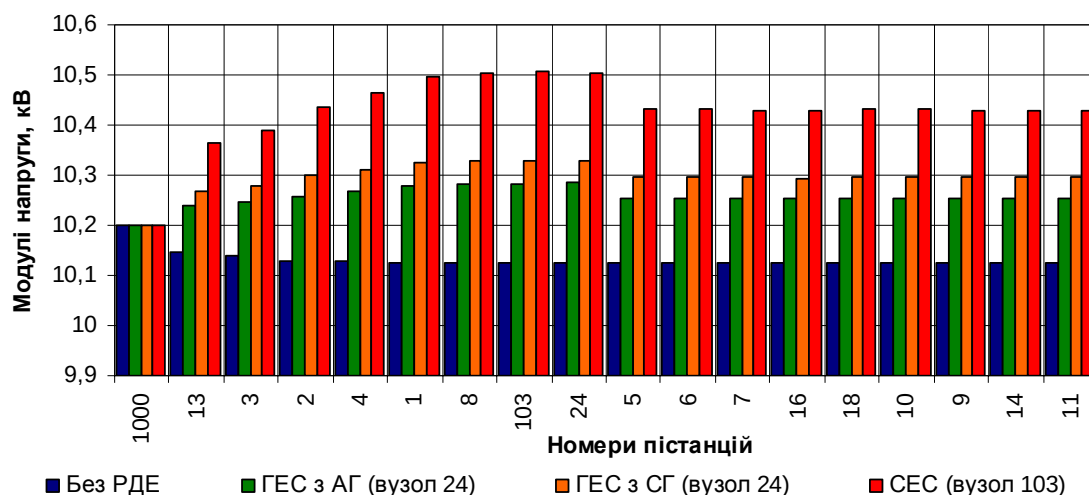
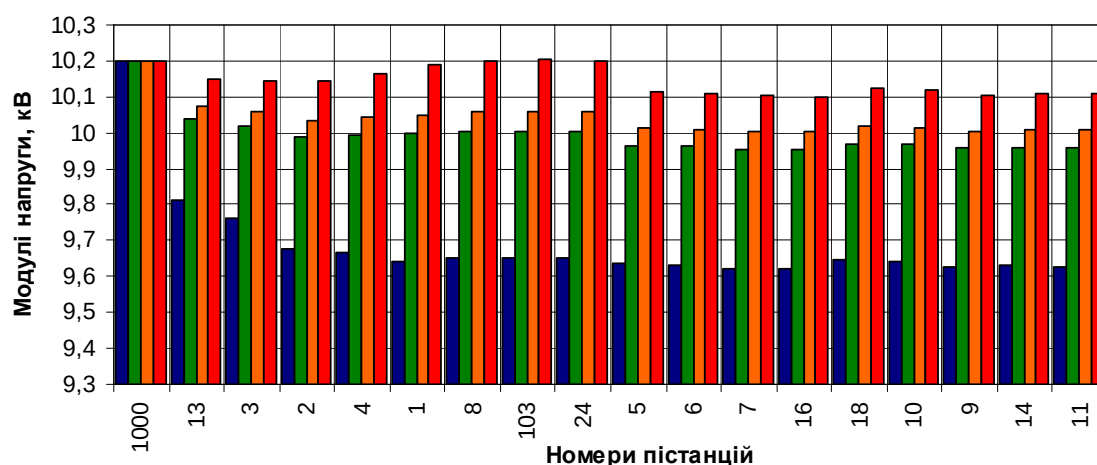


Рис. 1. Схема приєднання Слобода-Бушанського комплексу РДЕ до електричної мережі.

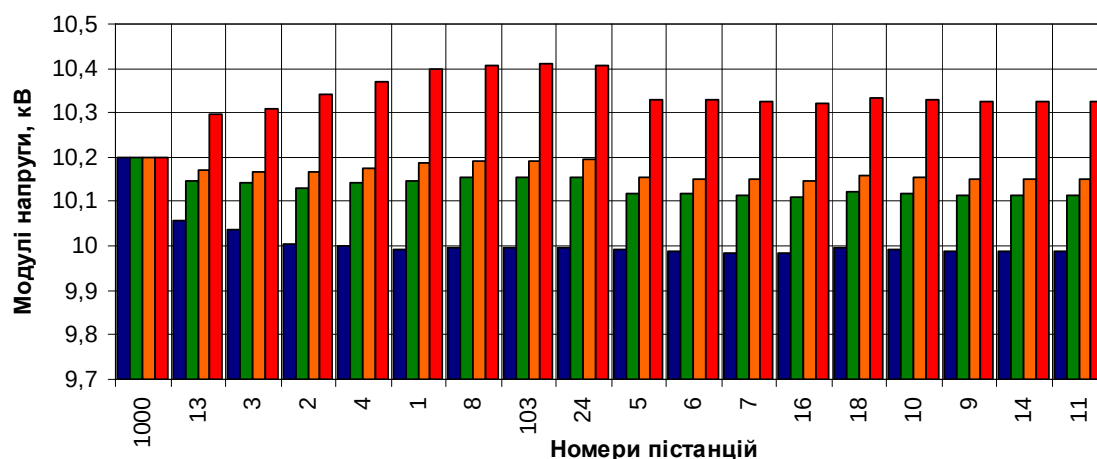
Результати розрахунку характерних режимів роботи ЕМ 10 кВ Ф-45 показують позитивний ефект Слобода-Бушанської ГЕС: для всіх режимів спостерігається зменшення втрат потужності за рахунок розвантаження окремих ЛЕП магістралі фідера Ф-45. Наприклад, у режимі максимальних навантажень, струм головної ділянки Ф-45 за рахунок роботи ГЕС зменшується на 26%, а на окремих ділянках ЛЕП – до 50 %. Крім того, спостерігаються зміни в режимі напруг (рис. 2) – електромережа набуває жорсткості за напругою, що зумовлено вищезазначеними причинами. Ця обставина має враховуватися на етапі математичного моделювання критерію оптимальності задач компенсації реактивної потужності.



а)



б)



в)

Рис. 2. Розподіл напруги по вузлах електромережі з РДЕ у режимах мінімальних (а), максимальних (б) та середніх (в) навантажень.

Для дослідження впливу реактивної потужності даної ГЕС на режими роботи ЕМ було зімітовано встановлення на ній двох синхронних генераторів аналогічної активної потужності з $\cos\varphi = 0.85$. Після цього, розраховано три характерних режими роботи мережі (з урахуванням генерування реактивної потужності малою ГЕС): режим максимальних навантажень, режим середніх навантажень з визначенням втрат електроенергії, а також мінімальних навантажень (рис. 2).

Таблиця 1

Результати розрахунку втрат електроенергії в електричній мережі 10 кВ Ф-45 з РДЕ (асинхронні генератори)

Вид розрахунку	Надходження електроенергії з системи, кВт·год	Втрати в ЛЕП, кВт·год/%	Втрати в трансформаторах, кВт·год/%			Сумарні втрати, кВт·год/%
			Сумарні	Холостого ходу	Навант.	
Без врахування РДЕ	167154,8	6381,8	7572,0	7168,4	403,5	13953,8
		3,8	4,5	4,3	0,2	8,3
З врахуванням ГЕС	669,6	3794,8	7624,0	7168,4	455,6	11418,8
		2,3	4,6	4,3	0,3	6,8
Оцінка впливу ГЕС	-166485,2	-2587,0	52,0	-	52,1	-2535,0
	-99,6 %	-40,5 %	0,7 %	-	12,9 %	-18,2 %

Основні результати, що характеризують вплив генерування реактивної потужності малою ГЕС на втрати електроенергії в електричній мережі, подані у табл. 2.

З результатів розрахунків видно, що за рахунок генерування ГЕС з синхронними генераторами споживачі мережі 10 кВ Ф-45 фактично не споживають електроенергію від централізованого електропостачання. Таким чином, в окремих режимах електромережі за рахунок дії РДЕ може змінюватися основне джерело живлення, що має враховуватися під час формування ЕЕРП та постановки задачі групової компенсації реактивної потужності в ЕМ. Незначний надлишок електроенергії ГЕС видається на шини живильної підстанції, споживаючись у електромережах інших фідерів підстанції 110/10 «Михайлівка». Таким чином, за рахунок РДЕ забезпечується розвантаження розподільних мереж 110 кВ та зменшення втрат електроенергії в них.

Таблиця 2

Результати розрахунку втрат електроенергії у ЕМ 10 кВ Ф-45 з малою ГЕС (синхронні генератори)

Вид розрахунку	Надходження електроенергії з системи, кВт·год	Втрати в ЛЕП, кВт·год/%	Втрати в трансформаторах, кВт·год/%			Сумарні втрати, кВт·год/%
			Сумарні	Холостого ходу	Навант.	
Без врахування ГЕС	167154,8	6381,8	7572,0	7168,4	403,5	13953,8
		3,8	4,5	4,3	0,2	8,3
З врахуванням ГЕС	-5654,4	1414,1	7499,9	7168,4	331,4	8914,0
		0,8	4,5	4,3	0,2	5,3
Оцінка впливу ГЕС	-172809,2	-4967,7	-72,1	-	-72,1	-5039,8
	-103,4 %	-77,8 %	-1,0 %	-	-17,9 %	-36,1 %

Генерування СЕС відрізняється незначною реактивною складовою та істотною, для даної електромережі, активною потужністю. В режимах максимального генерування сонячна електростанція повністю забезпечує споживачів ЕМ Ф-45, а надлишок електроенергії видається на шини ПС «Михайлівка» та споживається у суміжних фідерах. Результати, що характеризують вплив РДЕ на втрати електроенергії в електричній мережі, подані у табл. 3. З них видно, що за рахунок зміни напрямку перетікання активної потужності в головній ділянці спостерігаються додаткові втрати електроенергії. Крім того неспівпадіння напрямків перетоків активних та реактивних потужностей призводить до додаткового завантаження ЛЕП без підвищення рівнів напруг, що супроводжується підвищенням втрат електроенергії. Внаслідок зазначеного втрати електроенергії в ЛЕП зростають на 95 %, у мережі в цілому на 42 %.

Позитивним моментом є вплив СЕС на рівні напруги в ЕМ (рис. 2). Так, для режиму максимальних навантажень, для якого питання регулювання напруги є найбільш критичним забезпечується мінімальне відхилення по всій мережі від напруги на шинах живильної підстанції. Однак у режимі мінімальних навантажень, на який переважно припадає максимум генерування СЕС (денний мінімум навантаження) спостерігається перевищення граничних рівнів напруги на шинах РДЕ. Це потребує застосування додаткових заходів з регулювання напруги, в тому числі за рахунок компенсації реактивної потужності.

Таблиця 3

Результати розрахунку втрат електроенергії у ЕМ 10 кВ Ф-45 з СЕС

Вид розрахунку	Поступлення електроенергії з системи, кВт·год	Втрати в ЛЕП, кВт·год/%	Втрати в трансформаторах, кВт·год/%			Сумарні втрати, кВт·год/%
			Сумарні	Холостого ходу	Навант.	
Без врахування РДЕ	167154,8	6381,8	7572,0	7168,4	403,5	13953,8
		3,8	4,5	4,3	0,2	8,3
З врахуванням СЕС	-282868,8	12448,2	7472,9	7168,4	304,4	19921,1
		7,4	4,5	4,3	0,2	11,9
Оцінка впливу СЕС	-450023,6	6066,4	-99,1	-	-99,1	5967,3
	-269,2 %	95,1 %	-1,3 %	-	-24,6 %	42,8 %

Висновки та перспективи подальшого дослідження.

1. З аналізу результатів можна стверджувати, що робота РДЕ позитивно впливає на режими електричної мережі 10 кВ, до якої вони приєднані. У режимах, близьких до мінімальних навантажень, такі джерела істотно впливають на режим напруг. Це робить неприпустимим використання припущення щодо номінальних напруг в ЕМ на стадії визначення критеріїв оптимальності в задачах КРП, що є поширеним у експлуатаційній практиці розподільних електромереж.

2. За рахунок дії РДЕ в окремих режимах електромережі може ситуаційно змінюватися основне джерело живлення, що має враховуватися під час формування задачі групової компенсації реактивної потужності в ЕМ.

3. Неврахування розосередженого генерування у процесі моделювання КРП, коефіцієнтів чутливості втрат та напруги до зміни реактивних перетікань (які використовуються для визначення місць приєднання КУ та формування оптимальних керувальних впливів), може призводити до зниження ефективності компенсації реактивної потужності в електромережах.

Список використаних джерел.

1. Лежнюк, П. Д. Оптимізація режимів електричних мереж з малими ГЕС в умовах адресного електропостачання [Текст] / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. Б. Бурикін, О. А. Ковальчук // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск : Проблеми сучасної електротехніки. Ч. 3. – 2010. – С. 31–34. – ISSN 0204–3599.
2. Лежнюк, П. Д. Розосереджені джерела електроенергії в електричних мережах [Текст] / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. А. Ковальчук, В. О. Хоменко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2011. – №1. – С. 104–108.
3. Кулик, В. В. Ідентифікація коефіцієнта форми графіка групового навантаження для визначення втрат електроенергії в розподільних мережах [Текст] / В. В. Кулик, Д. С. Писляров // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2008. – Вип. № 18. – С. 92–95.

УДК 539.3

О.В. Гуда, В.М.Тимошук

Луцький національний технічний університет

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПЛАСТИН, ПОШКОДЖЕНИХ ТРІЩИНАМИ

Гуда О.В., Тимошук В.М. Методика розрахунку пластин, пошкоджених тріщинами. У даній роботі на основі рівнянь руху, які враховують деформації поперечного зсуву та обтиснення, запропоновано методику розрахунку пластин, пошкоджених тріщинами. Отримані зручні для інженерного використання аналітичні залежності для обчислення напружень та переміщень у ізотропних і трансверсально-ізотропних пластинах, пошкоджених горизонтальною тріщиною.

Ключові слова: ізотропні та трансропні пластини, поперечний зсув, поперечне обтиснення, згинальні моменти, поперечні сили, прогин, напруження, тріщина.

Форм. 15. Табл. 3. Рис. 2. Літ. 9.

Гуда О.В., Тимошук В.М. Методика расчета пластин, поврежденных трещинами. В данной работе с помощью уравнений движения, которые учитывают деформации поперечного сдвига и обжатия, предложена методика расчета пластин, поврежденных трещинами. Получены удобные для инженерного использования аналитические зависимости для вычисления напряжений и перемещений в изотропных и трансропных пластинах, поврежденных горизонтальной трещиной.

Ключевые слова: изотропные и трансропные пластины, поперечный сдвиг, поперечное обжатие, сгибальные моменты, поперечные силы, изгиб, напряжение, трещина.

Guda O.V., Tymoshchuk V.M. The methods of calculating the plates, which are damaged by cracks. In this work, based on the equations of motion, which take into account the deformations of transverse shear and compression, the methods of calculating the plates, which are damaged by cracks, were proposed. For engineering use the convenient analytical dependences for calculation of stresses and displacements in isotropic plates, which are damaged by horizontal crack, were obtained.

Key words: isotropic and transtropic plates, transverse shear, transverse compression, bending moments, transverse forces, deflection, stress, crack.

Постановка проблеми. Проблема розрахунку тонких пластин, послаблених тріщинами, є особливо актуальною для випадків композитних матеріалів, що мають схильність до розшарувань у суцільному середовищі, між шарами, або в околі армувальних елементів. Хоча поширення тріщини паралельно до серединної поверхні пластини є менш небезпечним, ніж коли це поширення відбувається перпендикулярно, проблема розрахунку такого елемента залишається актуальною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз цієї проблеми наведено у монографіях В.В.Панасюка, М.П.Саврука, О.П.Дацишин [4], М.В.Марчука, М.М.Хом'яка [3], С.В.Серенсена, Г.П.Зайцева [5], Г.П.Черепанова [7] та ін. Деякі задачі для крайових тріщин розв'язані числовими методами і з ними можна познайомитися у відомому довіднику під ред. Ю.Мураками [6]. У роботах В.Ц. Гнуні та Т.А. Єгіазаряна [1] задачі стійкості та згину тонких пластин із внутрішніми тріщинами розглядаються у постанові класичної теорії згину. В даній роботі розв'язана задача циліндричного та осесиметричного згину плити із внутрішньою тріщиною на базі рівнянь уточненої теорії згину плит середньої товщини [8]. Досліджується вплив поперечної анізотропії та довжини тріщини на величини напружень і переміщень у плиті.

Метою дослідження є побудова методики розрахунку пластин, пошкоджених тріщинами, що враховує як ефекти поперечного зсуву, так і деформацію поперечного обтиснення.

Основні результати дослідження. 1. Розглядається циліндричний згин плити товщиною $2h$, що шарнірно оперта на краях $x = \pm a$, а на глибині $z = h - h_0$ (у межах $-l \leq x \leq l$) вона послаблена симетричною поздовжньою тріщиною, що знаходиться паралельно до серединної поверхні (рис.1). Плита згинається сталим розподіленням навантаженням q , що прикладене до зовнішньої поверхні $z = -h$.

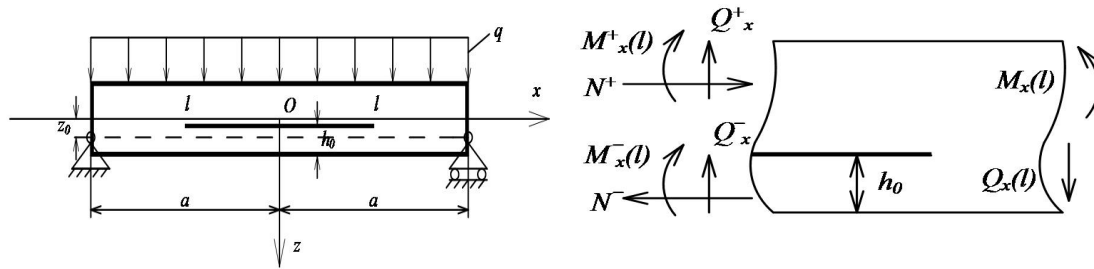


Рис. 1. Схема навантаження плити при циліндричному згині
Авторська розробка

Загальну згинальну жорсткість розділяємо для плити в області тріщини на верхню та нижню:

$$D_1 = D_1^- + D_1^+ = \delta D, \quad (\delta = 1 - 3\beta + 3\beta^2, \quad \beta = h_0/2h), \quad (1)$$

$$D_1^+ = E(2h - h_0)^3/12 = (1 - \beta)^3 D, \quad D_1^- = \beta^3 D.$$

А жорсткість для суцільної ділянки пластини шукаємо в вигляді:

$$D_2 = D = 2Eh^3/3.$$

Контактні напруження, що виникають на берегах тріщини, вважаємо сталими

$$p = \frac{qD_1^-}{D_1^+ + D_1^-} = q\beta^3/\delta, \quad \text{що майже підтверджується числовим експериментом, за виключенням}$$

тих ділянок, де виникають осцилюючі напруження. Для визначення напружено-деформованого стану плити використовуються рівняння уточненої моделі транстропних (трансверсально-ізотропних) плит, що враховують, крім деформації поперечного зсуву, ще й поперечне обтиснення, на що вказують додаткові коефіцієнти, та додаткові функції зсуву і переміщення плоскої задачі теорії пружності:

$$\begin{aligned} D_i w_i^{IV} &= q_{i2} - \varepsilon_1 h_i^2 q_{i2}^{II} - \varepsilon_2 h_i^4 q_{i2}^{IV}; \quad K_i' w_{ir}^{II} = -q_{i2}; \quad Eu_i^{II} = -\nu''(1-\nu) q_{i1}^I, \\ D_i &= D = E\mathcal{I}; \quad \mathcal{I} = 2h^3/3; \quad K' = 4G'h/3; \quad q_{i2} = q^-; \quad q_{i1} = -0,5q^-; \quad u_i, w_i, w_{ir}, h_i = u, w, w_\tau, h \\ q_{i2} &= q_{e2} = q^- + \sigma_z(h - h_0) \equiv q^- - p = q(1 - \beta^3)/(1 - 3\beta + 3\beta^2) \\ q_{i1} &= q_{e1} = (\sigma_z(h - h_0) - q^-)/2 = -(p + q^+)/2. \end{aligned} \quad (2)$$

Розв'язки задачі записуємо окремо для ділянки з тріщиною та для ділянки без тріщини. За допомогою граничних умов на межі ділянок пластини з тріщиною, де їх умовно зшиваємо, тобто вимагаємо, щоб переміщення, згинальні моменти, поздовжні сили дорівнювали нулю, а для ділянки з тріщиною – рівні між собою, знаходимо максимальні переміщення з урахуванням поперечного зсуву та обтиснення:

$$w_n = \frac{5qa^4}{24D} \left[1 + 3\theta^4 + 0,3(\theta^2 - A'(1 - \theta^2)) \frac{h^2}{a^2} + 2,4\varepsilon_1(1 - 0,25A'h^2/a^2) \frac{h^2}{a^2} \right] - \frac{\alpha_0 q h \mathcal{B}^6}{16E'}. \quad (3)$$

А також, після нехтування коефіцієнтами, що враховують поперечний зсув та обтиснення, отримаємо формулу для переміщення в класичній постановці:

$$w_n = \frac{5qa^4}{24D} (1 + 3\theta^4). \quad (4)$$

У (4) θ – відносна довжина тріщини. Якщо $\theta = 0$ – відома формула для суцільної пластини, $\theta = 1$ – тріщина ділить плиту на дві частини, згин двох плит і переміщення збільшується в 4 рази. Цю задачу в класичній постановці розв'язав Тимошенко, але до формули такого виду не звів. Дана формула (4) є простою і її можна ввести в навчальні посібники для студентів при розрахунку суцільних плит та плит з тріщинами.

Формули для визначення напружень, що виникають у плиті над тріщиною і під тріщиною та на берегах тріщини:

$$\sigma_x(0, \pm h) = \pm \frac{3}{4} \frac{a^2}{h^2} (1 + \theta^2) q \pm \frac{1}{5} \frac{(G/G' - \nu'')}{(1 - \nu)} q; \quad (5).$$

$$\sigma_x(0, m0) = m \frac{3}{2} \frac{a^2}{h^2} \theta^2 q m \frac{1}{4} \frac{(G/G' - \nu'')}{(1 - \nu)} q.$$

Додаткові члени (5) враховують поперечний зсув та обтиснення для різних модулів зсуву та коефіцієнта Пуассона. У випадку товстих плит цей доданок дає значний вплив. Для ізотропних пластин можна отримати прості формули, якщо цим членом знехтувати.

Дана задача порахована МГЕ, що підтверджує отримані результати. Для плит без тріщини результати співпадають.

Отримали числові результати для верхньої та нижньої частини плити над тріщиною і під тріщиною (рис.2).

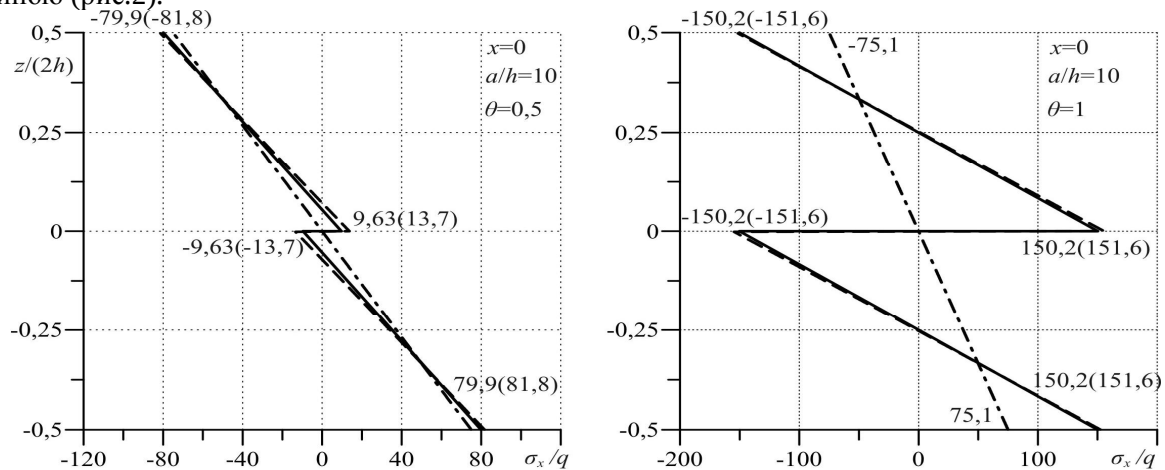


Рис. 2. Графіки зміни напружень σ_x / q за поперечною координатою $z / 2h$

Авторська розробка

Штрих-пунктирною лінією зображено випадок без тріщини, пунктиром – пораховані результати за допомогою МГЕ. Перший рисунок відповідає випадку, коли тріщина займає половину довжини плити ($\theta = 0,5$), другий – плита повністю розділена тріщиною ($\theta = 1$) (тут для випадку суцільної плити результат відрізняється).

У таблицях 1,2 показано як змінюється напруження в залежності від довжини тріщини в ізотропній плиті (таб.1) та дерев'яній (таб.2), в дужках результати пораховані МГЕ.

Таблиця 1. Значення напружень у ізотропній плиті

Авторська розробка

$\frac{a}{h}$	σ_x / q (ізотропія)			
	$\theta = 0$	$\theta = 0,5$		$\theta = 1$
5	18,95 (18,86)	23,64 (20,60)	20,12	37,7 (38,3)
10	75,20 (75,10)	93,95 (81,78)	79,89	150,2 (151,6)
20	300,2 (300,8)	375,2 (326,7)	308,9	600,2 (604,7)

Таблиця 2. Значення напружень у траністропній плиті

Авторська розробка

$\frac{a}{h}$	σ_x / q (деревина)		
	$\theta = 0$	$\theta = 0,5$	$\theta = 1$

5	21,52 (21,23)	22,69 (22,80)	40,27 (38,72)
10	77,77 (77,79)	82,46 (84,64)	152,8 (152,3)
20	302,8 (304,3)	321,52 (331,4)	602,8 (605,9)

Більш ефективними будуть формули напружень, якщо взяти не θ^2 , а θ^4 .

2. Розглянемо осесиметричний згин круглої транструпної плити. Кругла пластина, радіусом R із товщиною $2h$, навантажена розподіленням по поверхні $z = -h$ тиском q . На віддалі $h_0 \in [0; h]$ від нижньої поверхні пластина має монетоподібну тріщину радіуса $l \in [0, R]$, що знаходиться паралельно до серединної поверхні. Аналогічно, в області, де виникла тріщина, циліндричну жорсткість можна подати як алгебраїчну суму жорсткостей «пакету» верхнього і нижнього елементів плити, де немає тріщини – як циліндричну жорсткість суцільної плити. Використано рівняння згину уточненої теорії для транструпних плит:

$$D_i \Delta^2 w_i = q_{i2} - \varepsilon_1 h_i^2 \Delta^2 q_{i2} - \varepsilon_2 h_i^4 \Delta^2 q_{i2}; \quad K' \Delta w_\tau = -q_2. \quad (6)$$

Знайдені загальні формули для напружень:

$$\sigma_r = \frac{N_r}{2h} + \frac{M_r}{I} z + \frac{zG^*}{3I} (z^2 - 0,6h^2) \left(q_2 - \Lambda q_2 h^2 \frac{G'}{E'} \right), \quad (7)$$

які відрізняються від класичної теорії членами, що враховують поперечний зсув і обтіснення, нелінійні по поперечній координаті. У вертикальних переміщеннях (8) враховано функцію зсуву, вони змінюються по координаті z до четвертого степеня. Аналогічно записані розв'язки (9) та граничні умови (10) та умови зшивання (11), де вважалось, що переміщення в області з тріщиною дорівнює переміщенню на ділянці суцільної плити, внизу чи зверху нормальні напруження на межі тріщини однакові, поздовжня сила, що виникає в верхній чи нижній частині плити над тріщиною, співпадає з поздовжньою силою, що виникає в суцільній плиті.

$$U(r, z) = u(r) - z \left(\frac{dw}{dr} - \frac{dw_\tau}{dr} \left(1 - (1 - \nu^*) \frac{z^2}{3h^2} \right) \right) - \frac{(1 - \nu^*)}{8E'h} \frac{dq_2}{dr} z^3; \quad (8)$$

$$W(r, z) = w(r) + 2\alpha_0 z \cdot \frac{q_1}{E'} + A' \cdot \frac{z^2}{2} \Delta w + \frac{\alpha_0 \cdot q_2}{8E'h} \cdot B(z).$$

$$w_i = A_i r^2 + B_i r^2 \ln \frac{r}{R} + C_i \ln \frac{r}{R} + K_i + \frac{q_{i2} r^4}{64D_i}, \quad (i = 1, 2) \quad (9)$$

$$w_\tau^{(i)} = A_\tau^{(i)} + B_\tau^{(i)} \ln \frac{r}{R} - q_{i2} r^2 / 4K_i', \quad u_i = F_i r + L_i r^{-1} + u_i^*.$$

$$w_2(R) = 0, \quad w_\tau(R) = 0, \quad M_{r2}(R) = 0, \quad N_{r2}(R) = 0 \quad (10)$$

$$w_1^-(l) = W(l, h(1 - \beta)); \quad \sigma_r^-(l, \beta h) = \sigma_r(l, h); \quad (11)$$

$$N_r^-(l) = \int_{h-h_0}^h \sigma_r(l, z) dz.$$

Отримали вирази для максимальних напружень (12) і переміщень (13):

$$\sigma_{r1}^-(0, \pm h_0/2) = \frac{N_{r1}^-(l)}{2\beta h} \pm \frac{3M_{r1}^-(0)}{2\beta^2 h^2} \pm 0, 2G^* p, \quad (12)$$

$$w_1^-(0) = w_{кл.} \left[1 + 3\theta^4 - \theta^6 \left(\theta^2 - 2\theta^4 \frac{1+\nu}{3+\nu} \right) + \frac{16}{5+\nu} [2\varepsilon_0(1+\theta^2(1-t)) + \theta^2 G^* / 3] \frac{h^2}{R^2} \right] - B'. \quad (13)$$

Для випадку $\theta = 1, \beta = 0,5$, коли тріщина ділить плиту на дві рівних половини, одержимо максимальні напруження на зовнішніх поверхнях точок центральної осі плити – $\sigma_r(0, \pm h)$ та

максимальні напруження на поверхнях тріщини в середині плити «над» і «під» тріщиною – $\sigma_{r1}(0, m0)$, а також максимальні переміщення $w_1^-(0)$ у вигляді наступних формул:

$$\begin{aligned}\sigma_r(0, \pm h) &= \pm \frac{3(3+\nu)qR^2}{16h^2} \pm 0,2G^*q; \\ \sigma_{r1}(0, m0) &= \pm \frac{3(3+\nu)qR^2}{16h^2} \pm 0,25G^*q; \\ w_1^-(0) &= 4w_{кл.} \left[1 + \frac{8}{5+\nu} [\varepsilon_0(2-t) + G^*/6 - \nu''/32] \frac{h^2}{R^2} \right] - \frac{B}{R}.\end{aligned}\quad (14)$$

$$\text{Тут } t(\beta = 0,5) = 1 + 0,5A'h^2/l^2.$$

Порівнявши їх із відповідними формулами [9] для плити без тріщини, бачимо, що її жорсткість знижується майже у чотири рази, а міцність більше ніж удвоє, порівняно із суцільною плитою.

Випадок $\theta = 0, \beta = 1$ у формулах (14) повністю співпадає із результатами для суцільної круглої плити, що одержані раніше в роботах авторів [9], а також за формулами теорії анізотропних товстих плит, одержаних С.Г. Лехніцьким [2].

Величини $\delta, B, \varepsilon_0, G^*$ та $B(\beta)$ у формулах (14) для вертикального переміщення $w_1^-(0)$ та нормальних напружень σ_{r1} враховують ефекти поперечного зсуву та обтиснення. Прирівнявши їх значення у цих формулах до нуля, одержимо елементарні формули для напружень та переміщень за гіпотезами класичної теорії тонких пластин:

$$\begin{aligned}\sigma_{r1}^\pm(0, \pm h) &= \pm \frac{3(3+\nu)qR^2}{32h^2} (1 + \theta^2); \\ \sigma_{r1}^\pm(0, m0) &= \pm \frac{3(3+\nu)qR^2\theta^2}{16h^2}; \\ w_1^-(0) &= \frac{qR^4}{64D} \frac{5+\nu}{1+\nu} (1 + 3\theta^4).\end{aligned}\quad (15)$$

У табл. 3 наведені результати підрахунків зведеного максимального переміщення у центрі плити, шарнірно опертої на краю, залежно від розташування тріщини в плиті (величин β), розмірів тріщини та поперечної анізотропії плити для різних відносних товщин h/R . Результати порівнюються з результатами, які отримав вірменський вчений Єгназарян [1] за допомогою класичної теорії, що не розв'язував задачу, розділяючи пластину на верхню та нижню частини, а також з результатами порохованими МГЕ.

Таблиця 3. Відносне переміщення $\bar{w} = w_1^- / w_{кл.}$ серединної поверхні частини плити під тріщиною
Авторська розробка

$\beta;$ δ	$h/R=0,1$			$h/R=0,2$			$\frac{G}{G'}, \frac{E}{E'}$
	$\theta = 0$	$\theta = 0,5$	$\theta = 1$	$\theta = 0$	$\theta = 0,5$	$\theta = 1$	
$\beta = 0,2;$ $\delta = 0,52$	1,0	1,410	1,923	1,0	1,410	1,923	Егназарян кл. теорія
	1,0	1,058	1,923	1,0	1,058	1,923	
	1,034	1,085	1,943	1,136	1,165	2,004	Ізотр. МГЕ
	1,035	1,053	1,905	1,174	1,198	2,093	
	1,437	1,465	2,252	2,709	2,697	3,241	Анізотр.
$\beta = 0,5;$	1,0	1,941	4,0	1,0	1,941	4,0	Егназарян кл. теорія
	1,0	1,187	4,0	1,0	1,187	4,0	

с - н тс

	1,034 1,035	1,191 1,089	4,041 3,937	1,136 1,174	1,200 1,238	4,164 4,460	Ізотр. МГЕ
	1,437	1,648	4,529	2,709	3,029	6,101	Анізотр.

Аналіз даних табл. 3 показує, що у випадку розділення плити тріщиною на пластини неоднакової товщини відбувається перерозподіл нормальних напружень у сторону їх збільшення в пластинах із більшою товщиною і навпаки — зменшення в пластинах із меншою товщиною. Разом з тим, більш точні (порівняно із класичною теорією тонких пластин) підрахунки показують відсутність прямо пропорційної залежності величин напружень від товщини утворених пластин, які мають місце в класичній теорії згину. Збільшення трансверсальної ізотропії матеріалу веде також і до збільшення на 13,9% (для $h/R = 0,2$) величини максимальних напружень $\sigma_r(0, \pm h)$.

Висновки. Знайдено узагальнений метод розрахунку пластин, пошкоджених тріщинами. Отримані зручні для інженерного використання аналітичні залежності для обчислення напружень та переміщень у ізотропних і трансверсально-ізотропних пластинах, пошкоджених горизонтальною тріщиною. Для розрахунку використано некласичну модель згину транстропних плит. Ці результати дозволяють прогнозувати, із достатньою практичною точністю, міцність та жорсткість пластин за геометричними параметрами тріщин в пластині, а також різними фізичними характеристиками матеріалу, його поперечної анізотропії.

Аналіз результатів показує, що зі збільшенням довжини тріщини напруження та переміщення у плиті будуть зростати до значень, які можуть виникати у двох окремих плитах, покладених одна на одну без тертя. Тоді напруження в них стануть, приблизно, удвічі, а переміщення учетверо, більшими. Поправки від урахування деформацій поперечного зсуву та обтіснення для напружень є незначними у випадку ізотропного матеріалу. Разом з тим, для транстропних матеріалів (склопластики, дерево та ін.) ці поправки вже можуть бути істотними.

1. Гнуни В.Ц., Егизарян Т.А. Об устойчивости пластинок, ослабленных трещиной / В.Ц. Гнуни, Т.А. Егизарян // Оптимальное управление устойчивости и прочности механических систем. — Ереван: Издательство ЕГУ, 2002. — С. 37–41.
2. Лехницкий С.Г. К теории анизотропных толстых плит / С.Г. Лехницкий // Известия АН ССР, ОТН, мех. и машстр. — 1959. — № 2. — С. 141–145.
3. Марчук М.В. Змішана схема методу скінченних елементів для розрахунку шаруватих композитних оболонок і пластин / М.В. Марчук, М.М. Хом'як. — Львів: ПІММ ім. Я.С. Підстригала НАН України, 2003. — 216 с.
4. Панасюк В.В. Распределение напряжений около трещин в пластинках и облочках / В.В. Панасюк, М.П. Саврук, А.П. Дацьшин. — К.: Наукова думка, 1975. — 444 с.
5. Серенсен С.В. Несущая способность тонкостенных конструкций из армированных пластиков с дефектами / С.В. Серенсен, Г.П. Зайцев. — Киев: Наук. думка, 1982. — 296 с.
6. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений: В 2-х томах. Пер с англ. / Под ред. Ю. Мураками. — М.: Мир, 1990. — 1016 с.
7. Черепанов Г.П. Механика разрушения композиционных материалов / Г.П. Черепанов. — М.: Наука, 1983. — 296 с.
8. Швабюк В.И. О одном варианте обобщенной теории трансверсально изотропных плит / В.И. Швабюк // Прикл. механика. — К., 1974. — Т. 10. — №11. — С. 87–92.
9. Швабюк В.И. Изгиб круглых трансверсально изотропных плит с учетом поперечного сдвига и обжатия / В.И. Швабюк, Р.И. Глек // Расчет пространственных строительных конструкций. — Куйбишев: КуйИСИ, 1979. — Вып. 8. — С. 95–101.

УДК 651.3:518.5

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

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ РІШЕННІ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ

Л.О.Гуменюк, П.О. Гуменюк, В.В. Лотиш. Застосування комп'ютерного моделювання при рішенні прикладних задач. В роботі приведено огляд властивостей та сфер застосування комп'ютерного моделювання. Наведені приклади використання комп'ютерного моделювання у різних галузях науки та промисловості.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, кліткові автомати, теорія фракталів.

L.Gumeniuk, P.Gumeniuk, V.Lotysh. The use of computer modeling in solving the applied tasks. In this paper is given an overview of the properties and applications of computer simulation. Presented the examples of the use of computer simulation in different fields of science and industry.

Keywords: computer simulation, cell machines, theory of fractals.

Л.А.Гуменюк, П.А.Гуменюк, В.В.Лотыш. Применение компьютерного моделирования при решении прикладных задач. В работе приведен обзор свойств и областей применения компьютерного моделирования. Приведены примеры использования компьютерного моделирования в различных областях науки и промышленности.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, клеточные автоматы, теория фракталов.

Моделювання представляє собою один з основних методів пізнання, є формою відображення дійсності і полягає в дослідженні властивостей реальних об'єктів, процесів, явищ або з допомогою абстрактного опису у вигляді планів, зображень, рівнянь, алгоритмів, програм [1].

Суть комп'ютерного моделювання полягає в отриманні якісних і кількісних результатів по наявній моделі. Якісні висновки, отримані по результатах аналізу, дозволяють виявити невідомі раніше властивості складної системи: її структуру, динаміку розвитку та ін. Кількісні висновки можуть носити характер прогнозу деяких майбутніх або пояснення минулих значень змінних, що характеризують систему.

Для вивчення будь-якого явища необхідно створити умови його існування, що не завжди можливо. Застосування комп'ютерів дозволило проводити експерименти шляхом їх моделювання. Зокрема, один з засновників наукового напрямку лабораторії Hewlett-Packard зазначає, що без комп'ютерного моделювання неможливим було б створення струменевого принтера [2]. Спочатку створювалось програмне забезпечення, що моделювало поведінку найдрібніших краплинок чорнила. Необхідно було з'ясувати, що відбувається, коли рідина виприскується із сопла в повітря, та які сили діють на краплинки при їхньому дотику до паперу. Цілий тиждень комп'ютер бився над задачею, поки не вияснив, що відбувається з краплею на протязі перших вирішальних 100 мілісекунд. І лише після того, як на основі цих розрахунків було визначено оптимальну форму сопла і патрона з чорнилами, техніки змогли сконструювати пробний зразок. Для створення потрібного програмного забезпечення розробникам необхідно було врахувати все, що знала сучасна фізика про поведінку рідин. Зате результат комп'ютерного моделювання вразив навіть розробників програми. До того дня жоден вчений не знав, як крапелька чорнил набуває своєї форми.

Програмне забезпечення, розроблене на початку 80-х років для моделювання поведінки рідин стимулювало розробку подібних програм для інших областей науки. На комп'ютері можна довільним чином комбінувати вхідні параметри і отримати результат, наприклад, хімічний склад матеріалу, набагато швидше, ніж в лабораторних умовах.

Комп'ютерне моделювання дозволило зробити захоплюючі відкриття зокрема в галузі астрофізики. Так, в результаті досліджень в інституті Макса Планка в Штуттгарті було розроблено модель, згідно з якою під дією екстремально високих тисків та температур атоми, що містяться в молекулі води вступають в абсолютно нові сполуки, в результаті чого звичайна вода перетворюється в метал з магнітними властивостями [2]. Саме цим вчені – астрофізики пояснюють значення магнітного поля планети Нептун.

В інституті Альберта Ейнштейна в Потсдамі вчені змоделювали космічну катастрофу – зіткнення нейтронних зірок. Дві зірки притягнулись одна до одної та злились в одну, як показано на ілюстраціях (рис.1). Це викликало виникнення в космосі потужних гравітаційних хвиль, що

поширюються зі швидкістю світла. Їх моделювання дозволяє вченим прогнозувати параметри майбутніх змін. Отримані результати дозволили вченим ще на один крок підійти до розуміння нашого Всесвіту.

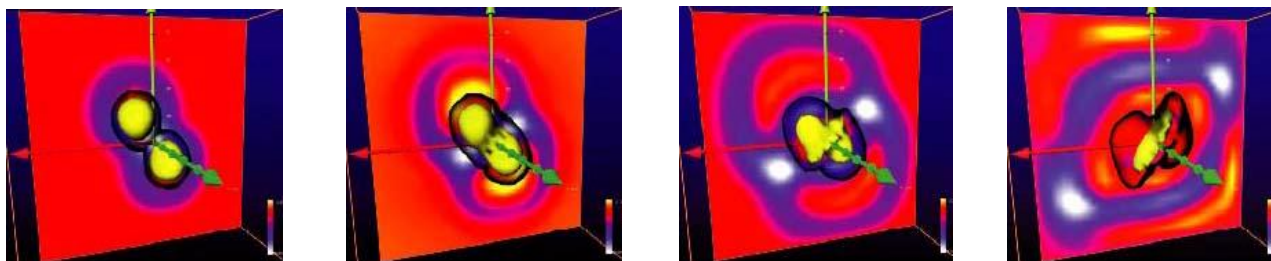


Рис.1. Модель зіткнення нейтронних зірок.

Подібним чином ведуться і біологічні дослідження. На сьогодні з допомогою моделювання широко вивчаються можливості боротьби з ВІЛ-вірусом. Успішне завершення цього проекту дасть можливість позбавити людство від СНІДу.

Прагнення вчених, підтримане потужним розвитком комп'ютерної техніки, має більший вплив на наші будні, ніж це може здатись. У фармації завдяки моделюванню вчені досліджують вплив медикаментів на організм людини; в автомобілебудуванні конструюють нові типи автомобілів та моделюють аварійні ситуації; в хімічній промисловості моделюють нові синтетичні матеріали та досліджують їх властивості; в архітектурі розробляють проекти споруд та макрорайонів; у медицині виконують діагностику хвороб; в авіації моделюються характеристики конструкцій та умови польотів; моделюються кліматичні умови для прогнозів погоди; і навіть віртуальні покази мод та розробка одягу завдячують комп'ютерному моделюванню (рис.2).

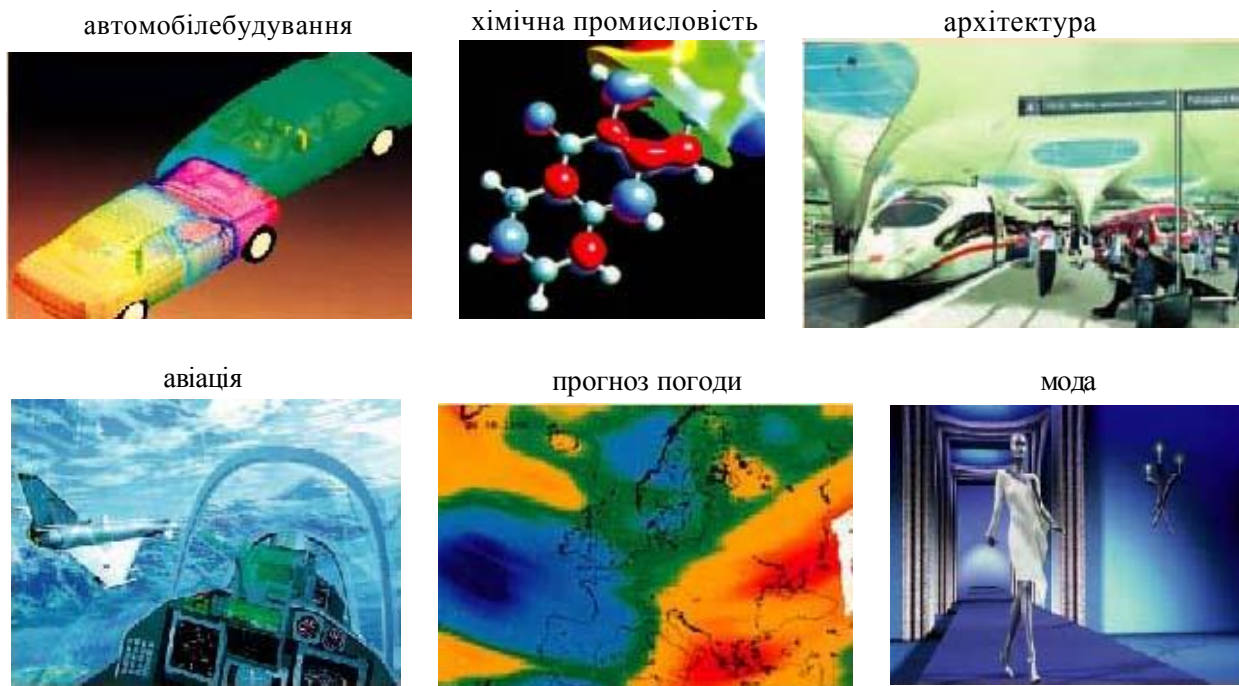


Рис. 2. Приклади використання комп'ютерного моделювання у різних галузях людської діяльності.

Багато складних фізичних явищ моделюється в рамках уявлень про еволюцію систем, відомих як кліткові автомати. Наприклад, як молекули води "знають", як створювати складні симетричні сніжинки? Ніякий "архітектор" не керує будівництвом і молекули не несуть інформації про цю кристалічну структуру. Весь візерунок виникає в результаті взаємодії множини однакових часточок. Кожна молекула реагує на вплив тільки найближчих сусідів, але розміщення у певному порядку зберігається по всій структурі, що містить приблизно 10^{20} молекул.

Обчислювальну модель росту сніжинки можна представити клітковим автоматом – однорідною системою абсолютно однакових кліток, кожна з яких може знаходитись у різних станах та взаємодіяти з найближчими сусідами по певних правилах. Ці клітки та набір правил задають еволюцію автомата.

Вхідними даними для створення моделі певного явища чи процесу за допомогою кліткового автомату є схема структури кліток; тип околу кожної окремої клітки; набір станів, у яких може знаходитись кожна клітка; правила, що визначають закономірності зміни стану.

Перші дослідження по цій тематиці були проведені на початку 50-х років фон Нейманом [3]. Початкова мета фон Неймана полягала у створенні системи, здатної відтворювати саму себе як живий організм. Фон Нейман розглядав у двовірній прямокутній схемі чотири найближчих сусіда кожної клітки: на півночі, півдні, заході, сході (рис.3,а). Цей окіл кліток тепер називають оком фон Неймана. У двовірній постановці задачі крім вказаних кліток окіл може містити також клітки, що знаходяться по діагоналі від вихідної (рис.3,б). Подібний окіл називається оком Мура.

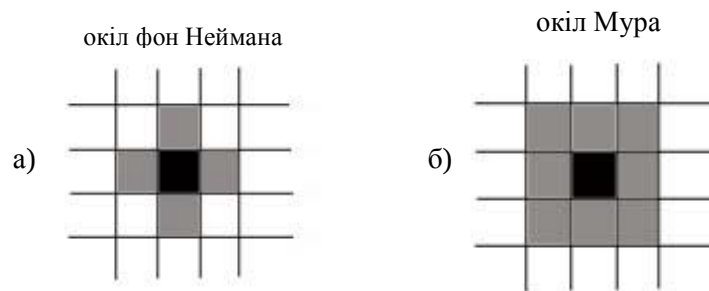


Рис. 3. Система кліток згідно з фон Нейманом (а) та Муром (б).

Важливим фактором при побудові кліткового автомату є кількість станів, у яких може знаходитись клітка. Фон Нейман побудував систему з кліток, що можуть знаходитись у 29 станах, проте величезний діапазон змін спостерігається навіть у автоматах, де клітини представлені двома можливими станами – 1 і 0 (включено-виключено, живий-мертвий).

Найвідоміший клітковий автомат – це гра “Життя”: клітки народжуються, живуть та помирають залежно від локальної щільності популяції. Згідно з правилами гри, якщо центральна клітка жива, то вона буде продовжувати жити в наступному поколінні, коли 2 або 3 клітки з її околу живі. Якщо знайдуться 3 живі клітки в розглядуваному околі, то центральна клітка житиме у наступному поколінні незалежно від її нинішнього стану. У всіх інших випадках центральна клітка або помирає, або залишається мертвою.

Краса гри “Життя” полягає в її непередбачуваності. Деякі схеми повністю помирають, інші утворюють стійкі конфігурації або циклічні конфігурації з періодом у декілька поколінь.

Як видно з назви, гра має біологічний аспект. Проте розроблені кліткові автомати, які розглядають важливі моделі фізичних систем – від сніжинок до феромагнетиків і Галактик. Інтригуючим є той факт, що кліткові автомати можуть розглядатись як “числовий всесвіт”, що сам по собі достойний досліджень.

Професійні математики прийшли до клітинкових автоматів, розглядаючи ітераційні перетворення просторово розподілених структур з дискретним набором станів [4]. Були отримані рішення важливих теоретичних задач в цій області, наприклад, питання оберненості. В групі комп'ютерної логіки університету штату Мічіган Джон Холланд застосовував клітинкові автомати для рішення задач адаптації та оптимізації [5].

На сьогоднішній день клітинкові автомати використовуються для моделювання систем, для яких суттєвою є просторова взаємодія між елементами системи. Вони застосовуються для вивчення загальних аспектів навколишнього середовища, включаючи комунікації, конструювання, ріст, репродукцію, конкуренцію та еволюцію.

Клітинкові автомати є корисними дискретними моделями гідродинамічних та газодинамічних течій [6]. Прості клітинкові автомати можуть моделювати процеси горіння різного характеру. На сьогодні теорія клітинкових автоматів продуктивно застосовується в питаннях, пов'язаних з самовідновлюванням електронних ланцюгів.

Знайшли своє місце клітинкові автомати і в моделюванні процесів у біології, економіці, соціології і т.п. З допомогою клітинкових автоматів успішно вирішуються задачі моделювання течій з вільною границею, розповсюдження теплових потоків, росту дендридів, опису руху натовпу [7-11].

Надзвичайні можливості відкриваються перед дослідниками фракталів. Це ще одна галузь комп'ютерного моделювання, результати якої настільки красиві, що з однаковим успіхом можуть бути як математичним підручником, так і прикрасою журнального стола. В теорії фракталів використовується множина Мандельброта – мешканець комплексної площини. Кожна точка комплексної площини представлена числом, що містить дійсну та уявну частини, які можна вважати координатами точки. Комплексні числа можна додавати і множити, отримуючи при цьому нові значення комплексних чисел. Множина Мандельброта має важливий зв'язок з властивостями стійкості та хаосу в динамічних системах. Якщо почати послідовно обчислювати значення деяких сум комплексних чисел, враховуючи значення, отримані на попередньому кроці, то отримана послідовність утворить фантастичний візерунок на комплексній площині (рис.4).



Рис.4. Приклади моделювання за допомогою фракталів.

Таким чином, моделювання має незаперечну перевагу: вчені можуть вільно міняти параметри і таким чином визначати їх вплив на модель. Незалежно від того, працюють вони над “чорними дірами”, над новими ліками чи над розробкою дизайну приміщення, комп'ютерна модель дозволяє зрозуміти всю систему в цілому. Тому перелік галузей, які за допомогою програмного забезпечення вивчають властивості матеріалів та створюють нову продукцію весь час зростає. І це цілком виправдано – адже навіть несуттєві покращення мають значний вплив на виробництво.

Список використаних джерел:

1. Бирюков Б.В., Гастеев Ю.А., Геллер Е.С. Моделирование // БСЭ. - 2-е изд. – М.,1974. – т.2. – С. 78.
2. СНІР, №6, 1999. – ст.1-4.
3. Фон Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов. — М.: Мир, 1971. — 384 с.
4. Hedlung G.A. Endomorphism and Automorphism of the Shift Dynamic System // Math. Syst. Theory. – 1969. - №3. – pp.51-59.
5. Holland J. Universal Spaces: A Basis for Studies in Adaptation // Automata Theory. – Academic Press. – 1966. – pp.218-230.
6. Frish U. et al Lattice gas hydrodynamics in two and three dimensions // Complex Systems/ 1987. Vol. 1. pp.649-707;
7. Clavin P., Lallemand P., Pmeau Y. and Serby G. Simulatoion of free boundaries in frow system by lattice-gas models // Jornal of Fluid Mechanics. 1988. Vol. 188. pp. 437-464.
8. Chopard B., Droz M. Cellular automat model for heat conduction in a fluid. Physics Letters A. 1988. Vol.126. №.8/9. pp.476-480.
9. Jacobs D.J., Masters A.J. Domain growth in one-dimensional diffusive lattice gas with short-range attraction.// Physical Review A. 1994. Vol.49. №4. pp.2700-2710.
10. Plap M., Gouyet J-E. Dendritic growth in a mean-field lattice gas model. Physical Review A. 1997. Vol.55. №1.
11. Лотиш В.В. Клітинкові автомати. Програмна реалізація. Луцьк. 2012.-112с.іл.

УДК 517.926

Дутчак Б.І., Михальчук Р.І.

Луцький національний технічний університет

СИНТЕЗ ПАРАМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ, МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЯКИХ ОПИСУЮТЬСЯ ЗВЧАЙНИМИ ЛІНІЙНИМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИМИ РІВНЯННЯМИ ІЗ ЗМІННИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ

Дутчак Б.І., Михальчук Р.І. Синтез параметричних систем, математичні моделі яких описуються звичайними лінійними диференціальними рівняннями із змінними коефіцієнтами. Запропонований алгоритм синтезу параметричних систем, які можна описати звичайними лінійними диференціальними рівняннями із змінними коефіцієнтами. Ці рівняння можуть бути проінтегровані шляхом зведення їх до рівнянь з постійними коефіцієнтами. Отримано формули для коефіцієнтів диференціальних рівнянь, які описують такі параметричні системи.

Ключові слова: синтез, моделювання, диференціальні рівняння, перетворення Ляпунова.
Форм. 15. Літ. 4.

Дутчак Б.И., Михальчук Р.И. Синтез параметрических систем, математические модели которых описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями с переменными коэффициентами. Предложен алгоритм синтеза параметрических систем, которые можно описать обыкновенными линейными дифференциальными уравнениями с переменными коэффициентами. Эти уравнения могут быть проинтегрированы путем приведения их к уравнениям с постоянными коэффициентами. Получены формулы для коэффициентов дифференциальных уравнений, которые описывают такие параметрические системы.

Ключевые слова: синтез, моделирование, дифференциальные уравнения, преобразование Ляпунова.

Dutchak B., Mykhalchuk R. Synthesis of parametric systems, whose mathematical models are described by ordinary linear differential equations with variable coefficients. The algorithm for synthesis of parametric systems that can be described by ordinary linear differential equation with variable coefficients is presented in this paper. These equations can be integrated by reducing to equations with constant coefficients. It is obtained formulas for the coefficients of the differential equations that describe these parametric systems.

Keywords: synthesis, modeling, differential equations, Lyapunov transformation.

Вступ. Коливання механічних систем з постійними масою або коефіцієнтом жорсткості до теперішнього часу досліджені достатньо ретельно. Але, якщо змінними є хоча б один із згаданих параметрів системи, то дослідження таких коливань викликає великі труднощі. Прийнято рахувати, що подібні закони руху описуються аналітично досить складно, і тому наближені розв'язки зводять до визначення стійких і нестійких зон руху.

В той же час такі важливі характеристики як періоди коливань, їх амплітуди, швидкості і т.д. до цих пір, як правило, не розглядались. Однак, існують деякі закони визначення маси системи або її коефіцієнта жорсткості, які дозволяють повністю описати і провести аналіз поведінки таких коливальних рухів. Математичні моделі таких систем описуються лінійними диференціальними рівняннями n -го порядку із змінними коефіцієнтами. Розроблено спосіб зведення таких рівнянь до рівнянь з постійними коефіцієнтами, розв'язування яких достатньо добре вивчено. Дана задача є актуальною тому що математичні моделі більшості динамічних процесів, якими описуються реальні системи є диференціальними рівняннями із змінними коефіцієнтами. При розв'язуванні лінійних диференціальних рівнянь вищих порядків із змінними коефіцієнтами виникають значні проблеми на противагу, коли диференціальне рівняння має постійні коефіцієнти.

Постановка задачі. Розглянемо систему яка описується однорідним диференціальним рівнянням n -го порядку із змінними коефіцієнтами

$$a_0(x) \frac{d^n y}{dx^n} + a_1(x) \frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}} + K + a_{n-1}(x) \frac{dy}{dx} + a_n(x) y(x) = 0, \quad (1)$$

де коефіцієнти $a_0(x)$, $a_1(x)$, K , $a_n(x)$ – деякі функції дійсної змінної, визначені на $x \in [\alpha; \beta]$ (в деяких випадках α і β можуть бути і невластивими числами, $x \in R$), причому $a_0(x) \neq 0$ для

$\forall x \in [\alpha; \beta]$. Ввівши вектор-функцію $Y(x) = colon \left(\frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}}; \frac{d^{n-2} y}{dx^{n-2}}; K; \frac{dy}{dx}; y(x) \right)$ та матрицю

$$A(x) = \begin{pmatrix} -\frac{a_1(x)}{a_0(x)} & -\frac{a_2(x)}{a_0(x)} & -\frac{a_3(x)}{a_0(x)} & \Lambda & -\frac{a_{n-2}(x)}{a_0(x)} & -\frac{a_{n-1}(x)}{a_0(x)} & -\frac{a_n(x)}{a_0(x)} \\ 1 & 0 & 0 & \Lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Lambda & 0 & 0 & 0 \\ & \Lambda & & \Lambda & & \Lambda & \\ 0 & 0 & 0 & \Lambda & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

рівняння (1) запишемо у вигляді однорідної системи

$$\frac{dY}{dx} = A(x)Y. \quad (2)$$

Як відомо [1], розв'язок системи (2) так і відповідної неоднорідної системи

$$\frac{dY}{dx} = A(x)Y + f(x)$$

може бути поданий через матрицант, зображений у вигляді ряду. Однак, при обчисленні матрицанту виникають певні труднощі при використанні цих результатів в інженерній практиці. Відомо, що розв'язок системи (2) можна знайти іншим шляхом у випадку, якщо вона є звідною в змісті А.М.Ляпунова [1]. Однак процес знаходження перетворення Ляпунова приводить до необхідності розв'язування матричного рівняння, що також є досить складною задачею.

Основна частина. У зв'язку з цим розглянемо обернену задачу а саме задачу синтезу: визначимо вигляд функцій $a_0(x)$, $a_1(x)$, K , $a_n(x)$ (а отже і вигляд диференціального рівняння і математичної моделі системи), при яких рівняння (1) є звідним при застосуванні деякого нелінійного перетворення незалежної змінної, наприклад

$$z = x^2,$$

(3)

де $z \in R^+$.

Безпосереднім диференціюванням, як показано в [2], виразимо похідні в рівнянні (1) через нову змінну z :

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx} &= 2z^{1/2} \frac{dy}{dz}, \\ \frac{d^2y}{dx^2} &= 4 \left(z \frac{d^2y}{dz^2} + \frac{1}{2} \frac{dy}{dz} \right), \\ \frac{d^3y}{dx^3} &= 8 \left(z^{3/2} \frac{d^3y}{dz^3} + \frac{3}{2} z^{1/2} \frac{d^2y}{dz^2} \right), \\ \frac{d^4y}{dx^4} &= 16 \left(z^2 \frac{d^4y}{dz^4} + 3z \frac{d^3y}{dz^3} + \frac{3}{4} \frac{d^2y}{dz^2} \right), \\ \frac{d^5y}{dx^5} &= 32 \left(z^{3/2} \frac{d^5y}{dz^5} + 5z^{3/2} \frac{d^4y}{dz^4} + \frac{15}{4} z^{1/2} \frac{d^3y}{dz^3} \right). \end{aligned}$$

Можна показати [3], що при використанні заміни (3) похідні $\frac{d^{2k-1}y}{dx^{2k-1}}$ і $\frac{d^{2k}y}{dx^{2k}}$ будуть мати відповідно вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{d^{2k-1}y}{dx^{2k-1}} &= 2^{2k-1} \left(z^{k-\frac{1}{2}} \frac{d^{2k-1}y}{dz^{2k-1}} + A_1^{2k-1} z^{k-\frac{3}{2}} \frac{d^{2k-2}y}{dz^{2k-2}} + A_2^{2k-1} z^{k-\frac{5}{2}} \frac{d^{2k-3}y}{dz^{2k-3}} + \right. \\ &\quad \left. + K + A_{k-2}^{2k-1} z^{3/2} \frac{d^{k+1}y}{dz^{k+1}} + A_{k-1}^{2k-1} z^{1/2} \frac{d^k y}{dz^k} \right), \end{aligned}$$

(4)

$$\frac{d^{2k}y}{dx^{2k}} = 2^{2k} \left(z^k \frac{d^{2k}y}{dz^{2k}} + B_1^{2k} z^{k-1} \frac{d^{2k-1}y}{dz^{2k-1}} + B_2^{2k} z^{k-2} \frac{d^{2k-2}y}{dz^{2k-2}} + K + \right. \\ \left. + B_{k-1}^{2k} z \frac{d^{k+1}y}{dz^{k+1}} + B_k^{2k} \frac{d^k y}{dz^k} \right), \quad (5)$$

де $A_1^{2k-1}, A_2^{2k-1}, K, A_{k-1}^{2k-1}, B_1^{2k}, B_2^{2k}, K, B_{k-1}^{2k}, B_k^{2k}$ – постійні коефіцієнти, де нижній індекс показує номер коефіцієнта, а верхній – порядок похідної у формулі, в якій присутній коефіцієнт. Слід зауважити, що кількість членів у сумі, яка зображає n -ну похідну, дорівнює $\left\lceil \frac{n}{2} \right\rceil + 1$, де n – порядок похідної, а $\left\lceil \frac{n}{2} \right\rceil$ – ціла частина.

Легко бачити, що A_i^{2k-1} та B_j^{2k} , де $i = \overline{1, k-1}$, $j = \overline{1, k}$ зв'язані системою k лінійних рівнянь

$$\begin{cases} B_1^{2k} = k - \frac{1}{2} + A_1^{2k-1}, \\ B_2^{2k} = A_1^{2k-1} \left(k - \frac{3}{2} \right) + A_2^{2k-1}, \\ B_3^{2k} = A_2^{2k-1} \left(k - \frac{5}{2} \right) + A_3^{2k-1}, \\ \Lambda \quad \Lambda \quad \Lambda \quad \Lambda \quad \Lambda \quad \Lambda \quad \Lambda \quad \Lambda \quad \Lambda \quad \Lambda \\ B_{k-1}^{2k} = \frac{3}{2} A_{k-2}^{2k-1} + A_{k-2}^{2k-1}, \\ B_k^{2k} = \frac{1}{2} A_{k-1}^{2k-1}, \end{cases} \quad (6)$$

з розв'язку якої можуть бути виписані явні формули (4) та (5) для похідних довільного порядку. Не зменшуючи загальності припустимо, що в рівнянні (1) $n = 2k$. Тоді, підставивши (4) та (5) в (1) будемо мати

$$a_0(x) \cdot 2^{2k} \left(z^k \frac{d^{2k}y}{dz^{2k}} + B_1^{2k} z^{k-1} \frac{d^{2k-1}y}{dz^{2k-1}} + B_2^{2k} z^{k-2} \frac{d^{2k-2}y}{dz^{2k-2}} + B_3^{2k} z^{k-3} \frac{d^{2k-3}y}{dz^{2k-3}} + \right. \\ \left. + K + B_{k-1}^{2k} z \frac{d^{k+1}y}{dz^{k+1}} + B_k^{2k} \frac{d^k y}{dz^k} \right) + a_1(x) \cdot 2^{2k-1} \left(z^{k-\frac{1}{2}} \frac{d^{2k-1}y}{dz^{2k-1}} + A_1^{2k-1} z^{k-\frac{3}{2}} \frac{d^{2k-2}y}{dz^{2k-2}} + \right. \\ \left. + A_2^{2k-1} z^{k-\frac{5}{2}} \frac{d^{2k-3}y}{dz^{2k-3}} + K + A_{k-2}^{2k-1} z^{\frac{3}{2}} \frac{d^{k+1}y}{dz^{k+1}} + A_{k-2}^{2k-1} z^{\frac{1}{2}} \frac{d^k y}{dz^k} \right) + \\ + a_2(x) \cdot 2^{2k-2} \left(z^{k-1} \frac{d^{2k-2}y}{dz^{2k-2}} + B_1^{2k-2} z^{k-2} \frac{d^{2k-3}y}{dz^{2k-3}} + K + B_{k-1}^{2k-2} \frac{d^{k-1}y}{dz^{k-1}} \right) + \\ + a_3(x) \cdot 2^{2k-3} \left(z^{k-\frac{3}{2}} \frac{d^{2k-3}y}{dz^{2k-3}} + K + A_{k-2}^{2k-3} z^{\frac{1}{2}} \frac{d^{k-1}y}{dz^{k-1}} \right) + \\ + a_{2k-2}(x) \cdot 4 \left(z \frac{d^2 y}{dz^2} + \frac{1}{2} \frac{dy}{dz} \right) + a_{2k-1}(x) \cdot 2z^{\frac{1}{2}} \frac{dy}{dz} + a_{2k}(x) y(z) = 0.$$

Згрупувавши члени з похідними однакового порядку, отримаємо

$$\begin{aligned} & a_0(x) \cdot 2^{2k} z^k \frac{d^{2k} y}{dz^{2k}} + \left[a_0(x) \cdot 2^{2k} B_1^{2k} z^{k-1} + a_1(x) \cdot 2^{2k-1} z^{k-\frac{1}{2}} \right] \frac{d^{2k-1} y}{dz^{2k-1}} + \\ & + \left[a_0(x) \cdot 2^{2k} B_2^{2k} z^{k-2} + a_1(x) \cdot 2^{2k-1} A_1^{2k-1} z^{k-\frac{3}{2}} + a_2(x) \cdot 2^{2k-2} z^{k-1} \right] \frac{d^{2k-2} y}{dz^{2k-2}} + \\ & + \left[a_0(x) \cdot 2^{2k} B_3^{2k} z^{k-3} + a_1(x) \cdot 2^{2k-1} A_2^{2k-1} z^{k-\frac{5}{2}} + a_2(x) \cdot 2^{2k-2} B_1^{2k-2} z^{k-2} + \right. \\ & \left. + a_3(x) \cdot 2^{2k-3} z^{k-\frac{3}{2}} \right] \frac{d^{2k-3} y}{dz^{2k-3}} + K + \left[a_{2k-3}(x) \cdot 2^3 \cdot \frac{3}{2} z^{1/2} + a_{2k-2}(x) \cdot 2^2 z \right] \times \\ & \times \frac{d^2 y}{dz^2} + \left[a_{2k-2}(x) \cdot 2^2 \cdot \frac{1}{2} + a_{2k-1}(x) \cdot 2 z^{1/2} \right] \frac{dy}{dz} + a_{2k}(x) y(z) = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Для того, щоб рівняння (7) було звідним, необхідно щоб коефіцієнти біля функції $y(z)$ та її похідних були сталими. Позначимо їх через m_0, m_1, K, m_{2k} . При цьому $m_0 = 2^{2k} a_0(x) z^k$ і врахувавши (3), будемо мати

$$a_0(x) = \frac{m_0}{2^{2k} x^{2k}}. \quad (8)$$

Прийнявши, що $m_1 = 2^{2k} a_0(x) B_1^{2k} z^{k-1} + 2^{2k-1} a_1(x) z^{k-\frac{1}{2}}$ і врахувавши (3) та (8), отримаємо

$$a_1(x) = \frac{1}{2^{2k-1}} \left(\frac{m_1}{x^{2k-1}} - \frac{m_0 B_1^{2k}}{x^{2k+1}} \right). \quad (9)$$

Далі покладемо

$$\begin{aligned} m_2 &= 2^{2k} a_0(x) B_2^{2k} z^{k-2} + a_1(x) \cdot 2^{2k-1} A_1^{2k-1} z^{k-\frac{3}{2}} + a_2(x) \cdot 2^{2k-2} z^{k-1}, \\ m_3 &= 2^{2k} a_0(x) B_3^{2k} z^{k-3} + 2^{2k-1} a_1(x) A_2^{2k-1} z^{k-\frac{5}{2}} + 2^{2k-2} a_2(x) B_1^{2k-2} z^{k-2} + \\ & + 2^{2k-3} a_3(x) z^{k-\frac{3}{2}} \end{aligned}$$

і знайдемо

$$\begin{aligned} a_2(x) &= \frac{1}{2^{2k-2}} \left(\frac{m_2}{x^{2k-2}} - \frac{m_1 A_1^{2k-1}}{x^{2k}} - \frac{m_0 (B_2^{2k} - B_1^{2k} A_1^{2k-1})}{x^{2k+2}} \right), \\ a_3(x) &= \frac{1}{2^{2k-3}} \left(\frac{m_3}{x^{2k-3}} - \frac{m_2 B_1^{2k-2}}{x^{2k-1}} - \frac{m_1 (A_2^{2k-1} - A_1^{2k-1} B_1^{2k-2})}{x^{2k+1}} - \right. \\ & \left. - \frac{m_0 (B_1^{2k-2} (B_1^{2k} A_1^{2k-1} - B_0^{2k}) - A_2^{2k-1} B_1^{2k})}{x^{2k+3}} \right). \end{aligned} \quad (10)$$

(11)

Аналогічно визначаються коефіцієнти $a_4(x), K, a_{n-1}(x)$. І, нарешті, покладемо $a_{2k}(x) = m_{2k}$. Для спрощення записів коефіцієнти (8) – (11) запишемо у вигляді

$$\begin{aligned} a_0(x) &= \frac{b_{2k}^0}{x^{2k}}; \quad a_1(x) = \frac{b_{2k-1}^1}{x^{2k-1}} + \frac{b_{2k+1}^1}{x^{2k+1}}; \quad a_2(x) = \frac{b_{2k-2}^2}{x^{2k-2}} + \frac{b_{2k}^2}{x^{2k}} + \frac{b_{2k+2}^2}{x^{2k+2}}; \\ a_3(x) &= \frac{b_{2k-3}^3}{x^{2k-3}} + \frac{b_{2k-1}^3}{x^{2k-1}} + \frac{b_{2k+1}^3}{x^{2k+1}} + \frac{b_{2k+3}^3}{x^{2k+3}}, \end{aligned} \quad (12)$$

де b_i^j – константи, верхній індекс яких співпадає з номером коефіцієнта $a_j(x)$, а нижній індекс, з показником степеня функції x^i , яка знаходиться в знаменнику відповідного доданку. З (8) – (11) встановимо вигляд цих констант

$$\begin{aligned} b_{2k}^0 &= \frac{m_0}{2^{2k}}; \quad b_{2k-1}^1 = \frac{m_1}{2^{2k-1}}; \quad b_{2k+1}^1 = -\frac{m_0 B_1^{2k}}{2^{2k-1}}; \quad b_{2k-2}^2 = \frac{m_2}{2^{2k-2}}; \quad b_{2k}^2 = -\frac{m_1 A_1^{2k-1}}{2^{2k-2}}; \\ b_{2k+2}^2 &= -\frac{m_0 (B_2^{2k} - B_1^{2k} A_1^{2k-1})}{2^{2k-2}}; \quad b_{2k-3}^3 = \frac{m_3}{2^{2k-3}}; \quad b_{2k-1}^3 = -\frac{m_2 B_1^{2k-2}}{2^{2k-3}}; \\ b_{2k+1}^3 &= -\frac{m_1 (A_2^{2k-1} - A_1^{2k-1} B_1^{2k-2})}{2^{2k-3}}; \quad b_{2k+3}^3 = -\frac{m_0 (B_1^{2k-2} (B_1^{2k} A_1^{2k-1}) - A_2^{2k-1} B_1^{2k})}{2^{2k-3}}. \end{aligned} \quad (13)$$

Висновок. Таким чином, якщо параметрична система описується рівняння (1) яке має вигляд

$$\begin{aligned} \frac{b_{2k}^0}{x^{2k}} \frac{d^{2k} y}{dx^{2k}} + \left(\frac{b_{2k-1}^1}{x^{2k-1}} + \frac{b_{2k+1}^1}{x^{2k+1}} \right) \frac{d^{2k-1} y}{dx^{2k-1}} + \left(\frac{b_{2k-2}^2}{x^{2k-2}} + \frac{b_{2k}^2}{x^{2k}} + \frac{b_{2k+2}^2}{x^{2k+2}} \right) \frac{d^{2k-2} y}{dx^{2k-2}} + \\ + \left(\frac{b_{2k-3}^3}{x^{2k-3}} + \frac{b_{2k-1}^3}{x^{2k-1}} + \frac{b_{2k+1}^3}{x^{2k+1}} + \frac{b_{2k+3}^3}{x^{2k+3}} \right) \frac{d^{2k-3} y}{dx^{2k-3}} + K + b_e y(x) = 0, \end{aligned} \quad (14)$$

то воно є звідним за допомогою нелінійного перетворення незалежної змінної $z = x^2$, і зводиться до лінійного однорідного диференціального рівняння порядку $2k$

$$m_0 \frac{d^{2k} y}{dz^{2k}} + m_1 \frac{d^{2k-1} y}{dz^{2k}} + K + m_{2k-1} \frac{dy}{dz} + m_{2k} y(z) = 0. \quad (15)$$

Знаходження розв'язку $y(z)$ рівняння (15) є загально відомим [4]. Знайшовши його, і використавши (3) знайдемо загальний розв'язок $y(x)$ рівняння (14).

Приклад: Описати процес, який відбувається в системі із змінними параметрами математична модель якої описується диференціальним рівнянням

$$\frac{1}{16x^4} \frac{d^4 y}{dx^4} - \frac{3}{8x^5} \frac{d^3 y}{dx^3} + \frac{15}{16x^6} \frac{d^2 y}{dx^2} - \frac{15}{16x^7} \frac{dy}{dx} - 16y(x) = 0. \quad (П.1)$$

Легко бачити, що рівняння (П.1) є частковим випадком рівняння (14) при $k = 2$; $b_{2k}^0 = \frac{1}{16}$; $b_{2k-1}^1 = 0$; $b_{2k+1}^1 = -\frac{3}{8}$; $b_{2k-2}^2 = b_{2k}^2 = 0$; $b_{2k+2}^2 = \frac{15}{16}$; $b_{2k-3}^3 = b_{2k-1}^3 = b_{2k+1}^3 = 0$; $b_{2k+3}^3 = -\frac{15}{16}$; $b_e = -16$.

Провівши прості обчислення, будемо мати, що $m_0 = 1$, $m_1 = m_2 = m_3 = 0$, $m_4 = -16$, тобто в даному прикладі рівняння (15) прийме вигляд

$$\frac{d^4 y}{dz^4} - 16y(z) = 0. \quad (П.2)$$

Корені відповідного характеристичного рівняння $k^4 - 16 = 0$ рівні $k_1 = 2$; $k_2 = -2$; $k_3 = 2i$; $k_4 = -2i$, тому його загальний розв'язок

$$y(z) = C_1 e^{2z} + C_2 e^{-2z} + C_3 \cos 2z + C_4 \sin 2z.$$

(П.3)

Підставивши в (П.3) $z = x^2$, отримаємо загальний розв'язок рівняння (П.1)

$$y(z) = C_1 e^{2x^2} + C_2 e^{-2x^2} + C_3 \cos(2x^2) + C_4 (\cos 2x^2).$$

1. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1988. – 552с.
2. Кислий О.О., Дутчак Б.І. Інтегрування деяких лінійних однорідних диференціальних рівнянь n -го порядку із змінними коефіцієнтами. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямком «Інженерна механіка») Вип. 11, част. 2, Луцьк, 2002, ст.. 28-34
3. Кислий О.О., Дутчак Б.І. З приводу розв'язування деяких лінійних диференціальних рівнянь n -го порядку.// Десята міжнародна наукова конференція імені академіка М. Кравчука, 13-15 травня 2004 р., Київ, матеріали конференції . стор. 125.
4. Хартман Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: Мир, 1970. – 720с.

УДК 338.36.001

С.О.Козак, Р.Я. Грудецький

Луцький національний технічний університет

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛІННЯ КАТЕРОМ НА ПОВІТРЯНІЙ ПОДУШЦІ

С.О.Козак, Р.Я. Грудецький. Програмно-апаратний комплекс управління катером на повітряній подушці. Ми представляємо програмно-апаратний комплекс який розроблено на базі повітряної подушки який через канал Wi-Fi з'єднується з комп'ютером та передає до нього дані. Також керування макетом здійснюється безпосередньо оператором

Ключові слова: повітряна подушка, графічний інтерфейс, LabView.

С.О.Козак, Р.Я. Грудецький. Программно-аппаратный комплекс управления катером на воздушной подушке. Мы представляем программно-аппаратный комплекс разработанный на базе воздушной подушки который через канал Wi-Fi соединяется с компьютером и передает в него данные. Также управление макетом осуществляется непосредственно оператором

Ключевые слова: воздушная подушка, графический интерфейс, LabView.

S. Kozak, R. Hrudetsky. Hardware and software control boat hovercraft. We present a software-apartnyy complex is designed on the basis of the air bag through which channel Wi-Fi connects to your computer and sends it to the data. Also, the control layout is done directly by the operator

Keywords: Air Conditioning, GUI, LabView.

Машина на повітряній подушці - машина, обладнана потужними вентиляторами, які нагнітають повітря під днище і створюють там підвищений тиск, що піднімає машину над поверхнею. Для поступального руху машини служать повітряні гвинти, що забезпечують велику швидкість. Для зміни курсу апарату використовують аеродинамічні поверхні, повітряно струйні рулі й інші способи.

Машини на повітряній подушці здатні долати ділянки суші, болота, льодові ділянки.

Машини на ВП мають швидкість вище 100 км / год по снігу, хорошу дальність ходу і високу вантажопідйомність. Застосовуються машини на ВП для промислово - виробничих цілей в основному в умовах бездоріжжя крайньої півночі, у військових цілях для перевезення десанту і установки на борту бойової техніки. Унікальність машин на ВП як виду транспорту полягає не просто в підвищеній прохідності, а в їх абсолютній універсальності - вони проходять однаково добре по траві, воді, піску, болоту, льоду і снігу. Альтернативи машини на ВП в умовах бездоріжжя просто не мають. Переваги машин на ВП як виду транспорту, природно, просто не могли залишитися непоміченими. Зараз машини на ВП виходять з обмежених рамок виключно промислової галузі застосування і набувають все зростаючу популярність у туристичних груп, що відправляються на полювання чи риболовлю - машини на ВП для них набагато переважніше моторного човна, джипа або всюдихода. Як перспективний вид транспорту для туризму машини на ВП зараз займають одне з перших місць, оскільки він найзручніший спосіб дістатися туди, куди не проїде жоден автомобіль.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Основні способи створення повітряної подушки.

В даний час проектують і будують апарати на повітряній подушці різноманітних форм і конструкцій. Застосовують і різні способи створення повітряної подушки. Однак при всьому їх різноманітності можна углядіти і загальні ознаки. Так, за способом утворення повітряної подушки відомі апарати умовно можна розділити на чотири основних види, виконаних за схемами камерної, проточної, соплової і за схемою з вакуумною камерою.

Камерна схема

Відносна простота їх виконання. Куполоподібна камера зазвичай утворюється несучою платформою апарату і виступаючими вниз бортовими стінками. Повітря поступає в камеру безпосередньо з вентилятора без застосування повітряно-розподіляючих каналів і сопів.

Недолік цих апаратів - із збільшенням висоти підйому над опорною поверхнею вельми швидко втрачають статичну стійкість, необхідність встановлення вентиляторів щодо великої продуктивності і великих габаритних розмірів при відповідно підвищеній витраті потужності, оскільки із збільшенням висоти підйому апарату над опорною поверхнею швидко зростає витрата

повітря для створення повітряної подушки. Застосування апаратів, виконаних за цією схемою, стає доцільним лише при досить малих висотах підйому над опорною поверхнею.

Проточна схема

Перевагою апарату, виконаного за такою схемою, є можливість одним рушієм (вентилятором) забезпечити і підйом апарату, і його рух. Це дозволяє знизити до мінімуму імпульсний опір руху апарату, що з подоланням сил інерції засмоктуваного в апарат нерухомого зовнішнього повітря. Крім того, в апаратах, виконаних за цією схемою, представляється можливим профілюванням каналу тобто здійснити прискорений рух потоку на шляху від вентилятора до вихідного отвору каналу і цим помітно зменшити втрати тиску на розширення потоку.

Апарати, виконані за цією схемою, володіють підвищеною прохідністю, оскільки представляється можливим у носовій частині нею корпусу зробити відкритий отвір для пропуску під апаратом щодо великих нерівностей опорної поверхні, в тому числі і хвиль, при русі апарату по воді.

Недоліком цих апаратів є зміщення точки прикладання рівнодіючої сил тиску на їх донну частину залежно від положення регулювальної заслінки в вихідному отворі каналу і зміни режиму роботи вентилятора і, як наслідок, труднощі забезпечення стійкості руху апарату і його керованості.

Схема з вакуумною камерою

Цей спосіб має суттєві переваги над іншими, заснованими на підтримці під днищем апарату надлишкового тиску, і може бути використаний при створенні транспортних засобів, що рухаються по спеціально підготовленій дорозі, наприклад, екіпажів, призначених для руху по монорельсу.

Соплова схема

Підйомна сила, що утримує апарат на деякій висоті над поверхнею землі, складається з сил тиску, що діють на днище апарату з боку повітряної подушки, і вертикальної складової реактивної сили, створюваної йдучим вниз струменем повітря. При малій висоті підйому сили тиску, що діють на днище апарату, являються основними силами, що піднімають апарат у повітря. Вертикальна складова реактивної сили струменя в цьому випадку невелика. У міру збільшення висоти підйому апарату, роль цих сил змінюється: сили тиску повітряної подушки зменшуються, а реактивна сила зростає. Таким чином, для апаратів з соплом малої ширини прохідного отвору підйомна сила зменшується з висотою підйому над опорною поверхнею.

Застосування соплової схеми дозволяє створити апарати на повітряній подушці з відносно великою висотою польоту при малій витраті потужності. Вигідність використання такої схеми обумовлена тим що, застосовуючи сопло з прохідним отвором малої ширини і направляючи струмінь повітря в бік повітряної подушки, можна забезпечити необхідну висоту підйому апарату заданої ваги і габаритних розмірів при малих витратах повітря.

В апаратах, що виконуються за сопловою схемою, повітря від вентилятора підводиться до соплових пристрій по каналах, прокладених в його корпусі. Гідравлічний опір цих каналів минаючому потоку повітря є шкідливим, оскільки воно безпосередньо не пов'язане з ефектом утворення повітряної подушки і викликає необхідність застосування більш напірного вентилятора і додаткової витрати потужності.

Основні способи створення поступального руху

Знайдеться дуже небагато видів рушіїв, що не були випробувані на ВП: від вітрил до повітряних гвинтів і від гребних гвинтів до водометних рушіїв.

Рушій вибирається з урахуванням призначення судна і техніко-експлуатаційних показників, якими воно повинно володіти. Повітряні рушії того чи іншого типу зазвичай встановлюються на амфібійних ВП, в той час як водометні рушії або гребневі гвинти більше підходять для судів, спроектованих для пересування виключно над водною поверхнею.

Незважаючи на велику кількість запропонованих альтернатив більше 90 % сучасних СВП рухаються за допомогою повітряних гвинтів, а в більшості інших апаратів використані гребневі гвинти або водометні рушії. Однак, схоже, що посилюється тенденція до використання гідродинамічних рушіїв або гібридних систем.

В даній роботі за основу була взята іграшкова копія катера на повітряній подушці Hovercraft T-5 рис 1.1-1.2.



Рис.1.1 Вигляд ззаду



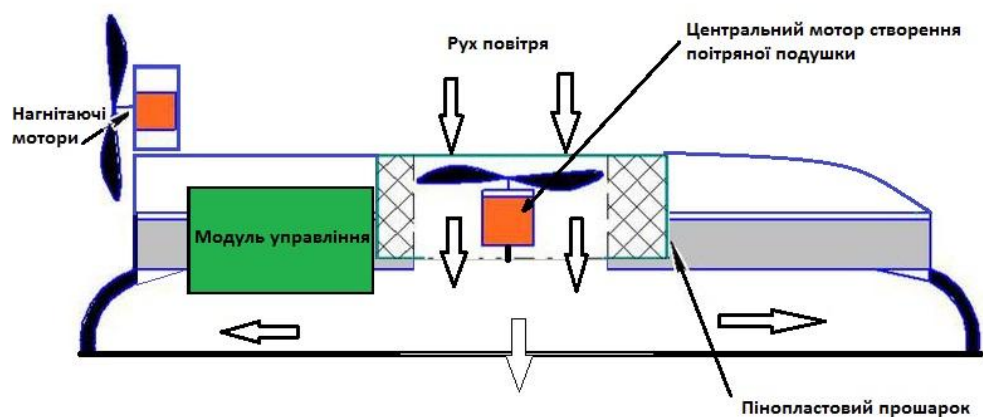
Рис.1.2 Вигляд спереду

Проаналізувавши модель керування та програмне забезпечення за допомогою якого розкривався функціонал моделі було зроблено висновки що схема через яку реалізовується керування не є стійкою до збоїв. При передачі даних і при виконанні покладених на неї функцій безпосереднього керування моторами також при тестуванні явною проблемою стало що при значній віддалі катеру від пульта управління ми не можемо бачити чи є перед нею перешкода.

На основі цього аналізу задачею по модернізації катера є:

1. Впровадження нової системи керування.
2. Реалізація зв'язку з комп'ютером.
3. Вимірювання відстані до об'єкту.

Також було прийнято рішення перенести модуль керування і передачі даних з носової частини катера в корму схематичне зображення наведено на рис



1.3.

Рис 1.3 Макет в розрізі

Ціль і задачі дослідження

Для вирішення вище поставленої задачі було прийнято рішення використати:

1. Плата Arduino duemilanove рис1.4.

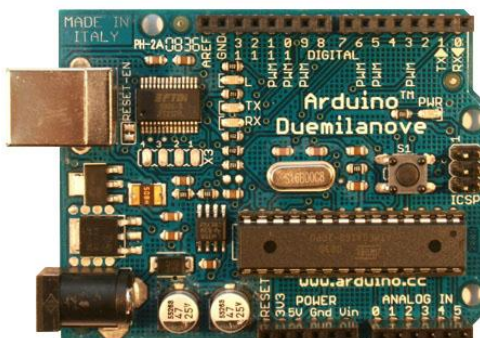


Рис1.4. Arduino duemilanove.

Дана плата з легкістю виконую покладені на неї функції. Також у ній достатньо входів для підключення периферії яка необхідна для реалізації поставленої задачі. Також плюсом є легкість у її програмуванні рідним її програма тором ARDUINO IDE. Мова програмування подібна до C++. У даної плати наявні 6 аналогових виходів та 14 для цифрових. Також є можливість ШІМ у цифрових виходів. Робоча напруга 6-20В, рекомендована 6-12В. Ще одним плюсом плати є її низька собівартість на фоні аналогів.

2. Датчик відстані HC-SR04 рис.1.5.

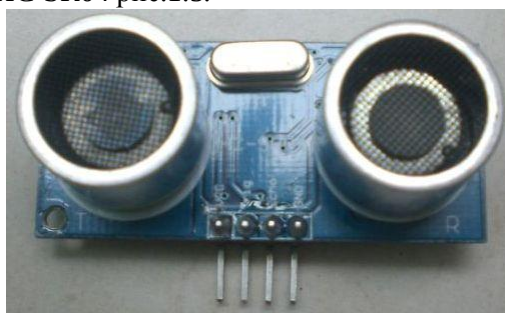


Рис.1.5 Дальномір HC-SR04

Ультразвуковий модуль відстані HC-SR04. Особливості сенсора: напруга живлення 5 В, заявлений діапазон виміру довжини 2 – 500 см, роздільна здатність – 0.3 см. Датчик має 4 контакти: «VCC», «GND», «Trig», «Echo». Перших два використовуються для живлення. Щоб почати вимірювання відстані, необхідно подати прямокутний імпульс на вхід «Trig» на 10 мікросекунд, і зчитати прямокутний імпульс з виходу «Echo».

Відстань залежить від довжини прямокутного імпульсу, і визначається за формулою:

$$\text{Відстань} = \frac{\text{Тривалість імпульсу}}{58}$$

Даний датчик бездоганно виконує свої функції. Має великий кут захоплення, під'єднується безпосередньо до плати ARDUINO і не споживає додаткового зовнішнього живлення.

3. Arduino shield на базі мікросхеми L298n рис.1.6

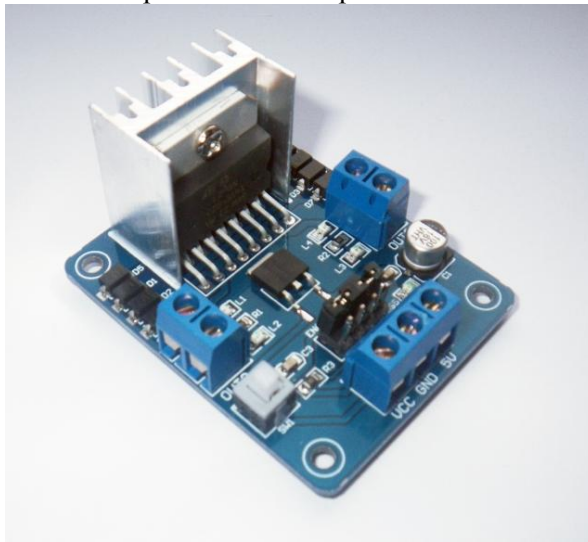


Рис 1.6 Arduino motor shield

Motor Shield на базі мікросхеми L298N дозволяє управляти двома моторами постійного струму або кроковим двигуном з споживаним струмом до 2 ампер.

Даний модуль дає нам такі можливості :

- 1 Плавний старт\зупинка.
- 2 Реверс.

Детальніші характеристики наведені нижче.

Характеристики:

- Номінальна напруга живлення до 46V;
- Загальний вихідний струм до 4A;
- Низька напруга насичення;
- Захист від перегріву;
- Логічний «0» при вхідному напрузі до 1.5V.

4. Модуль зв'язку по технології wi-fi, APC220 рис.1.7.



Рис.1.7 Модуль зв'язку APC220

Радіомодуль APC220 рис 2.6 забезпечує просте та економічне рішення для бездротового зв'язку даних. Застосування вбудованого високошвидкісного мікропроцесора та високоефективної ІС створює прозорий інтерфейс UART / TTL, тавиконує будь-яку потребу в пакетуванні та кодуванні даних. Модуль складається з двох однакових радіопередатчиків, один з яких через Usb конвертер під'єднується до комп'ютера а інший безпосередньо до плати Arduino. Після успішного під'єднання необхідно встановити драйвери на комп'ютері для правильного функціонування пристрою. Закінчивши встановлення драйверів необхідно синхронізувати два радіопередавача, для цього використовується утиліта RF-ANET. На показано скріншот даної утиліти. Значення частот, ідентифікаторів та та швидкості мають бути однакові що для прошивки першого радіопередавача що для іншого, це забезпечить повноцінне функціонування пристрою.

5. Живлення

Живлення проекту було реалізована через зовнішній блок 12В 5А рис.1.8.

При тестуванні подушки дуже складно стало підібрати необхідне живлення тому що необхідно було забезпечити легкість і не габаритність конструкції гальванічного елемента. Необхідно було забезпечити 12В 5А для правильного функціонування подушки усіх її частин.

Після аналізу усіх параметрів було прийнято рішення використовувати зовнішнє живлення.



Рис.1.8 Блок живлення.

Візуалізація систем керування

Першочерговою задачею є успішний збір усіх компонентів і налагодження їх правильної роботи. Збір компонентів проводився за схемою рис.1.9.

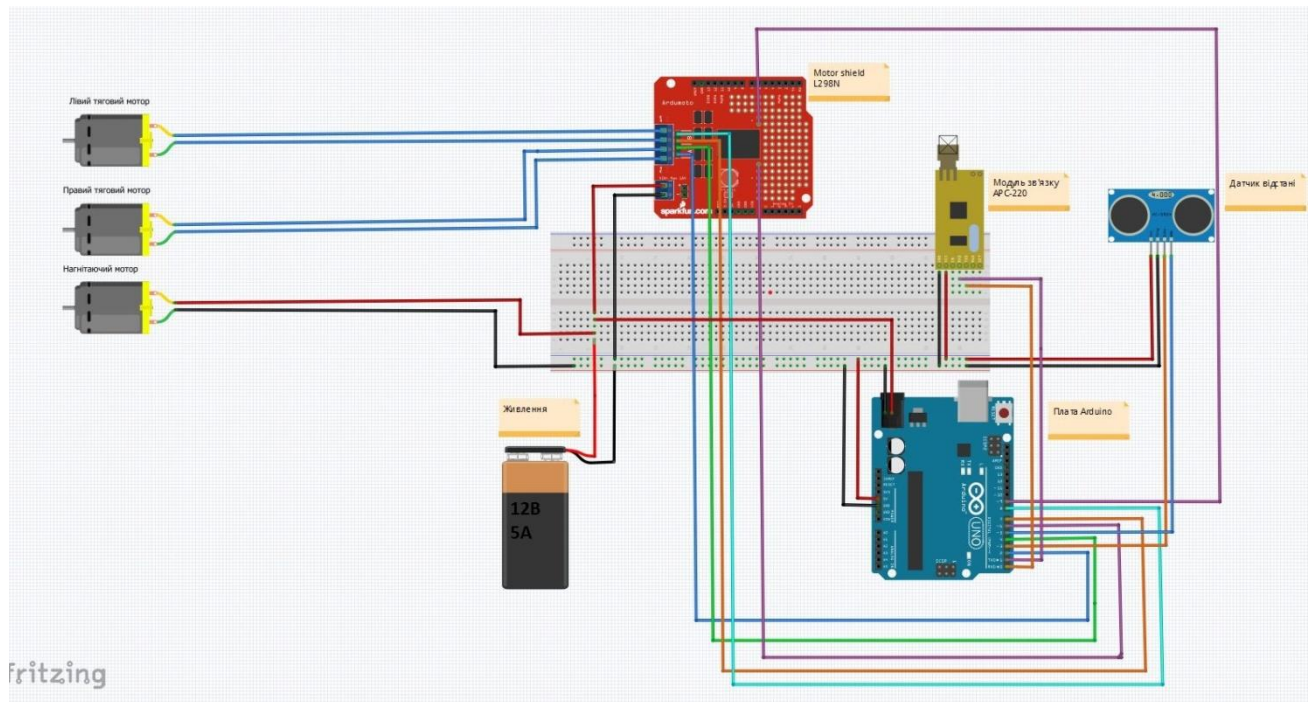


Рис.1.9 Схема під'єднання.

Після цього необхідно перейти до вибору програмного забезпечення.

Програмне забезпечення необхідно підібрати таким чином щоб створена програма була зрозуміла для людини та максимально простою і сам графічний інтерфейс при тривалій роботі не викликав дискомфорту. Також необхідно задовольняти такі критерії :

1. Наявність графічних елементів індикації.
2. Можливості керування COM портом.
3. Простота в налаштуванні.

Після детального аналізу різних продуктів програмного забезпечення було прийнято рішення використовувати програмний продукт LabView.

LabView - це середовище розробки та платформа для виконання програм, створених на графічній мові програмування «G» фірми National Instruments (США). Перша версія LabView була випущена в 1986 році для Apple Macintosh, в теперішній час існують версії для UNIX, GNU / Linux та Mac OS, і найбільш розвиненими і популярними є версії для Microsoft Windows. LabView використовується в системах збору та обробки даних, а також для управління технічними об'єктами і технологічними процесами. Ідеологічно LabView дуже близька до SCADA-систем, але на відміну від них більшою мірою орієнтована на вирішення завдань не стільки в області АСУ ТП , скільки в області наукових досліджень.

Графічна мова програмування «G» , використовувана в LabView, заснована на архітектурі потоків даних. Візуальне програмування «G» — спосіб створення програм шляхом маніпулювання графічними об'єктами замість написання програмного коду в текстовому вигляді.

Послідовність виконання операторів в таких мовах визначається не порядком їх слідування (як в імперативних мовах програмування), а наявністю даних на входах цих операторів. Оператори, не пов'язані за даними, виконуються паралельно в довільному порядку.

У даному програмному продукті був створений графічний інтерфейс програми.

Графічний інтерфейс - тип інтерфейсу користувача, який дозволяє взаємодіяти з електронними пристроями через графічні зображення та візуальні вказівки, на відміну від інтерфейсів заснованих на використанні тексту, текстовому наборі команд та текстовій навігації.

Інтерфейс створювався у програмному пакеті LabView. Загальний вигляд інтерфейсу рис 1.10.

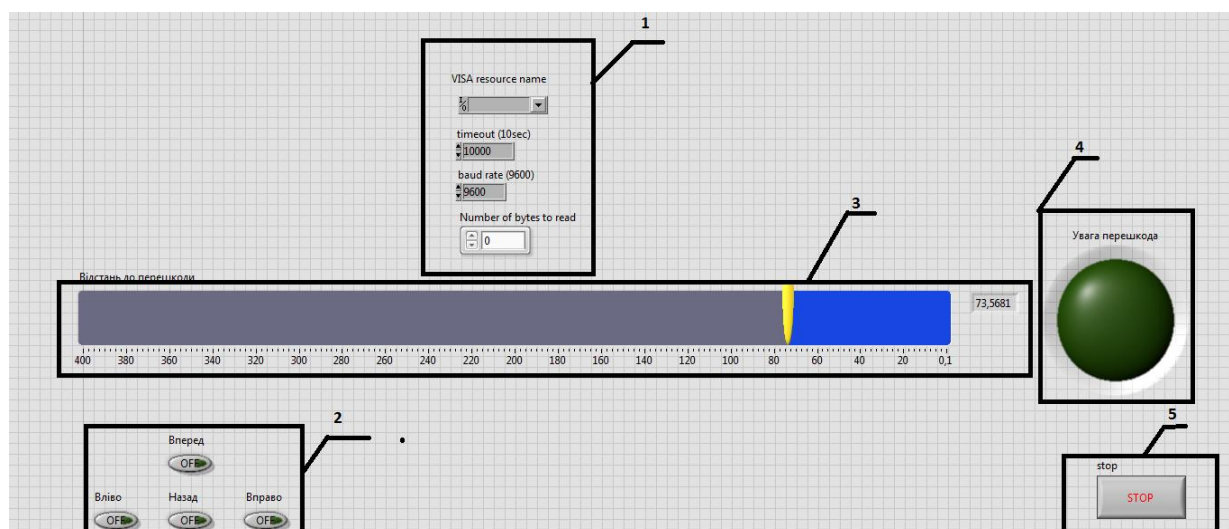


Рис.1.10 Інтерфейс.

Для коректної роботи необхідно було використовувати такі елементи:

1. Налаштування COM порта.
2. Чотири кнопки керування.
3. Індикатор зі шкалою.
4. LED індикатор.
5. Кнопка STOP для виходу з циклу.

Висновки

Даний проект не має аналогів. Великим досягненням судна є його прохідність по всілякій рівній поверхні. Розроблена система керування бездоганно виконує покладені на неї функції. Апаратна частина проекту працює без збоїв. Користувачський інтерфейс є зрозумілим для людини. Ще одним великим плюсом програмного забезпечення є те що при компіляції ми отримуємо звичний для нас EXE файл і це дасть нам змогу не встановлювати цілий програмний пакет.

Список використаних джерел:

1. Бень Е. Модели и любительские суда на воздушной подушке: Пер. с польск. – Л.: Судостроение, 1983. – 198-205 с.
2. Злобин Г.П., Симонов Ю.А. Суда на воздушной подушке – Л.: Судостроение, 1974.– 287,292,394 с.
3. Колызаев Б.А., Косоруков А.И., Литвиненко В.А. Справочник по проектированию судов с динамическими принципами поддержания. –Л.: Судостроение, 1980. – 564 с.
4. Маквили Рой. Суда на подводных крыльях и воздушной подушке: Пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1981. – 103-106.

УДК 004.4`2

Коцюба А.Ю., к.ф.-м.н.

Луцький національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ДВОВИМІРНИХ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ В МОДЕЛЮВАННІ ПРАВОСТОРОННЬОГО РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПО СТВОРЕНІЙ КОРИСТУВАЧЕМ СХЕМИ ДОРІГ

Коцюба А.Ю. Застосування двовимірних клітинних автоматів в моделюванні правостороннього руху транспортного засобу по створеній користувачем схемі доріг. Засобами C++ Builder розроблено програму-конструктор, яка дозволяє будувати довільну схему доріг з перпендикулярними або паралельними напрямками переміщення. В даному програмному продукті реалізовано ще й так званий компілятор. Він не дозволить створити результат (web-сторінку з автоматично створеним на ній JavaScript-кодом, на якій відбувається безперервний правосторонній рух транспортного засобу та може вирішуватися задача пошуку найкоротшого маршруту) до того часу, доки не будуть виправлені всі помилки (недоліки при конструюванні, що можуть завадити безперервності руху). Створено алгоритм, за допомогою якого будується відповідний сконструйований користувачем схемі доріг двовимірний клітинний автомат.

Ключові слова: моделювання, двовимірний клітинний автомат, правосторонній рух транспортного засобу, пошук найкоротшого маршруту, алгоритм Дейкстри.

Коцюба А.Ю. Применение двумерных клеточных автоматов в моделировании правостороннего движения транспортного средства по созданной пользователем схеме дорог. Средствами C++ Builder разработана программа-конструктор, которая позволяет строить произвольную схему дорог с перпендикулярными или параллельными направлениями перемещения. В данном программном продукте реализовано еще и так называемый компилятор. Он не позволит создать результат (web-страницу с автоматически созданным на ней JavaScript-кодом, на которой происходит непрерывное правостороннее движение транспортного средства и может решаться задача поиска кратчайшего маршрута) до тех пор, пока не будут исправлены все ошибки (недостатки при конструировании, что могут помешать непрерывности движения). Создан алгоритм, с помощью которого строится соответствующий сконструированной пользователем схеме дорог двумерный клеточный автомат.

Ключевые слова: моделирование, двумерный клеточный автомат, правостороннее движение транспортного средства, поиск кратчайшего маршрута, алгоритм Дейкстры.

Kotsyuba A.Yu. The use of the two-dimensional cellular automata in the right-hand vehicle traffic movement in agreement with a road scheme created by user. A design program is developed by C++ Builder tools that allows you to build an arbitrary scheme for the road with perpendicular or parallel directions to move. There also compiler is realized in this software. It doesn't above to create some results (web-page with automatically created JavaScript code in it and which the continuous right-hand vehicle traffic and the find of the shortest route problem can be solved) up to the time until all errors are corrected (the design mistakes that may interfere to the movement continuity). The algorithm is created by which, in agreement with the user constructed road scheme, a two-dimensional cellular automata is developed.

Keywords: modeling, two-dimensional cellular automata, right movement of the vehicle, finding the shortest route, algorithm of Dijkstra.

Постановка та актуальність проблеми. Оскільки на дорогах досить часто виникають проблеми (затори, аварійні ситуації, необхідність пошуку найкоротшого оптимального маршруту тощо), які заслуговують на те, щоб їх детально вивчали та вирішували, то моделюванню руху транспортного засобу по схемі доріг присвячено багато наукових праць [1-3]. Оскільки кількість таких проблем є досить значною, то це призводить до того, що і множина методів моделювання є також великою. З моменту публікації праці [4] в 1992-му році основною парадигмою побудови мікромоделей дорожнього руху став механізм з використанням клітинного автомата [5, 6] для представлення стану дорожнього полотна. Такий механізм має як недоліки, так і переваги. Мабуть, однією з найсуттєвіших переваг цього механізму є те, що для вирішення більшості проблем є можливість побудови математичної моделі і, як результат, побудови алгоритму та реалізації його у вибраному користувачем середовищі програмування (в даній роботі було вибрано середовище C++ Builder [7, 8] і приділено особливу увагу проблемі побудови довільної, хоча і дещо спрощеної, і, як результат, не завжди відповідної реальній, схеми доріг (рис. 1). З вищесказаного випливає, що слід звернути увагу ще й на один із найсуттєвіших недоліків, який полягає у тому, що для побудови довільної реальної схеми дорожнього полотна необхідно цей механізм ускладнювати до такого рівня, що моделювати за допомогою сучасних ПК буде або неможливо, або досить складно, або громіздкими і, як результат, повільними будуть відповідні програмні реалізації.

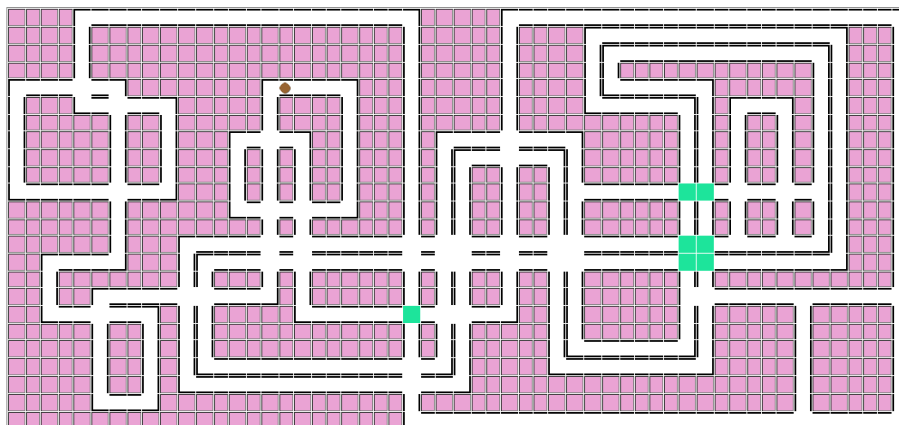


Рис. 1. Один із випадків схеми доріг

Актуальність даної роботи полягає у тому, що мало хто вирішував проблему побудови довільної схеми доріг таким чином, щоб користувач, далекий до програмування, зміг би самостійно сконструювати дорожнє полотно, на якому можна буде моделювати будь-які дорожні проблеми. Наприклад, пошук найкоротшого маршруту за правилами правостороннього руху від місцезнаходження транспортного засобу у даний момент часу до місця, вказаного користувачем, за умови, що транспортний засіб весь час (до того часу, як користувач задав кінцевий пункт, і після того, як цей пункт буде пройдено) знаходиться у неспинному випадковому русі також згідно правил правостороннього руху. Власне вирішенню цієї проблеми і присвячена дана робота.

Таким чином **метою** даної роботи є побудова методики, за допомогою якої програма-конструктор схеми доріг (рис. 2), що розроблена в середовищі C++ Builder, зможе самостійно створювати такі web-сторінки (рис. 1) з відповідним javascript-кодом, на яких буде вирішуватися за допомогою алгоритму Дейкстри вищепри описана проблема. Основною парадигмою для побудови цієї методики буде реалізація двовимірного клітинного автомата. Але спосіб такої реалізації буде оригінальним. І докладніше його опишемо нижче.

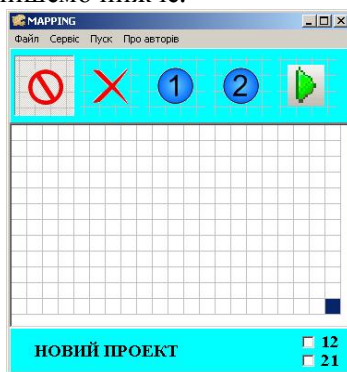


Рис. 2. Загальний вигляд програми-конструктора схеми доріг

Зауважимо, що розроблена програма містить у собі компілятор, який не дозволить програмі створити web-сторінку до того часу, доки всі помилки не будуть виправлені (деякі з них виправляються автоматично, а з іншими необхідно користувачу попрацювати самостійно). Детальніше про можливі помилки буде розказано далі.

Побудова двовимірних клітинних автоматів. Як правило, розглядають клітинний автомат, який є детермінованим автоматом Мура, тобто окремим випадком автомата Мілі, для якого функція переходів є функцією, а не відношенням. Покажемо, що цей підхід не завжди себе оправдовує. Для цього спочатку введемо ці поняття за допомогою визначень.

П'ятірка (A, X, Y, f_A, g_A) називається автоматом Мілі, якщо вона складається із множини станів автомата A , множини вхідних символів X , множини вихідних символів Y , функції переходів $f_A: A \times X \rightarrow A$ і функції виходів $g_A: A \times X \rightarrow Y$. Множини X і Y називають відповідно вхідним і вихідним алфавітами автомата. Як правило, автомат позначають символом

множини його станів, тобто $A = (A, X, Y, f_A, g_A)$. Коли відомо, про який автомат іде мова, то індекс A в символах функцій переходів і виходів опускають.

Якщо $f(a, x) = a'$, то кажуть, що автомат A під дією вхідного сигналу $x \in X$ переходить в стан a' , або сигнал x переводить автомат A із стану a в стан a' . Якщо $g(a, x) = y$, то говорять, що автомат A перетворює в стані a вхідний сигнал $x \in X$ у вихідний сигнал $y \in Y$.

Іноколи трапляються автомати, в яких компонент f – не функція, а деяке відношення, тобто в таких автоматах не виконується умова однозначності переходу. Автомати такого типу називаються недетермінованими. Якщо ж відношення f є функцією, то автомат називається детермінованим. Отже, для детермінованого автомата A з початковим станом a однозначно знаходиться стан b , в який автомат перейде під дією слова $p \in F(X)$. Ясно, що клас детермінованих автоматів є підкласом недетермінованих автоматів.

Автомат $A = (A, X, Y, f, g)$ називається скінченним, якщо всі три множини – A , X і Y – скінченні, і нескінченним, якщо хоч одна з них нескінченна.

Як уже було зазначено автомати Мура є окремим випадком автоматів Мілі. Автомат (A, X, Y, f, g) називається автоматом Мура, якщо його функція виходів $g(a, x)$ виражається функцією переходів $f(a, x)$ за допомогою рівняння $g(a, x) = h(f(a, x))$, де $h: A \rightarrow Y$. Функція h називається функцією відміток автомата, а її значення $h(a)$ на стані a – відміткою цього стану.

Закони функціонування скінченного автомата Мілі можна представити у вигляді

$$a(t+1) = f(a(t), x(t)), y(t) = g(a(t), x(t)); \quad (1.1)$$

де t – поточний момент часу; $t+1$ – наступний момент часу; $a(t+1)$ – стан автомата в наступний момент часу; $a(t)$, $x(t)$, $y(t)$ – елементи опису автомата в поточний момент часу.

Закони функціонування скінченного автомата Мура можна представити у вигляді

$$a(t+1) = f(a(t), x(t)), y(t) = g(a(t)). \quad (1.2)$$

Для представлення необхідних для вирішення вищеописаної проблеми автоматів, визначимо множини A , X та Y . Для цього приймемо, що схема доріг є скінченною та має розмірність $m \times n$, тобто множину станів можна представити як підмножину множини усіх елементів матриці $\{a_{i,j}\}_{m \times n}$, де $i = \overline{0, m-1}$, $j = \overline{0, n-1}$, множину вхідних символів задамо у вигляді $X = \{\downarrow, \uparrow, \leftarrow, \rightarrow\}$, а вихідних – $Y = \{\downarrow, \uparrow, \leftarrow, \rightarrow\}$. Оскільки для кожної схеми доріг існує свій автомат, який може і не бути детермінованим, то опишемо спочатку лише всі можливі правила переходу з одного стану в інший, які є характерними для правостороннього руху транспортного засобу і для кожного з яких можна побудувати функції переходів та виходів (табл. 1)

Таблиця 1 – Правила, що характеризують всі входи та виходи з клітини

№	Правила	Коментар	№	Правила	Коментар
0		Один вхід – один вихід.	6		
1			7		
2			8		
3			9		
4			10		
5			11		

№	Правила	Коментар
12		Один вхід – два можливих виходи, другий вхід – також два можливих виходи.
13		
14		
15		
16		
17		Один вхід – два можливих виходи.
18		
19		
20		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
21		
22		
23		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
24		
25		
26		Один вхід – два можливих виходи.
27		
28		
29		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
30		
31		
32		Один вхід – два можливих виходи.
33		
34		
35		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
36		
37		
38		Один вхід – два можливих виходи.
39		
40		
41		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
42		
43		
44		Один вхід – три можливих виходи.
45		
46		
47		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
48		
49		
50		Назвемо такі клітини мостами, у них: один вхід – один вихід, другий вхід – один вихід з тією лише різницею, що для різних входів – різні виходи.
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		

№	Правила	Коментар
39		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
40		
41		
42		Один вхід – три можливих виходи.
43		
44		
45		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
46		
47		
48		Один вхід – один вихід, другий вхід – також один вихід.
49		
50		
51		Назвемо такі клітини мостами, у них: один вхід – один вихід, другий вхід – один вихід з тією лише різницею, що для різних входів – різні виходи.
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		

Роз'яснимо, наприклад, як трактувати правило № 41. Це правило означає, що для фіксованого стану $a_{i,j}$ функція переходу може задаватися залежностями: $f(a_{i,j}, \rightarrow) = a_{i+1,j}$ або $f(a_{i,j}, \leftarrow) = a_{i+1,j}$. При цьому автомат зберігатиме свою детермінованість лише за умови, що існує стан $a_{i+1,j}$ (компілятор програми-конструктора повинен перевірити, щоб ще й існувало

значення функції $f(a_{i+1,j}, \downarrow)$). В разі, коли стан $a_{i+1,j}$ не існує, то користувач повинен задати скінченну множину таких станів $\{a_{k,l}\}$, для яких існує відповідна множина значень функції $\{f(..., \downarrow)\}$ і при цьому повинні не існувати стани $\{a_{k-1,l}\}$. У цьому випадку стан $a_{i,j}$ називатимемо виходом, а множину станів $\{a_{k,l}\}$ входами, що відповідають даному виходу. Схему, у якій немає виходів, називають замкненою (якщо є виходи, то повинні бути і входи, хоча може бути, що є так звані початкові входи, а виходів немає; компілятор це відслідковує), Програма випадковим чином сама повинна вибирати один із заданих користувачем входів (при цьому компілятор не допустить, щоб виходу була поставлена у відповідність $\emptyset$, бо це призведе до зупинки транспортного засобу, а ми зацікавлені, щоб рух був неспинний). Очевидно, що при цьому, якщо множина входів не є одноелементною, автомат втрачає свою детермінованість. Вона втрачається ще й для всіх схем, у яких зустрічаються правила, що мають декілька символів виходу, крім так званих мостів (правила №50-61), для них характерною є така особливість, що у функціях виходів значення залежать від символу входу взаємнооднозначно (тобто кожному символу входу відповідає лише один символ виходу). Щодо функцій виходів, то для заданого правила вони матимуть вигляд $g(a_{i,j}, \rightarrow) = \downarrow$ або $g(a_{i,j}, \leftarrow) = \downarrow$.

Аналогічно можна проаналізувати і всі інші правила.

Зазначимо, що для випадків декількох можливих входів або виходів алгоритм будується таким чином, що в разі пошуку оптимального найкоротшого маршруту випадковість вимикається, можливі варіанти вибираються обдуманно, при досягненні кінцевого пункту випадковість знову вмикається і транспортний засіб без затримки прямує далі.

Висновки. Отже, клітинний автомат використовується для моделювання руху транспортного засобу вже понад 20 років. При цьому дана проблема у зв'язку з великою різноманітністю задач, які можна вирішити таким способом не перестає бути актуальною і на даний час. Спосіб застосування (чи побудови відповідного) клітинного автомата у більшості праць присвячених даній тематиці зазвичай відрізняється. В даній роботі розроблено власний спосіб застосування, за допомогою якого можна вирішувати будь-яку з вищеописаних проблем, а не лише пошук найкоротшого маршруту. Але якщо зупинитися лише на останній проблемі, то для її вирішення можна використовувати не лише алгоритм Дейкстри (існує велика кількість алгоритмів, які дозволяють шукати найкоротший маршрут: мурашиний алгоритм, алгоритми, що базуються на нейронних мережах тощо). І порівняльний аналіз, оптимізація пошуку тощо – це ще одні із напрямків досліджень, які можна проводити за допомогою розробленої в роботі програми-конструктора.

Список використаних джерел:

1. http://www.transport.ru/1/12/i31_4004p0.htm
2. <http://www.kommersant.ru/doc.aspx?DocsID=801719>
3. <http://googleblog.blogspot.com/2007/02/stuck-in-traffic.html>
4. Nagel K. A cellular automaton model for freeway traffic / K. Nagel, M. Schreckenberg // J. Physique I France. – 1992, vol. 2 – P. 2221-2229.
5. <http://cas.ssu.runnet.ru/sgnp/data/papers/Train/CellAutomat.pdf>
6. Капітонова Ю.В. Основи дискретної математики / Ю.В Капітонова, С.Л Кривий, О.А Летичевський та ін. – Київ: "Наукова думка", 2002. – 580 с.
7. Пахомов Б. Самоучитель C/C++ и C++ Builder 2007 / Б. Пахомов. – Санкт-Петербург: "БХВ Петербург", 2008. – 672 с.
8. Бруно Бабэ. Просто и ясно о Borland C++ / Бабэ Бруно. – М., 1996. – 400 с.

УДК 001 (09)

Лісковець С.М.

Луцький національний технічний університет

ПРО МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ АЛГЕБРАЇЧНИХ РІВНЯНЬ В РОБОТАХ Я.П. КУЛИКА

С.М. Лісковець. Про методи розв'язування алгебраїчних рівнянь в роботах Я.П. Кулика. В статті узагальнені дослідження наукових праць Я.П. Кулика з теорії алгебраїчних рівнянь, запропоновані Куликом; описані відповідні математичні таблиці для знаходження наближених розв'язків рівнянь.

Ключові слова: методи розв'язування, корені рівнянь, парні та непарні детермінанти, наближені обчислення, табличні значення.

С.М. Лисковец. О методах решения алгебраических уравнений в работах Я.Ф. Кулика. В статье обобщены исследования научных трудов Я.Ф. Кулика с теории алгебраических уравнений, представлены методы решения уравнений, предложенные Куликом, описаны соответствующие математические таблицы для нахождения приближенных решений уравнений.

Ключевые слова: методы решения, корни уравнений, четные и нечетные детерминанты, приближенные вычисления, табличные значения.

S.M. Liskovets. About methods of solving algebraic equations in the work of Y.P. Kulik. The article summarizes the research of scientific papers Y.P. Kulik on the theory of algebraic equations proposed by Kulik; the relevant mathematical tables are described for finding approximate solutions of equations.

Key words: methods of solution, roots of equations, even and odd determinants, approximate calculation, tabulated values.

Постановка проблеми. В результаті вивчення наукового доробку математика й обчислювача Я.П. Кулика (1793-1863), вперше були встановлені та охарактеризовані напрямки його творчої діяльності, серед яких дослідження окремих питань теорії алгебраїчних рівнянь та створення відповідної практичної бази для обчислення наближених значень коренів алгебраїчних рівнянь. Дослідження маловідомих робіт вченого дає змогу встановити, що вчений запропонував і обґрунтував один із методів встановлення структури та знаходження коренів як кубічних рівнянь так і алгебраїчних рівнянь вищих степенів. Ні способи встановлення структури коренів, ні методи їх знаходження, ні масштабні математичні таблиці наближених розв'язків до цього часу не були представлені ні в науковій, ні в навчальній літературі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В малочисельних статтях [1-4] дослідників творчості Я.П. Кулика лише зроблений акцент на необхідності вивчення праць вченого пов'язаних з алгебраїчними рівняннями. Окремі положення про структуру коренів на характеристики певних способів розв'язування кубічних рівнянь були представлені в публікаціях [5].

Метою дослідження є представлення окремих підходів до розв'язування алгебраїчних рівнянь вищих степенів, ознайомлення з масштабними математичними таблицями вченого, що дають можливість знаходити наближені корені рівнянь.

Основні результати досліджень. В роботі «Beiträge zur Auflösung Höherer Gleichungen überhaupt und der kubischen Gleichungen insbesondere» («Розв'язування рівнянь вищих степенів в цілому та розв'язування кубічних рівнянь зокрема»)[6]. Кулик зупиняється на знаходженні коренів різної структури, в тому числі і так званих трансцендентних. За словами автора, найбільшою проблемою під час знаходження коренів є той випадок, коли рівняння з всіма раціональними коефіцієнтами має такий корінь, який не можна виразити за допомогою радикалів, або такий корінь, який виражається настільки заплутаними ірраціональними виразами, які не дозволяють легко та точно провести обчислення для визначення числового значення. Саме такі корені називають трансцендентними коренями рівняння. Найбільшу увагу автор приділяв кубічним рівнянням. За словами вченого, якби існував спосіб встановлення наявності трансцендентних коренів у заданому рівнянні, тоді легше було б визначити його величину за допомогою, на той час добре відомого, методу апроксимації. Хоча при багаторазовому використанні методу апроксимації, стверджує автор, замість раціонального кореня отримувалась би його досить наближена величина, а кожний з обох ірраціональних коренів, величина яких відрізняється одна від одної лише знаками «+» і «-».ю повинні визначатися при повторній апроксимації, що є недоліком, який і заважає загальному використанню методу апроксимації.

Я.П. Кулик у своїй роботі пропонує метод, який спочатку передбачає з'ясування наявності тих, чи інших коренів: раціональних, ірраціональних, трансцендентних. На наступному кроці знаходяться встановлені корені, уникаючи методу апроксимації, що дозволяє отримати наближені значення з меншою похибкою.

Одним із завдань, які ставив перед собою Кулик в роботі «Розв'язування рівнянь вищих степенів...», було створення практичної бази для знаходження коренів кубічних рівнянь. Для цього талановитий обчислювач розрахував таблиці, які повністю визначають раціональні та ірраціональні корені, а після простої підготовчої роботи і трансцендентні корені кубічних рівнянь (трансцендентні корені автор виражає, в основному, тригонометричними функціями).

Я.П. Кулик у своїх дослідженнях проводить, в першу чергу, детальний аналіз розв'язків кубічних рівнянь, групуючи рівняння за різною структурою коренів. Згідно з класифікацією автора рівняння поділяються на сім типів. Кубічні рівняння можуть мати: 1) три раціональні корені; 2) один корінь – раціональний, два інші – ірраціональні; 3) один корінь – раціональний, два інші – уявні (комплексно спряжені); 4) три корені ірраціональні; 5) три корені ірраціональні, серед яких два однакових; 6) всі три корені різні, але трансцендентні; 7) один корінь трансцендентний, два інших – комплексно спряжені.

На відміну від квадратних рівнянь, структуру кубічних зразу визначити неможливо. Автор зауважував, що відомі формули Кардано можуть знайти корені кубічних рівнянь 3,4,5 типів. При розв'язуванні кубічних рівнянь, Кулик пропонував використовувати спосіб встановлення типу кореня, при цьому очевидними є такі висновки: якщо рівняння має ірраціональний корінь, тоді це рівняння 1-3 типу; відсутність раціонального кореня, але наявність ірраціонального веде до рівнянь 4-5 типу; і лише, встановивши, що рівняння не має ні раціонального, ні ірраціонального коренів можна стверджувати про рівняння 6-7 типу (рівняння з трансцендентними коренями).

Яків Кулик для розв'язування кубічних рівнянь вигляду

$$x^3 + Ax^2 + Bx + C = 0 \quad (1)$$

розглядав детермінант :

$$d = A^2 - 2B, \text{ або } d = A^2 + 2B \text{ (якщо } B < 0 \text{ в (1)).}$$

Якщо a, b, c – корені рівняння (1), тоді :

$$\begin{aligned} A &= -(a + b + c), \\ B &= ab + bc + ac, \\ C &= -abc. \end{aligned}$$

Після відповідних обчислень детермінант можна представити у вигляді

$$d = a^2 + b^2 + c^2,$$

тобто детермінант кубічного рівняння – це сума квадратів його коренів, отже Кулик зробив перший висновок: *детермінант кубічного рівняння з раціональними коренями є завжди додатнім.*

Якщо кубічне рівняння (1) має два ірраціональних корені b і c , де

$$b = p + \sqrt{g}, \quad c = p - \sqrt{g}, \quad (b + c = 2p, bc = p^2 - g),$$

тоді детермінант відповідного рівняння буде мати вигляд:

$$d = a^2 + 2(p^2 + g), \text{ при цьому } C = -a(p^2 - g). \quad (2)$$

Звідси слідує, що C і a мають різні знаки, якщо $p^2 > g$, в протилежному випадку – однакові.

Детермінант кубічного рівняння, що має комплексно спряжені корені, буде мати вигляд (потрібно змінити знаки $(+ , -)$ величини g): [6].

$$d = a^2 + 2(p^2 - g), \quad C = -a(p^2 + g). \quad (3)$$

Яків Кулик в роботі, аналізуючи детермінанти d кубічних рівнянь, робить ряд узагальнюючих висновків:

– лише рівняння з дійсними коренями мають завжди додатний детермінант ($d > 0$);

– твердження про те, що при додатному детермінанті d рівняння буде мати лише дійсні корені – неправильне: наприклад, якщо $g < 0$, а два інші корені – комплексно спряжені, тоді детермінант може бути додатним у випадку

$$a^2 + 2p^2 > 2g;$$

– якщо детермінант від'ємний, або дорівнює нулеві, тоді кубічне рівняння завжди має два комплексно спряжені корені, причому детермінант від'ємний ($d < 0$), якщо

$$a^2 + 2p^2 < 2g;$$

а детермінант дорівнює нулеві ($d = 0$), якщо

$$a^2 + 2p^2 = 2g;$$

– якщо раціональний корінь кубічного рівняння a є парним числом, тоді і детермінант d є парним числом, у випадку, якщо a – непарне число, то таким буде і d . Тобто парні детермінанти відповідають парним величинам раціонального кореня рівняння, а непарні детермінанти – непарним величинам.

В роботі Я.П. Кулик пропонував користуватися виведеними формули для знаходження ірраціональних коренів через раціональний корінь a та числові коефіцієнти A , C кубічного рівняння (1). Таким чином, зникає потреба у відомій подвійній операції: не потрібно ділити кубічний многочлен на $(x - a_1)$ (a_1 – раціональний корінь) та розв'язувати відповідне квадратне рівняння. Ірраціональні корені p і g знаходяться у вигляді:

$$p = -\frac{1}{2}(A + a), \quad g = p^2 + \frac{C}{a} \quad (\text{якщо } a > 0), \quad (4)$$

або

$$p = -\frac{1}{2}(A - a), \quad g = p^2 - \frac{C}{a} \quad (\text{якщо } a < 0). \quad (5)$$

Потрібно зазначати, що наявність раціонального кореня a в кубічному рівнянні (1) Кулик пропонував визначити як за числовими значеннями так, і за математичними знаками коефіцієнтів даного рівняння.

Кулик побудував ряд таблиць (об'єм проведених підрахунків просто захоплює), які і створюють практичну базу для розв'язування кубічних рівнянь. Таблиці для знаходження коренів кубічних рівнянь він розбивав на дві групи, що відповідно відносяться до непарних та парних детермінантів. Спочатку автор опублікував таблицю „Непарних детермінантів кубічних рівнянь“ від $d=7$ до $d=325$. В рядках і стовпчиках таблиці розміщуються наступні числові величини: детермінант d , вільний член C кубічного рівняння (1), непарний раціональний корінь a та відповідне значення p ірраціонального кореня.

Яків Кулик складав таблиці за значеннями d та C , обмежуючись знаходженням лише цілих значень p та дійсних коренів a . Складання таких таблиць, за словами автора, „може служити зразком майбутньому математику“ [6, с.7]. Кулик стверджував, що побудова таблиць базується на таких факторах:

– якщо значення a та p у формулах (2) розглядати як константи, а величина g прийматиме один за одним всі величини 1, 2, 3, 4, 5, ..., то відповідні детермінанти утворюють арифметичну прогресію з різницею a . Якщо $p^2 > g$, то значення a зменшується до тих пір, поки не стане $p^2 = g$, тоді $C=0$ і це значення в таблиці позначається зірочкою; і, навпаки, значення C буде зростати з різницею a , якщо $p^2 < g$. Таким чином, якщо C знаходиться між спадаючими числами свого рядка, тоді a і C мають різні знаки, а, якщо C розміщується між зростаючими числами рядка, тоді a і C мають однакові знаки;

– якщо записувати обидві прогресії d та C одну під одною горизонтально, і так, щоб їх початкові члени відповідали тому ж самому значенню g , тоді довільно прийняті значення a та p можна ставити в кінці рядка значень C .

– завдяки особливості величин a та p , а саме, якщо спочатку для a брати непарні числа 1, 3, 5, ..., а потім парні – 2, 4, 8, ... і ставити в обидва рядки для p числа 1, 2, 3, 4, ..., тоді можна отримати всі значення C , до яких належить певні значення a та p .

– випадок $p=0$ також знаходиться в таблиці тому, що тоді $C=AB$ і рівняння $x^3 + Ax^2 + Bx + AB = 0$ має два квадратичних корені: $x = \pm\sqrt{-B}$ та раціональний корінь $x = -A$.

Кожна сторінка таблиці нараховує близько 800 значень C . Так, як a та p можуть набувати як додатних, так і від'ємних значень, тоді для кожного значення C розглядається чотири рівняння. Отже, кожна сторінка таблиці містить розв'язки майже 3200 рівнянь. Таблиці парних та непарних детермінантів розміщуються на 15 сторінках. Кількість рівнянь, корені яких підрахував Яків Кулик, здається просто неймовірною.

Таблиці детермінантів (табл.1), побудовані Куликом, відзначаються зручністю, для користування ними автор запропонував детальні пояснення, що супроводжуються наведеними прикладами.

Згідно з оригіналом, фрагмент таблиці детермінантів має такий вигляд:

Таблиця 1. Непарні детермінанти кубічних рівнянь

Розроблено за [6]

7 9 11 13	15 17 19 21	23 25 27 29	31 33 35 37	a	p
1 2 3 4	5 6 7 8	9 10 11 12	13 14 15 16	1	1
2	1 * 1 2	3 4 5 6	7 8 9 10	1	2
	3 6 9 12	7 6 5 4	3 2 1 *	1	3
	6	15 18 21 24	27 30 33 36	3	1
		3 * 3 6	9 12 15 18	3	2
			21 18 15 12	3	3
			5 10 15 20	5	1
			10	5	2

В таблиці перший рядок – всі значення непарних детермінантів (d), під величинами d – значення коефіцієнту C , справа у стовпчиках – корінь a та частина p ірраціонального кореня $p \pm \sqrt{g}$.

Розв'язування відповідних кубічних рівнянь за допомогою таблиць дуже просте і не вимагає багато часу.

Наприклад: потрібно розв'язати рівняння

$$x^3 - 3x - 14x + 20 = 0$$

В даному рівнянні: $A=-3$, $B=-14$, $C=20$. Детермінант рівняння: $d=A^2-2B=37$. Із таблиці за значеннями $d=37$, $C=20$ знаходимо – $a=5$, $p=1$. Так, як C розміщується між зростаючими числами, то $p^2 < g$, звідси $a=+3$, а за формулами (4) знаходимо, що

$$P = -1/2(A+a) = -1; \quad g = p^2 + \frac{C}{a} = 5.$$

Отже, коренями даного рівняння є числа: 5; $-1 \pm \sqrt{5}$.

Таким чином, відповідна таблиця детермінантів дає можливість знаходити раціональний та два ірраціональних корені кубічного рівняння, обчисливши лише детермінант d за коефіцієнтами рівняння (1), всі інші підрахунки взяв на себе Я.П. Кулик, провівши неймовірну кількість обчислень та розмістивши кінцеві результати у таблицях.

Слідом за таблицею непарних детермінантів надрукована „Таблиця парних детермінантів“, в ній останнє значення детермінанта $d=328$. Таблиця працює за схемою, аналогічною до

попередньої. Для зменшення об'єму таблиць та задля економії місця для чотирьохзначних величин C , Кулик вводить прості позначення: 10 позначається як a , 11 позначається як b .

У випадку, коли всі корені кубічного рівняння є раціональними, тоді за таблицями знаходяться ті ж самі значення a і p , які аналогічно зв'язані знаками $(+, -)$. Згідно з формулами (4, 5) обчислюється величина g , що дорівнює r^2 . Тоді відповідне кубічне рівняння має три раціональні корені: $a, p+r, p-r$.

В роботі „Розв'язування рівнянь вищих степенів в цілому та розв'язування кубічних рівнянь зокрема“ Я.П. Кулик пропонує один із способів визначення наявності раціонального кореня в рівняннях будь-якого степеня.

Для того щоб з'ясувати структуру коренів рівняння

$$x^n + Ax^{n-1} + Bx^{n-2} + Cx^{n-3} + \dots + Px + Q = 0 \quad (6)$$

Кулик розглядає вільний член Q рівняння (6), та величини Q', Q'' , де

$$\begin{aligned} Q' &= 1 + A + B + C + \dots + P + Q \\ Q'' &= 1 - A + B - C + \dots \pm P \mp Q \end{aligned}$$

Величина Q'' – це сума одиниці та всіх коефіцієнтів рівняння n -го порядку, при умові, що парні коефіцієнти стають непарними, а непарні – парними. Суть метода полягає в розкладі на множники вільного члена рівняння (6) та величин Q', Q'' .

Кулик довів таке твердження: якщо ніякий дільник Q не збільшений, або не зменшений на одиницю від множників Q' та Q'' , тоді рівняння n -го степеня (6) не має жодного цілого кореня.

Аналізуючи множники відповідних величин Q, Q', Q'' , автор обґрунтував такі закономірності:

- ті множники Q , які на одиницю збільшені від дільників Q' та на одиницю зменшені від дільників Q'' є від'ємними коренями рівняння (6);

- ті множники Q , які на одиницю зменшені від дільників Q' та на одиницю збільшені від Q'' є додатними коренями рівняння (6).

Аналіз множників величин Q, Q', Q'' дав можливість зробити висновки про наявність кратних коренів рівняння (6) та коренів з протилежними знаками.

Висновки такі:

- якщо c є коренем кратності r рівняння (6), тоді c^r є дільником Q , а величини $(c-1)^r$ та $(c+1)^r$ є відповідно множниками Q' та Q'' ;

- рівняння (6) буде мати два однакові за значенням, але протилежні за знаком корені $\pm a$, якщо величини Q' та Q'' будуть відповідно ділитися на $(a-1)$ та $(a+1)$.

Крім того, Я.П. Кулик, досліджуючи множники величин Q, Q' та Q'' , обґрунтував такі закономірності:

- якщо рівняння (6) має два корені, що відрізняються на одиницю: a та $a+1$ і обидва додатні, тоді a є спільним дільником Q , та Q' , а $a+1$ – спільним дільником Q та Q'' ;

- якщо a та $a+1$ – від'ємні корені рівняння (6), тоді $a+1$ є спільним дільником Q та Q' , а a – спільним дільником Q та Q'' ;

- якщо корені a та $a+1$ рівняння (6) мають різні знаки, тоді одна із величин Q' , або Q'' має з величиною Q два спільних множники a та $a+1$, а інша величина з Q спільних множників немає;

- якщо рівняння (6) має корені a та $a+2$, тоді $a+1$ є спільним множником величин Q' та Q'' .

Ці та інші висновки про структуру та закономірності коренів рівнянь вищих степенів тісно переплітаються з дослідженнями Я.П. Кулика про розклад складених чисел, підкреслюють доцільність, необхідність та користь таблиць дільників складених чисел.

Друга частина роботи Я.П. Кулика називається „Визначення первісного кореня для рівнянь будь-якого степеня“. Автор дав таке визначення: ірраціональні корені, чиї показники кореня дорівнюють порядковому степеню рівняння, називаються первісними коренями рівняння. Таким чином, обидва ірраціональні корені квадратного рівняння, а також ірраціональні кубічні корені є первісними коренями.

В даній частині своєї праці Кулик проводить дослідження властивостей коренів алгебраїчних рівнянь. Зокрема, для рівнянь вигляду

$$y^n - Ay^{n-1} + By^{n-2} = 0$$

Кулик виводить ряд формул. Наприклад, якщо a і b – корені даного рівняння, тоді

$$a^3 + b^3 = A^3 - 3AB, \text{ (для рівняння 3-го степеня),}$$

$$a^4 + b^4 = A^4 - 4A^2B + 2B^2, \text{ (для рівняння 4-го степеня) і т.д.}$$

Автор описав умови, для яких формули справедливі, знайшов відповідні біноміальні коефіцієнти.

Не оминув Кулик дослідження ірраціональних коренів алгебраїчних рівнянь. Він вивів формули для ірраціональних коренів рівнянь різних степенів через коефіцієнти біля невідомих, знайшов ірраціональні корені для рівнянь, в яких числові коефіцієнти мають спеціальні структури. Автор також знайшов корені багатьох рівнянь, в яких коефіцієнти виражаються певними закономірностями, а корені мають певну залежність від величин p , якими задаються коефіцієнти.

Наприклад, рівняння

$$x^3 + 3px + p - p^2 = 0 \text{ має корінь } x = \sqrt[3]{p^2} - \sqrt[3]{p}, \quad p \in \mathbb{Z},$$

$$x^4 - 2px^2 - 4px + p^2 - p = 0 \text{ має корінь } x = \sqrt[4]{p^2} + \sqrt[4]{p} \text{ і т.д.}$$

Кулик вивів аналогічні формули для рівнянь від третього до десятого степеня, звертаючи увагу на їх доцільне застосування. Саме такі ірраціональні корені (показник кореня дорівнює порядковому числу рівняння, тобто найвищому степеню невідомого) обчислювач називав *первісними коренями* рівняння.

Третій розділ роботи Я.П. Кулика присвячений з'ясуванню та знаходженню трансцендентних коренів кубічних рівнянь. Якщо, за допомогою вище описаних методів, встановлено, що кубічне рівняння не має ні раціонального, ні ірраціонального, ні уявного коренів, тоді потрібно шукати трансцендентні розв'язки. Автор розглядав два випадки:

- 1) всі три трансцендентні корені є дійсними;
- 2) один із коренів є дійсний, а два інших – уявні.

Для знаходження трансцендентних коренів кубічних рівнянь Кулик пропонував використовувати метод апроксимації. Автор для наближеного знаходження коренів удосконалив таблицю Ламберта, недоліком якої був той факт, що елементи в таблиці знаходилися далеко один від одного. Дана ситуація вела до появи деякої похибки під час розв'язування рівнянь. Кулик заново розрахував таблицю, збільшивши вдсятеро кількість значень таблиці, зблизив вдсятеро її аргументи. Так, як тригонометричні обчислення для другого випадку (з одним дійсним коренем) за допомогою звичайних тригонометричних таблиць були не зовсім точними, Кулик знову розширив відповідні таблиці, поглиблюючи їх, зробив більш придатними для використання. Він розробив метод знаходження трансцендентних коренів, побудував об'ємні таблиці „Рівняння з трьома дійсними коренями“, які охоплюють велику кількість рівнянь. Значення в таблицях Кулик обчислював десятковими дробами, які мають сім знаків після коми.

Метод, який описав Кулик, для знаходження наближених коренів є достатньо зрозумілим. Крім того, за допомогою таблиць досягається його зручність та практичність.

Я.П. Кулик пропонує відповідне рівняння

$$x^3 + Ax^2 + Bx + C = 0 \quad (1)$$

за допомогою підстановки

$$x = y - 1/3A$$

зводити до рівняння вигляду:

$$y^3 + Py + Q = 0, \quad (7)$$

в якому

$$P = B - \frac{1}{3}A^2, \quad Q = C - \frac{1}{3}AB + \frac{2}{27}A^3 \quad (\text{коефіцієнти } P \text{ та } Q \text{ можуть приймати від'ємні значення}).$$

Потім рівняння (7) за допомогою заміни

$$y = z \cdot \sqrt{P} \quad \text{і} \quad \frac{Q}{P\sqrt{P}} = R$$

потрібно звести до рівняння

$$z^3 + z = \pm R. \quad (8)$$

Дійсність трьох коренів рівняння (8) потребує позитивного детермінанта, при цьому знак z повинен бути від'ємним. В результаті рівняння буде мати вигляд:

$$z^3 - z = \pm R. \quad (9)$$

Основне дослідження зводиться до знаходження коренів рівняння (9), а потім до обчислення відповідних коренів початкового рівняння (1). Обчислення не прості та досить об'ємні, але, за словами автора, найбільш точні.

Нехай a, b, c – три дійсних, згідно їх числових значень, упорядковані корені рівняння (9), відповідно $a > b > c$, тоді $a + b + c = 0$ ($A=0$). Отже, $a = -(b + c)$, а це означає, що обидва менші корені мають однакові знаки, які протиставляються знакові найбільшого кореня. Отже, якщо найбільший корінь – додатний, то обидва інших є від'ємними, а якщо найбільший корінь – від'ємний, то обидва інших є додатними. Значення a та R одночасно є від'ємними, або ж додатними, відповідно до такої ситуації визначаються знаки трьох коренів рівняння (9).

Для знаходження відрізка, в якому лежать корені рівняння (9) дане рівняння потрібно продиференціювати, отримаємо:

$$3z^2 - 1 = 0,$$

$$\text{Звідси, } z = \sqrt{\frac{1}{3}} = 0.5773503, \text{ а } R = \sqrt{\frac{4}{27}} = 0.3849002.$$

Дане значення R – найбільше значення, при якому рівняння (9) буде мати три дійсні корені, а значення 0,5773503 – це найбільше значення, яке може прийняти найменший корінь рівняння (9). Корені автор поділяв на найменший, середній та найбільший. За значенням R легко визначається кількість дійсних коренів рівняння (1): якщо $R < 0.3849002$ – рівняння має три дійсні корені, якщо $R > 0.3849002$ – один дійсний корінь.

Таблиці, побудовані Я.П. Куликом для знаходження трьох дійсних коренів, мають три колонки, перша з яких показує значення z від $z=0$ до $z=0.5774$, друга від $z=0.5774$ до $z=1.000$, третя – від $z=1.000$ до $z=1.155$. Решта таблиць, які побудовані для z від $z=1.555$ до $z=3.2800$, відносяться до другого випадку рівняння (9) з одним дійсним та двома уявними коренями. Друга частина таблиці містить як дійсний, так і відповідно пару комплексно спряжених коренів. Називаються таблиці „Рівняння з одним дійсним коренем“.

Таблиці для знаходження трьох дійсних коренів автор поділяв на три види:

- „Рівняння з трьома дійсними коренями. Найменший корінь“,
- „Рівняння з трьома дійсними коренями. Середній корінь“,
- „Рівняння з трьома коренями. Найбільший корінь“ (додаток Р) .

Таблиці, складені Куликом, розміщуються більше як на 50 сторінках роботи. Вони містять великий об'єм проведених підрахунків, створюють зручну практичну базу для розв'язування кубічних рівнянь.

Знайдене наближене значення кореня рівняння (9) вимагає послідовних математичних операцій для отримання відповідного кореня рівняння (1). Потрібно здійснити поетапне обчислення коренів рівнянь (1), використовуючи заміни:

$$y = z\sqrt{P}; \quad x = y - \frac{1}{3}A.$$

Яків Кулик для знаходження наближеного значення коренів пропонував обрахунки не за допомогою складних ірраціональних виразів, а використовуючи логарифми. До того, таблиці значень логарифмів були складені самим автором з великою точністю.

Наприклад, потрібно розв'язати рівняння:

$$y^3 - 7y + 7 = 0$$

Відповідне значення $R = \frac{-7}{7\sqrt{7}} \approx -0,3779644$ – рівняння має три дійсні корені.

В таблицях знаходяться значення z . Користування таблицями зовсім просте. У всіх трьох таблицях („Найменший корінь“, „Середній корінь“, „Найбільший корінь“) відповідні корені знаходяться навпроти значення R .

Для даного рівняння:

$$z_1 = 0,5128583; \quad z_2 = 0,6395241; \quad z_3 = -1,1523824.$$

Після перетворень (з використанням логарифмів) підраховуються корені початкового рівняння.

$$y_1 = 1,356895; \quad y_2 = 1,692021; \quad y_3 = -3,048916.$$

Звичайно, що обчислення складних ірраціональностей є більш точними під час використання таблиць логарифмів. З них легко знаходяться, як значення логарифмів, так і відповідні числові значення аргументів. Якщо, врахувати ще й точність таблиць логарифмів Я.П. Кулика, тоді можна стверджувати, що при таких наближених обчисленнях досягається найменша похибка.

Висновки. Методи розв'язування алгебраїчних рівнянь, математичні таблиці Я.П. Кулика збагачують теоретичну та практичну бази теорії алгебраїчних рівнянь. Теоретична частина аналізу структури коренів, їх закономірностей, основних властивостей може служити підґрунтям для подальших досліджень, темами наукових робіт учнів та студентів. Збережені до нинішнього часу масштабні таблиці можуть використовуватися як в навчальному процесі так і безпосередньо під час розв'язування кубічних рівнянь, для цього достатньо залучити електронні ресурси. Комп'ютерне користування математичними таблицями може забезпечити раціональне знаходження наближених значень коренів рівнянь, що вимагають громіздких обчислень.

1. Porubsky S. Jakov Philip Kulik – ein vergesener Rechenkünstler / Porubsky S. [Tagung zur Geschichte der Mathematik]. – Augsburg, 2004. – S. 307-328.

2. Porubsky S. Jakov Philip Kuliks Wirken in Graz, in Christa Binder and Detlef Gronau / S. Porubsky, B. Besser [Beiträge zur Geschichte der Mathematik] – Graz, 2010 – S. 1 – 30.

3. Moravec L. Seznameni s Jakubem Filipem Kulikem / L. Moravec., J.M Becvarova, J. Becvar [XXX mezinardni konference Historie matematiky] – Praha, 2009. – S. 156 – 163.

4. Moravec L. Jakub Filip Kulik – Life and Work / L. Moravec // WDS'09 Proceedings of Contributed Papers. – Praha, 2009. – [V.1] S. 182-187.

5. Лісковець С.М. Про дослідження маловідомих наукових праць Якова Пилипа Кулика / С.М. Лісковець // Вісник Нац. тех. ун-ту «Харківський політехнічний інститут»: зб. Наук. пр. Сер. «Історія науки і техніки». – Х.: НТУ «ХПІ», 2011. - №1. – С. 145-152.

6. Kulik J.P. Beiträge zur Auflösung Höherer Gleichungen überhaupt und der kubischen Gleichungen insbesondere / J.P. Kulik – Prag, 1860. – 103 s.

УДК 651.3:518.5

О.М. Решетило, О.О. Смолянкін, К.М. Колядинська
Луцький національний технічний університет

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛІННЯ АЕРОДИНАМІЧНИМ СТЕНДОМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ СТІЙКІСТЮ ОБ'ЄКТА КУЛЕВИДНОЇ ФОРМИ

Решетило О.М., Смолянкін О.О., Колядинська К.М. Програмно-апаратний комплекс управління аеродинамічним стендом для управління стійкістю об'єкта кулевидної форми. В роботі описаний метод дослідження та аналізу аеродинамічних характеристик об'єктів системи автоматизації. Розроблений науково-дослідний стенд, що використовується в якості складного об'єкта для вивчення та дослідження систем автоматичного регулювання.

Ключові слова: аеродинамічні характеристики, науково-дослідний стенд, система автоматичного регулювання, ПІД-регулятор.

O.M. Reshetylo, O.O. Smoljankin, K.M. Koliadynska. Hardware-software complex aerodynamic management control model for the stability of object spherical forms. This paper describes a method of research and analysis of the aerodynamic characteristics of objects automation systems. Scientific - research stand, which is used as a complex object for study and research of automatic control systems.

Keywords: aerodynamic characteristics of scientific - research stand, automatic control system, PID – controller

А.Н. Решетило, О.А. Смолянкин, Е.Н. Колядинская. Программно-аппаратный комплекс управление аэродинамическим стендом для управления устойчивостью объекта шаровидной формы. В работе описан метод исследования и анализа аэродинамических характеристик объектов системы автоматизации. Разработанный научно - исследовательский стенд, который используется в качестве сложного объекта для изучения и исследования систем автоматического управления.

Ключевые слова: аэродинамические характеристики, научно-исследовательский стенд, система автоматического управления, ПИД - регулятор.

Вступ. Автоматичне регулювання - це підтримання на заданому рівні або зміна будь-якої фізичної величини в об'єкті регулювання за необхідним законом без безпосередньої участі людини.

Для цього використовуються системи автоматичного регулювання (САР), основне призначення яких - звести до мінімуму відхилення регульованого процесу від заданого стану, що виникають під дією різних причин.

Постановка проблеми: У наукових дослідженнях останніх років в області автоматичного керування різними об'єктами значну увагу приділяють можливості компенсації збурюючих факторів.

Одним з ефективних засобів дослідження процесів функціонування систем автоматизації є програмно-апаратні комплекси з використанням реальних об'єктів управління.

Проведення експериментальних досліджень на основі використання аеродинамічного стенду дозволяє встановити вплив факторів збурення на об'єкт дослідження та забезпечити стабілізацію об'єкта керування.

Стабілізація об'єкта, типу кулька, на плоскій поверхні являє собою складну задачу з точки зору системи управління. Використання аеродинамічної труби в якості прямого каналу для кульки спрощує дану задачу та дозволяє внести два збурюючі фактори за допомогою використання вентиляторів на її торцях.

Мета дослідження: Метою роботи є розробка програмно-апаратного комплексу на основі аеродинамічної труби, який забезпечить проведення експериментальних досліджень на встановлення стійкості об'єкта керування.

Основні результати дослідження. Одним з ефективних засобів дослідження процесів функціонування електромеханічних систем і систем автоматизації, інтенсифікації і підвищення рівня науково-дослідної та інженерної роботи є дослідження на основі комп'ютерного моделювання, забезпечує оперативний розрахунок сталих і перехідних режимів роботи в штатних і позаштатних режимах роботи. Методологічну і методичну основу математичного моделювання на базі пристроїв силової електроніки і мікропроцесорної техніки складають системний підхід, імітаційне та аналітичне моделювання. Труднощі моделювання обумовлені їх неоднорідною фізичною природою, топологічної та математичної складністю моделей, необхідністю реалізації багаторівневого моделювання. Недоліком цього підходу є дослідження віртуальних моделей, які

не дають чіткого уявлення про структуру реальних систем і не дозволяють отримати практичні навички роботи з апаратною частиною.

Іншим підходом до дослідження є програмно-апаратні комплекси з використанням реальних об'єктів управління. На відміну від комп'ютерного моделювання ця система дозволяє отримати результати з реальних, а не ідеалізованих об'єктів, тобто більш чітко визначити характер того чи іншого процесу. Недоліками таких рішень є:

- невідповідність характеристик реальних об'єктів характеристикам ідеалізованих моделей, застосовуваних при вивченні базових дисциплін;
- можливість дослідження систем тільки певної структури з обмеженим набором об'єктів управління;
- прив'язка до спеціального обладнання, часто вимагає додаткових знань інструментальних засобів проектування, висока вартість [1].

Питання розробки лабораторних стендів останнім часом стало ще гострішим. Саме завдяки цьому сталася інтенсифікація впровадження їх у реальному житті.

Проведений аналіз існуючих установок та систем для дослідження стійкості об'єкта управління показав, що вони мають ряд недоліків, тому було поставлено задачу спроектувати та розробити програмно-апаратний комплекс управління аеродинамічним стендом для керування стійкістю об'єкта управління (кулькою).

На основі розробленого в Далекосхідному державному технічному університеті малогабаритного аеродинамічного стенда [2] проводилася модернізація установки і розробка програмно-апаратного комплексу для дослідження траєкторії переміщення об'єкта та забезпечення стабілізації системи.

Конструкція експериментального аеродинамічного стенда (рис. 1) включає:

- аеродинамічну трубу квадратного перерізу, виготовлену з оргскла товщиною 3 мм.;
- дві камери для формування потоку повітря, що розташовані на торцях аеродинамічної труби.

В торець кожної з камер вбудований вентилятор від персонального комп'ютера (ПК) напругою живлення 12 В, для формування зустрічних повітряних потоків в аеродинамічній трубці, які будуть впливати на об'єкт керування кулевидної форми.

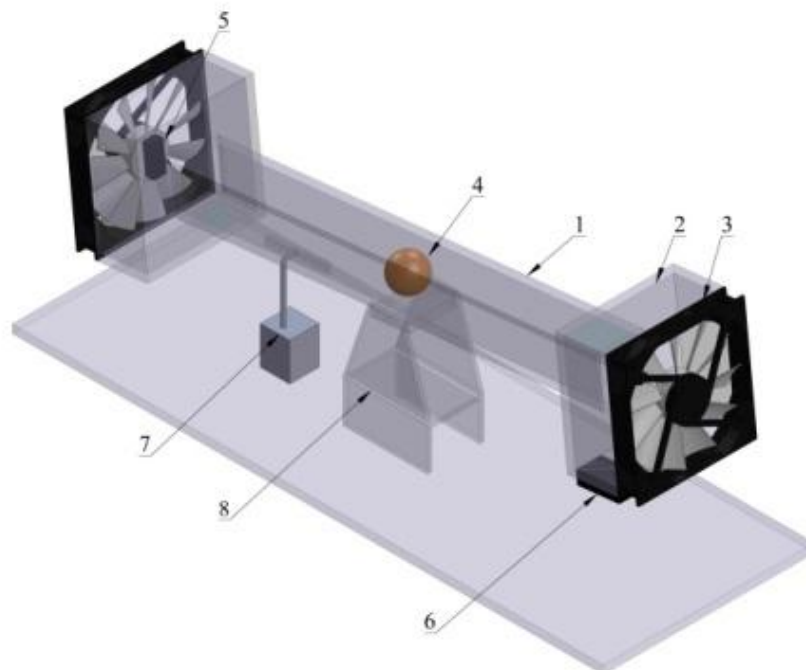


Рис. 1. Розроблений науково-дослідний стенд:

- 1 – аеродинамічна труба;
- 2 – корпус;
- 3 – вентилятор;
- 4 – об'єкт управління (кулька)
- 5 – інфрачервоний датчик відстані GP2Y0A21;

- 6 – 3-х осьовий акселерометр гіроскоп MMA7361;
- 7 – сервопривід Futaba T306 MG995;
- 8 – опора

В один з торців камери вбудований інфрачервоний датчик відстані Sharp GP2Y0A21 (10-80см), який призначений для визначення положення об'єкта (кульки), що знаходиться в аеродинамічній трубі.

GP2Y0A21 - триангуляційний інфрачервоний датчик відстані дозволяє виявляти об'єкт в діапазоні від 10 до 80 см. Відстань визначається за аналоговою напругою на виході, що робить цей датчик дуже простим у використанні.

В другий торець камери вбудований 3-х осьовий акселерометр гіроскоп MMA7361, за допомогою якого визначається кут нахилу дослідної установки до горизонту.

Futaba T306 MG995-сервопривід являє собою виконавчий механізм, що змінює кут нахилу аеродинамічної труби до горизонту.

Довжина аеродинамічної труби становить 500 мм.

Універсальність науково-дослідної установки полягає в наступному:

- 1) можуть працювати один або два вентилятори. При управлінні одним - інший може створювати збурюючу дію;
- 2) можна змінювати кут нахилу установки до горизонту, що дозволяє створити додаткову дію збурень на об'єкт керування;
- 3) існує можливість швидкої зміни повітряних потоків: вентилятори можуть працювати на всмоктування і створення повітряного потоку в аеродинамічній трубі.

Для опрацювання сигналів з датчиків та їх передачу на ЕОМ було вибрано мікроконтролер Arduino Mega 2560 (рис. 2), який забезпечує виконання наступних функцій:

- керування вентиляторами за допомогою яких забезпечується стійкість кульки;
- зчитування інформації з датчиків та виконавчих механізмів;
- передача та отримання інформації з пристрою обробки.

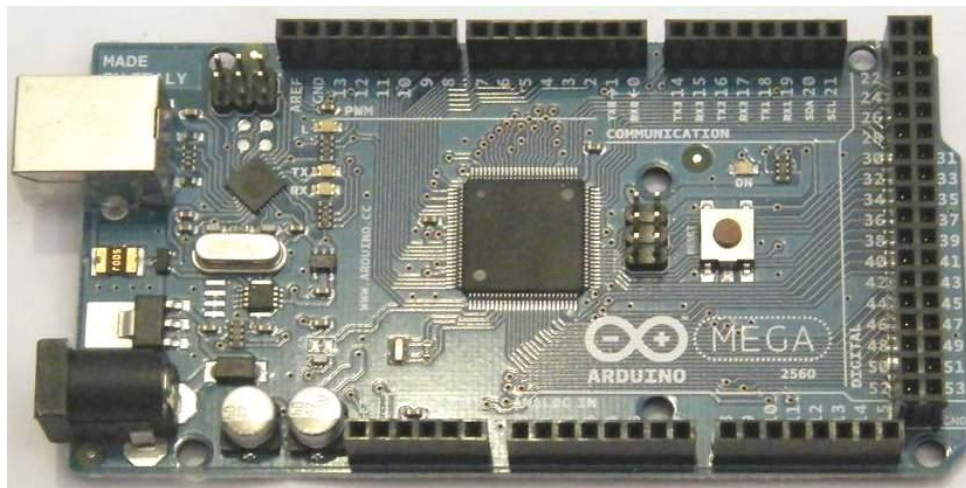


Рис. 2. Плата Arduino Mega 2560

В пакеті Fritzing було розроблено схему підключення елементів до плати Arduino Mega 2560 (рис. 3) та електричну схему з'єднання компонентів системи (рис. 4).

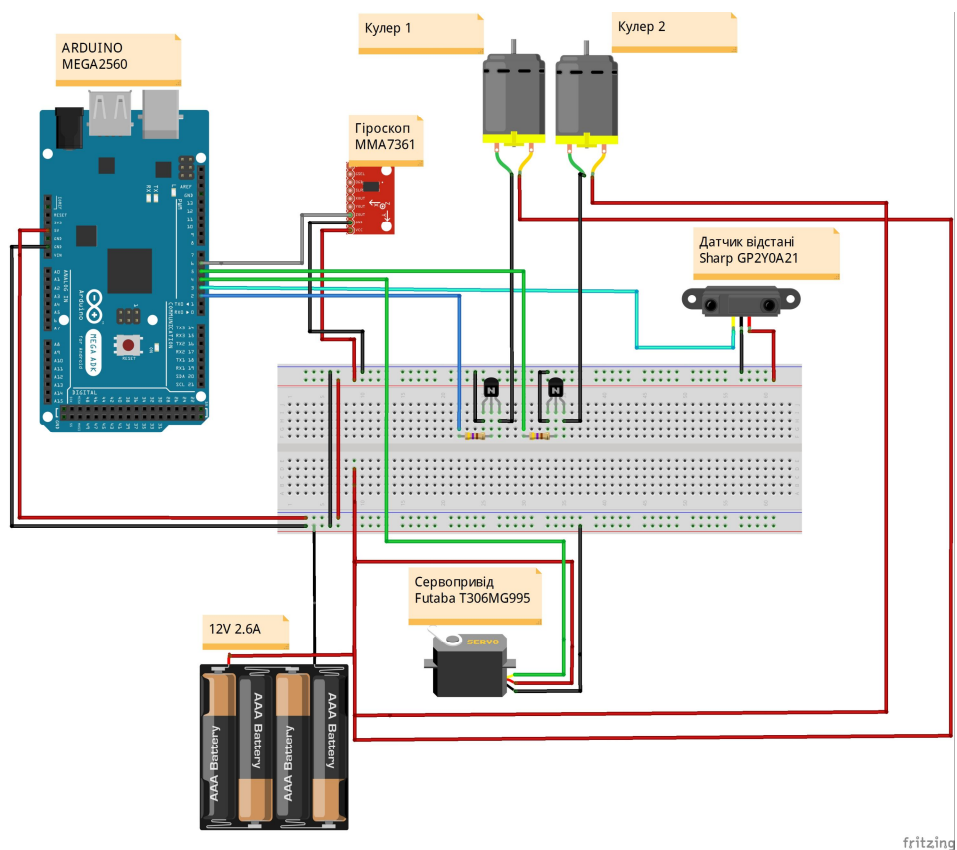


Рис. 3. Схема підключення елементів до плати Arduino Mega 2560

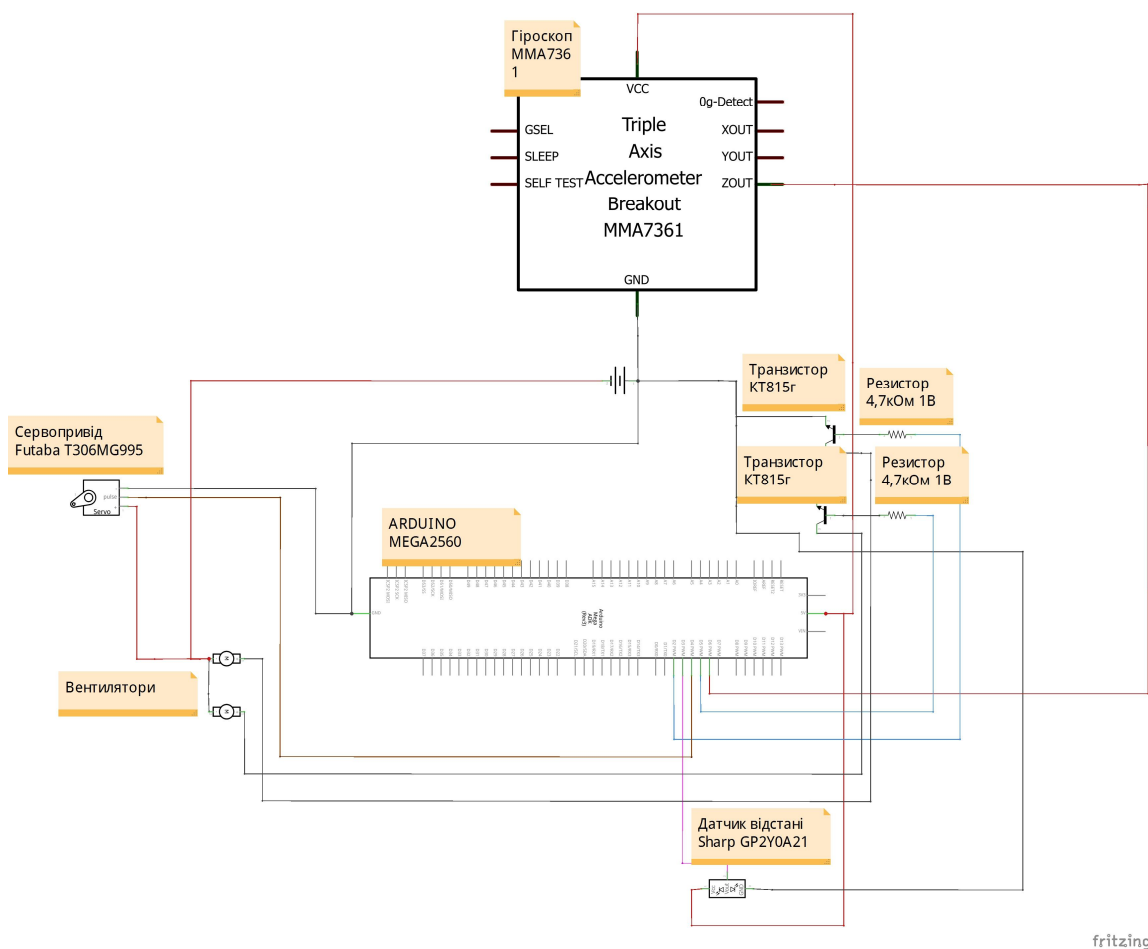


Рис. 4. Електрична схема підключення елементів

В результаті проведення серії експериментів з використанням розробленого науково-дослідного стенду було встановлено, що:

- конструкція лабораторного стенду, не є досконалою, оскільки в ній присутні повітряні проміжки, які порушують герметичність аеродинамічної труби, а відповідно і надійність роботи системи в цілому за рахунок появи небажаних зовнішніх збурюючих факторів;

- розроблена програмна частина комплексу використовуючи мову Processing та Matlab/Simulink, забезпечує необхідну швидкість проведення математичних операцій, надає можливість створення зручного інтерфейсу користувача та програмні додатки яких можуть автономно працювати на будь-якому ПК з різними операційними системами;

- ідентифікація об'єкта управління реалізується за рахунок використання методу площ Сімою;

- для стабілізації розробленої математичної моделі використовується ПІД-регулятор, згідно з яким було встановлено, що відсоток і час перерегулювання становлять відповідно 17,4 % та 10 с.

Так як об'єкт дослідження (кулька) поміщався в аеродинамічну трубу через отвір в одному із торців (тим самим створюючи наявність значного повітряного зазору) в подальшому планується змінити конструкцію установки таким чином, щоб об'єкт дослідження поміщався безпосередньо через знімну кришку, яка розміщена зверху аеродинамічної труби по центру напрямного каналу. Також буде змінена конструкція шарнірної опори аеродинамічної труби до плоскої поверхні. Для забезпечення більш надійного переміщення аеродинамічної труби відносно горизонту буде використовуватися шарнірне кріплення установки з використання підшипників кочення.

Висновки. Запропонована структура програмно-апаратного комплексу дозволяє створювати прототипи систем управління об'єктами, надає широкі можливості дослідження і налагодження роботи керуючих алгоритмів при зміні параметрів об'єкта управління. Для реалізації структури досить мінімального набору стандартного базового обладнання. Використання комплексу може бути ефективним, як для наукових досліджень, так і під час навчання студентів за спеціальністю.

Список використаної літератури

1. Електромеханічні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць VII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених і фахівців в місті Кременчук 2-4 квітня 2009 Кременчук, КДПУ, 2009. - 414 с.
2. «Вісник Далекосхідного державного технічного університету» 2010 р. А.В. Вара, К.В. Змеу.
- 3 О.М. Решетило, К.М. Колядинська, В.О. Садик. Програмно-апаратний комплекс управління аеродинамічним стендом для керування стійкістю об'єкта куле видної форми. // Актуальні проблеми автоматизації та управління. Матеріали конференції. Випуск №2. – Луцьк: Луцький НТУ, – 2014. – С. 30-33.

УДК 519.6

ББК 73068

В.О. Сацик, О. М. Решетило, Б.Р. Шабас

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ КЛАСТЕРНОГО РОЗМІЩЕННЯ У ЗАМОРОЖЕНІЙ ВОДОПРОВІДНІЙ ТА ДЖЕРЕЛЬНІЙ ВОДІ НА ОСНОВІ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ IMAGE-PRO PLUS

В.О. Сацик, О.М. Решетило, Б.Р. Шабас Визначення закономірностей кластерного розміщення у замороженій водопровідній та джерельній воді на основі програмного продукту Image-Pro Plus. В даній роботі обґрунтовано вибір програмного пакету Image-Pro Plus 6.0, як програми для обробки даних (автоматичного підрахунку кількості, вимір щільності розміщення на площі, автоматичне сортування та класифікацію об'єктів (кластерів), візуалізацію даних. Виявлено закономірності утворення кластерів у водопровідній та джерельній воді при 30-ти; 40-ка; 50-ти; 60-ти та 70-ти хвилинному часовому проміжку заморожування до температури -4°C . Встановлено часовий проміжок заморожування водопровідної та джерельних вод котрий забезпечує максимальну її структурованість.

Ключові слова: програмний пакет Image-Pro Plus, кластери, структурованість, коефіцієнт кореляції, щільність розміщення, величина кластерів.

В.А.Сацик, А.Н. Решетило, Б.Р. Шабас Определение закономерностей кластерного размещения в замороженной водопроводной и родниковой воде на основе программного пакета Image-Pro Plus. В данной работе обосновано выбор программного пакета Image-Pro Plus 6.0, как программы для обработки данных (автоматический подсчет количества, измерение плотности размещения по площади, автоматическую сортировку и классификацию объектов (кластеров), визуализацию данных. Выявлены закономерности образования кластеров в водопроводной и родниковой воде при 30-ти, 40-ка; 50-ти; 60-ти и 70-ти минутном замораживании до температуры 4°C . Установлено временной промежуток замораживания водопроводной и родниковых вод обеспечивающий максимальную ее структурированность.

Ключевые слова: программный пакет Image-Pro Plus, кластеры, структурированность, коэффициент корреляции, плотность размещения, величина кластеров.

V.O. Satsik, O.M. Reshetilo, B.R. Schabas Vyznachennya zakonomirnostey cluster rozmischennya have zamorozheniy vodoprovodniy that dzerelnyy vodi on osnovi Software Products Image-Pro Plus. In daniy roboti obruntovano vibir software package Image-Pro Plus 6.0, yak prog for obrobki danih (automaticity pidrahunoku kilkosty, vimir schilnist rozmischennya on ploschi, automaticity sortuvannya that klasifikatsiyu ob'ektiv (klasteriv) vizualizatsiyu danih. Viyavleno zakonomirnosti utvorenniya klasteriv have vodoprovodniy that dzerelnyy vodi at 30; 40-; 50; 60 is the 70-hour hvilinnomu promizhku zamorozhuvannya to a temperature of -4°C . Vstanovleno hours promizhok zamorozhuvannya vodoprovodnoy that dzerelnyh waters Cautionets zabezpechue Maximum її strukturovanist.

Klyuchovi words: software package Image-Pro Plus, cluster strukturovanist, koefitsient korelyatsii, schilnist rozmischennya magnitude klasteriv.

Постановка проблеми Питна вода, зокрема її структура, в близькому чи далекому майбутньому буде займати центральне місце, як у наукових основах медицини та природних методах лікування, так і в розвитку так званої водної медицини, в яку буде включена обробка різних видів води. Області застосування водної медицини дуже великі — від використання ідеальної нейтральної цілющої питної води та створених на її основі напоїв, до лікувально-профілактичного застосування спеціальних вод зі специфічною дією. Вода із різним ступенем структурування або деструктурування може застосовуватися для покращення, спонукання або обмеження обміну речовин, для перебудови функцій центральної і вегетативної системи, для стимулювання біологічної регенерації, посилення імунної системи, в якості “оболонки” для молекул лікарських речовин. Такою “оболонкою”, яка здатна донести ліки до внутрішніх органів хворого, не розгубивши їх на своєму шляху, можуть служити кластери, в порожнинах яких можуть бути розміщені лікарські молекули при певних умовах їх приготування.

Одним із існуючих шляхів розв'язання цієї проблеми є поєднання кристалооптичного методу дослідження структури замороженої води з програмним пакетом Image-Pro Plus 6.0, який можна використати для процесів автоматизації обробки даних та аналізу структури замороженої води.

Мета роботи — встановити структуру замороженої водопровідної та джерельної води при однакових температурних режимах та різних часових проміжках заморожування за допомогою кристалооптичного методу дослідження.

Завдання дослідження:

- встановити можливість використання програмного пакету Image-Pro Plus 6.0, як програми для обробки даних, для виявлення закономірностей розміщення кластерів у замороженій водопровідній та джерельній воді. В разі підтвердження такої можливості в програмному

пакеті Image-Pro Plus 6.0 здійснити проведення автоматичного підрахунку кількості об'єктів, вимірювання щільності їх розміщення на площі, автоматичне сортування та класифікацію об'єктів (кластерів), та реалізувати візуалізацію даних;

- виявити закономірності утворення кластерів у водопровідній та джерельній воді при 30-ти; 40-ка; 50-ти; 60-ти та 70-ти хвилинному часовому проміжку заморожування до температури -4°C;
- зафіксувати час заморожування водопровідної та джерельної води, який забезпечує максимальну її структурованість.

Предмет дослідження: водопровідна вода м. Луцька; джерельна вода із джерела, що знаходиться у с. Бегета Володимир-Волинського району Волинської області, програмний пакет Image-Pro Plus 6.0 як інструмент для обробки даних.

Об'єкт дослідження: процес закономірності формування кластерів водопровідної та джерельної води в залежності від часового проміжку (30; 40; 50; 60; 70 хв.) при заморожуванні до -4 °C, використовуючи можливості програмного пакету Image-Pro Plus 6.0; фотофіксації цих процесів на базі мікроскопу Carl Zeiss.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Обґрунтування вибору програмного забезпечення для аналізу фотографічних зображень.

Обробка фотографій водопровідної та джерельної води при різних часових проміжках заморожування була проведена в програмному пакеті Image-Pro Plus 6.0.

З метою зменшення похибки під час ідентифікації об'єктів (кластерів) обробляється лише середня зона зображення, так як при фотографуванні дослідних зразків, краї фотографій, в силу технічних та експериментальних умов, можуть бути нечіткими і потребують покращення. Фотографічне зображення кластерів замороженої води в програмному пакеті Image-Pro Plus 6.0 показано на рисунку 1.

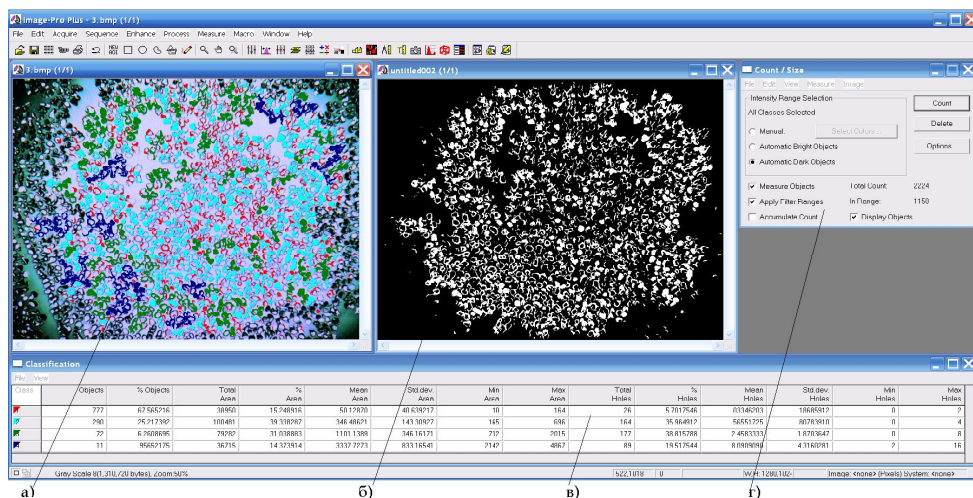


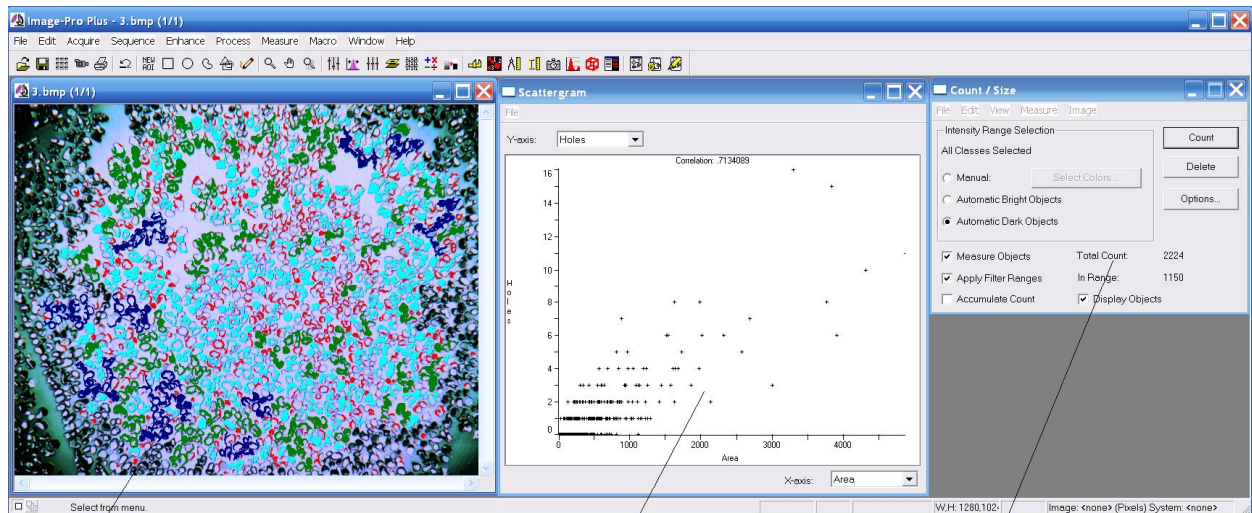
Рисунок 1. Фотографічне зображення кластерів замороженої води в інтерактивному вікні програми Image-Pro Plus 6.0.: а - область кольорової класифікації на масці фотографії джерельної води; б) маска фотографії джерельної води; в) таблиця Classification; г) панель інструментів count/size.

Встановлення закономірності кластерного розміщення проводиться на основі ідентифікації об'єктів. З цією метою в програмному пакеті Image-Pro Plus 6.0 визначаємо величину (розмір) кластерів; коефіцієнт кореляції (кількість об'єктів; % об'єктів; загальна площа об'єктів; відсоток площі, яку займають об'єкти; максимальну, мінімальну та середню його площу).

Кожне зображення розбивається на чотири класи, в залежності від розмірів. Розмірність, у свою чергу, встановлюється на основі кольорів: червоний колір відображає кластери малих розмірів (три молекули); голубий – середніх (чотири); зелений та синій – кластери великих розмірів (відповідно п'ять та шість молекул) (рисунки 2 а).

Варто декілька слів сказати про коефіцієнт кореляції. Для цього розглянемо поняття кореляції. В нашому розумінні, кореляція – поняття, що характеризує рівень узгодженості між послідовними подіями в різних процесах. Процес внутрішнього впливу на рух об'єкта в просторі та узгодженості цього руху із заданими параметрами. Узгодженість послідовності подій визначається математично і виражається коефіцієнтом кореляції між різними функціями змінних

величин. Коефіцієнт кореляції змінюється в діапазоні від 0 до 1. Якщо коефіцієнт наближається до 0, то узгодженість між послідовністю подій в різних процесах зменшується. У випадку наближення коефіцієнта до 1, узгодженість зростає до максимуму єдності, тобто відповідності одного процесу іншому [1]. В нашому випадку коефіцієнт кореляції буде відображати узгодженість послідовності розміщення певної кількості кластерів на однаковій площі в процесі заморожування (структурованості води). Коефіцієнт кореляції за допомогою програмного пакету Image-Pro Plus 6.0 прораховується автоматично та відображається його графічна залежність візуально у вікні програми на скатерограмі (рисунок 2 б).



а) Рисунок 2. Область кольорової класифікації маски джерельної води (а), графічне відображення кореляційної залежності (б, графік Scattergram) та загальний вигляд інтерактивних вікон програми (г) Image-Pro Plus 6.0.

Аналіз фотографічного зображення водопровідної води за допомогою пакету Image-Pro Plus 6.0 в часових проміжках 30; 40; 50; 60; 70 хв. при температурі -4°C .

На рисунку 3 представлено аналіз фотографічного зображення водопровідної води (а) при 30-ти хвилинному заморожуванні. В даному зображенні проведено класифікацію кластерів, отримано чорно-білу маску (б) та побудовано графічну залежність кореляційної залежності (в).

Як видно з рисунку 3, розміщення кластерів на масці зображення є досить неоднаковою. Прослідковується симетрична порожнистість у вигляді кругів зліва і справа від центру. Коефіцієнт кореляції рівний 0,02.

На практиці обробки даних в пакеті Image-Pro Plus 6.0 прийнято вважати, що: якщо коефіцієнт кореляції $0 \dots 0,5$ - зв'язок відсутній (слабкий); $0,5 \dots 0,9$ - від слабого до середнього; $0,9 \dots 0,99$ - від середнього до сильного; $0,99 \dots 1$ сильний (детермінований) [2].

Аналіз фотографічного зображення водопровідної води при 40-ка хвилинному заморожуванні показав, що розміщеність кластерів є рівномірною по всій площі фотографічного зображення.

Величина кластерів збільшилась у порівнянні із попереднім варіантом.

Кореляційна залежність на рівні коефіцієнта 0,13, тобто зв'язок хоча і збільшився в порівнянні із 30-ти хвилинним періодом заморожування, однак він залишається слабким.

Рисунок 4 демонструє результати обробки фотографічного зображення водопровідної води при 50-ти хвилинному її заморожуванні. Практично при однаковій рівномірності розміщення та величині кластерів коефіцієнт кореляції зріс до 0,76 в порівнянні із 40-ка хвилинним заморожуванням, що дає нам підстави говорити про високу структурованість води з даним проміжком заморожування.

Результати аналізу 60-ти хвилинного заморожування водопровідної води показали, що рівномірність розміщення практично залишається незмінною і проявляється в більшій щільності в центрі та зменшення до периферії зображення. У даній структурі, як і в попередніх продовжують переважати малі розміри кластерів (об'єктів). Коефіцієнт кореляції зменшився до 0,26, що свідчить про низький рівень зв'язків.

І на сам кінець, результати аналізу водопровідної води в результаті заморожування її протягом 70-ти хвилин представлені на рисунку 5. Прослідковується збільшення щільності розміщення кластерів, в цьому випадку, з лівої частини зображення на праву. Щодо величини кластерів, то вони залишаються малими, так само ж як і коефіцієнт кореляції, який рівний 0,13.

Таким чином, на основі результатів аналізу заморожування водопровідної води в різних часових проміжках можна зробити висновок, що часовий проміжок впливає на структуру водопровідної води. Найбільш оптимальна структурованість зафіксована на рівні коефіцієнта кореляції 0,76 за 50-ти хвилин заморожування до -4°C . Найнижча структурованість зафіксована при мінімальному та максимальному (30-ти та 70-ти хвилинному) заморожуванні. Що стосується щільності розміщення по площі кластерів, то вона збільшується від периферії до центру. Величина кластерів практично залишається незмінною в усіх варіантах досліджень.

Аналіз фотографічного зображення джерельної води за допомогою пакету Image-Pro Plus 6.0 в часових проміжках 30; 40; 50; 60; 70 хвилин при температурі -4°C .

Результати аналізу фотографічного зображення джерельної води при 30-ти хвилинному заморожуванні представлені на рисунку 6.

Аналіз даного рисунку показує, що величина та щільність розміщення кластерів на масці фотографії ідентична до щільності їх розміщення у водопровідній воді в тому ж часовому проміжку. Розмірність об'єктів дещо зростає від малих до середніх та великих, тобто в кольоровому зображенні переважають зелені та голубі кольори, що відповідає відповідно для об'єднання до чотирьох і п'яти молекул в один об'єкт.

Коефіцієнт кореляції зріс практично в 22 рази, в порівнянні із відповідним варіантом водопровідної води, і становить 0,43, проте зв'язок залишається слабким, що дозволяє стверджувати про малу структурованість джерельної води при температурі -4°C протягом 30 хвилинного заморожування.

Що стосується аналізу фотографічного зображення джерельної води протягом 40-ка та 50-ти хвилин заморожування, варто відмітити, що щільність залишається практично незмінною за всіма варіантами дослідження, тобто нерівномірною та дещо збільшення її концентрації спостерігається в центрі та зменшується по краях.

Розмірність кластерів дещо зменшилась в порівнянні із попереднім 30-ти хвилинним варіантом заморожування.

Коефіцієнт кореляції при 40-ка та 50-ти хвилинному заморожуванні в порівнянні із попереднім варіантом також зріс від 0,43 до 0,83. Таким чином зв'язок уже можна класифікувати як середній. Величина кластерів залишається малою.

Рисунок 7 демонструє аналіз фотографічного зображення джерельної води, яке було зроблено після 60-ти хвилинного заморожування.

Щільність нерівномірна, збільшується традиційно від периферії до центру. До того ж, правий верхній квадрант маски заповнений більше.

В той час як величина кластерів залишається малою, кореляційна залежність піднялась до 0,9, що свідчить про сильний зв'язок. Такий великий коефіцієнт кореляції свідчить про високу структурність води. Наперед забігаючи, варто сказати, що 60-ти хвилинне заморожування джерельної води (вже не говорячи про водопровідну) забезпечує максимально великий коефіцієнт, а відтак і найкращу структурованість води серед всіх варіантів.

Аналіз фотографічного зображення джерельної води (рисунок 8) показує, що щільність кластерів дещо змінилась. Щільність можна охарактеризувати як найбільш рівномірно розподіленою по всій площі маски. В той же час, в верхньому по центру квадраті прослідковується невелика безкластерна зона. З лівої частини котрої спостерігаються кластери більших розмірів.

Коефіцієнт кореляції прирівнюється до 0,69, що відповідає середньому рівню зв'язків та достатньо структурованість води. Коефіцієнт кореляції, а відтак і структурованість у порівнянні із водопровідною водою, при рівних умовах збільшився в 5,4 рази.

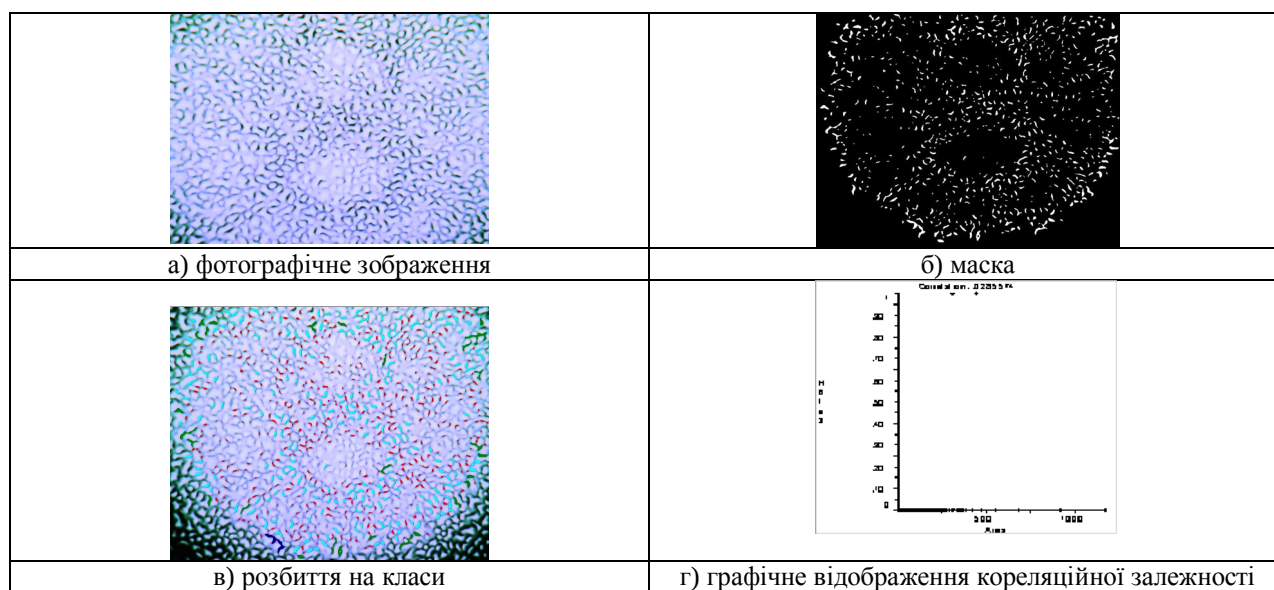


Рисунок 3. Обробка фотографічного зображення водопровідної води при 30-ти хвилинному заморозуванні

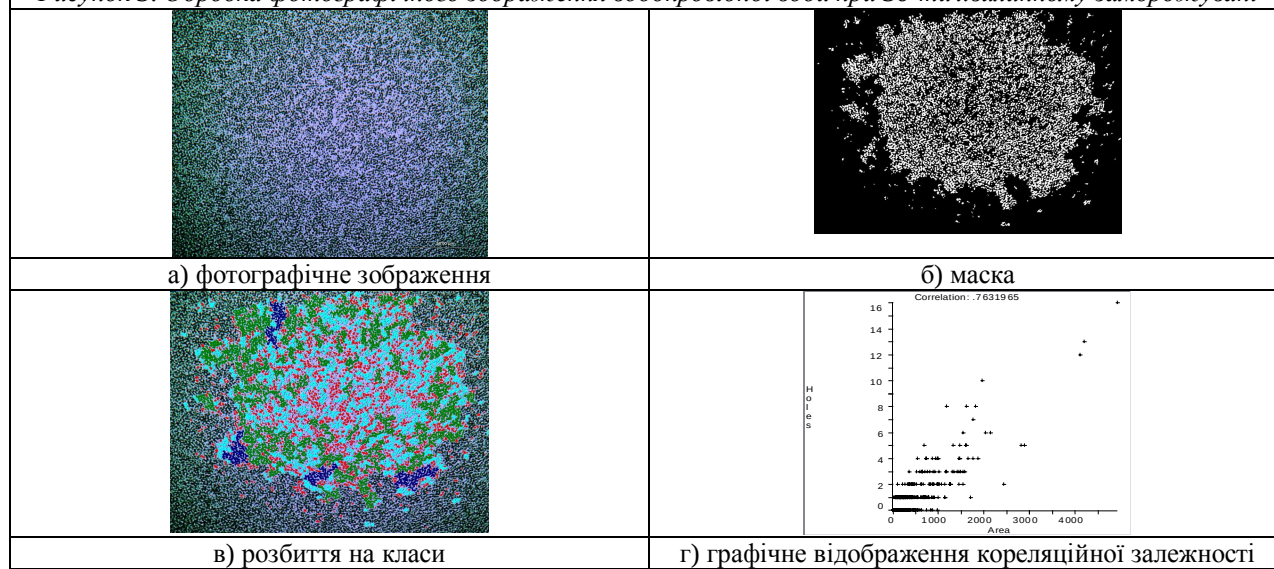


Рисунок 4. Обробка фотографічного зображення водопровідної води при 50-ти хвилинному заморозуванні

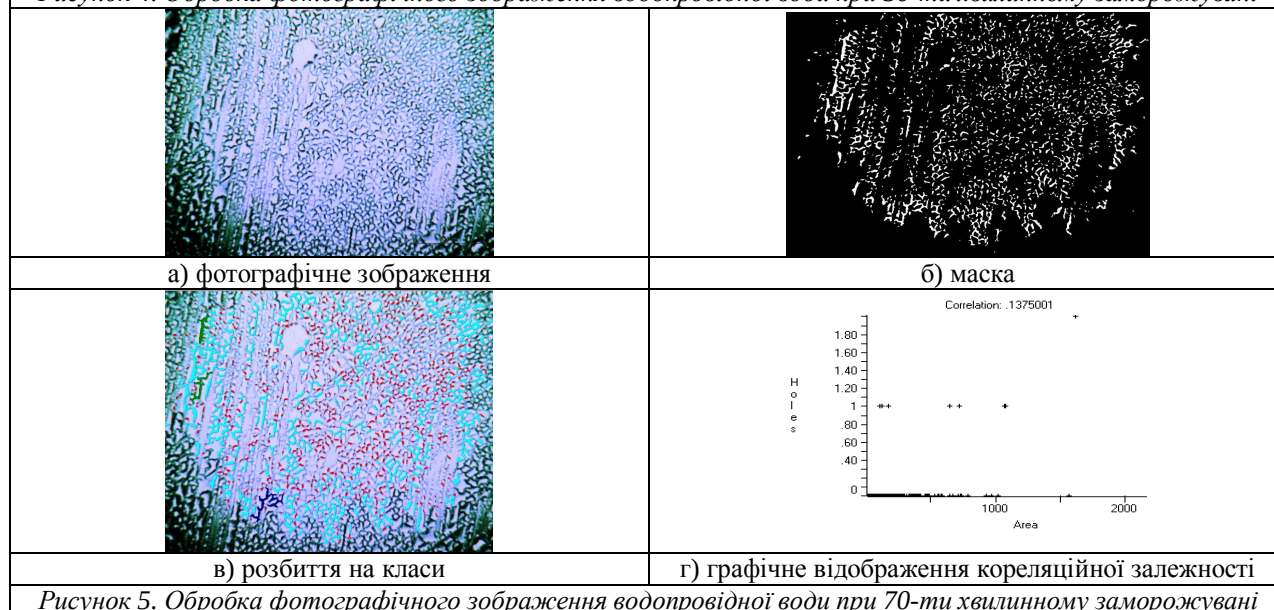
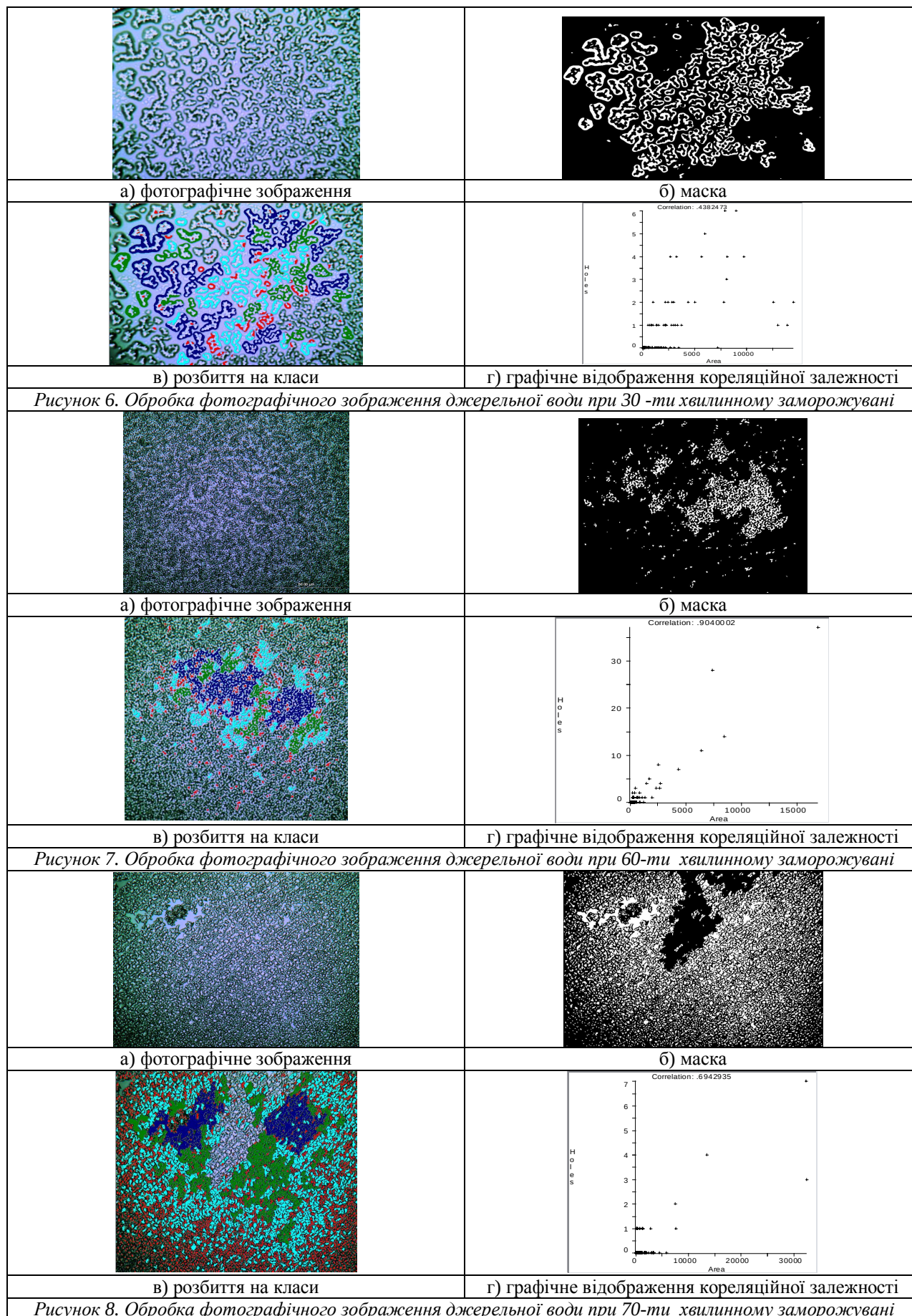


Рисунок 5. Обробка фотографічного зображення водопровідної води при 70-ти хвилинному заморозуванні



Коротко про структурність води. Численними дослідженнями різних природних, біоенергетичних вод було встановлено, що вода не лише має дисиметрію, тобто є живою структурою, а й має характерну структурну впорядкованість, або інакше має фрактальну структуру. Нагадаємо, що в природі все побудовано за фрактальним принципом: елемент симетрії структури на будь-яких геометричних розмірах повторюється. Фрактальну структуру має все живе від кровоносної системи, мозку людини, всього організму до метagalактики (Всесвіту). Принцип фрактальності це глобальний принцип Всесвіту і вода без сумніву є основним компонентом живого [3]. Тобто, величина структурованості - показник впорядкованості та спрямування її властивостей до максимально позитивного.

Висновки.

Таким чином, провівши аналіз фотографічного зображення в програмному пакеті Image-Pro Plus 6.0 можна зробити висновки, які підтверджують досягнення поставленої нами мети на основі вирішення передбачуваних задач:

1) Програмний пакет Image-Pro Plus 6.0 є досить зручний для проведення аналізу фотографічних зображень, так як має зручний інтерфейс; дозволяє в автоматичному режимі визначати щільність розміщення кластерів, їх величину (розмір); коефіцієнт кореляції (кількість та % об'єктів; загальну площу об'єктів; відсоток площі, яку займають об'єкти; максимальну, мінімальну та середню його площу). Цей пакет можна використовувати в задачах подібної складності.

2) Закономірність кластероутворення водопровідної та джерельної води формується на основі періоду заморожування води, що зафіксовано за рівномірністю розподілення по всій площі зображення (щільність); величини та найголовнішого параметра структурованості води - коефіцієнта кореляції в залежності від 30-ти; 40-ка; 50-ти; 60-ти та 70-ти хвилинного часового проміжку заморожування при температурі -4 °C.

3) Найбільша рівномірність розподілення кластерів, та їх максимальні розміри за коефіцієнта кореляції 0,13 спостерігається у водопровідній воді при 40-ка хвилинному часовому заморожуванні.

4) Максимальна структурованість водопровідної води максимальною виявилась при 50-ти хвилинному заморожуванні, так як коефіцієнт кореляції становить 0,76.

5) Найбільша рівномірність розподілення утворених кластерів джерельної води спостерігається при її 70-ти хвилинному заморожуванні за найбільшої їх величини при 30-ти хвилинному періоді заморожуванні.

6) Максимальна структурованість джерельної зафіксована при 60-ти хвилинного проміжку заморожування, так як коефіцієнт є максимальним серед всіх варіантів дослідів і становить 0,9.

Список використаної літератури.

1. <http://resultsystem.com/platformofconcepts>;
2. Колос П. О. Визначення множини інформативних параметрів таблиці первинно опису об'єкта моделювання // Вісник Черкаського Ун-ту „Прикладна математика. Інформатика”. – 2010. – № 173. – С.121–127.
3. <http://uiec.org.ua/uk/ekologiya-pitnoyi-vodi/kosmoritmika-vodi.html>

УДК 519.64(045)
 В.Ю. Серeda, професор
 Луцький національний технічний університет

УЗАГАЛЬНЕНИЙ МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ ІНТЕГРАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТИПУ ФРЕДГОЛЬМА ДРУГОГО РОДУ

Серeda В.Ю. Узагальнений метод розв'язання інтегральних рівнянь типу Фредгольма другого роду. В роботі пропонується метод розв'язання лінійних інтегральних рівнянь типу Фредгольма другого роду, який є узагальненням ряду відомих методів. Виводиться апіорна оцінка похибки методу. Наведений приклад ілюструє ефективність методу і показує його переваги над іншими методами.

Ключові слова: рівняння, інтегральне рівняння, оцінка похибки, параметр, метод.
 Форм. 43. Літ. 7.

Серeda В.Ю. Обобщенный метод решения интегральных уравнений типа Фредгольма второго рода. В работе предлагается метод решения линейных интегральных уравнений типа Фредгольма второго рода, который является обобщением ряда известных методов. Выводится априорная оценка погрешности метода. Приведенный пример иллюстрирует эффективность метода и показывает его преимущества перед другими методами.

Ключевые слова: уравнение, интегральное уравнение, оценка погрешности, параметр, метод.

Sereda V. The generalized method of solving of integral equations of Fredholm type of the second kind. The paper proposes a method of solving of linear integral equations of Fredholm type the which is a generalization of several well-known methods. A priori estimation of error of the methods is deduced. This example illustrates the effectiveness of the method and shows its advantages over other methods.

Keywords: equation, integral equation, estimation of error, parameter, method.

Постановка проблеми. Математичними моделями багатьох задач математичної фізики, механіки і техніки є лінійні та нелінійні інтегральні рівняння. Тому проблема пошуку оптимальних методів їх розв'язання була і є актуальною в даний час.

Оскільки інтегральні рівняння, як правило, розв'язуються наближено, то зусилля математиків були і є зосередженими на пошуку оптимальних методів їх наближеного розв'язання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Початок цим методам був покладений ще в роботах Фредгольма [1;2], Шмідта, Гурса і Ністрема вкінці XIX століття. Фредгольм в своїх роботах одержав точний розв'язок рівняння $\varphi(x) = P_0(x) + \lambda \int_a^b K(x,s)\varphi(s)ds$ у вигляді

$$\varphi(x) = P_0(x) + \lambda \int_a^b \Gamma(x,s,\lambda) P_0(s) ds, \quad \text{де } \Gamma(x,s,\lambda) - \text{резольвента Фредгольма}$$

$$\Gamma(x,s,\lambda) = \frac{D(x,s,\lambda)}{D(\lambda)} \quad \text{при умові, що функції } P_0(x) \text{ і } K(x,s) \text{ неперервні і } D(\lambda) \neq 0. \text{ Про ці і}$$

наступні дослідження йдеться в статті [3].

Аналізуючи наближені методи розв'язання рівнянь типу Фредгольма другого роду, можна стверджувати, що вони розвивалися в напрямках розширення області застосування цих методів і в отриманні зручної і ефективної методики знаходження похибки одержаного результату.

Мета дослідження полягає в побудові так званого узагальненого методу розв'язання рівнянь вищенаведеного виду, який був би більш ефективним в порівнянні з існуючими методами.

Основні результати досліджень.

Розглянемо лінійне інтегральне рівняння типу Фредгольма другого роду

$$\varphi(x) = P_0(x) + \lambda \int_a^b K(x,s)\varphi(s)ds, \quad (1)$$

де $\varphi(x)$ – шукана, $P_0(x)$, $K(x,s)$ – задані функції деякого класу (класу C , L_2 або L_p) відповідно в областях $a \leq x \leq b$ і $a \leq x, s \leq b$, λ – параметр рівняння (взагалі кажучи, комплексний), a, b – скінченні або нескінченні межі інтегрування.

Для розв'язання рівняння (1) ядро $K(x,s)$ представимо в квадраті $a \leq x, s \leq b$ у вигляді суми двох ядер – виродженого і „малого“:

$$K(x, s) = K^*(x, s) + D(x, s), \quad (2)$$

де
$$K^*(x, s) = \sum_{i=1}^n P_i(x) Q_i(s), \quad (3)$$

$$D(x, s) = K(x, s) - K^*(x, s), \quad (4)$$

а $P_i(x)$, $Q_i(x)$ – неперервні на $[a, b]$ функції своїх аргументів.

В якості $K^*(x, s)$ можна взяти відрізок ряду Фур'є або відрізок ряду Тейлора по змінній s .

Припустимо, що параметр λ приймає регулярні значення, так що розв'язок $\varphi(x)$ існує і єдиний. Шуканий розв'язок $\varphi(x)$ рівняння (1) будемо шукати у вигляді

$$\varphi(x) = M_0(x) + \lambda \sum_{i=1}^n \alpha_i M_i(x), \quad (5)$$

де $M_i(x)$ ($i = \overline{0, n}$) – невідомі функції, а

$$\alpha_i = \int_a^b Q_i(s) \varphi(s) ds - \quad (6)$$

невідомі коефіцієнти.

Підставляючи (5) в рівняння (1) і враховуючи при цьому рівність (2), одержимо:

$$\begin{aligned} M_0(x) + \lambda \sum_{i=1}^n \alpha_i M_i(x) &= P_0(x) + \lambda \int_a^b [K^*(x, s) + D(x, s)] \cdot \left[M_0(s) + \lambda \sum_{i=1}^n \alpha_i M_i(s) \right] ds = \\ &= P_0(x) + \lambda \int_a^b \sum_{i=1}^n P_i(x) Q_i(s) M_0(s) ds + \lambda^2 \int_a^b \sum_{i=1}^n P_i(x) Q_i(s) \cdot \sum_{i=1}^n \alpha_i M_i(s) ds + \\ &+ \lambda \int_a^b D(x, s) M_0(s) ds + \lambda^2 \int_a^b D(x, s) \sum_{i=1}^n \alpha_i M_i(s) ds = P_0(x) + \lambda \int_a^b D(x, s) M_0(s) ds + \\ &+ \lambda \sum_{i=1}^n P_i(x) \int_a^b D_i(s) \left[M_0(s) + \lambda \sum_{i=1}^n \alpha_i M_i(s) \right] ds + \lambda^2 \int_a^b D(x, s) \sum_{i=1}^n \alpha_i M_i(s) ds = \\ &= P_0(x) + \lambda \sum_{i=1}^n \alpha_i P_i(x) + \lambda \int_a^b D(x, s) M_0(s) ds + \lambda^2 \int_a^b D(x, s) \sum_{i=1}^n \alpha_i M_i(s) ds. \end{aligned} \quad (7)$$

Прирівнюючи в (7) відповідні вирази при α_i і вільні члени, для визначення невідомих функцій $M_0(x)$, $M_i(x)$ одержимо $n+1$ лінійних інтегральних рівнянь

$$M_i(x) = P_i(x) + \lambda \int_a^b D(x, s) M_i(s) ds \quad (i = \overline{0, n}) \quad (8)$$

з одним і тим же „малим“ ядром $D(x, s)$.

Істотним при цьому є те, що параметр λ не буде характеристичним для цього ядра. Крім того, шляхом апроксимації ядра $K(x, s)$ можна завжди досягнути виконання умови

$$q = |\lambda| \sqrt{\int_a^b \int_a^b D^2(x, s) dx ds} < 1 \quad (9)$$

і, таким чином, для розв'язання рівнянь (8) можна застосувати як метод послідовних наближень, так і інші наближені ітераційні методи, як, наприклад, метод осереднення функціональних поправок [4] або його узагальнення [5].

Розв'язавши рівняння (8) і врахувавши співвідношення (6), одержимо систему n лінійних алгебраїчних рівнянь для визначення коефіцієнтів в (5):

$$\alpha_i = \int_a^b Q_i(s) M_0(s) + \lambda \sum_{j=1}^n \alpha_j M_j(s) Q_i(s) ds$$

або
$$\alpha_i - \lambda \sum_{j=1}^n \alpha_j c_{ij} = b_i \quad (i = \overline{1, n}), \quad (10)$$

де
$$c_{ij} = \int_a^b Q_i(s) M_j(s) ds \quad (i, j = \overline{1, n}), \quad (11)$$

$$b_i = \int_a^b Q_i(s) M_0(s) ds \quad (i = \overline{1, n}), \quad (12)$$

або
$$A \vec{\alpha} = \vec{b}. \quad (13)$$

де $A = E - \lambda C$, E – одинична матриця, $C = \{c_{ij}\}$, $\vec{\alpha} = \{\alpha_i\}$, $\vec{b} = \{b_i\}$, а c_{ij} , b_i і α_i виражаються, відповідно, співвідношеннями (11), (12), і (6). Причому, внаслідок існування розв'язку $\varphi(x)$ рівняння (1), матриця A не вироджена, так що $\vec{\alpha} = A^{-1} \vec{b}$ (A^{-1} – обернена матриця).

Таким чином, розв'язок рівняння (1) може бути знайдений при довільному регулярному значенні параметра λ .

З цього методу, як частинні випадки, можна одержати: метод послідовних наближень (при $K^*(x, s) \equiv 0$ в (2); добре відомий метод заміни ядра виродженим (при $D(x, s) \equiv 0$); ітераційний метод осереднення функціональних поправок [4] (якщо даний метод при $n=1$, $P_1(x) = \frac{1}{b-a} \int_a^b K(x, s) ds$, $Q_1 = 1$ в (2) і $D(x, s) \equiv 0$ в (8) застосувати спочатку до рівняння (1), а після цього – до відповідних інтегральних рівнянь похибки

$$\delta_i(x) = \varepsilon_i(x) + \lambda \int_a^b K(x, s) \delta_i(s) ds,$$

де
$$\delta_i(x) = \varphi(x) - \varphi_1(x), \quad \varepsilon_i(x) = P_0(x) - \varphi_i(x) + \lambda \int_a^b K(x, s) \varphi_i(s) ds, \quad (i = 0, 1, 2, K);$$

метод смуг [6] (якщо обмежитись в (2) одним або двома членами апроксимації, причому $Q_1(s) \equiv 1$, такий спосіб апроксимації ядра застосовувати по прямокутниках $s_i \leq s \leq s_{i+1}$ і допоміжні інтегральні рівняння (8) розв'язувати методом послідовних наближень). Розглянемо питання про збіжність і про оцінку похибки методу (в метриці простору C) в тому випадку, коли рівняння (8) розв'язуються будь-яким наближеним методом. В результаті замість функцій $M_i(x)$ ($i = \overline{0, n}$) одержимо їх наближення $M_i^*(x)$ ($i = \overline{0, n}$) і, отже, замість шуканого розв'язку $\varphi(x)$ рівняння (1) – його наближений розв'язок

$$\varphi^*(x) = M_0^*(x) + \lambda \sum_{i=1}^n \alpha_i^* M_i^*(x), \quad (14)$$

де
$$\alpha_i^* = \int_a^b Q_i(s) \varphi^*(s) ds. \quad (15)$$

Параметри α_i^* визначаємо із системи n лінійних алгебраїчних рівнянь виду

$$A^* \vec{\alpha}^* = \vec{b}^*, \quad (16)$$

де
$$A^* = E - \lambda C^*, \quad (17)$$

C^* – n -квадратна матриця з елементами

$$c_{ij}^* = \int_a^b Q_i(s) M_j^*(s) ds \quad (i, j = \overline{1, n}), \quad (18)$$

$\vec{\alpha}^* = \{\alpha_i^*\}$, $\vec{b}^* = \{b_i^*\}$ – n -компонентні вектори, а

$$b_i^* = \int_a^b Q_i(s) M_0^*(s) ds \quad (i = \overline{1, n}). \quad (19)$$

Нехай апроксимація ядра $K(x, s)$ і наближення $M_i^*(x)$ ($i = \overline{0, n}$) настільки точні, що матриця A^* – не вироджена. Тоді з (5) і (14) маємо:

$$\begin{aligned} \|\varphi(x) - \varphi^*(x)\| &\leq r_0 + |\lambda| \left\| \sum_{i=1}^n \alpha_i(x) M_i(x) - \alpha_i^* M_i^*(x) \right\| \leq \\ &\leq r_0 + |\lambda| \sum_{i=1}^n |\alpha_i^*| r_i + |\lambda| \sum_{i=1}^n \|M_i(x)\| \cdot |\alpha_i - \alpha_i^*|, \end{aligned} \quad (20)$$

де
$$r_i = \|M_i(x) - M_i^*(x)\| \quad (i = \overline{0, n}). \quad (21)$$

Для застосування цієї оцінки необхідно знайти величини $\|M_i(x)\|$ ($i = \overline{1, n}$), r_i ($i = \overline{0, n}$) і $|\alpha_i - \alpha_i^*|$ ($i = \overline{1, n}$) або їх оцінки. Величини $|\alpha_i^*|$ відомі в результаті розв'язання системи рівнянь (16) або можуть бути оцінені нерівностями:

$$|\alpha_i^*| \leq \|\vec{\alpha}^*\|_1 \leq N \cdot \|\vec{b}^*\|_1 \leq N q_i \|M_0^*(x)\|, \quad (22)$$

де
$$q_i = \int_a^b |Q_i(s)| ds, \quad (23)$$

$$N = \|A^{*-1}\|. \quad (24)$$

(Символом $\|\cdot\|_1$ позначена перша норма векторів і матриць).

Величини r_i можна оцінити конкретно для методу, який застосовується при розв'язанні рівнянь (8).

Оцінимо в (20) величини $\|M_i(x)\|$ і $|\alpha_i - \alpha_i^*|$. Нехай апроксимація ядра в (2) така, що

$$q = |\lambda| \sqrt{\int_a^b \int_a^b |D(x, s)|^2 dx ds} < 1. \quad (25)$$

Тоді (див. [4])

$$\|M_i(x)\| \leq q \frac{R_i}{1-q} + \|P_i(x)\| \quad (i = \overline{0, n}), \quad (26)$$

де
$$R_i = \frac{|\lambda|}{q} \left\| \sqrt{\int_a^b |P_i(x)|^2 dx \int_a^b |D(x, s)|^2 ds} \right\|. \quad (27)$$

Далі, віднімаючи з (13) вираз (16), після тотожних перетворень знаходимо, що

$$A^* (\vec{\alpha} - \vec{\alpha}^*) = \vec{f} + \lambda (C - C^*) (\vec{\alpha} - \vec{\alpha}^*), \quad (28)$$

де A^* – матриця (17), $\vec{f}$ – n -компонентний вектор:

$$\vec{f} = \left\{ b_i - b_i^* + \lambda \sum_{j=1}^n s_{ij} \alpha_j^* \right\}, \quad (i = \overline{1, n}), \quad (29)$$

а
$$s_{ij} = c_{ij} - c_{ij}^*. \quad (30)$$

Введемо позначення:
$$S = \|C - C^*\|_1, \quad (31)$$

$$\gamma = \sum_{i=1}^n r_i, \quad \delta = \sum_{i=1}^n \|M_i(x)\|, \quad Q = \max_i q_i, \quad (32)$$

$$\mu = r_0 + |\lambda| N \gamma Q \|M_0^*(x)\|. \quad (33)$$

Очевидно, що при достатньо хорошій апроксимації ядра внаслідок „малості“ ядра $D(x, s)$ і (або) достатньо малих r_i буде виконуватись нерівність

$$\Delta = 1 - |\lambda| \gamma Q N > 0. \quad (34)$$

Для величин s_{ij} , які визначаються формулою (30), відповідно до позначень (11), (18), (23) і (21), маємо:

$$|s_{ij}| = \left| \int_a^b Q_i(s) M_j(s) ds - \int_a^b Q_i(s) M_j^*(s) ds \right| \leq \int_a^b |Q_i(s)| \cdot \|M_j(s) - M_j^*(s)\| ds \leq q_i r_j. \quad (35)$$

Для оцінки різниці $|b_i - b_i^*|$, враховуючи позначення (12), (19), (23) і (21), одержуємо:

$$|b_i - b_i^*| = \left| \int_a^b Q_i(s) [M_0(s) - M_0^*(s)] ds \right| \leq q_i r_0 \quad (i = \overline{1, n}). \quad (36)$$

$$\text{Значить,} \quad S = \|C - C^*\|_1 = \max_i \sum_{j=1}^n |s_{ij}| \leq \max_i \sum_{j=1}^n q_i r_j = \gamma \cdot Q \quad (\text{див. (32)}), \quad (37)$$

$$1 - |\lambda| N S > \Delta > 0 \quad (\text{див. (34)}) \quad (38)$$

і, згідно з отриманими оцінками (36), (35), (22) і позначень (33), з (29) послідовно знаходимо:

$$\begin{aligned} \|\hat{f}\|_1 &= \max_i \left| b_i - b_i^* + \lambda \sum_{j=1}^n s_{ij} \cdot \alpha_j^* \right| \leq \max_i q_i r_0 + \max_i |\lambda| \cdot \sum_{j=1}^n |\alpha_j^*| q_i r_j \leq \\ &\leq Q (r_0 + |\lambda| \gamma Q N \|M_0^*(x)\|) = Q \mu. \end{aligned} \quad (39)$$

Оцінку похибки, яка виникає при визначенні параметрів α_i , враховуючи нерівності (39), (37), (38) і позначення (24), тепер легко одержати із співвідношення (28). Справді:

$$\begin{aligned} |\alpha_i - \alpha_i^*| &\leq \|\hat{\alpha} - \hat{\alpha}^*\|_1 = \frac{\|\hat{f}\|_1 \cdot \|A^{*-1}\|_1}{1 - |\lambda| \cdot \|A^{*-1}\|_1 \cdot \|C - C^*\|_1} \leq \frac{NQ\mu}{\Delta}, \quad \text{тобто} \\ |\alpha_i - \alpha_i^*| &\leq \frac{NQ\mu}{\Delta} \quad (i = \overline{1, n}). \end{aligned} \quad (40)$$

З врахуванням (26), (32) ÷ (35) і щойно одержаних оцінок, з нерівності (20) остаточно одержуємо:

$$\begin{aligned} \|\varphi(x) - \varphi^*(x)\| &\leq r_0 + |\lambda| \sum_{i=1}^n |\alpha_i^*| r_i + |\lambda| \sum_{i=1}^n \|M_i(x)\| \cdot |\alpha_i - \alpha_i^*| \leq \\ &\leq r_0 + |\lambda| N \gamma Q \|M_0^*(x)\| + \frac{NQ\mu \delta |\lambda|}{\Delta} = \mu \left(1 + \frac{\delta |\lambda| Q N}{\Delta} \right), \end{aligned}$$

$$\text{тобто} \quad \|\varphi(x) - \varphi^*(x)\| \leq \mu \left(1 + \frac{\delta |\lambda| Q N}{\Delta} \right). \quad (41)$$

Одержана оцінка похибки (41) є апіорною, оскільки всі величини, які входять до правої частини цієї нерівності, є апіорі відомими. Розглянемо тепер більш конкретний випадок, коли інтегральні рівняння (8) розв'язуються наближено, наприклад, методом послідовних наближень, процес ітерацій якого із-за виконання умови (25) буде збіжним:

$$M_{i, k_i+1}(x) = P_i(x) + \lambda \int_a^b D(x, s) M_{i, k_i}(s) ds \quad (42)$$

$$(i = \overline{0, n}; M_{i,0} = P_i(x); k_i = 0; 1; 2; K).$$

Нехай для кожного з рівнянь (8) виконано, відповідно, по k_i ітерацій і отримано наближення $M_i^*(x) = M_{i,k_i}(x)$.

Тоді, як відомо, (див. напр. [7]): $\|M_i(x) - M_{i,k_i}(x)\| = r_i \leq R_i \frac{q^{k_i+1}}{1-q} \quad (i = \overline{0, n})$, де величини $R_i \quad (i = \overline{0, n})$ визначаються рівностями (27).

Згідно з (32) – (34) маємо:

$$\gamma \leq \sum_{i=1}^n R_i \frac{q^{k_i+1}}{1-q}, \quad \mu \leq R_0 \frac{q^{k_0+1}}{1-q} + |\lambda| N Q \|M_0^*(x)\| \cdot \sum_{i=1}^n R_i \frac{q^{k_i+1}}{1-q}, \quad \Delta_1 = 1 - |\lambda| \sum_{i=1}^n R_i \frac{q^{k_i+1}}{1-q} \cdot Q \cdot N < \Delta.$$

Враховуючи останні співвідношення і покладаючи $k = \min k_i$, одержимо апіорну оцінку методу:

$$\|\varphi(x) - \varphi^*(x)\| \leq L \frac{q^{k+1}}{1-q}, \quad (43)$$

$$L = \beta \left(1 + \frac{|\lambda| N Q \delta}{\Delta_1} \right), \quad \beta = R_0 q^{k_0-k} + |\lambda| N Q \|M_0^*(x)\| \cdot \sum_{i=1}^n R_i q^{k_i-k}.$$

Звідси впливає рівномірна збіжність методу. З (43), зокрема при $k_i = 0 \quad (i = \overline{0, n})$ в ітераційному процесі (42), одержуємо оцінку похибки методу заміни ядра виродженням при розв'язанні ним інтегрального рівняння (1).

Приклад. Для ілюстрації розглянутого методу і його апіорної оцінки похибки розв'яжемо інтегральне рівняння

$$\varphi(x) = x^3 \left(\frac{1}{4!} - \frac{x^2}{6!} + \frac{x^4}{8!} - \frac{x^6}{10!} + \frac{x^8}{12!} \right) + \lambda \int_0^1 \left(1 - \frac{x^3 s^3}{3!} + \frac{x^5 s^5}{5!} - \frac{x^7 s^7}{7!} + \frac{x^9 s^9}{9!} - \frac{x^{11} s^{11}}{11!} \right) \varphi(s) ds$$

(його точний розв'язок $\varphi(x) \equiv 1$ при $\lambda = 1$).

Метод послідовних наближень тут застосовний лише при $|\lambda| < 1,02$. Прийmemo $\lambda = 1$ і представимо ядро рівняння у вигляді:

$$K(x, s) = 1 - \frac{x^3 s^3}{3!} + \frac{x^5 s^5}{5!} + D(x, s), \quad \text{де } D(x, s) = \frac{x^9 s^9}{9!} - \frac{x^7 s^7}{7!} - \frac{x^{11} s^{11}}{11!}.$$

$$\text{Маємо: } P_0(x) = \frac{x^3}{4!} - \frac{x^5}{6!} + \frac{x^7}{8!} - \frac{x^9}{10!} + \frac{x^{11}}{12!}, \quad P_1(x) = 1; \quad P_2(x) = x^3; \quad P_3(x) = x^5; \quad Q_1(s) = 1;$$

$$Q_2(s) = -\frac{s^3}{3!}; \quad Q_3(s) = \frac{s^5}{5!}.$$

Рівняння (8) мають вигляд:

$$M_0(x) = \frac{x^3}{4!} - \frac{x^5}{6!} + \frac{x^7}{8!} - \frac{x^9}{10!} + \frac{x^{11}}{12!} + \int_0^1 D(x, s) M_0(s) ds,$$

$$M_1(x) = 1 + \int_0^1 D(x, s) M_1(s) ds,$$

$$M_2(x) = x^3 + \int_0^1 D(x, s) M_2(s) ds,$$

$$M_3(x) = x^5 + \int_0^1 D(x, s) M_3(s) ds.$$

Для їх розв'язання застосуємо метод послідовних наближень. Його можна застосовувати уже при $|\lambda| < 75000$. Після першої ітерації одержимо:

$$M_0^*(x) = \frac{x^3}{4!} - \frac{x^5}{6!} + \frac{x^{11}}{12!} - 0,000000267x^9 + 0,000024071x^7;$$

$$M_1^*(x) = 1 + \frac{x^9}{10!} - \frac{x^7}{8!} - \frac{x^{11}}{12!};$$

$$M_2^*(x) = x^3 + \frac{x^9}{9! \cdot 13} - \frac{x^7}{7! \cdot 11} - \frac{x^{11}}{11! \cdot 15};$$

$$M_3^*(x) = x^5 - \frac{x^9}{9! \cdot 15} - \frac{x^7}{7! \cdot 13} - \frac{x^{11}}{11! \cdot 17}.$$

Згідно (14) наближений розв'язок матиме вигляд:

$$\varphi^*(x) = M_0^*(x) + \alpha_1^* M_1^*(x) + \alpha_2^* M_2^*(x) + \alpha_3^* M_3^*(x),$$

де, згідно з (16) для визначення коефіцієнтів $\alpha_1^*, \alpha_2^*, \alpha_3^*$ маємо таку систему лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{cases} 0,000003072\alpha_1^* - 0,249997766\alpha_2^* - 0,166664676\alpha_3^* = 0,010188168, \\ 0,041666294\alpha_1^* + 1,023809253\alpha_2^* + 0,018518282\alpha_3^* = -0,000966705, \\ -0,001388872\alpha_1^* - 0,000925914\alpha_2^* + 0,999242434\alpha_3^* = 0,000037543, \end{cases}$$

з якої знаходимо:

$$\alpha_1^* = 1,000000130, \alpha_2^* = -0,041666671, \alpha_3^* = 0,001388889.$$

Таким чином, згідно з (14),

$$\begin{aligned} \varphi^*(x) &= 0,041666666x^3 - 0,001388888x^5 + 0,000024071x^7 - 0,000000267x^9 + 0,000000002x^{11} + \\ &+ 1,000000130(1 + 0,000000276x^3 - 0,000024802x^7 - 0,000000000x^{11}) - \\ &- 0,041666671(x^3 + 0,000000212x^9 - 0,000015263x^7 - 0,000000001x^{11}) + \\ &+ 0,001388889(x^5 + 0,000000184x^9 - 0,000018033x^7 - 0,000000000x^{11}) = \\ &= 1,000000130 + 0,000000005x^3 + 0,000000001x^5 \end{aligned}$$

з похибкою $|\varphi(x) - \varphi^*(x)| \leq 0,000000136 < 1,4 \cdot 10^{-7}$.

Оцінка похибки, обчислена за формулою (43), показує, що $|\varphi(x) - \varphi^*(x)| \leq 2 \cdot 10^{-6}$. Якщо при розв'язанні рівнянь (8) обмежитись нульовим наближенням (метод заміни ядра виродженням), то одержимо наближений розв'язок

$$\begin{aligned} \varphi^*(x) &= 1,000184792 - 0,000012544x^3 + 0,000000260x^5 + 0,000024802x^7 - \\ &- 0,000000276x^9 + 0,000000002x^{11} \end{aligned}$$

з похибкою $|\varphi(x) - \varphi^*(x)| \leq 2 \cdot 10^{-4}$, тобто одна додаткова ітерація зменшує похибку розв'язку рівняння більше ніж в 1400 разів у порівнянні з методом заміни ядра.

Висновки. Таким чином, побудований метод наближеного розв'язання інтегральний рівнянь типу Фредгольма другого роду узагальнює відомі методи послідовних наближень, метод заміни ядра виродженням, ітераційний метод осереднення функціональних поправок і метод смуг; дає можливість розв'язувати рівняння і в тих випадках, коли ці методи не дають результатів; оцінка похибки його має апіорний характер, що дозволяє, не розв'язуючи інтегральне рівняння, наперед розщепити ядро рівняння так, щоб досягти наперед заданої точності.

Список використаних джерел.

1. Fredholm J. Sur une nouvelle methode pour la resolution du probleme de Dirichlet, Kong. Vetenskaps – Akademtes Förh., Stockholm, 1900.

2. Fredholm J. Sur une classe d'equations fonctionnelles, Acta Math., 27, 1903.
3. В.Ю. Серета Про методи розв'язання інтегральних рівнянь типу Фредгольма другого роду, Міжвузівський збірник «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». Луцьк, 2011. Випуск №3.
4. Соколов Ю.Д. Про один метод наближеного розв'язання лінійних інтегральних та диференціальних рівнянь. – ДАН УРСР, №2, 1955.
5. Калайда А.Ф. Новый метод приближенного решения одного класса интегро-дифференциальных уравнений. – Тр. I-ой Республ. конфер. молодых исследов. в области матем., т. I, К., 1964.
6. Положий Г.М., Чаленко П.Й. Метод смуг розв'язування інтегральних рівнянь. – ДАН УРСР, №4, 1962.
7. Михлин С.Г. Лекции по линейным интегральным уравнениям. – Физматгиз, 1959.

УДК 658.512.011.56

Л.Ю.Федік

Національний університет водного господарства та природокористування

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ SOLIDWORKS

Л.Ю.Федік. Особливості системи автоматизованого проектування SolidWorks. У статті викладені основні особливості та принципи роботи системи автоматизованого проектування SolidWorks. Зокрема: інтерфейс користувача, проектування деталей, створення зборки і креслень, експрес-аналіз міцності деталей.

Ключові слова: система, програма, проектування, деталь, зборка, креслення, SolidWorks.

Л.Ю.Федик. Особенности системы автоматизированного проектирования SolidWorks. В статье изложены основные особенности и принципы работы системы автоматизированного проектирования SolidWorks. В частности: интерфейс пользователя, проектирование деталей, создания сборки и чертежей, экспресс-анализ прочности деталей.

Ключевые слова: система, программа, проектирование, деталь, сборка, чертеж, SolidWorks.

L.Y.Fedik. Computer-aided design SolidWorks. The article presents the main features and principles of computer-aided design SolidWorks. In particular: user interface design detail and assembly drawings creation, rapid analysis of strength parts.

Keywords: system, program, design, detail, assembly, drawing, SolidWorks.

Постановка проблеми. Автоматизація є головним, найбільш перспективним напрямком у розвитку промислового виробництва. Завдяки звільненню людини від безпосередньої участі у виробничих процесах, а також високій концентрації основних операцій значно поліпшуються умови праці і економічні показники виробництва.

Проте, сучасне виробництво характеризується різким ускладненням виробів, що спричинює значне збільшення обсягу проектних і конструкторських робіт. Застосування комп'ютерно-інформаційних технологій у проектно-конструкторській роботі дає змогу значно збільшити продуктивність роботи конструктора, істотно скоротити терміни розробки [1].

Зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Однією з основних складових комп'ютерно-інтегрованої технології є система автоматизованого проектування SolidWorks. За допомогою якої здійснюється як автоматизоване проектування, інженерний аналіз та підготовка виробництва виробів будь-якої складності і призначення, так і підтримка життєвого циклу виробу відповідно до концепції CALS-технологій, включаючи двонаправлений обмін даними з іншими Windows-додатками і створення інтерактивної документації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Розробником САПР SolidWorks є SolidWorks Corp. (США) є незалежний підрозділ компанії Dassault Systemes (Франція), світовий лідер у високотехнологічному програмному забезпеченні. Її розробки характеризуються високими показниками якості, надійності та продуктивності.

Сама компанія SolidWorksCorp., була заснована в 1993 році. А у грудні 1995 року вийшла перша версія системи SolidWorks 95. Система була створена як альтернатива двовимірним CAD-системам. Випущена ними САПР склала конкуренцію таким продуктам як Pro/Engineer, Unigraphics NX, AutoCAD.

Вирішення невирішених раніше частин загальної проблеми. Система SolidWorks відноситься до САПР "середнього класу". На відміну від "важких" САПР (Unigraphics NX, Pro/Engineer, CATIA), розроблених для Unix-платформ, SolidWorks з самого початку створювалася для роботи на персональних комп'ютерах у системі Microsoft Windows. Вона максимально використовує всі переваги цієї системи, такі як: контекстні меню, режим copy-and-paste, режим drag-and-drop, швидкий перегляд, пошук і відкриття файлів за допомогою провідника, можливість "відкату" та ін. Крім того, SolidWorks ефективно взаємодіє з такими Windows-додатками, як Excel, Word та ін., повноцінно підтримує російську мову (меню, вікна, довідку, технічну документацію), з березня 1998 року, а з жовтня підтримує ЄСКД, як самостійний креслярський стандарт.

Слід зазначити, що у системі SolidWorks підтримуються всі основні стандарти представлення та обміну даними. До складу базового пакета входить більше 20 трансляторів для експорту та імпорту: нейтральних - IGES (* .iges); ACIS (* .sat); STL (* .stl); STEP (* .step, .stp);

VDAFS (* .vda); VRML (* .wrl); Parasolid (* .x_t, * .x_b, * .xmt_txt, * .xmt_bin) і для прямого імпорту даних з популярних CAD-систем: AutoCad (* .dxf, * .dwg) і ін.

Залежно від класу вирішуваних завдань замовникам пропонується три базових конфігурації системи: SolidWorks, SolidWorks Professional і SolidWorks Premium. Компанія посилено працює над своїм продуктом, постійно розширюючи його можливості і щорічно оновлюючи програми [2, 7].

Формулювання цілей статті (постановка завдання): принципи роботи в SolidWorks, інструменти та можливості базового модуля: інтерфейс користувача, проектування деталей, створення зборки, проектування зварних деталей за тривимірним ескізом із компонуванням профілів із бази, інструменти для роботи зі зборками, створення креслень, експрес-аналіз міцності деталей.

Викладення основного матеріалу дослідження. Модель SolidWorks складається з трьох основних видів - деталей, зборок і креслень. Існує можливість зберігати часто використовуючі елементи в бібліотеці стандартних елементів. У пакет SolidWorks входить панель бібліотечних елементів, яка включає стандартні деталі машин і вироби.

Готові деталі складаються в зборку за допомогою відповідних інструментів. Складання компонентів може здійснюватися як "зверху-вниз", так і "знизу-вверх". На основі створених деталей і зборок складається технічна документація у вигляді креслень і їх деталювання. Асоціативний зв'язок між деталями, зборками та кресленнями гарантує, що зміни, зроблені в одному виді документу, автоматично виконуються у всіх інших видах. При цьому усі виконані операції документуються і відображаються в дереві конструювання. Дерево конструювання в свою чергу містить інформацію про матеріали, освітлення та ін. і дозволяє легко редагувати будь-який елемент моделі [3].

У програмі SolidWorks під час проектування деталей застосовується тривимірне моделювання виробів, яке має багато переваг. Наприклад, виключення помилок збирання виробів ще на етапі проектування, створення за електронною моделлю деталі керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК. Особливістю 3-D моделі, є найбільш повний опис геометричних і фізичних властивостей об'єкта (обсяг, маса, моменти інерції), що дозволяє конструктору створювати об'ємні деталі і компонувати зборки у вигляді тривимірних електронних моделей, за якими створюються двовимірні креслення і специфікації відповідно до вимог ЄСКД. При цьому тривимірна деталь отримується шляхом комбінації тривимірних примітивів і більшість елементів базуються на плоскому ескізі, за яким створюється базовий тривимірний об'єкт. Послідовне нарощування 3D об'єктів дозволяє у результаті отримати бажаний результат.

Опціональні модулі SolidWorks дозволяють розширити базові можливості додатковими функціями зі створення фотореалістичних зображень (PhotoWorks); розпізнавання дерева побудови та параметризації геометрії імпортованої з інших CAD систем (FeatureWorks); створення презентаційних відеороликів виробів у середовищі SolidWorks (SolidWorks Animator); тривимірної обводки кабелів електричних систем і трубопроводів (SolidWorks Routing); створення автономно переглядаючих креслень і моделей, для обміну інформацією з партнерами, які не мають SolidWorks (eDrawings) і т.д. [4, 6].

Права панель SolidWorks являє собою графічну область, в якій виконуються різноманітні операції над деталлю, складанням або кресленням. А у лівій частині вікна SolidWorks відбивається інформація про дерево побудови Feature Manager, параметри функцій і конфігурації моделі.

Послідовність побудови моделі фіксується в дереві Feature Manager. Це дерево проектування дозволяє керувати елементами побудови моделі, вносити зміни в конструкції деталі на будь-якому етапі проектування, не перебудовуючи деталь з початку.

Менеджер властивостей PropertyManager у свою чергу відображає інформацію про всі можливі параметри таких функцій, як: ескізи, скруглення, побудова твердотільного елемента, поверхні, сполучення зборок і т.д. А менеджер конфігурації дозволяє створювати, вибирати і переглядати численні конфігурації деталей і зборок у документі. Використання ж конфігурацій дає змогу створювати в одному файлі моделі кілька виконань виробу.

У програмі бібліотека матеріалів SolidWorks дозволяє визначати матеріал деталі для масових характеристик, специфікацій та розрахунків у COSMOSXpress або COSMOSWorks. У той час як база даних може бути поповнена користувачем і містить інформацію про фізичні властивості матеріалу і властивості видимості (колір деталі, штрихування, текстура матеріалу).

У системі SolidWorks для зручності проектування існують всі необхідні інструменти перегляду інформації в області моделювання, вибору стандартних видів, збільшення і обертання моделі, створення швидких аналітичних розрізів і т.д.

А також є можливості отримання статистичної інформації, характерні тільки для тривимірного твердотілого моделювання, це наприклад, вимірювання відстаней і кутів просторової моделі, визначення масових характеристик, кількості компонентів у зборці.

Для зручності вибору елементів у пакеті існують фільтри, які дозволяють вибирати заздалегідь певні елементи моделі.

Крім цього функція Print3D одним клацанням миші дає користувачам, підключеним до мережі Internet, прямий доступ до найефективніших технологій швидкого прототипування в промисловості, включаючи Стереолітографію (SLA), нанесення термопластів (FDM - Fused Deposition Modeling), лазерне спікання порошків (SLS - Selective Laser Sintering) та ін.

Присутній у SolidWorks і інструмент створення макросів, який дозволяє створювати власні функції. При цьому, зберігши певну послідовність дій, по одній команді можна відтворити її автоматично.

SolidWorks відкрита система для написання програм користувача на Visual Basic і Visual C++ [4, 7].

Стандартні функції Windows забезпечують роботу з файлами (відкриття, збереження та ін.), друк ескізів 3D моделі з екрану і креслень SolidWorks здійснюється на будь-який плоттер або принтер.

Тривимірний об'єкт ґрунтується на плоскому чи тривимірному ескізі. Для його побудови існує велика кількість різних інструментів, які діють у сукупності з "розумними" прив'язками і дозволяють будувати: прямі, кола та сплайни; обрізати і подовжувати лінії; дзеркально відображати і копіювати об'єкти; робити скруглення і фаски; будувати різні масиви об'єктів і ескізи тексту; проставляти розміри в автоматичному чи ручному режимі; накладати геометричні взаємозв'язки; проектувати на ескіз контури обраних елементів і т.д.

Інструментами побудови тривимірних твердотілих елементів слугує витягування ескізу або вибраного контура в будь-якому напрямку; отримання тіл обертання; елемента за заданими перетинами; за вказаною траєкторією; додання товщини поверхні; створення ухилів на грані моделі; вирізів за ескізом, поворотом, перетинами, траєкторією, площиною чи поверхнею; отримання округлень (з постійним або змінним радіусом) і фасок; побудова ребер жорсткості; створення оболонки; отримання масиву елементів різними способами; деформування твердого тіла; копіювання елементів; комбінування твердих тіл і об'єднання в одну деталь; вставка деталі з файлу в активний документ деталі і т.д.

У той же час інструментами побудови поверхонь є витягування або обертання профілю; витягування профілю уздовж траєкторії; за перетинами між профілями; еквідистанта до поверхні; відсікання поверхні площиною, ескізом або іншою поверхнею; сшивка поверхонь; роз'єму між деталями; перетворення замкнутого обсягу поверхонь у тверде тіло і т.д.

Під час проектування зварних деталей за тривимірним ескізом з компонуванням профілів з бази профіль у базі визначається за стандартом, типом і розміром. При цьому можна створювати власні профілі і додавати їх до бібліотеки. Для обробки зварних конструкцій існують інструменти для відсікання і подовження, як інструменти обрізки; побудови торцевих пробок; побудови зварних швів; елементів кутового з'єднання і т.д.

Проектування деталей з листового металу в SolidWorks можливо, як в прямому "від деталі до розгортки", так і в зворотному порядку "від розгортки до деталі". Для цього є інструменти: побудови розгортки; закруглення кромки листової деталі у вигляді облямівки; додавання згинів; створення зазору між двома крайками і т.д.

Моделювання тривимірних об'єктів рідко обходиться без побудови допоміжної геометрії. У SolidWorks є можливість побудови довідкової площини, осі, системи координат і точки, або вказати один з об'єктів довідковим.

Під час проектування зборок у SolidWorks "знизу вгору" спочатку створюються деталі, потім вони вставляються в збірку і об'єднуються згідно з вимогами проекту. Метод проектування "зверху вниз" відрізняється тим, що робота починається в збірці. Проектування "зверху вниз" у контексті збирання дозволяє створювати посилання на геометрію вихідної моделі, таким чином, що якщо змінюється розмір вихідної моделі, пов'язана з нею деталь оновлюється автоматично.

Для підвищення продуктивності і зручності роботи з великими зборками та їх кресленнями, що містять десятки тисяч деталей, в SolidWorks передбачений спеціальний режим, який дозволяє скоротити час завантаження файлу і раціонально розподіляти ресурси комп'ютера за рахунок відображення скороченою інформації про компоненти зборки [4, 8].

Інструментами для роботи зі зборками слугують: додавання існуючого вузла чи деталі в зборку; переміщення і обертання компонентів зборки; створення пари компонентів зборки, в тому числі за принципом симетричності, кулачка і редуктора; створення видів з рознесеними компонентами; приховування та відображення компонентів; настройки прозорості компонентів зборки; перевірка інтерференції і вимір динамічного зазору між компонентами і т.д.

Під час накладання відповідних взаємозв'язків між компонентами зборки можливе моделювання кінематики механізму складання. Для цього до одного з взаємопов'язаних компонентів, який має відповідні ступені свободи, прикладаються рушії здатні імітувати поступальний чи обертальний рух, привід від пружини чи дію сил гравітації.

Оскільки оформлення креслень в SolidWorks здійснюється відповідно до вимог ЄСКД і в основі креслення лежить тривимірна модель деталі, то деталь і креслення мають взаємозв'язок автоматично оновлювати креслення під час змін деталі, що забезпечує постійну відповідність моделі і креслення. На креслення можна перенести стандартні види чи будь-який інший вид з моделі, в тому числі ізометричний. Ступінь автоматичного наповнення креслярського виду з моделі регулюється настройками.

Для оформлення креслення у SolidWorks існує інструмент, що дозволяє: автоматично отримувати суміщені види, місцеві види, розрізи і перерізи; будувати розрізи за розрізом; наносити розміри і позначення параметрів якості поверхні; додавати примітки та технічні умови; автоматично чи вручну розставляти позиції; автоматично формувати специфікації; вказувати допуски і посадки з вбудованою базою даних; автоматично заповнювати основний напис; копіювати види і створювати багатолістові креслення і т.д.

У базовий пакет SolidWorks входить модуль COSMOSXpress, який використовується для експрес-розрахунку деформації та визначення коефіцієнта запасу міцності деталі за заданими навантаженнями. У результаті COSMOSXpress дозволяє визначити концентратори напруги і домогтися максимально ефективного використання матеріалу за рахунок зниження ваги елементів конструкції з надмірним запасом міцності [4, 5].

Висновки з даного дослідження і перспективи у даному напрямку. Система автоматизованого проектування SolidWorks знайшла широке застосування у виробництві. Завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу, гнучкі системні налаштування, максимальний деталізації моделі, можливості виявлення помилки на ранній стадії проектування виробу, створенню 2D-видів безпосередньо з 3D-моделі в напівавтоматичному режимі. Крім того, система забезпечена каталогами стандартних компонентів (метизів, профілів і т.д.), що дозволяють скоротити час проектування, наявна повна інтеграція з іншими САПР.

Список використаних джерел.

1. <http://joiner.org.ua/2rozrjad/2009-07-08-13-19-32/2009-07-24-08-10-10/2009-07-24-08-42-32.html>
2. http://cncjunior-master.ucoz.com/load/solidworks_programma_dlja_trekhmernogo_proektirovanija/2-1-0-11
3. <http://www.solidworks.spb.ru/article/solidworks-about-program>
4. <http://www.tesis.com.ru/software/solidworks/solidworks.php>
5. http://www.solidworld.ru/kms_catalog+stat+cat_id-3+page-1+nums-7.html
6. <http://www.softsalad.ru/software/solidworks-professional.html>
7. <http://chem-otkrit.ru/soft/SolidWorks>
8. http://www.solidworld.ru/kms_catalog+stat+cat_id-3+page-1+nums-7.html

УДК 004.42(07)

Н.А. Христинець, К.А.Свиридюк

Луцький національний технічний університет

ВИБІР НЕЗАЛЕЖНИХ ЗМІННИХ ТА РІВНІ ВАРІЮВАННЯ ФАКТОРІВ У ПЛАНУВАННІ ЕКСПЕРИМЕНТУ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ГРАДІЄНТНОГО МАТЕРІАЛУ

Н.А. Христинець, К.А.Свиридюк. Вибір незалежних змінних та рівні варіювання факторів у плануванні експерименту для процесу формування градієнтного матеріалу. Проведено аналіз параметрів вібраційного формування суміші порошків шихти ШХ15 та міді для отримання градієнтного матеріалу з урахуванням характеристик вібраційного стенду з дебалансним приводом.

Ключові слова: планування експерименту, градієнтна структура, порошкова суміш, дисперсне середовище, фактори експерименту, варіювання факторів.

Н.А. Христинец, К.А.Свиридюк. Выбор независимых переменных и уровни варьирования факторов в планировании эксперимента для процесса формирования градиентного материала. Проведен анализ параметров вибрационного формирования смеси порошков шихты ШХ15 и меди для получения градиентного материала с учетом характеристик вибрационного стенда с дебалансным приводом.

Ключевые слова: планирование эксперимента, градиентная структура, порошковая смесь, дисперсная среда, факторы эксперимента, варьирование факторов.

N. Hrystynets, K. Svyrydiuk. Selection of independent variables and varying levels factors in planning experiment for the formation of gradient material. The analysis of parameters of vibrating forming a mixture of powders of charge ШХ15 and copper to produce a gradient material, taking into account the characteristics of the vibration stand with unbalanced drive.

Keywords: design of experiments, graded structure, the powder mixture, dispersion medium, the factors of the experiment, the variation factors.

Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Розвиток сучасної техніки нерозривно пов'язаний із створенням і постійним вдосконаленням існуючих технологічних процесів. Основою їх розробки та оптимізації є експеримент. Підвищення ефективності експериментальних досліджень у галузі порошкової металургії стосовно вирішення задач металознавства, технологічних процесів обробки матеріалів успішно вирішуються методами математичного планування.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. Розв'язання багатьох технічних та технологічних завдань ускладнюється або неможливе відомими стандартними методами. Дослідники робіт у галузі статистичних методів змушені розробляти та пропонувати такі методи розв'язання, які не повною мірою або не зовсім теоретично обґрунтовані. Такі методи відносять до методів прикладної статистики. Кількість статистичних методів обмежена, а прикладних завдань багато. Деякі вчені вирішують завдання своїми методами.

Моделювання оптичної градієнтної структури було зроблене фізиком-оптиком Р.Вудом ще на початку тридцятих років минулого століття в системі желатин-гліцерин і відродилося через багато років в ідеї іонного обміну між серцевиною і оболонкою заготовки оптичного волокна. Фізиками-оптиками і радіофізиками було теоретично показано перевагу середовищ з градієнтом показника переломлення перед звичайними оптичними системами з дзеркальним відображенням світла або переломленням на межі двох середовищ. В оптичних волокнах, де показник переломлення міняється поступово від осі до поверхні волокна, різко зменшується втрата енергії та спотворення сигналу, що дозволяє в багато разів збільшити об'єм переданої інформації. Розроблені технологічні прийоми отримання волоконних і градієнтних оптичних елементів відображені в більш ніж 25 тисячах патентів і, ймовірно, не меншій кількості публікацій.

На сьогодні питання експериментальних досліджень методами планування експерименту висвітлені у працях багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених: Я.Б.Арсова, М.Д.Кендала, Б.М.Мойсюка, Ф.С.Новика, В.І.Шведа та ін. Термін «передпланування» як основоположний елемент теорії планування експерименту при постановці завдання був запропонований Ю.П.Адлером, який зазначив, що розв'язок завдання буде найефективніший у випадку чітко визначених початкових параметрів.

Цілі статті. Метою статті є визначення залежних та незалежних змінних, формування факторів та рівнів їх варіювання для побудови моделі планування експерименту процесу сегрегації порошкової суміші в процесі вібраційного навантаження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для того, щоб встановити залежності між режимами отримання порошкового матеріалу з двокомпонентної суміші металевих порошків і експлуатаційними характеристиками цього матеріалу, проведемо математичне планування експерименту.

Гradientну структуру пористого порошкового матеріалу визначає інтенсивність концентрації часток одного з порошків двокомпонентної суміші в зовнішньому шарі. Аналіз літературних джерел в попередніх розділах показав, що при різній густині часток частки з більшою густиною в результаті вібраційних поступальних коливань будуть рухатись угору [1]. Тобто, за результатами аналізу характеристик порошків ПМС-1 та ШХ-15 [2] у зовнішньому шарі контейнера планується інтенсивність концентрації часток міді. В якості зовнішнього шару будемо вважати верхню частину сформованого матеріалу (рис. 1.1 – А), висотою не більше 1/10 сформованого матеріалу.

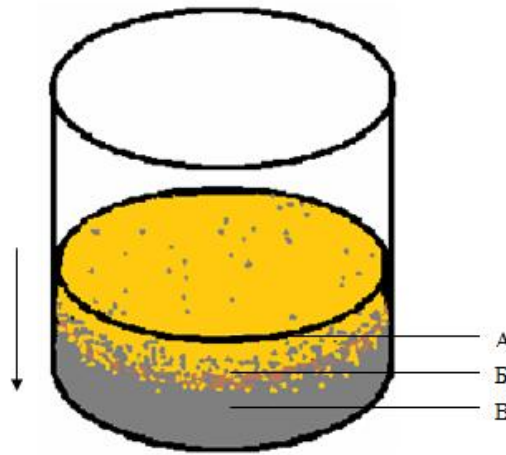


Рис. 1.1 – Схематичне зображення сформованого порошкового матеріалу для дослідження зміни властивостей (вказано стрілкою) з концентрацією міді по висоті шару: А) верхня частина (міди); Б) середина (суміш міді і сталі); В) нижня частина (сталі).

Для визначення інтенсивності концентрації будемо використовувати методи дисперсного аналізу. У мікрогетерогенних системах (суспензії, емульсії, дими, тумани, порошки) такий аналіз проводять за допомогою світлової мікроскопії, седиментометрії та фільтруванням крізь спеціальні фільтри з порами певних розмірів.

У світловій мікроскопії використовують лабораторний оптичний мікроскоп будь-якого типу, в окуляр якого вставляється мікрометрична сітка. Вона розбиває поле зору мікроскопа на квадрати, в яких ведеться підрахунок частинок за фракціями. Процентне відношення кількості часток міді до часток сталі будемо вважати інтенсивністю концентрації.

Більшість вібраційного технологічного обладнання реалізовано на інерційному приводі з використанням зарезонансних режимів роботи. Приведення в рух таких систем здійснюється, в основному, від асинхронних двигунів. Прикладом такого обладнання слугують промислові площадочні вібратори – електрообладнання загального призначення високого ресурсу, яке перетворює електричний струм на вібрацію.

Незалежні фактори, які будуть використані в моделюванні експерименту, мають як кількісні, так і якісні характеристики.

Аналізуючи усі параметри, що впливають на модель вібраційного формування gradientного матеріалу, можна умовно розділити їх на кілька незалежних груп:

- 1) параметри вібраційного стенду: амплітуда та частота вібрації, швидкість вібраційного прискорення, маса вібраційної плити, маса і розміри контейнера, маса самого вібратора;
- 2) параметри порошкової суміші: кількість компонентів та їх хімічні, фізичні, технологічні властивості, концентрація пороутворювача;

3) час сегрегації.

Крім цих чинників, на параметри вібраційного формування діють ще й зовнішні чинники, які в незначній мірі впливають на процес формування (атмосферний тиск, вологість повітря тощо) і які не були розглянуті в даній роботі.

Для подальшого планування експерименту розділимо ті параметри, які мають істотний вплив на технологічний процес і ті, які виражаються через попередні.

Таким чином, отримаємо найбільш впливові фактори експерименту з власними діапазонами чисельних значень. Усі вони безпосередньо діють на об'єкт дослідження і є незалежними, вимірюваними і керованими. До таких факторів віднесемо амплітуду коливань A , співвідношення маси порошку міді до маси порошку заліза Sp та час сегрегації t (табл. 1.1). Кожен з факторів має область визначення, є представником однієї з незалежних груп, описаних вище і може бути виражений через інші характеристики елементів цієї ж групи.

Таблиця 1.1 – Фактори та межі їх варіювання

Фактор	Min	Max
Амплітуда, $A(мм)$	2,2	4,56
Співвідношення маси порошку міді до маси порошку заліза, Sp	0,10	0,20
час сегрегації $t(хв)$	2	6

Варіювання факторів на трьох рівнях згідно з теорією планування експерименту [3] дасть повну квадратичну модель. Так як з числовими межами факторів у вихідному масштабі не працюють, для побудови моделі проведемо попереднє кодування, що являє собою лінійне перетворення факторного простору.

Зручно, щоб в кодованому масштабі максимальний (верхній) рівень фактора відповідав +1, мінімальний (нижній) відповідав -1, а середній (основний) – 0. Це виконується за формулою зв'язування факторів в кодованому масштабі (x_i) з їх значеннями в натуральній формі (X_i):

$$\begin{cases} x_i = \frac{X_i - X_0}{\Delta X_i}; \\ X_i = X_{i_0} + \Delta X_i x_i; \end{cases} \quad (1.1)$$

де $\Delta X_i = \frac{X_{i_{\max}} - X_{i_{\min}}}{2}$ – інтервал варіювання.

Згідно вибраних факторів та меж варіювання, встановимо рівні варіювання (табл. 1.2).

Маємо таку характеристику плану : число факторів $k=3$, ядро плану складає $2^3=8$ дослідів, кількість зіркових точок буде 6, зіркове плече $\alpha = \sqrt[4]{8} = 1,682$. Інтервали варіювання обчислимо за формулами (1.1):

$$\begin{aligned} \Delta X_1 &= \frac{X_{1_{\max}} - X_{1_{\min}}}{2} = \frac{4,56 - 2,2}{2} = 1,18 \\ \Delta X_2 &= \frac{X_{2_{\max}} - X_{2_{\min}}}{2} = \frac{0,20 - 0,10}{2} = 0,05 \\ \Delta X_3 &= \frac{X_{3_{\max}} - X_{3_{\min}}}{2} = \frac{6 - 2}{2} = 2 \end{aligned} \quad (1.2)$$

Значення зіркових точок в кодованому масштабі $\alpha = \pm 1,68$ вибрано з таблиці симетричних ротатбельних композиційних планів. Для рівнів варіювання обчислення значень зіркових точок провели за формулою:

$$\alpha = x_i \pm (\Delta X_i * 0,68) \quad (1.3)$$

Результати обчислень занесено в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Рівні варіювання факторів

Рівні варіювання	Фактори		
	Амплітуда, $A(мм)$	Співвідношення маси порошку міді до маси порошку заліза, Sp	час сегрегації $t(хв)$
Основний рівень, X_{i_0}	3,76	0,15	4
Інтервали варіювання, ΔX_i	1,18	0,05	2
Верхній рівень, $x_i = +1$	4,56	0,20	6
Нижній рівень, $x_i = -1$	2,2	0,10	2
Зіркова точка $+ \alpha(x_i = +1,68)$	6,56	0,24	7,4
Зіркова точка $- \alpha(x_i = -1,68)$	0,2	0,06	0,6

Загальна кількість дослідів для побудови плану визначається сумою дослідів по основних рівнях, в зіркових точках і в центрі плану. План другого порядку буде рототабельним, умовою його рототабельності стало збільшення числа дослідів в центрі плану – це число було вибрано з урахуванням можливого в подальшому переходу до планування другого порядку для побудови моделі.

Висновки. Методи теорії планування експерименту необхідно використовувати у завданнях оптимізації та моделювання. Важливість кожного критерію враховують для об'єктивної оцінки експерименту. В результаті роботи було вибрано незалежні змінні та визначено рівні варіювання факторів для побудови симетричного композиційного рототабельного уніформплану. В подальшому визначені фактори будуть ключовими для побудови математичної моделі формування градієнтного порошкового матеріалу.

Список використаних джерел.

1. Христинець Н.А., Рудь В.Д. Стохастичні методи моделювання процесів вібраційного змішування в сипучих середовищах// ж-л «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». – Луцьк, 2011, Вип. №7, С. 96 -98.
2. Рудь В.Д., Гальчук Т.Н., Повстяной А.Ю. Использование отходов подшипникового производства в порошковой металлургии // Порошковая металлургия.—2005. —№ 1-2. — с.106-112
3. Рудь В.Д. Фізико-механічні засади складних схем обробки тиском та вібраційних процесів в технологіях формування порошкових виробів. Дис....докт. техн. наук. – Київ, 2005. – 504с.
4. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304с.
5. Арсентьев В. А., Блехман И. И., Блехман Л. И., Вайсберг Л. А., Иванов К. С., Кривцов А. М. Методы динамики частиц и дискретных элементов как инструмент исследования и оптимизации процессов переработки природных и техногенных материалов. ж-л «Обогащение руд», С-Пб., 2010. № 1. С. 30–35

УДК

Ю.О. Шавурський, к.т.н.

Житомирський державний технологічний університет

ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ БІОЛОГІЧНОГО ПАЛИВА У ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНОМУ ВИТРАТОМІРІ

Шавурський Ю.О. В статті розглянуто похибки вимірювання температури біологічного палива, що здійснюється на основі використання термоелектричного перетворювача у термоанемометричному витратомірі. Розглянуто складові частини похибки з урахуванням робочих умов використання витратоміра. Виконано експериментальні дослідження похибок витратоміра біологічного палива.

Ключові слова: біологічне паливо, термоанемометр, електричні перетворювачі

Шавурський Ю.А. В статье рассмотрены погрешности измерения температуры биологического топлива, которое осуществляется на основе использования термоэлектрического преобразователя в термоанемометричном расходомере. Рассмотрены составные части погрешности с учетом рабочих условий использования витратоміра. Выполнены экспериментальные исследования погрешностей витратоміра биологического топлива.

Ключевые слова: биологическое топливо, термоанемометр, электрические преобразователи

Shavursky Yuriy Oleksandrovich. The errors of measuring of temperature of biological fuel that comes true on the basis of the use of thermo-electric transformer in a термоанемометричному flowmeter are considered in the article. Component parts of error are considered taking into account the working terms of the use of витратоміра. Experimental researches of errors of витратоміра of biological fuel are executed.

Keywords: biofuels, Thermometers, electric converters

Вступ. Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з її науковими та практичними задачами. Високоточні витратоміри палива необхідні у машинобудуванні, приладобудуванні та в автомобільній галузі. Однією з найбільш важливих галузей застосування є використання витратоміра в автомобілях у складі комплексу його приладів. Ефективність роботи всього комплексу значною мірою обумовлена саме конструкцією та точнісними характеристиками витратоміру. Одним з найперспективніших типів витратомірів для вимірювань витрат палива є термоанемометричний витратомір (ТАВ). Зростаючі вимоги до точності та швидкодії націлюють на пошук більш точних ТАВ.

Останнім часом, у зв'язку з дефіцитом та високою вартістю звичайного палива, перспективним вважається використання біопалива. Однак, відсутні роботи, в яких були б вирішені наступні задачі: надано опис ТАВ для автомобіля, працюючого на біопаливі, були б наведені всі необхідні розрахунки похибок такого ТАВ; був би проведений аналіз можливості та доцільності використання цього ТАВ.

Тому актуальною задачею є підвищення точності та швидкодії нового автоматизованого ТАВ для біопалива. Отримання математичних моделей та детальних характеристик похибок вимірювання температури біопалива в ТАВ дозволяє розробити методики та процедури їх алгоритмічної компенсації та підвищити точність визначення витрат цього палива в автомобілях.

Аналіз існуючих досліджень і публікацій, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Вагомий вклад у розвиток методів та засобів вимірювань витрат енергоносіїв внесли наукові школи, сформовані в інституті проблем моделювання в енергетиці ім. П.Е. Пухова НАНУ та в НТУУ «КПІ», та інші вищі навчальні заклади та установи НАН України.

Сьогодні відомі окремі описи конструкцій і технічні характеристики деяких витратомірів. Однак узагальненого порівняння аналізу точнісних характеристик ТАВ у літературі [1 – 9] немає. Окремі розрізні відомості стосуються деяких ТАВ або їх окремих аспектів.

У існуючих ТАВ [2,3,5,10] для вимірювання теплових параметрів біопалива використовується один або два термоперетворювачі, розташовані безпосередньо біля нагрівача. Математична модель існуючих витратомірів зводиться до рівня теплового балансу нагрівача, що охолоджується потоком рідини або до визначення різниці температур в двох фіксованих точках [10].

В розробленому високоточному ТАВ для підвищення точності визначення витрат моторного палива, використовуються групи термоперетворювачів. Таке рішення забезпечує визначення

© Шавурський Ю.О.

величини температурного поля в множині точок потоку моторного палива, а наступна алгоритмічна обробка отриманих значень на ЕОМ дозволяє компенсувати ряд похибок вимірювань. Тому для такого витратоміру необхідно створити нову математичну модель похибок вимірювання температури термоперетворювачами, що враховує детальний розподіл температурного поля в усіх точках потоку моторного біопалива.

У зв'язку з тим, що в літературі відсутні детальні відомості щодо математичної моделі ТАВ та його похибок, метою проведеного в статті дослідження є розробка математичної моделі похибок, що мають місце в ТАВ при визначенні температури біопалива термоелектричними перетворювачами. Ця модель може бути використана для алгоритмічної компенсації похибок і підвищення точності вимірювальних систем, що призначені для контролю поточних витрат біопалива.

Викладення основного матеріалу дослідження. В даний час до витратомірів біопалива пред'являється багато вимог, задовольнити які достатньо складно.

Є дві групи вимог. До першої групи відносяться індивідуальні вимоги: висока точність, надійність, незалежність результатів вимірювання від зміни щільності речовини, швидкодія і значний діапазон вимірювання. До другої групи відносяться вимоги, які характеризують всю групу витратомірів палива: необхідність вимірювання витрати дуже різноманітної номенклатури речовини при властивостях, що відрізняються, різних значеннях витрати від дуже малих до надзвичайно великих і при різному тиску і температурах [2, 7, 9].

Розглянемо ці вимоги.

1. Висока точність вимірювання - одна з основних вимог, що пред'являються до витратомірів. Якщо раніше похибка вимірювання в 3,0 % вважалась задовільною, то у даний час потрібно мати похибку 1,5 %. Підвищення точності досягається як за рахунок застосування нових прогресивних методів і приладів (тахометричних, електромагнітних, ультразвукових і т. п.), так і за рахунок вдосконалення старих класичних методів. До найбільш точних належать камерні лічильники палива (зокрема, з овальними шестернями і лопастні). Похибка перших 0,5 %, а других навіть не більше 0,2 % від вимірюваної величини [11]. Витратоміри із звужуючими пристроями менш точні. Зниження їх похибки досягається за допомогою зносостійких діафрагм, а також при підвищенні точності дифманометров і застосуванні обчислювальних пристроїв для обліку зміни щільності речовини.

2. Надійність (наряду з точністю) - одна з головних вимог, що пред'являються до витратомірів палива. Основним показником надійності є час, в течію до якого прилад зберігає працездатність і достатню точність. Цей час залежить як від пристрою приладу, так і від його призначення і умов застосування.

Витратоміри, що встановлюються на автомобілях, значно відрізняються по своїй конструкції від стаціонарних приладів, вживаних в лабораторній практиці або в технологічних процесах багатьох виробництв, хоча в них, як правило, використовуються ті ж принципи дії. Особливості автомобільних приладів залежать від специфіки вимог, що пред'являються до них в експлуатації. Ці вимоги обумовлені наступними причинами.

На прилади, встановлені на автомобілях, впливають значні вібрація і трясіння. Так, на приладовій панелі сучасних автомобілів вібрація може досягати величини 0,5-2 g. Датчики приладів, розміщені на двигуні або трансмісії піддаються вібрації до 15 g. Тому прилади повинні безперервно і справно працювати в цих умовах [12].

В умовах експлуатації прилади працюють при різних температурах навколишнього середовища, що коливаються від мінус 60 °С в північних районах до плюс 60 °С в тропіках. При цьому залежно від місця установки приладу, температура його може досягати плюс 120 °С. На прилади потрапляє пил, бруд, вода, масло, паливо, солі (в умовах морського клімату), комахи і грибки (у вологих тропіках). Отже, матеріали і покриття витратомірів повинні бути стійкими до перерахованих дій, а внутрішні частини приладів ущільнені або герметизовані [11].

Електричні прилади з живленням від бортової мережі повинні бути малочутливі до змін напруги в межах 11–15 В в 12-вольтних мережах, та 22–30 В в 24-вольтних системах. Прилади також повинні бути нечутливими до пульсації живлячої випрямленої напруги, яка виникає у разі застосування генератора змінного струму.

Автомобілі використовують в місцевостях з різними висотами над рівнем моря, тому прилади повинні працювати при барометричному тиску, що практично зустрічається в районах, де є дороги, тобто при зміні атмосферного тиску від 650 до 800 мм.рт.ст.

Тахометричні прилади, елементи яких при вимірюванні безперервно рухаються, мають менший термін служби. Так, у турбінних витратомірів знос осі і опору буде тим менше, чим краща змащувана здатність вимірюваної речовини і чим вона чистіше. Для підвищення надійної роботи цих витратомірів необхідне застосування фільтрів або інших очисних пристроїв. У технічних умовах на деякі тахометричні витратоміри турбінного типу вказується шестирічний термін нормальної роботи [12].

3. Незалежність результатів вимірювання від зміни густини речовини. В більшості випадків необхідно мати пристрої, що автоматично вводять корекцію в показання приладу при зміні щільності (або температури і тиску) вимірюваної речовини. Лише у теплових і силових витратомірів, що вимірюють масову витрату, зміна щільності вимірюваної речовини дуже мало позначається на результатах вимірювання.

4. Швидкодія приладу, визначується його гарними динамічними характеристиками, необхідна перш за все при вимірюванні швидко змінних витрат, а також у випадку застосування приладу в системі автоматичного регулювання.

Швидкодію більшості витратомірів зручно оцінювати значенням його постійної часу T , тобто часу, протягом якого покази приладу при стрибкоподібній зміні витрати від Q_1 до Q_2 змінюються приблизно на дві третини від значення $Q_2 - Q_1$. Турбінні витратоміри мають дуже малу постійну часу T (в межах сотих і тисячних долей секунди). У теплових же витратомірів час T вимірюється десятками секунд. Для поліпшення їх швидкодії застосовують особливі вимірювальні схеми (диференціюючі). Витратоміри зі звужуючими пристроями займають проміжне положення. У цих витратомірах час T зменшується зі зменшенням довжини сполучних трубок, а також вимірювального об'єму дифманометра і збільшенням його граничного перепаду тиску.

5. Великий діапазон вимірювання ($Q_{\max}/Q_{\min}$) необхідний, коли значення витрати палива можуть змінюватися в значних межах. У приладів з лінійною характеристикою, наприклад електромагнітних, цей діапазон рівний восьми – десяти, у витратомірів зі звужуючими пристроями він дуже малий і рівний трьом. Збільшити його до дев'яти-десяти можна шляхом підключення до звужуючого пристрою двох дифманометрів. У теплових витратомірів можна за допомогою зміни потужності нагрівача одержати багатомезну шкалу з дуже великим загальним діапазоном вимірювання.

6. Дуже різноманітна номенклатура вимірюваних палив, які можуть бути не тільки однофазними, але і багатфазними. Основні методи вимірювання витрати палива були розроблені для однофазних палив.

При цьому треба враховувати як параметри (тиск, температуру), так і особливі властивості (агресивність, абразивність, токсичність, вибухо-небезпечність і та інш.) речовин.

Паливну економічність автомобілів доцільно оцінювати не тільки періодично (по контрольній витраті палива), але і безперервно під час руху: це дозволяє підтримувати автомобіль в технічно справному стані (підвищена витрата палива майже завжди пов'язана з несправностями вузлів і агрегатів автомобіля) і сприяє виробленню навиків економічного стилю водіння (при правильному виборі режимів можна економити до 30 % палива) [13].

При дослідженні похибок враховано ряд суттєвих особливостей, наявних у розробленому витратомірі моторного палива:

- тепловий вплив нагрівача має постійну потужність, що постійно підводиться до цього нагрівача;
- термоперетворювачі розташовані вздовж осі потоку моторного палива, тому розподіл температур визначається вздовж однієї просторової координати, що відповідає відстані термоперетворювача від нагрівача;
- моторне паливо з альтернативної сировини може мати різні фізико-хімічні властивості, а діапазон змін його витрат при експлуатації витратоміра на автомобільному транспорті може бути досить широким, тому розглядається як ламінарний, так і турбулентний режим течії моторного палива через витратомір;
- діапазон зміни початкової температури моторного палива при експлуатації витратоміра на автомобільному транспорті може бути досить широким, тому вводиться корекція витратоміру з урахуванням цієї температури.

Засобами вимірювання температури первинними термоперетворювачами, установками чи інформаційними вимірювальними системами, як і засоби вимірювання інших фізичних величин, не можуть забезпечити знаходження справжнього значення температури елементарного об'єму досліджуваного об'єкту, бо фізичні принципи й початкові умови виконання вимірювання так чи так порушуються. Результат вимірювання температури T_x відрізняється від її справжнього значення T_c на величину

$$\Delta T = T_x - T_c, \quad (1)$$

яку називають абсолютною похибкою. Відповідно до ГОСТ 16263-70 похибку вимірювання можна подавати в частках справжнього значення вимірюваної величини, яку називають відносною.

Результат вимірювання температури можна записати в Кельвінах чи в градусах Цельсія. Відносну похибку вимірювання температури для однозначності записують у вигляді

$$\delta T = (T_x - T_c) / T_c \quad (2)$$

і показують відсотками.

Похибку вимірювання визначають наближено з тією чи іншою точністю залежно від умов і застосовуваних засобів вимірювання, кількості спостереження та методів обробки експериментальних даних.

Для вимірювання температури біодизельного палива, було використано термоелектричні (ТТ) перетворювачі із структурами вимірювальних кіл зрівноважувального і прямого перетворення, кожне з яких має свої переваги та вади. Термоелектричні термометри з колами зрівноважувального перетворення, які мають невелику точність використовують у більшості для наукових досліджень. Точність можна підвищити ускладнюючи схему вимірювання і відповідно збільшивши її вартість, але це призведе до різкого зниження надійності термометра. Для масового вимірювання на автотранспортних засобах застосовують ТТ з колами прямого перетворення, бо вони є більш надійні та зберігають роботу здатність у будь-яких кліматичних умовах, мають малі габаритні розміри та масу і невисоку вартість.

Щоб дослідити і кількісно оцінити похибку вимірювання температури, розглянемо функцію перетворення термометра. Відомо, що зміну термо-ЕРС на виході термоелектричного перетворювача (ТЕП) у широкому діапазоні вимірюваних температур описує інтерполяційна формула

$$E = \sum_{i=0}^{\delta} a_i T^i, \quad (3)$$

де a_i – параметри функції перетворення ТЕП; T – температура робочого кінця ТЕП.

Урахувавши (3), можна записати залежність вимірюваної температури T від показу D термоелектричного термометра з прямим перетворенням:

$$D = KE = K(\sum_{i=0}^{\delta} a_i T^i), \quad (4)$$

де K – коефіцієнт перетворення термо-ЕРС на показ термометра D . У цьому разі припустимо, що реальні параметри $a_0, a_1, \dots, a_\delta$ ТЕП є сталими і дорівнюють своїм номінальним значенням $a_{0н}, a_{1н}, \dots, a_{\deltaн}$, а вираз для номінальної функції перетворення термометра має вигляд

$$D = f_n(T, a_{0н}, a_{1н}, \dots, a_{\deltaн} \cdot K_n) \quad (5)$$

Під час тривалої експлуатації ТЕП у робочих умовах на діючому об'єкті його характеристика зазнає систематичного та випадкового дрейфу, внаслідок чого параметри функції перетворення термометра $a_{0н}, a_{1н}, \dots, a_{\deltaн}$ змінюються і є випадковими функціями часу. Відчутної зміни зазнає і коефіцієнт K через похибку чутливості вторинного вимірювального приладу, а також через дію на термометр різних впливових величин від автомобіля та навколишнього середовища. Відмінність параметрів $a_{0н}, a_{1н}, \dots, a_{\deltaн}$ і коефіцієнта K від номінальних значень призводить до появи в результаті вимірювання похибки, яку можна подати у вигляді різниці

$$\Delta_{сук} = f_c[T, a_0(\tau), a_1(\tau), \dots, a_\delta(\tau), K] - f_n(T, a_{0н}, a_{1н}, \dots, a_{\deltaн} \cdot K_n) \quad (6)$$

де f_c і f_n – справжні і номінальні функції перетворення ТТ.

Визначення похибки термоелектричного термометра відповідно до (6) передбачає внутрішню перевірку каналу температури разом з перетворювачем, але це зробити важко, бо немає взірцевих мір температури, а також способів їх відтворення в реальних умовах об'єкта. Тому похибку ТТ оцінюють на підставі нормованих метрологічних характеристик (МХ) окремих засобів вимірювання, що їх містить термометр. У цьому разі МХ визначають за результатами додаткових метрологічних випробувань засобів вимірювання.

Щоб кількісно оцінити похибку вимірювання, можна зобразити її математичною моделлю. Коли відомі МХ засобів вимірювання, то врахувавши їх реальний характер, на підставі ймовірно-статистичних методів дослідження похибок цих засобів вимірювання можна записати граничне значення похибки ТТ

$$\Delta_0(T) = \Delta_{с.о.}(T) + \Delta_0 + \Delta(l) \quad (7)$$

де $\Delta_{с.о.}(T)$ – систематична складова похибки термометра, що її характеризує математичне сподівання $M[\Delta_{с.о.}(T)]$ і середнє квадратичне відхилення $\sigma[\Delta_{с.о.}(T)]$; Δ_0 – випадкова складова похибки вимірювання; $\Delta(l)$ – функція впливу зовнішніх факторів на систематичну складову похибки термометра, яка практично залежить від дії на вимірювальний прилад зовнішніх факторів, тобто $\Delta(l) = \Delta_{с.л.}(l)$.

Дослідивши механічну характеристику термоелектричного перетворювача, вимірювального приладу і компенсаційних провідників, визначаємо оцінку математичного сподівання систематичної складової похибки ТЕП, вимірювального приладу і компенсаційних провідів за нормальних умов:

$$\tilde{M}[\Delta_{с.о.}(T)] = \{\tilde{M}[\Delta_{с.ТЕП}(T)] + \tilde{M}[\Delta_{с.к.л.}(T)]\}K + \tilde{M}(\Delta_{с.о.ВПр}) \quad (8)$$

де $\tilde{M}[\Delta_{с.ТЕП}(T)] + \tilde{M}[\Delta_{с.к.л.}(T)]$ і $\tilde{M}(\Delta_{с.о.ВПр})$ – оцінки математичного сподівання систематичної складової похибки відповідно ТЕП, компенсаційних провідів і вимірювального приладу.

Середнє квадратичне відхилення (СКВ) систематичної складової $\delta(\Delta_{с.о.})$ обчислюють статистичним підсумуванням значень СКВ складової похибки ТЕП $\delta(\Delta_{с.к.л.})$

$$\delta(\Delta_{с.о.}) = \sqrt{\delta^2(\Delta_{с.ТЕП}) + \delta^2(\Delta_{с.к.л.}) + \delta^2(\Delta_{с.ВПр})} \quad (9)$$

Похибку ТТ з урахуванням робочих умов вимірювання на об'єкті знаходять, досліджуючи вплив на неї зміни напруги живлення, температури навколишнього повітря, опору лінії зв'язку в разі зміни однієї з впливових величин і спільної їх зміни. Математичне сподівання систематичної складової похибки термометра з урахуванням зміни впливових величин оцінюють

методами регресійного аналізу [5], з урахуванням даних досліджень [6], математичне сподівання похибки, зведеної до входу термометра, в умовах експлуатації розраховують за таким рівнянням:

$$\begin{aligned} \widetilde{M}[\Delta_C(T, l_1, l_2, \dots, l_k, \dots, l_n)] = & \{ \widetilde{M}[\Delta_{с.ТЕП}(T)] + \widetilde{M}[\Delta_{с.к.л.}] \} K + \\ & + \widetilde{M}[\Delta_{с.ВПР}(E, l_1, l_2, \dots, l_k, \dots, l_n)]. \end{aligned} \quad (10)$$

Оцінюючи похибку термометра в робочих умовах експлуатації на об'єкті, не враховують методичних похибок, значущість яких потрібно з'ясувати в кожному конкретному випадку. Коли ці похибки чималі, то вислідна похибка

$$\Delta_{сис} = \Delta(T, l) + \Delta_{мет}, \quad (11)$$

де $\Delta_{мет}$ – сумарна методична похибка.

Таким способом оцінюють досліджену похибку вимірювання під час періодичної перевірки чи метрологічної атестації вимірювальних каналів температури [6]. Коригуючись результатами вимірювань в цьому разі автоматично або ручним способом, вилючаючи знайдене експериментально-розрахунковим шляхом оцінювання значення систематичної складової похибки.

Результати дослідження похибки витратоміра наведено на рис. 1.

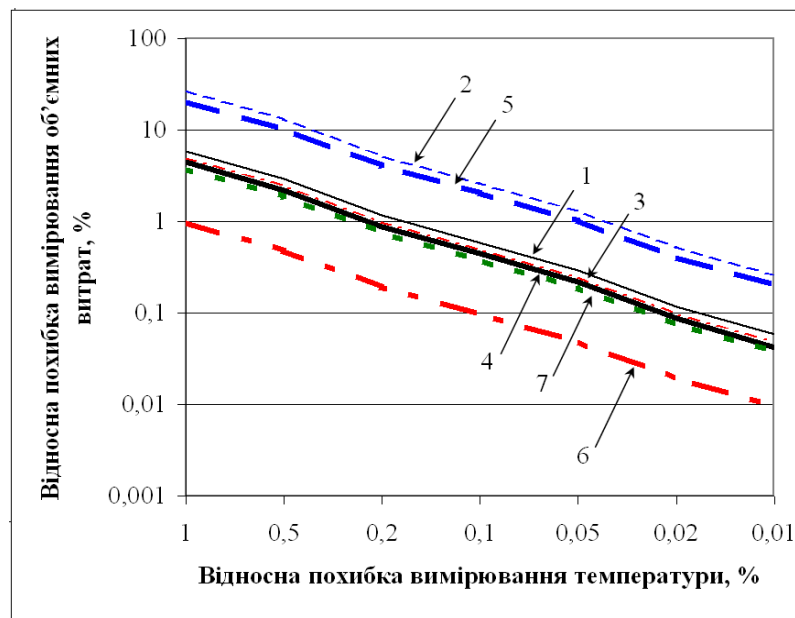


Рис. 1. Відносна похибка вимірювання об'ємних витрат біодизельного палива розробленим витратоміром (нумерація відповідає нумерації варіантів визначення об'ємних витрат)

Розглядалися сім варіантів визначення витрат моторних палив:

1. Визначення витрат на основі вимірювання температури нагрівача і початкової температури моторного палива;
2. Визначення витрат на основі вимірювання початкової температури моторного палива і температури моторного палива в двох точках вздовж вісі трубки з усередненням результатів для цих двох точок;
3. Підвищення точності варіанту 2 на основі алгоритмічної компенсації випадкових і динамічних похибок за допомогою штучних нейронних мереж (згідно патенту [14,15]);
4. Підвищення точності варіанту 1 на основі апроксимації результатів вимірювання температури термоперетворювачами та компенсації похибок цих вимірювань (згідно патенту [14,15]);

5. Підвищення точності варіанту 2 на основі апроксимації результатів вимірювання температури термоперетворювачами та компенсації похибок цих вимірювань (згідно патенту [14,15]);

6. Підвищення точності варіанту 1 на основі:

– алгоритмічної компенсації випадкових і динамічних похибок за допомогою штучних нейронних мереж (згідно патенту [14,15]);

– апроксимації результатів вимірювання температури термоперетворювачами та компенсації похибок цих вимірювань (згідно патенту [14,15]);

7. Підвищення точності варіанту 2 на основі:

– алгоритмічної компенсації випадкових і динамічних похибок за допомогою штучних нейронних мереж (згідно патенту [14,15]);

– апроксимації результатів вимірювання температури термоперетворювачами та компенсації похибок цих вимірювань згідно патенту [14,15].

Висновки

ТАВ при визначенні витрати біопалива:

- забезпечує вищу точність вимірювань (до 1,5 %);

- забезпечує вищу швидкість, ніж відомі прилади, оскільки гарантує безперервний процес вимірювань у реальному часі.

Розроблено нову математичну модель похибок термоанемометричного витратоміра, отримано аналітичні вирази для розрахунків його основних похибок.

При мінімальних об'ємах алгоритмічних обчислень найбільш доцільно використання варіанту визначення витрат на основі вимірювання температури нагрівача і початкової температури моторного палива. Такий підхід забезпечує точність вимірювання об'ємних витрат моторного палива 1,0...1,5 % при точності вимірювання температури нагрівача 1 %.

Для підвищення точності витратоміра необхідно використання більш складних алгоритмічних процедур (апроксимація результатів вимірювань температури біопалива на основі методу найменших квадратів та використання штучних нейронних мереж). Це забезпечує точність вимірювання об'ємних витрат моторного палива 1,0 ... 1,5 % при точності вимірювання температури нагрівача 1%.

Список використаних джерел:

1. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Івахів О.В., Бойко Т.Г. Засоби та методи вимірювання неелектричних величин / Є.С. Поліщук – М: Бескид Біт, 2008. – 606 с.
2. Агейкин Д.И., Костина Е.Н., Кузнецова Н.Н. Датчики контроля и регулирования / Агейкин Д.И. -М., Машиностроение, 1965. -928с.
3. Мурин Г.А. Теплотехнические измерения. - М.: Энергия, 1979. - 42- с.
4. Киясбейли А.Ш., Лифшиц Л.М. Первичные преобразователи систем измерения расхода и количества жидкостей. Энергия, М.: 1980, с. 76-80.
5. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: Учебное пособие. - М.: Энергия, 1978. -704 с.
6. Туричин А.М., Новицкий П.В., Левшина Е.С. и др. Электрические измерения неэлектрических величин, - Л.: Энергия, 1975. - 576 с.
7. Яцук В.О., Малацівський П.С. Методи підвищення точності вимірювань. - М: Бескид Біт, 2008. – 368 с.
8. Безвесільна О.М., Загавура Ф.Я. – Витратометрія: Підручник. – К.: Либідь, 1996.-184с.
9. Безвесільна О.М., Таланчук П.М. - Перетворюючі пристрої приладів – К.:ІСДО, 1994. – 448с.
10. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. -Л.: Машиностроение, 1989. - 701 с.
11. Бирюков Б. В., Данилов М. А., Кивилис С. С. Погрешности установок точного измерения расхода. - Измерительная техника, 1975, № 10, с. 43-45.
12. Бошняк Л. Л. Измерения при теплотехнических исследованиях. Л., Машиностроение, 1974. 448 с.
13. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М., Физматгиз, 1963. 708 с.
14. Безвесільна О.М., Подчашинський Ю.О., Шавурський Ю.О. Високоточний витратомір моторного палива з цифровою обробкою вимірювальної інформації. Патент на винахід №91160 від 25.06.2010р. по заявці №а2009 06515 від 22.06.2009 р.
15. Безвесільна О.М., Шавурський Ю.О., Подчашинський Ю.О., Ільченко А.В. Калориметричний витратомір моторного палива з цифровою обробкою вимірювальної інформації. Патент на винахід №90985 від 10.06.2010 р. По заявці №а 2009 10565 від 19.10.2009р.

УДК 004.942

А.А.Ящук

Луцький національний технічний університет

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ МАТЕРІАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ БІБЛІОТЕКИ OPENTK ДЛЯ C# В СЕРЕДОВИЩІ VISUAL STUDIO

Ящук А.А. Візуалізація математичної моделі процесу сушіння матеріалу за допомогою бібліотеки OpenTK для C# в середовищі VisualStudio. У статті представлено дослідження можливостей бібліотеки OpenTK для трьохвимірної візуалізації математичної моделі процесу сушіння матеріалу.

Ключові слова: візуалізація, модель, VisualStudio, OpenTK.

Ящук А.А. Визуализация математической модели процесса сушки материала с помощью библиотеки OpenTK для C# в среде VisualStudio. В статье представлено исследование возможностей библиотеки OpenTK для трехмерной визуализации математической модели процесса сушки материала.

Ключевые слова: визуализация, модель, VisualStudio, OpenTK.

Yaschuk A.A. Visualization of the mathematical model of the process of drying of material using OpenTK library for C# in the VisualStudio environment. The research of capabilities of OpenTK library for 3D visualization of the mathematical model of the process of drying of material is submitted in the article.

Keywords: visualization, model, VisualStudio, OpenTK.

Постановка проблеми. Процес сушіння описується складними законами, що характеризують зміну параметрів шару матеріалу в просторі і часі. Основними параметрами, що характеризують матеріал в процесі сушіння є його вологість u , температура θ , а параметрами сушильного агента – вологовміст d і температура t . На процес сушіння впливають властивості матеріалу, зокрема питома теплоємність c_m , пористість ξ та ін. [1].

Одним з підходів до вирішення задач моделювання процесу сушіння товстого шару матеріалу є ступінчастий метод розрахунку [2]. В основі цього методу лежить припущення, що товстий шар матеріалу являє собою сукупність елементарних тонких шарів матеріалу, параметри яких у визначений момент часу є постійними за усім об'ємом кожного з цих тонких шарів.

Даний метод дає можливість отримати залежності для визначення тривалості сушіння, енерговитрат, оцінити вплив параметрів на процес сушіння та встановити деякі інші теплоенергетичні показники.

Реалізація такої моделі вимагає численних розрахунків, які доцільно виконувати з застосуванням комп'ютерної техніки. Результатами розрахунку є набір чисел в табличній формі, що характеризують параметри матеріалу і сушильного агента на різній глибині шару матеріалу в різний час від початку сушіння. Актуальною є проблема візуалізації цих даних з врахуванням особливостей цього процесу. Використання стандартних програмних засобів і компонентів для побудови графіків не дозволяє в повній мірі розкрити суть описаного процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень було отримано математичні залежності, які описують процес сушіння шару насіння льону олійного [1]:

$$u_{i,j} = a \cdot \exp(-k \cdot \tau_j) \cdot (u_0 - u_p) + u_p, \quad (1)$$

$$a = 1,347708 - 0,168 \cdot v - 0,006387 \cdot t_{i,j} + 0,061 \cdot v^2, \quad (2)$$

$$k = 0,179083 - 0,10775 \cdot v - 0,004767 \cdot t_{i,j} + 0,0435 \cdot v^2 + 0,000063 \cdot t_{i,j}^2. \quad (3)$$

$$u_p = \left(-\frac{\ln(1-\varphi)}{1,76 \cdot 10^{-4} \cdot (\theta_{i,j-1} + 56,228)} \right)^{0,525}, \quad (4)$$

$$\varphi = \frac{745 \cdot d_{i,j}}{(622 + d_{i,j}) \cdot 10^{0,622 + 7,5 \cdot t_{i,j} / (238 + t_{i,j})}}, \quad (5)$$

$$d_{i,j} = d_{i-1,j} + 0,001 \cdot \frac{(u_{i,j-1} - u_{i,j}) \cdot \rho_{\text{мат.}}}{(100 + u_{i,j-1}) \cdot \rho_{\text{с.н.}} \cdot \xi}, \quad (6)$$

$$t_{i,j} = t_{i-1,j} - \frac{c_{mat} \cdot (\theta_{i-1,j} - \theta_{i,j}) + (u_{i,j-1} - u_{i,j}) \cdot (H_{ni,j} - H_{pi,j}) \cdot (d_{i,j} - d_{i,j-1})}{c_{нов} \cdot (u_{i,j-1} - u_{i,j}) \cdot (1 + d_{i,j})}. \quad (7)$$

де $i, i-1$ – індекс, що відповідно позначає порядковий номер поточного і попереднього тонкого елементарного шару, який є складовою товстого шару матеріалу, що піддається сушінню,
 $j, j-1$ – індекс, що відповідно позначає поточний і попередній короткий проміжок часу, який є складовою загального періоду сушіння,

$u_{i,j}$ – вологість матеріалу в кожному i -му тонкому шарі в кінці короткого проміжку часу $\Delta\tau_j$, %, $\theta_{i,j}$ – температура матеріалу в кожному i -му тонкому шарі в кінці короткого проміжку часу $\Delta\tau_j$, °C, $d_{i,j}$ – вологовміст сушильного агента що проходить через i -й тонкий шар в короткий проміжок часу $\Delta\tau_j$, г/кг с.п.,

$t_{i,j}$ – температура сушильного агента що проходить через i -й тонкий шар в короткий проміжок часу $\Delta\tau_j$, °C,

a і k – розрахункові коефіцієнти сушіння,

u_p – рівноважна вологість, %, φ – відносна вологість,

c_{mat} – питома теплоємність матеріалу, Дж/(кг·K), $c_{нов}$ – питома теплоємність повітря, Дж/(кг·K),

ξ – пористість матеріалу,

$\rho_{mat.}$ – питома маса матеріалу, кг/м³,

$\rho_{с.п.}$ – густина сухого повітря, кг/м³,

$H_{ni,j}$ і $H_{pi,j}$ – відповідно ентальпія пари і рідини, кДж/кг.

Таким чином розрахунок процесу сушіння шару насіння льону олійного зводиться до послідовного розрахунку параметрів u, θ, d і t для кожного тонкого шару матеріалу вкінці кожного короткого проміжку часу, тривалістю $\Delta\tau$, з врахуванням рівноважної вологості насіння льону олійного u_p , швидкості сушильного агента $v_{с.п.}$, а також фізико-механічних властивостей матеріалу.

Вихідними даними для розрахунку в кожному i -му тонкому шарі в проміжок часу $\Delta\tau_j$ є вологість $u_{i,j-1}$ і температура $\theta_{i,j-1}$ матеріалу в кінці попереднього проміжку часу $\Delta\tau_{j-1}$, а також вологовміст $d_{i-1,j}$ і температура $t_{i-1,j}$ сушильного агента на виході з попереднього шару.

Згідно з представленою вище математичною моделлю була розроблена комп'ютерна програма [1], що автоматизує процес розрахунку (рис.1).

Розрахунок процесу сушіння шару НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Вихідні дані для розрахунку:

Початкова вологість матеріалу W_0 , 17
Кінцева вологість матеріалу, %, 7
Початкова температура матеріалу, 20
Температура сушильного агента t_a , 45
Вологовміст сушильного агента d , 6
Висота шару матеріалу H , м, 0,03
Швидкість сушильного агента V , м/с, 1,5
Розрахункові короткі проміжки часу, хв, 1
☐ Також розраховувати охолодження після сушіння
Температура повітря для охолодження, 20

Властивості матеріалу і сушильного агента:

Теплоємність матеріалу C_p , 1,8 ☐ за формулою
Теплоємність повітря C_p , 1,004
Об'ємна маса матеріалу кг/м³, 640
Питома вага повітря, кг/м³, 0,98
☐ Відобразити додаткові параметри

Кількість тонких шарів, для яких проводиться розрахунок i , 10
За товщину тонкого шару прийняти, 0,003 м
Прихована теплота пароутворення води g , 2330

☒ Зупиняти розрахунок при кількості інтервалів j , 100

Виконати розрахунок

Результати розрахунку:

Тривалість сушіння матеріалу для досягнення необхідної вологості, 44,7 хв

Вологість, W_{ij}	Температура агента, t_{ij}	Вологовміст, d_{ij}	Температура матеріалу, T_{ij}
$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$
$n=5$	$n=6$	$n=7$	
$i=1$	15,8403432	16,3104953	16,5601771
$i=2$	15,4716622	15,6436309	15,9294258
$i=3$	15,1133019	15,2938999	15,4591879
$i=4$	14,7649734	14,9537597	15,1253229
$i=5$	14,4263960	14,6221815	14,7996212

Wcp38=7,86293955769439;
Wcp39=7,72109597861512;
Wcp40=7,58277807665182;
Wcp41=7,44792260627108;
Wcp42=7,31646551624019;
Wcp43=7,18833494609068;
Wcp44=7,06345697323086;
Wcp45=6,9417643253454;

Рис.1. Реалізація математичної моделі процесу сушіння шару матеріалу

Мета дослідження. Дослідити можливості бібліотеки OpenGL для 3D візуалізації математичних моделей процесу сушіння щільного шару матеріалу на платформі .Net Framework

Виклад основного матеріалу. OpenGL [3] — специфікація, що визначає незалежний від мови програмування крос-платформовий програмний інтерфейс для написання функцій, що використовують 2D та 3D комп'ютерну графіку. Цей інтерфейс містить набір функцій, які можуть використовуватися для малювання складних тривимірних сцен з простих примітивів. Широко застосовується індустрією комп'ютерних ігор і віртуальної реальності, у графічних інтерфейсах (Comviz, Clutter), при візуалізації наукових даних, в системах автоматизованого проектування тощо.

Платформа Microsoft.NET Framework не має вбудованих засобів підтримки бібліотеки OpenGL. Для застосування бібліотеки OpenGL на платформі Microsoft.NET Framework можна використовувати виклик функцій безпосередньо з динамічної бібліотеки Opengl.dll, яка є реалізацією бібліотеки OpenGL в операційній системі Windows. На даний момент існує декілька бібліотек для платформи Microsoft.NET Framework, в яких виконана необхідна реалізація викликів функцій з динамічної бібліотеки Opengl.dll, і які пропонують деякі додаткові можливості, що дозволяють спростити використання бібліотеки OpenGL на платформі Microsoft.NET Framework.

На даний момент найбільш широко використовуються бібліотеки Tao Framework [4] і Open Toolkit Library [5].

Бібліотека Open Toolkit Library (OpenTK) підтримує останні версії бібліотеки OpenGL і має більш зручний інтерфейс виклику функцій бібліотеки OpenGL, який дозволяє уникнути цілого ряду помилок при їх використанні. Бібліотека OpenTK підтримує не тільки Microsoft.NET Framework, а й Mono Framework, який являє собою проект з відкритим вихідним кодом міжплатформенної реалізації Microsoft.NET Framework.

Для використання бібліотеки OpenTK після її встановлення на локальному комп'ютері, у проект C# Windows Forms, створений у VisualStudio, було додано посилання на OpenTK.dll, а також OpenTK.GLControl.dll, що дозволило використовувати компонент GLControl для відображення 3D моделі безпосередньо на формі Form (рис.2).

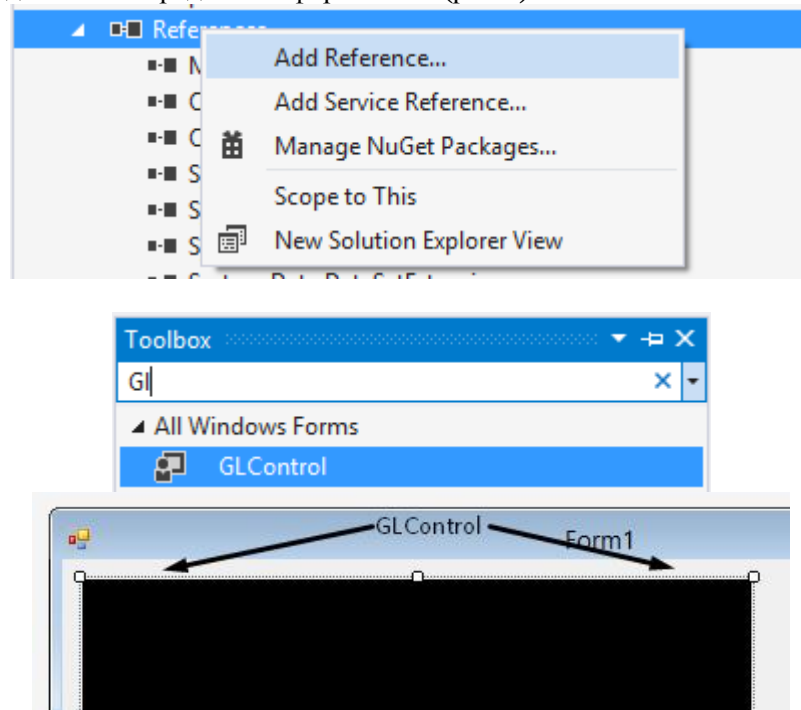


Рис.2. Додавання OpenTK.dll та OpenTK.GLControl.dll до проекту C# Windows Forms

Також потрібно включити в проект наступні простори імен: **using OpenTK;** і **using OpenTK.Graphics.OpenGL;** (рис. 3).

```
using System;  
using System.Collections.Generic;  
using System.ComponentModel;  
using System.Data;  
using System.Drawing;  
using System.Linq;  
using System.Text;  
using System.Threading.Tasks;  
using System.Windows.Forms;  
  
using OpenTK;  
using OpenTK.Graphics.OpenGL;
```

Рис.3. Простори імен OpenTK і OpenTK.Graphics.OpenGL

Відображення моделі пов'язане з двома методами. **glControl1_Load** - метод, який обробляє подію Load (завантаження) і **glControl1_Paint** - метод, який обробляє подію Paint, спрацьовує, наприклад, коли ми приховуємо, а потім знову відкриваємо вікно або, наприклад, змінюємо розміри вікна (рис.4).

```
1 reference  
private void glControl1_Load(object sender, EventArgs e)  
{  
    //...  
}  
  
1 reference  
private void glControl1_Paint(object sender, PaintEventArgs e)  
{  
    //...  
}
```

Рис.4. Методи, пов'язані з подіями Load і Paint компонента glControl

Далі наводиться код для події Load.

```
private void glControl1_Load(object sender, EventArgs e)  
{  
    loaded = true; // Control1 завантажений  
    // копію заднього фону  
    GL.ClearColor(Color.Gray);  
    // о'б'єкти, що лежать ближче, перекривають ті, які знаходяться далі  
    GL.Enable(EnableCap.DepthTest);  
  
    /* матриця Frustum - визначає область видимості моделі, кут огляду - 75,  
     * відношення довжини до висоти -1,  
     * відстань до першої грані - 20, відстань до дальньої грані - 500 */  
    Matrix4 M4 = Matrix4.CreatePerspectiveFieldOfView((float)(75 * Math.PI /  
    180), 1, 20, 500);  
    GL.MatrixMode(MatrixMode.Projection);  
    GL.LoadMatrix(ref M4);  
  
    // положення камери  
    Matrix4 modelview = Matrix4.LookAt(75, 75, 75, 0, 0, 0, 0, 1, 0);  
    GL.MatrixMode(MatrixMode.Modelview);  
    GL.LoadMatrix(ref modelview);  
}
```

Відображення моделі реалізовано при натисканні кнопки Button. Оскільки процес динамічний, то для відображення зміни параметрів в часі застосовано компонент **Timer**. При натисканні кнопки викликається метод **InitializeTimer()**, в якому ініціалізуються початкові параметри таймера, після чого він активується.

```
private void InitializeTimer()
{
    // інтервал таймера - швидкість анімації
    timer1.Interval = int.Parse(textBox6.Text);
    timer1.Tick += new EventHandler(timer1_Tick);
// ...
    timer1.Enabled = true; // увімкнення таймера
}
```

Такі параметри матеріалу як температура і вологість в заданий момент часу доцільно представити у вигляді того чи іншого кольору (напр. висока температура – червоний, низька – синій). В тілі методу timer1_Tick() реалізовано інтерпретацію числових значень параметрів математичної моделі, отриманих внаслідок розрахунку, у кольори.

```
int RGB_R, RGB_G, RGB_B;
//...
Color clr = Color.FromArgb(RGB_R, RGB_G, RGB_B);
```

Як було сказано вище, математична модель описує процес сушіння товстого шару матеріалу, який умовно розбивається на тонкі шари, в межах яких вологість і температура є постійними в заданий момент часу. Відповідно, для відображення 3D моделі доцільно використати сукупність геометричних фігур певної товщини, розміщених одна над одною. Кожний з цих фігур у заданий момент часу буде присвоюватися колір, що є інтерпретацією числових параметрів фізичних величин того чи іншого шару матеріалу.

Для кожного виклику події **Tick** компонента **Timer** в компоненті **glControl1** повинно відображатися ряд плоских геометричних фігур однакової товщини певного кольору. Кожен наступний виклик події **Tick** через встановлений інтервал timer1.Interval відповідає кінцю кожного наступного короткого проміжку часу, за який параметри цих шарів матеріалу змінилися, відповідно зміниться і графічне представлення цих шарів.

Відображення кожного тонкого шару здійснюється викликом спеціально створеного методу **Refr()**. Методу передається ряд аргументів – геометричні розміри, умовна відстань між тонкими шарами, колір шару, стиль відображення.

```
public class Layer
{
    // метод, що додає шар матеріалу до 3D моделі
    public void Refr(int width, int length, int height, int level, int distance,
Color clr, bool contour)
    {
        /* width, length, height - геометричні розміри,
        * level - рівень (висота від 0 координати i
        * умовна відстань між тонкими шарами) */

        #region генерація шару
        // Малюємо паралелепіпед. Задаємо 6 граней у просторі
        /*нижня*/
        GL.Color3(clr); // колір
        GL.Begin(BeginMode.Polygon); // тип об'єкта - полігон
        GL.Vertex3(-width, level, length);
        GL.Vertex3(width, level, length);
        GL.Vertex3(width, level, -length);
        GL.Vertex3(-width, level, -length);
        GL.End();
        // аналогічно 5 інших граней з іншими координатами
        // ...
        if (contour) {
            // якщо аргумент contour - true, то вимальовувати ребра
            GL.Color3(Color.Black);
            GL.Begin(BeginMode.LineLoop); // тип об'єкта - замкнена лінія
            GL.Vertex3(-width, level, length);
```



```
GL.Vertex3(width, level, length);
GL.Vertex3(width, level, -length);
GL.Vertex3(-width, level, -length);
GL.End();

// ...
#endregion
}}
```

Виклик методу **Refr()** в тілі методу **timer1_Tick()** поміщений в тіло циклу, число ітерацій якого рівне кількості умовних тонких шарів матеріалу. При кожній наступній ітерації циклу передаються числові параметри кожного наступного тонкого шару, відмінні від параметрів попереднього, відповідно кожен наступний тонкий шар візуально буде відрізнятися від попереднього. Градієнт температур і вологостей буде інтерпретуватися як градієнт кольору в 3D моделі. Число ітерацій методу **timer1_Tick()** буде відповідати числу коротких проміжків часу, на які розділена загальна тривалість сушіння.

Приклад реалізації візуальної моделі на основі математичної показаний на рис. 5.

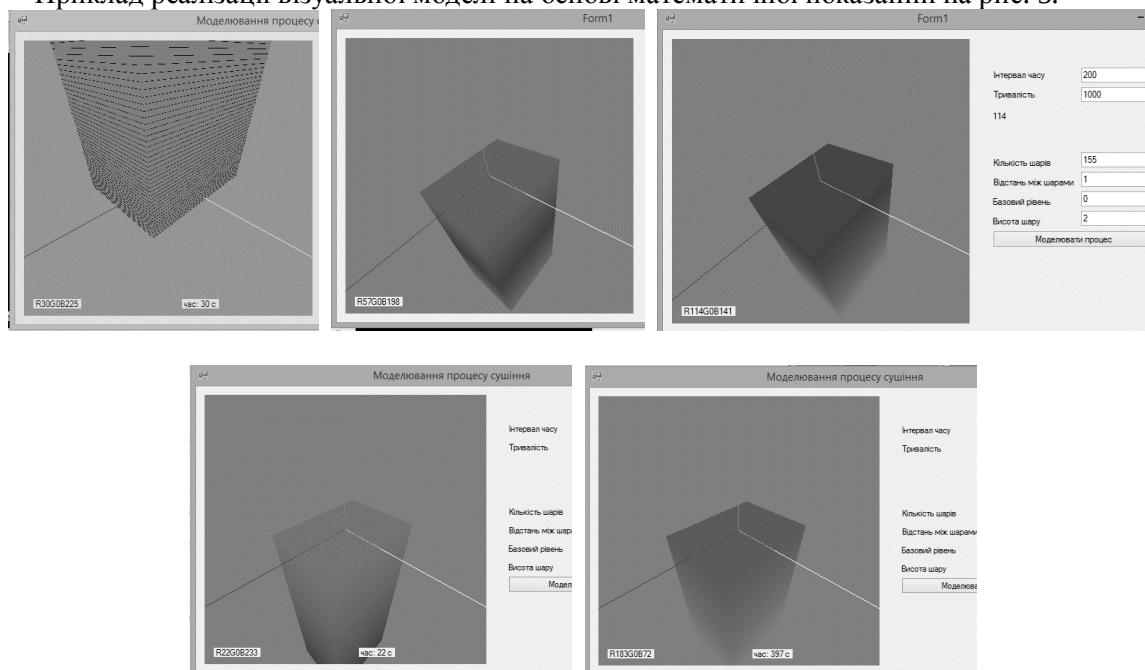


Рис.5. Візуальне моделювання зміни стану шару матеріалу в процесі його сушіння на основі математичної моделі

Велика популярність OpenGL, його широкі можливості, а також ряд переваг, таких як надійність, стабільність, простота використання, переносимість на різні платформи, розширюваність, роблять перспективними подальші дослідження в цій галузі.

Висновки. Досліджено можливості бібліотеки OpenTK для графічного відображення математичної моделі. Створена програма, яка демонструє зміну стану шару матеріалу в процесі його сушіння. Подальші дослідження дозволять більш широко розкрити потенціал OpenGL, для його застосування в даному напрямку. Розробка власних засобів графічної візуалізації доцільна у випадку необхідності представлення специфічних даних, коли існуючі засоби від сторонніх розробників не забезпечують в повній мірі бажаного результату.

Список використаних джерел

1. Ящук А.А. Моделювання процесу сушіння насіння льону олійного / А.А. Ящук, Р.В. Кірчук // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету[Текст] : серія: Технічні науки. – Вінниця : Видавничий центр ВНАУ, 2012. – Вип. 11. Т.1. (65). – С. 305 – 309.
2. Окунь Г.С. Расчет продолжительности и энергоёмности процесса сушки зерна в слое с помощью ЭВМ / Г.С.Окунь, И.И.Верцман, Ю.В. Есаков // Труды ВИМ, 1984, т. 100. – С. 73-80.
3. OpenGL. The Industry's Foundation for High Performance Graphics [Electronic Resource]. – Mode of access : URL : <https://www.opengl.org> . – Title from the screen.
4. The Tao Framework [Electronic Resource]. – Mode of access : URL : <http://sourceforge.net/projects/taoframework/> . – Title from the screen.
5. OpenTK [Electronic Resource]. – Mode of access : URL : <http://www.opentk.com/> . – Title from the screen.

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГІЙ У ВИЩИХ ТЕХНІЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Кабак В.В. Теоретичні аспекти використання інтернет-технологій у вищих технічних навчальних закладах. У статті подано теоретичні аспекти використання Інтернет-технологій у вищих технічних навчальних закладах як засобу активізації пізнавальної діяльності студентів. Аналізуються проблеми, які виникають у процесі подання інформації з використанням глобальної мережі. Розкриваються способи підвищення рівня їх використання у навчальному процесі технічного закладу освіти.

Ключові слова: Інтернет-технології, вищий технічний навчальний заклад, дистанційне навчання, засоби мультимедіа, інформаційні технології.

В.В. Кабак. Теоретические аспекты использования Интернет-технологий в высших технических учебных заведениях. В статье представлены теоретические аспекты использования Интернет-технологий в высших технических учебных заведениях как средство активизации познавательной деятельности студентов. Анализируются проблемы, возникающие в процессе представления информации с использованием глобальной сети. Раскрываются способы повышения уровня их использования в учебном процессе технического учебного заведения.

Ключевые слова: Интернет-технологии, высшее техническое учебное заведение, дистанционное обучение, средства мультимедиа, информационные технологии.

V.V. Kabak. Theoretical aspects of the use of Internet-technologies in higher technical education. The article presents the theoretical aspects of using Internet technologies in higher technical education as a means to enhance the cognitive activity of students. The problems that arise in the process of providing information using the global network. Disclosed ways to improve their use in the educational process of technical educational institution.

Key words: Internet-technologies, higher technical educational institution, distance learning, multimedia, information technology.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Інтернет-технології в сьогочасному інформаційному суспільстві все частіше проникають у сфери освітнього процесу вищого технічного навчального закладу. Це комунікаційні, інформаційні та інші технології і сервіси, ґрунтуючись на які здійснюється діяльність в Інтернеті або за допомогою нього. Більш просте тлумачення даного терміну визначає, що Інтернет-технології – це все те, що пов'язано з Інтернетом, в першу чергу, звичайно сайти у всьому їх розмаїтті, а також: чати, пошта, Інтернет-магазини, форуми та ще багато всього, що організовано за певними методам в поєднанні з відповідними правилами на базі існуючих технічних засобів і програм [3].

У даний час важко назвати галузь, у якій би не використовувався персональний комп'ютер з підключенням до мережі Інтернет. Сучасне програмне забезпечення досягло великого рівня складності і потребує спеціалістів з високим рівнем кваліфікації, а знань, отриманих у вищому технічному навчальному закладі (ВТНЗ), вистачає лише на декілька найближчих років (найчастіше на 2-3 р). При чому, якщо говорити про самостійну підготовку студентів (самостійну роботу), то матеріал для опрацювання студенти в більшості випадків отримують саме з глобальної мережі. Аналогічні тенденції спостерігаються і під час опрацювання теоретичного курсу навчальних дисциплін, оскільки навчальний матеріал студенти отримують шляхом звернення до дистанційної системи підтримки навчального процесу ВТНЗ. Звідси випливає, що процес використання Інтернет-технологій практично є безперервним [2].

Навчальний процес із застосуванням Інтернет-технологій повинен ґрунтуватись на основних положеннях особистісно-орієнтованого підходу. Також потрібно враховувати основні підходи щодо подання інформації в області Інтернет-освіти. Оскільки для одних Інтернет – це система самоосвіти, якій необхідний відповідний вибір засобів навчання, відбір змісту і його організація, для інших – система освіти, що припускає взаємодію викладача та студента між собою. В свою чергу, для третіх – це можливість творчого самовираження, а також допоміжний, переважно інформаційний ресурс. Утім, значна кількість студентів вищого технічного навчального закладу схильні об'єднувати всі ці підходи. Необхідною, і не менш важливою умовою є визначення, для якої форми навчання передбачається використання Інтернет-технологій: для очної або дистанційної. Якщо для очної форми, важливо визначити, які види інтеграції при цьому передбачаються, то для дистанційної – потрібно визначити яка модель дистанційного навчання маєтись на увазі [4]. Від вирішення цих питань та їх дидактичного обґрунтування

залежить ефективність використання вже існуючих ресурсів і послуг Інтернет, а також організація інформаційно-освітнього простору.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Серед дослідників, які здійснили ґрунтовний аналіз теоретичних засад функціонування та відповідних перетворень, яких зазнала вища освіта України в умовах розвитку сучасного інформаційного суспільства нами відмічено В.Андрущенко, Я.Балюбаша, М.Згуровського, В.Кременя, А.Кохановського, С.Ніколаєнка, В.Огнев'юка, О.Панича, В.Погребняка, В.Скотного, С.Степка, А.Толстоухова, В.Шеховцова та ін.

Питанням дослідження Інтернет-технологій та віртуальної комунікації, вивчення ролі інформаційно-комунікаційних технологій в умовах становлення інформаційного суспільства займалися А.Арсеєнко, Н.Бойко, Б.Веллман, О.Гальченко, В.Гвоздев, А.Гирич, О.Голобуцький, Д.Іванов, М.Згуровський, Р.Калюжний, С.Мартинюк, Г.Рейнгольд, В.Цимпалюк, А.Шадрін та ін. Праці цих дослідників, дали можливість сформулювати визначення Інтернету як соціального феномена, здійснити типологію функцій мережі та обґрунтувати її значення в житті студентської молоді [6].

Постановка завдання. Основними цілями інформатизації суспільства є якнайповніше задоволення його інформаційних потреб у всіх сферах діяльності. Джерелом економічного потенціалу в сучасному світі є знання, які отримуються шляхом отримання відповідної освіти і умінь їх використовувати. Взаємозв'язок і взаємозалежність освіти від суспільства має гуманістичне значення. Розвиток глобальної мережі Інтернет починає впливати на всі сторони життя людства. У зв'язку з розвитком Інтернету актуальним для людства стає створення відкритого суспільства, так званого суспільства без меж. Глобальна мережа Інтернет має унікальні можливості для підвищення якості навчання і збереження культурної спадщини. З її допомогою можна представити освітню або культурно-пізнавальну інформацію в найзручнішому наочному вигляді на основі гіпертексту або гіпермедіатексту, організувати теле- або відеоконференцію, використовувати для спілкування чат або електронну пошту [5]. Технічні та інформаційні можливості глобальної мережі Інтернет постійно удосконалюються і розвиваються. Користувачі цієї мережі мають необмежений доступ до світового сховища інформації незалежно від віку людини, її місцезнаходження і часу доби, коли відбувається звернення до Інтернет-ресурсу. Глобальна мережа має всі технічні, програмні і комунікаційні можливості для саморозвитку особистості та організації навчального процесу студентської молоді з використанням найширшого спектру інформаційних ресурсів, про які мріяло не одне покоління педагогів. Проте з появою такого феномена, що володіє всіма цими можливостями, їх використання відбувається стихійно, хаотично і не системно.

Досягнення, що є в даний час у області інформатизації, обумовлені в першу чергу високим рівнем апаратного і програмного забезпечення сучасних і комунікаційних технологій (мультимедіа-, гіпермедіатехнології, віртуальна реальність, система Інтернет). Тим часом, використання сучасних комп'ютерних і телекомунікаційних технологій часто не має достатнього науково-педагогічного обґрунтування, створення інформаційних ресурсів відбувається стихійно, і простежується недостатня вивченість негативних чинників використання цих технологій. Обмеженість інформації в мережі Інтернет щодо науково-популярної, наукової, культурної і освітньої інформації призводить до того, що у молодого покоління виробляється стереотип, що глобальна мережа – це розважальний і комерційний інструмент. Водночас Інтернет є дуже могутньою інформаційною зброєю, яку можна використовувати для вироблення у студентів ВНЗ духовних та культурних цінностей, отримання наукової і освітньої інформації для багатогранного розвитку. Для вирішення цих проблем необхідний науково-обґрунтований підхід, цілеспрямована психолого-педагогічна робота учених і викладачів, яка передбачає залучення провідних науковців, відомих діячів культури і мистецтва до створення регіональних інформаційних ресурсів. Узагальнюючи вищесказане, можна виділити проблему дослідження, обумовлену групою суперечностей: зростання ролі інформації та знань, реалізованих освітою, безпосередньо починає впливати на соціальні процеси. Поняття освіта і культура стають єдиними і взаємно доповнюваними поняттями.

Враховавши існуючі суперечності та недостатню дослідженість питання нами було поставлено за **метою статті** дослідити теоретичні аспекти використання Інтернет-технологій у вищих технічних навчальних закладах з визначенням основних засобів і дидактичних форм їх застосування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Однією з характеристик сучасного суспільства є бурхливий розвиток Інтернет-технологій, їх активне впровадження не тільки в

наукову, навчальну і виробничу діяльність, але і в духовно-культурні сфери та в повсякденне життя людини в цілому. Ці технології слугують елементом, який використовується в більш складних виробничих і соціальних процесах. Вони організовують інформаційну взаємодію між людьми та активно використовуються під час підготовки та розповсюдження масової інформації. Завдяки їм, нарешті вирішено питання поширення інформації про товар чи послугу, передачі інформаційного продукту. Інтернет-технології мають колосальний вплив на інтелектуалізацію освітньої сфери вищого технічного навчального закладу. В межах навчального процесу у всьому світі – комп'ютерна техніка, навчальні програми та файли мультимедіа – звичні атрибути повсякденного життя. Вони відіграють ключову роль в отриманні та накопиченні нових знань, використання яких підвищує ефективність економічних процесів, що протікають як в рамках окремої компанії, так і на території всієї планети. Вирішальним чинником для розвитку суспільства на сучасному етапі є те, що використання Інтернет-технологій може надати дієвий вплив на вирішення головних проблем глобальної економіки людства шляхом активного використання їх у процесі підготовки студентів – майбутніх творців економіки на державному та міждержавному рівнях. Такі властивості технології глобальної мережі надають економікам усіх країн світу можливість активно розвиватися. Але при цьому впровадження Інтернет-технологій у внутрішній простір вищого технічного навчального закладу – досить трудомісткий процес. Це пов'язано з тим, що Інтернет-технології є складною системою, яка поєднує в собі фізичні та логічні компоненти.

У освітньому процесі технічного ВНЗ із застосуванням Інтернет-технологій сьогодні ведеться апробація інтерактивного діалогу і полілогу суб'єктів навчання за допомогою web-конференцій, які проводяться на основі електронних списків розсилки, чату, відео- і аудіокомунікацій. Технічна база таких технологій цілком задовольняє запити користувачів, але педагогічний зміст і методика організації дистанційних телеконференцій майже не розроблена. Пряме перенесення існуючих педагогічних розробок з організації очних навчальних конференцій у дистанційний варіант їх проведення малоефективне, оскільки при цьому не враховується специфіка комп'ютерних засобів і технологій, на основі яких здійснюються освітні телекомунікації. Розробка педагогічних методів та способів проведення дистанційних освітніх конференцій, що враховують особливості застосовуваного технічного засобу в дистанційній конференції є актуальним завданням педагогів-науковців, які займаються проблемами дистанційного навчання [1].

Одним з найбільш яскравих прикладів використання Інтернет-технологій є системи відеоконференцзв'язку (ВКЗ) із застосуванням глобальної мережі. Початок поширення ВКЗ відноситься до 80-х років. У той час для освітніх цілей використовувались телевізійні системи, що забезпечували інтерактивні контакти в реальному часі між віддаленими партнерами. Тим не менше, необхідність використання високошвидкісних каналів зв'язку (2,048 Мбіт/с і більше) істотно стримувала в ці роки широкий розвиток систем ВКЗ. У 90-х роках нові методи компресії аудіо- і відеосигналів і продуктивні персональні комп'ютери стали основою комп'ютерного відеоконференцзв'язку (КВКС). Розвитку систем КВКС сприяють нові мультимедійні інформаційні технології, які активізували виникнення ринку мультимедійних продуктів [7].

До систем комп'ютерного ВКЗ прийнято відносити системи, в яких обробку інформації здійснюють персональні комп'ютери. У набір обладнання входять також портативна відеокамера, мікрофон, одна-дві додаткові плати, що дозволяють здійснити введення зображення з відеокамери та звуку від мікрофона, їх оцифровку і компресію. Це знайшло відповідне відображення і в термінології: за системами такого типу закріпилася назва «настільні системи» («desktop systems») на відміну, наприклад, від апаратури студійного ВКЗ. При наявності персонального комп'ютера додаткові витрати порівняно невеликі [7].

Системи комп'ютерного відеоконференцзв'язку є одним з найбільш потужних засобів підвищення ефективності ділових контактів партнерів або груп партнерів, що знаходяться на значній відстані один від одного. Можливість природного спілкування, включаючи не тільки здатність бачити і чути один одного, але також і здійснювати спільний перегляд та взаємний коментар графічних матеріалів, різних предметів, що відносяться до теми бесіди, відеовставок, репортажів (у тому числі, що передаються безпосередньо під час телеконференцій) – усе це визначає істотні переваги КВКС в порівнянні з іншими видами дистанційних взаємодій [7, С. 2].

У процесі застосування Інтернет-технологій, студент вищого технічного навчального закладу, що навчається дистанційно, повинен мати комплект навчально-методичних матеріалів, що включають програми курсів, підручники і навчальні посібники в друкованому чи

електронному вигляді, а також методичні посібники для організації самостійної роботи з кожного виду занять. Виходячи з відомих особливостей заочної форми навчання, можна запропонувати набір принципів розробки навчально-методичних матеріалів для заочно-дистанційного навчання [5]. Деякі відомі з досвіду традиційного навчання, однак через їхню важливість вважаємо за потрібне навести перелік ще раз:

1. Електронні засоби навчального призначення повинні містити в собі лише той матеріал, який допоможе студенту дистанційно навчатись і щоб у нього не могло виникнути зайвих питань після освоєння нового матеріалу.

2. Дидактичні матеріали, розміщені в глобальній мережі, повинні задовольняти вимоги коректного й однозначного використання термінів й умовних позначок. Необхідно витримувати стандартизовані позначення для величин, що були введені в дисциплінах та передують даному чи будуть використані на наступних курсах.

3. У процесі використання в навчальних матеріалах гіперпосилань на ресурси мережі Інтернет необхідно уникати посилань на Web-сторінки, що вимагають за специфікою їх побудови значного часу завантаження.

Застосовуючи на практиці викладання Інтернет-технологій потрібно пам'ятати, що електронні дидактичні матеріали повинні бути побудовані таким чином, щоб особа, яка навчається могла перейти від діяльності, здійснюваної під керівництвом викладача, до самостійної діяльності, до максимальної заміни викладацького контролю самоконтролем. Тому ці навчальні засоби повинні містити докладний опис раціональних прийомів запропонованих видів діяльності, критеріїв правильності рішень, рекомендації з ефективного використання консультаційної форми підготовки студента.

Серед основних проблем використання Інтернет-технологій у процесі підготовки студентів вищого технічного навчального закладу є створення віртуальних пошукових систем. Важко уявити собі повноцінну підготовку фахівця із більшості інженерних спеціальностей без його ознайомлення з реальними фізичними приладами та установками й одержання навичок роботи з ними. Так наприклад, якщо під час підготовки до занять у студента виникають певні питання, він за допомогою спеціально розробленої пошукової системи зможе знайти відповіді на питання, уникаючи помилкових посилань на рекламу, сайти сумнівного змісту тощо. Перспективним рішенням цієї проблеми представляється об'єднання основних конструктивних переваг Web- і JAVA-технологій для реалізації таких систем.

Окремим напрямом у вирішенні проблеми використання у процесі підготовки майбутніх фахівців лабораторних практикумів є створення систем з мережевим віддаленим доступом до реальних лабораторних установок. Мова йде не про віртуальний, а реальний практикум розподіленого типу з множинним віддаленим доступом до управління реальними фізичними об'єктами, що забезпечує в реальному часі одержання слухачем на віддаленому комп'ютері результатів впливу на реальний об'єкт. Зрозуміло, таку досить складну технологію доцільно використовувати лише у випадку доступу до унікальних установок у рамках кооперації кількох університетів, зокрема, під час реалізації концепції віртуального університету. Прикладом програмно-апаратного засобу, що дозволяє ефективно реалізувати таку технологію, є LabView фірми National Instruments.

У Луцькому національному технічному університеті проведено дослідження, де в кінці навчального тижня була переглянута історія відвідування Інтернет-сторінок. Лідером стала популярна соціальна мережа www.vkontakte.ru. Це означає, що багатьом студентам не вистачає спілкування як з однолітками, так і з старшими за віком людьми. Другим за популярністю став www.google.com. Також стає актуальним так званий ЖЖ (живий журнал), де люди висловлюють свої думки, емоції, переживання і дають доступ іншим до своєї сторінки. Це вкотре підтверджує про те, що студентам вищих технічних навчальних закладів не вистачає уваги батьків, викладачів, однолітків тощо.

Потрібно відмітити, що давати дозвіл студентам працювати в Інтернеті має двобічну форму. З однієї сторони – стимулює студентів швидше виконати завдання, щоб посидіти на улюблених сайтах, з іншої ж – трапляються студенти, які не мають бажання виконувати задану роботу викладачем, а одразу використовують Інтернет не за цільовим призначенням.

У той же час, коли технічними засобами адміністрування було заборонено доступ до соціальних мереж, то тенденція запитів одразу змінилась. Серед загального переліку сайтів, що були відвідані протягом рівнозначного періоду, значну перевагу мали ті, що стосувались пошуку

рефератів, курсових та розрахунково-графічних робіт, енциклопедій, відомих музичних виконавців, фан-клуби тощо.

Після проведення своєрідної дослідницької роботи можна відмітити, що постійне використання засобів глобальної мережі Інтернет певною мірою є шкідливою для студентів, адже втрачається реальне спілкування між викладачем та студентом, і його однолітками. Міжособистісні стосунки переходять у віртуальну сферу, що є ненормальним явищем, оскільки це доволі негативно впливає на молоду, ще не сформовану психіку студента, особливо на 1-2 курсах. Тому, на нашу думку, обмеження доступу до деяких Інтернет-ресурсів – просто необхідна і важлива річ. Найкращим прикладом є freeware – програма «Інтернет цензор», що має базу сайтів, на яких розміщена інформація нецензурного характеру і блокує доступ до них. Під час спроби вимкнути програму на поштову скриньку адміністратора приходять повідомлення про намагання злову з певної машини. Звичайно, у freeware, як і в кожній програмі є свої недоліки – це неможливість зайти на деякі сайти, що містять лише потрібну для навчання інформацію, але ці сайти можна додати у список виключень, на які програма буде «закривати очі». Це зможе зробити лише адміністратор.

Використання Інтернет-технологій полегшує співпрацю студента та викладача. Адже останньому не обов'язково бути присутнім на парі, йому варто лиш закинути на локальний сервер відео-аудіо урок, по якому студенти зможуть вчитися та використовуючи тренінги здобувати початковий досвід роботи з матеріалом. Під час перевірки знань студенти, що не змогли потрапити на пару, можуть зробити електронне тестування через Інтернет. Але щоб не було змоги списати, потрібно обмежити час здачі тесту, тоді студенту не буде коли шукати в конспектах відповідь на певне запитання. Для прикладу: на модульний контроль за Болонською системою відводиться 30 балів. Щоб оцінити знання студента, викладач створює тест на 30 питань (1 питання – 1 бал). У середньому на роздуми над одним питанням витрачається від 30 секунд до однієї хвилини. Отже, загальний час, який відводиться на тестування можна зробити від 15 до 30 хвилин.

Однак, потрібно відмітити, що якою б хорошою не була техніка, вона все ж не в змозі повноцінно замінити живого спілкування викладача зі студентом, адже ніяке електронне тестування не покаже реальні знання, так само і жоден електронний посібник чи відеоурок не замінить пояснення викладача. Коли студент конспектує слова лектора, в пам'яті «відкладається» комплексно збагачена інформація (зорова, слухова і механічна), а коли студент просто дивиться відеоурок, нічого не занотовуючи, це призводить до того, що в роботу вмикається лише зорова і слухова пам'ять, що не являються довготривалими.

Дослідження показали, що поєднання Інтернет-технологій зі звичайним (традиційним) навчанням дає кращі результати, ніж повне використання того чи іншого виду навчання. Наприклад, можна здійснити читання лекційного матеріалу з використанням засобів мультимедіа (мультимедійного проектора та дошки) із конспектуванням його студентами, а модульні контрольні роботи виконувати, користуючись засобами глобальної мережі. Це економить час викладача, а також дозволяє контролювати процес виконання роботи.

У процесі проведення лабораторних занять можна активно застосовуються засоби дистанційного навчання, побудовані на основі системи Moodle (всі лабораторні роботи та додаткову методичну документацію до них можна розмістити в Moodle, до якої кожен студент матиме доступ). Це сприятиме самостійності процесу навчання, оскільки, маючи вдома комп'ютер з підключенням до мережі Інтернет, студент може доопрацювати той чи інший матеріал, який він з певних причин пропустив чи не зміг охопити в повному обсязі. У процесі проведення лабораторних занять студентам технічних ВНЗ часто видається завдання для самостійної роботи, яке полягає у створенні власного проекту з використанням описаного програмного засобу. Студентам, у свою чергу, надається можливість здійснювати проектовану діяльність як на занятті, так і вдома, якщо вони не встигають завершити свій проект. Оскільки головна увага у процесі виконання та оцінювання самостійного завдання акцентується на якості виконуваного проекту, то система підтримки навчального процесу Moodle дозволяє в зручний для студента час відкрити потрібне завдання та здійснити його виконання чи доопрацювати.

Розглянувши теоретичні аспекти використання Інтернет-технологій, зупинимось на тому, що повинно бути зроблено для підвищення рівня їх використання у навчальному процесі технічного ВНЗ. Для цього потрібно:

1. Звернутися до всіх зацікавлених організацій, що можуть інвестувати кошти в розвиток Інтернет-ресурсів технічного ВНЗ, в обмін можливого розміщення реклами на даних сайтах (наприклад, у вигляді банера).

2. Організувати дистанційне підвищення кваліфікації викладачів вищих технічних закладів освіти.

3. Здійснити пропаганду і впровадження Інтернет-технологій використовуючи, в тому числі, вже існуючу (традиційну) структуру: Міністерство освіти, місцеві регіональні управління освіти, академії та інститути підвищення кваліфікації працівників освіти тощо.

4. Надати необхідну матеріально-технічну допомогу розробникам випуску електронних посібників для покращення забезпечення даними засобами університетів, шкіл тощо.

5. Брати участь у різних міжнародних конференціях, обмінюватись досвідом з іншими іноземними викладачами для покращення рівня викладання за допомогою Інтернет та мережових технологій.

6. Активно висвітлювати діяльність в області Інтернет-освіти; пропагувати мережну діяльність викладачів і вчених у Віртуальних методичних об'єднаннях, семінарах, педрадах тощо.

7. Проведення науково-практичних конференцій з проблем дистанційного навчання та використання Інтернет-технологій у системі вищої освіти.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Стрімкий розвиток Інтернет-технологій, окрім помітного зниження тимчасових і просторових бар'єрів в розповсюдженні інформації, відкрив нові перспективи у сфері освіти. Можна з упевненістю стверджувати, що в сучасному світі має місце тенденція злиття освітніх та інформаційних технологій і формування на цій основі принципово нових інтегрованих технологій навчання, в основу яких покладено засоби глобальної мережі [2]. З використанням Інтернет-технологій з'явилася можливість необмеженого і дуже дешевого тиражування навчальної інформації, а також швидкої і адресної її доставки. Навчання при цьому стає інтерактивним, зростає значення самостійної роботи студентів, серйозно посилюється інтенсивність учбового процесу тощо. Ці переваги зумовили активізацію роботи колективів багатьох технічних ВНЗ із активного впровадження Інтернет-технологій у традиційну модель підготовки майбутніх фахівців різних спеціальностей. Подальшого дослідження і вивчення потребує проблема вдосконалення професійної підготовки у технічному ВНЗ шляхом використання технологій мобільного навчання та вивчення їх впливу на підвищення результативності й ефективності цього процесу.

1. Андрианова Г. А. Методика организации обучающей дистанционной конференции, EIDOS-LIST. – 1999. – Вып.6 (10). – <http://www.eidos.techno.ru/list/serv.htm>.
2. Безпалый О. П. Использование ИКТ та возможностей Интернет на уроках истории [Электронный ресурс] / О. П. Безпалый. – Режим доступа : http://teacher.ed-p.net/index.php?option=com_content&view=article&id=105:2013-05-21-10-40-43&catid=3:2011-09-21-21-59-06&Itemid=5.
3. Биков В. Ю. Информационное обеспечение навчального процесса : инновационные ресурсы и технологии : коллективная монография / В. Ю. Биков, О. О. Гриценчук, Ю. О. Жук [та ін.]. – К. : Атіка, 2005. – 252 с.
4. Гуревич Р. С. Информационно-коммуникационные технологии у навчальном процесі : посібник для педагогических работников и студентов педагогических высших учебных заведений / Р. С. Гуревич, М. Ю. Кадемия. – Винница : ДОВ Винница, 2002. – 116 с.
5. Ефремова С. С. WWW-технологии в системе дистанционного образования / С. С. Ефремова, А. Б. Никитин, В. С. Синепол, Ю. А. Хватов, И. А. Цикин – Научно-технические ведомости СПбГТУ. – №4(10) – 1997 – С.12–16.
6. Пиголенко Игорь Викторович. Интернет-технологии как способ формирования ценностных ориентаций студентства на шляху до інформаційного суспільства (на прикладі НТУУ «КПІ») : дис... канд. філос. наук: 09.00.10 / Національний технічний ун-т України «Київський політехнічний ін-т». – К. – 2006. – 192с.
7. Синепол В. Системы компьютерной видеоконференцсвязи / В. Синепол, И. Цикин – Москва : Мобильные коммуникации. – 1999. – 166с.

УДК 001 (09)

Лісковець С.М.

Луцький національний технічний університет

МАТЕМАТИЧНІ ТАБЛИЦІ В КОНТЕКСТІ ІСТОРИЧНОГО РОЗВИТКУ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ТА НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

С.М. Лісковець. Математичні таблиці в контексті історичного розвитку математичних дисциплін та навчального процесу. В статті, на прикладі математичних таблиць обчислювача та математика XIX століття Я.П. Кулика, досліджується значення та вплив таблиць простих чисел та дільників складених чисел на історичний розвиток теорії чисел; аналізується значення математичних таблиць для розвитку навчального процесу в освітніх закладах.

Ключові слова: математичні таблиці, прості числа, дільники складених чисел, теорія чисел, математичні обчислення.

С.М. Лисковец. Математические таблицы в контексте исторического развития математических дисциплин и учебного процесса. В статье, на примере математических таблиц вычислителя и математика XIX века Я.Ф. Кулика, исследуются значения и влияния таблиц чисел и делителей составных чисел на историческое развитие теории чисел; анализируется значение математических таблиц для развития учебного процесса в образовательных заведениях.

Ключевые слова: математические таблицы, простые числа, делители составных чисел, теория чисел, математические вычисления.

S.M. Liskovets. Mathematical tables in the context of the historical development of mathematical disciplines and learning process. In this article, the example of Y.P. Kulik's mathematical tables and math calculator of the XIX century, the significance and impact tables of primes and divisors of complex numbers on the historical development of the theory of numbers are examined; the importance of mathematical tables is analyzed for development of educational process in educational institutions.

Keywords: mathematical tables, prime numbers, divisors of composite numbers, number theory, mathematical calculations.

Постановка проблеми. Складанням математичних таблиць протягом тривалого історичного періоду займалися багато математиків та обчислювачів, серед яких Гаусс, Ламберт, Чернак, Лемер, Чебишев, Кулик та інші. Виникає питання: наскільки необхідною і доречною була потреба у складанні математичних таблиць з точки зору наукового надбання, історичного розвитку математичних дисциплін, ефективності навчального процесу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідники з історії науки, які аналізували історичний розвиток математичних дисциплін та освіти, вивчали науковий доробок математиків та обчислювачів, підкреслювали значення та важливість появи таблиць в той, чи інший історичний період [1-7], тощо. Частина математичних таблиць Я.П. Кулика, що мають відношення до теорії чисел, поверхнево висвітлювалась в роботах [8-9]. Характеристика окремих таблиць була зроблена в публікаціях [10-11] та інших.

Мета дослідження. На прикладі масштабних та різнопланових таблиць Я.П. Кулика (1793-1863) підтвердити той факт, що математичні таблиці були спрямовані для різних цілей – це були таблиці, що служили базою для підтвердження та перевірки теоретичних доведень; широко застосовувалися таблиці для практичного користування математиками, студентами, представниками багатьох професій; особливе значення мали таблиці, що використовувалися в освітніх закладах.

Основні результати досліджень. Під час дослідження багатьох проблемних питань математики велика увага приділялась практичній стороні, яка несла і елемент зародження нового, і хорошу базу для перевірки тих, чи інших ідей, і надійне підтвердження теоретично доведених фактів. Такі погляди повністю розділяв Кулик, створюючи масштабні таблиці простих чисел та таблиці дільників складених чисел, зі сподіваннями, що вони допоможуть розв'язати деякі проблеми арифметики. Слід зауважити, що великий К.Ф. Гаусс все життя цікавився законом розподілу простих чисел, до якого він час від часу звертався. „Арифметичні дослідження“ (1801) К. Гаусса впродовж багатьох десятиліть були джерелом ідей для досліджень з вищої арифметики та теорії чисел. Гаусс вважав математику царицею науки, а арифметику – царицею математики. Вся історія арифметики показує, що це наука, яка існує не лише для безпосередньо практичних потреб – при вивченні чисел напрацьовуються методи, які набувають широкого теоретичного і практичного значення. Гаусс зазначав: „Природні джерела загальної теорії треба шукати в розширеній області арифметики [12, с. 624],,,

В свою чергу, французький математик Шарль Ерміт (1822–1901) писав: „Я вірю, що числа і функції аналізу не є довільним створенням нашого розуму, я думаю, що вони існують поза нами в силу такої необхідності, як і об'єкти реального світу, і ми їх зустрічаємо, або їх відкриваємо і вивчаємо так, як це роблять фізики, хіміки або зоологи [13, с. 29]“. Наукова діяльність багатьох вчених, як сучасників К.Ф. Гаусса, так і його послідовників, була тісно пов'язана зі створенням практичної бази теорії чисел, із складанням багатьох математичних таблиць, які ставали вимогою часу. Саме значну частину наукового доробку Я.П. Кулика складають роботи, що носять теоретико-обчислювальний характер. Складанню математичних таблиць, які допомагали розв'язувати проблемні питання арифметики, теорії чисел, теорії квадратичних форм та теорії алгебраїчних рівнянь, вчений присвятив багато часу. Потрібно зазначити, що в період інтенсивного розвитку математичних дисциплін, таблиці в багатьох випадках були поштовхом для нових ідей, надійними засобами для перевірки теоретично виведених законів, формул та обмежень. Праця, якій обчислювач Кулик присвятив сорок років життя, була пов'язана з однією з основних проблем арифметики – проблемою простих чисел. В свій час Гаусс зазначав: „Проблема, в якій пропонується відокремити прості числа від складених, а останні розкласти на прості множники, відома як одна із самих важливих і самих корисних в арифметиці. Мені здається достойність науки вимагає ретельно вивчати всі необхідні засоби, які потрібні для того, щоб прийти до розв'язання такої витонченої та знаменитої проблеми [14, с.139]“.

Питання, які разом із багатьма дослідниками ставив перед собою Кулик, створюючи таблиці простих чисел, були такими: якою є потужність множини простих чисел; як часто вони зустрічаються в натуральному ряді, чи можна вказати найбільше просте число; які закономірності існують в чергуванні чисел простих і складених. Подібні питання впродовж віків захоплювали не одне покоління вчених. Наскільки просто з'являються такі проблеми, настільки ж важкими виявляються підходи до їх розв'язання. „В арифметиці, в цій самій давній, але вічно новій гілці математики, від часу до часу постають незвичайні своєрідні задачі: за змістом вони так елементарні, що їх може зрозуміти кожний учень: мова йде здебільшого про доведення якогось дуже простого закону, що править в світі чисел: закону, який у всіх перевірених частинних випадках виявляється правильним, і потрібно встановити, що він дійсно правильний всюди. І ось не дивлячись на всю простоту задачі, розв'язок її роками, а іноді і століттями не піддається зусиллям самих великих вчених епохи. Саме серед таких проблем – питання про розподіл простих чисел.“

Необмеженість послідовності простих чисел була відома ще математикам давнини. Питання розподілу простих чисел 2, 3, 5, 7,... в ряді натуральних чисел відносяться до одного із найдавніших питань теорії чисел. Ще Евклід (340–287 до н. е.) в своїх „Початках“ обґрунтував доведення нескінченної множини простих чисел, вказуючи на те, що для будь-якого простого числа p можна знайти число більше, за нього.

Якщо, згідно з теперішнім позначенням, прийняти через $\pi(x)$ число простих чисел, які не перевищують дійсне число x , тоді теорему Евкліда можна сформулювати таким чином: границя функції $\pi(x)$ прямує в нескінченність, якщо дійсне число x прямує в нескінченність, тобто при $x \rightarrow \infty$, $\pi(x) \rightarrow \infty$, або $\lim_{x \rightarrow \infty} \pi(x) = \infty$.

Властивості функції $\pi(x)$ захоплювали багатьох вчених. Одні науковці прагнули теоретично вивести формули, які б підраховували кількість простих чисел, що не перевищують заданого, інші, серед яких, безумовно, був і Я.П. Кулик – намагалися побудувати таблиці, які б допомогли отримати теоретичні результати та наочно їх підтвердити.

Багатьох математиків цікавило питання про кількість простих чисел, що не перевищують даного числа. В історичному огляді однією з перших емпіричних формул для функції $\pi(x)$ була формула французького математика А.М. Лежандра (1752–1833):

$$\pi(x) = \frac{x}{\log x - 1,08366}.$$

Дослідженнями аналогічної функції $\pi(x)$ займався також Гаусс, де

$$\pi(x) \approx \int_2^x \frac{dz}{\log z},$$

так званий інтегральний логарифм, який не виражається елементарними функціями.

Вчених різних періодів цікавили також властивості, що пов'язані з простими числами в натуральному ряді чисел, під час дослідження яких були отримані важливі наукові обґрунтування. Так, в 1837 році французький математик П.Г. Лежен-Діріхле (1805–1859), узагальнивши теорему Евкліда, довів, що в будь-якій арифметичній прогресії, перший член і різниця якої є взаємно простими числами, міститься нескінченно багато простих чисел. Досліджуючи асимптотичні закони для теоретико-числових функцій, Діріхле показав, що аналогічні закони працюють і для функцій, які описують властивості чисел. Французький математик за допомогою інтуїції, без строгого доведення, намагався розробити методи для підтвердження формул, за якими визначалася кількість простих чисел, що не перевищують заданого числа x , які дещо раніше були отримані Лежандром та Гауссом. Працюючи в цьому напрямку, Діріхле вивів асимптотичне наближення функції $\tau(n)$ – кількості дільників даного натурального числа n . Найвагоміших результатів в напрямку дослідження простих чисел досяг російський вчений Пафнугій Львович Чебишев (1821–1890). Російського математика називали переможцем простих чисел. Він першим зумів обмежити потік простих чисел алгебраїчними границями. Функція $\pi(x)$ визначає кількість простих чисел, що не перевищують x . Чебишев отримав такий результат: число (кількість) простих чисел, що не перевищує заданого x , задовольняє при достатньо великих x нерівностям вигляду:

$$A < \frac{\pi(x) \log x}{x} < B,$$

де $A=0,9\ 212\ 920$, $B=1,1\ 055\ 504$, $(\log x = \ln x)$.

Чебишеву вдалося також довести той факт, що функція $\pi(x)$ нескінченну кількість раз задовольняє такі нерівності:

$$\int_2^x \frac{dz}{\log z} - \frac{\alpha x}{\log^n x} < \pi(x) < \int_2^x \frac{dz}{\log z} + \frac{\alpha x}{\log^n x},$$

де $\alpha > 0$ (як завгодно мале), а $n > 0$ (як завгодно велике).

Із заданих нерівностей випливає, що різниця вигляду

$$\frac{x}{\pi(x)} - \log x$$

не може мати границю число, відмінне від 1 для $x \rightarrow \infty$ [15, с. 117–118].

П.Л. Чебишев показав, що при обчисленні за його формулами кількості простих чисел, які не перевищують дуже великої заданої границі, похибка менша $1/10$ шуканого числа. Така точність формули досить велика і зростає із збільшенням n . В роботі „Про прості числа“ був також встановлений зв'язок між збіжністю рядів по всіх натуральних числах із збіжністю рядів по всіх простих числах.

Виведені Лагранжем, Гауссом, Чебишевим співвідношення, що оцінюють кількість простих чисел, вивірялись емпіричним шляхом, тобто через аналіз безпосередніх даних, а для цього аналізувалися таблиці простих чисел, які на той час були не дуже об'ємними (це були таблиці до числа 400 000). Поведінка функції $\pi(x)$, за межами існуючих таблиць простих чисел, характеризувалася лише теоретичним аналізом, який, як зазначалося, найуспішніше провів П.Л. Чебишев. Аналогічними дослідженнями в цей період займався також німецький вчений Бернгард Ріман (1826–1866), який свої теоретичні напрацювання обґрунтував в роботі „Про кількість простих чисел, що не перевищують даної величини“ (1859). Склалася така ситуація, що для перевірки отриманих теоретичних фактів потрібна була масштабна таблиця простих чисел. Саме такою таблицею виявився „Великий канон простих чисел ...“ Якова Пилипа Кулика.

Таким чином, в той період, коли працював Я.П. Кулик над таблицями простих чисел був виведений закон розподілу простих чисел, формули, які наближено визначають кількість простих

чисел, що не перевищують заданого числа, тощо. Ряд математиків-обчислювачів, як сучасників Кулика, так і його попередників створювали таблиці простих чисел, але це були епізодичні роботи, що поширювалися на порівняно невеликі проміжки в натуральному ряді чисел. Потреба об'ємних та якісних таблиць простих чисел, які б охопили великий проміжок натуральних чисел, ставала вимогою часу. Теорія чисел в той час потребувала саме такого масштабного обчислювача, яким став Яків Пилип Кулик зі своєю, до сьогоднішнього дня неперевершеною, таблицею простих чисел та дільників складених чисел.

Починаючи з 20-х років XIX століття, Кулик почав серйозно займатися проблемою дільників чисел та простими числами. В 1825 році в Граці була опублікована його робота „*Divisores numerorum decies centena millia non excedentium etc. Tafeln der einfachen Factoren jeder grösseren Zahl unter einer Million*“. („Таблиця простих множників всіх великих чисел першого мільйона“)[16].

Питання про дослідження простих чисел тісно переплітаються з питаннями розкладу складених чисел на прості множники та знаходження дільників складених чисел. Можливість розкладу числа на прості множники, тобто представлення будь-якого числа у вигляді добутку простих чисел було предметом дослідження багатьох вчених-математиків. Саме дослідження в цьому напрямку привели до основної теореми арифметики: (будь-яке натуральне число розкладається єдиним чином на прості множники).

В 1860 році був представлений монументальний твір, написаний латинською мовою і мав назву „*Magnus canon divisorum pro omnibus numeris per 2, 3 et 5 non divisibilibus, et numerorum primorum interjacentium ad millies centena millia accuratius ad 100 330 201 usque...*“, що перекладається, як “Великий канон дільників всіх чисел, що не діляться на 2, 3 і 5 та простих чисел, що містяться між ними до 100 330 201 Якова Пилипа Кулика, публічного ординарного професора вищої математики в Празькому університеті”.

Рукопис всіх таблиць складався з 8 томів (4 212 сторінок). Починаються таблиці з числа 3 033 001, тобто з того місця, до якого були доведені відомі на той час повні таблиці Буркгардта. В 1911 році було засвідчено, що другий том таблиць Кулика зник, том охоплював числа від 12 642 601 до 22 852 800. „Великий канон ...“ Я.П.Кулика в такому об'ємі не перевершив ні один обчислювач. Заповідаючи свій манускрипт Віденській Академії Наук, Кулик прагнув, щоб його праця стала доступною для користування всім науковцям, яким це було потрібно. На рукописі автор зробив надпис, що таблиці передаються в користування і, у випадку необхідності, для отримання копій всім друзям та любителям знань.

До сьогоднішнього дня рукопис „Великого канону ...“ у семи томах (другий том загубився) зберігається в архіві Віденської Академії Наук (Archiv der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, BG 13: Nöchlase und Manuskripte). Слід відмітити, що в період наукової діяльності Я.П. Кулика складанням таблиць множників та простих чисел плідно займалися й інші вчені. Серед таких математиків був П.Л. Чебишев, який досяг найвагоміших теоретичних результатів, вирішуючи питання простих чисел. Крім наукових робіт, які принесли йому світову славу, він складав таблиці простих чисел, перевіряючи за їх допомогою виконання своїх формул, що підраховували кількість простих чисел на тому чи іншому інтервалі.

Характерною рисою наукової творчості геніального Чебишева було постійне поєднання теорії та практики. Він вважав, „що зближення теорії з практикою дає плідні результати, і не тільки практика від цього виграє; сама наука виграє під її впливом; вона відкриває їм нові предмети для досліджень або нові сторони в предметах давно відомих. Якщо теорія багато виграє від нових додатків старої методики, або від нового її розвитку, то вона ще більше збагачується відкриттям нових методів, і в цьому випадку науки знаходять собі вірного керівника в практиці [17, с. 150]“. Історичний розвиток математичного апарату та наукові досягнення вчених не одного покоління сприяли тому, що таблиці простих чисел виправлялися та удосконалювалися, але залишалися цікавим предметом для дослідження. Окремі проблеми теорії чисел залишаються відкритими, зокрема не знайдені закони та формули, що підраховують кількість простих чисел в тих, чи інших інтервалах; встановлюють наявність, або відсутність закономірностей в певних проміжках натурального ряду, тощо.

Змінюються історичні періоди, збагачується надбання математики, розробляється і створюється щось нове, раніше неможливе, але до сьогоднішнього часу ніхто не зміг перевершити таблиці дільників складених чисел та простих чисел Якова Пилипа Кулика, які сягнули за 100 000 000. В 1946 році Французькою асоціацією сприяння наук була створена комісія для

вивчення та аналізу аналогічних таблиць різних авторів, які робили незалежно один від одного підрахунки простих чисел. А в 1951 році в Амстердамі були надруковані таблиці „Liste des nombres premiers du onzieme million (plus precisement de 10 066 741 a 10 999 997)“. Це таблиці простих чисел одинадцятого мільйона, серед авторів яких на першому місці стояло прізвище Я.П. Кулика. Цей факт є свідченням визнання внеску обчислювача в історичний розвиток теорії чисел. Час від часу висловлюється думка про те, що одним із завдань в області теорії чисел є відтворення втраченого тому таблиць неперевіреного обчислювача Я.П. Кулика та друкування після ретельної перевірки монументальної роботи автора.

Велика зацікавленість багатьох вчених впродовж тривалого історичного періоду складанням таблиць простих чисел та дільників чисел, свідчить про важливість розв'язання проблемних питань арифметики, що відносяться до законів розподілу простих чисел. Таблиці, створені титанічною працею математиків-обчислювачів, серед яких почесне місце займають таблиці Кулика, служили не лише вченим-теоретикам для практичного користування, а були хорошим поштовхом для серйозних аналітичних доведень, широким матеріалом для підтвердження виведених формул, нерівностей.

Крім таблиць, які, в першу чергу, були відгуком на поставлені проблемні та актуальні питання теорії чисел, і головним призначення яких було служіння математиці, Я.П. Кулик все життя складав ще таблиці для широкого практичного використання: учнями та студентами, представниками різних професій, хто мав відношення до арифметичних операцій як на виробництві, так і в сільському господарстві. Обчислювач приділяв особливу увагу доцільності, зручності та раціональному використанню таких таблиць.

В передмові до однієї із своїх таблиць Кулик зазначає: „...спрямування на власну користь математичних правд, яке називається пристосуванням математики, лише за допомогою таблиць, раз і назавжди обрахованих, можна було б вважати річчю неправильною, у кожному особливому випадку треба зробити дії результативнішими, як цього вимагають сучасні математичні зразки [18, с. 1]“. Так, кілька разів невтомний обчислювач звертався до „Таблиці квадратів та кубів чисел до 100 000 з використанням до розкладу на множники великих чисел“ (1848), змінюючи структуру таблиці, розширюючи діапазон її практичного використання. Кулик був переконаний у необхідності математичних таблиць: „Важливість математичних таблиць, як для вивчення математики, так і для їх застосування в житті людини є безперечною: використання цих таблиць стане корисним вже на першому занятті вивчення цієї науки, при подальшому її вивченні все важливішим і важливішим, і нарешті, для тих, чия професія в тій чи іншій мірі практично пов'язана з математикою, хто може без зайвих затрат часу використовувати дані таблиць, користь їх є безперечно незамінною [19, с. 2]“.

Для практичних цілей в 1833 році в Празі Я.П. Кулик видав „Таблиці для легких розрахунків довжин площ, об'ємів, а також для розрахунків одиниць різноманітної ваги, маси, грошових одиниць“ [20]. Таблиці налічували 270 сторінок, на титульній сторінці автор рекомендував використовувати таблиці геометрам, інженерам, будівельникам, бухгалтерам та іншим спеціалістам. Обчислення і результати супроводжуються коментарями, наводяться відповідні формули та детальні інструкції для отримання кінцевих результатів багатьох одиниць вимірювання. Особливістю таблиць є те, що подаються різні одиниці вимірювання, перехід від одних до інших мір ваги. Крім того, в таблицях наведений перехід до різних грошових одиниць, що широко використовувалися в той період (аналогічні відповідним таблицям з „Довідника математичних таблиць“).

Свої феноменальні здібності обчислювач Яків Пилип Кулик направляв також на створення таблиць, які б покращували роботу працівників різних професій. Такими є „Таблиці для визначення об'єму циліндричних та конусних посудин в пивоварному та алкогольному виробництвах“. В передмові до таблиць автор зазначав, що резервуари, які обслуговуються в пивоварнях та на заводах по виробництву алкоголю, зазвичай, мають форму зрізаного конуса та інколи форму циліндра, або ж паралелепіпеда різних розмірів. На відміну від першого, в останніх випадках об'єм визначається за нескладними підрахунками. Автор наводить відомі формули, робить типові підрахунки, для найбільш вживаних параметрів, висловлює свої рекомендації для швидких та якісних розрахунків.

„Таблиця для визначення об'єму циліндричних та конусних посудин...“ містила лише 10 сторінок, проте на них можна дізнатися:

– вміст 4 000 різних циліндрів, діаметр яких становить від 1 до 50 дюймів та висота яких не перевищує 40 дюймів;

– вміст 298 000 різних за розміром зрізаних конусів, якщо сума діаметрів обох їхніх основ не перевищує 100 дюймів, а висота 40–дюймів.

Педагогічна діяльність Я.П. Кулика посідала особливе місце в його житті, та й віддавався він їй з великим задоволенням та завзяттям. Кулик писав: „Проживши майже все основне життя в улюбленій учительській професії, пригадую не раз, наскільки велику насолоду пізнав, наприклад, у знаходженні правди досі невідомої, або у застосуванні її для суспільних потреб, ще часто переконувався, наскільки теорія є фундаментом практики, як і впровадження розрахунку, дивним способом, для поглиблення теорії, що допомагає її правильному поясненню [18, с. 2]“. Ці слова підтверджують, що Кулик, не розділяючи, бачив себе як вченого-теоретика, обчислювача, практика-педагога. В своїх роботах, що, в першу чергу, створювалися для широкого кола користувачів, яким потрібна була математика, Яків Пилип Кулик часто звертався з повчальним та напутнім словом, наприклад: „Хто у своїй молодості піддався лінії лише у математиці, той жодне інше вміння не осягне, він не буде осяяний світлом наук, добровільно прирікає себе на нудне подальше життя, яке його мучитиме. Однак, лише зібраних у школі відомостей недостатньо у самій пам'яті лишати, а обов'язково потрібно їх поглиблювати постійними роздумами, переосмислювати спрямовувати на власну користь [18, с.3]“.

Кулик постійно намагався вдосконалювати навчальний процес, залучати до поглибленого вивчення математики все більшу кількість студентів та слухачів. Так „Збірник таблиць...“ містив деякі таблиці, що ввійшли в „Handbuch mathematischer Tafeln“ („Довідник математичних таблиць“). Це, в першу чергу, були найнеобхідніші математичні таблиці – таблиці квадратів та кубів чисел, таблиці значень логарифмів та тригонометричних функцій, таблиці степенів чисел, тощо. Інформація з таблиць допомагала і учням, і студентам економити час на громіздкі обчислення, створювала зручні умови для здійснення підрахунків, що потрібні на практиці, в повсякденному житті. Автор образно писав: „... математичні таблиці для учнів є тим, чим є залізничні колії для подорожуючих, оскільки переносять їх дорогою майже чарівною через усі найближчі перешкоди та негаразди, а також пояснюють труднощі, які у вивченні математики як правило знаходять [18, с. 3]“.

За допомогою таблиць Я.П. Кулик намагався вдосконалювати вже відомий матеріал, зробити його цікавим, зручним та корисним. Свої розробки він написав і для університетів, і для шкіл. Так, в 1851 році з'явилася робота польською мовою „Новий спосіб найзручнішого, найвигіднішого і надійного множення і ділення чисел, для галицьких шкіл“ [21].

За словами автора, „Новий спосіб множення та ділення чисел...“ базується лише на трьох таблицях, за допомогою яких ці дії виконуються без помилок, що є легше і зручніше, ніж рахувати в голові. Для цього потрібно використовувати елементарні добутки та відомі правила знаходження добутків великих чисел [21, с. 2].

Перша таблиця містить добутки множників з двома цифрами, аналогічна таблиці Піфагора. В таблиці можна знайти результат множення „один на один“ всіх чисел від 1 до 99 (останнє значення $99 \times 99 = 9801$). Таблиця (на кількох сторінках) побудована таким чином: обравши будь яке число і, рухаючись по горизонтальній лінії, можна знайти добутки цього числа на всі множники від 1 до 99. Я.П. Кулик запропонував використовувати дану таблицю при множенні великих чисел, розбиваючи множення на суму відповідної кількості доданків.

Наприклад, потрібно помножити 5 119 891 743 на 37. За допомогою таблиці потрібно знайти результати відповідних добутків двоцифрових величин та виконати дію додавання:

$$\begin{array}{r}
 43 \times 37 = 1591 \\
 17 \times 37 = 629 \\
 89 \times 37 = 3293 \\
 19 \times 37 = 703 \\
 51 \times 37 = 1887 \\
 \hline
 5\,119\,891\,743 \times 37 = 189\,435\,994\,491.
 \end{array}$$

Аналогічним способом Кулик пропонував знаходити добутки досить великих чисел, в поясненнях до таблиць він оперував числами, що складаються із 23-х цифр. Друга таблиця, запропонована Куликом, називається „Величини множників, які складаються з декількох цифр, сума яких не перевищує 30 000“. Автор зазначав, що „така таблиця насправді помірної величини, яка за допомогою простої підготовки множників, чия сума не перевищує 30 000 та за допомогою

своїєї майстерної форми охоплює стільки, що порівнявши її з першою, 4 000 аркушів друкованих ледве б вистачило [21, с. 3]. Талановитий обчислювач та методист Кулик таблицю побудував так, що числа, які кілька разів використовуються, записувалися мінімальне число разів, що дозволяло економити місце та не впливало на зручність. Повторні видання аналогічних таблиць з'явилися польською мовою в Лейпцігу під назвою „Нові таблиці множення“, та німецькою мовою „Neue Multiplikationstafeln. Ein unentbehrliches Hilfsmittel um schnell, sicher,... zu rechnen“. („Таблиці множення. Необхідний допоміжний засіб для швидкого, надійного,... множення“). Необхідність та популярність таких таблиць були очевидними.

Висновки. Масштабні математичні таблиці Я.П. Кулика відповідали потребам історичного розвитку математичних дисциплін, зокрема були своєчасними та актуальними під час вирішення проблемних питань арифметики, пов'язаних з простими числами. Таблиці простих чисел, таблиці дільників складених чисел, таблиці первісних коренів та таблиці дільників квадратичних форм суттєво розширили числову основу теорії чисел в XIX столітті.

Таблиці, створені Куликом, поряд з іншими математичними таблицями, створили практичну основу як для теоретичних, так і для прикладних досліджень, стали поштовхом для нових відкриттів, були незамінними тестами для підтвердження та перевірки уже теоретично обґрунтованих формул, виведених нерівностей, тощо. Математичні таблиці в період відсутності обчислювальних засобів були незамінними раціональними помічниками для численних арифметичних підрахунків, в тому числі для обчислень, що вимагали високої точності. Математичні таблиці практичного напрямку, знаходили широке застосування на виробництві та в сільському господарстві; вони видавалися та перевидавалися для полегшення підрахунків. Різноманітний сектор математичних таблиць сприяв широкому використанню табличного матеріалу в навчальному процесі, таблиці Кулика служили наглядним матеріалом та мали вагоме методичне значення під час навчання, відігравали важливу роль для якісного навчального процесу в різних освітніх закладах.

1. История отечественной математики [Под ред. Штоколо И.З.] – К.: Наукова думка, 1967. – [Т.2. 1801–1917]. – 616 с.
2. Вилейтнер Г. История математики от Декарта до середины XIX ст. / Г. Вилейтнер [Пер.с нем. под ред. А.П. Юшкевича]. – М.: Наука, 1966. – [Изд. 2-е.] – 507 с.
3. Клейн Ф. Лекции о развитии математики в XIX столетии / Ф. Клейн. – М.: Наука, 1978. – 454 с.
4. Петришин В. Розвиток математичних наук в Україні [Авторизований переклад з англ. Б. Романіва] / В. Петришин. – Львів, НТШ, – 2004. – 76 с.
5. Стройк Д.Я. Краткий очерк истории математики / Д.Я. Стройк. – М.: Наука, 1978. – 327 с.
6. Юшкевич А.П. История математики с древнейших времен до начала XIX ст. / А.П. Юшкевич. – М.: Наука, 1972. – [Т.3] – 496 с.
7. Хрестоматия по истории математики. Арифметика и алгебра. Теория чисел / [Пособие для пед. институтов. Под редакцией А.П. Юшкевича]. – М.: Просвещение, 1976. – 318 с.
8. Депман И.Я. История арифметики / И.Я. Депман. – М.: Просвещение, 1965. – 415 с.
9. Депман И.Я. Замечательные славянские вычислители Г. Вега и Я.Ф. Кулик / И.Я. Депман [под редакцией Рыбкина Г.Ф., Юшкевича А.П.] // Историко-математические исследования. – М.: Наука, 1963 – [Вып VI.] – С. 593–608.
10. Лісковець С.М. Творець математичних таблиць. / С.М. Лісковець, В.А. Шендеровський // Історія української науки на межі тисячоліть. – Київ, 2003. – [Вип. 11] – С. 120–125.
11. Лісковець С.М. Про математичні таблиці Якова Пилипа Кулика / С.М. Лісковець // Матеріали VII Всеукр. конф. молодих учених та спеціалістів, 16 берез. 2012 р., м. Київ / НААН ДНСТБ; редкол.: В. А. Вергунов та ін. – К., 2011. – С. 148–149.
12. Гаусс К.Ф. Труды по теории чисел / К.Ф. Гаусс – М.: Из-во АН СССР, 1959. – 674 с.
13. Бурбаки Н. Очерки истории математики [перев. И.Г. Башмаковой] / Н. Бурбаки. – М.: Наука, 1963. – 251 с.
14. Депман И.Я. История арифметики / И.Я. Депман. – М.: Просвещение, 1965. – 415 с.
15. Прудников В.Е. Пафнутий Львович Чебышев. 1821–1894 / В.Е. Прудников. –Л.: Наука. Ленин. отд-ние, 1976. – 282 с.
16. Kulik J.P. Divisores numerorum decies millia non excedentium etc. Tafeln der einfachen Factoren jeder grösseren Zahl unter einer Million / J.P. Kulik. – Gratz, 1825. – 286 s.
17. Чебышев П.Л. Полное собрание сочинений [в 5-ти томах]. – М. – Л.: Наука, 1944–1951. – [Т.5] – С. 150.
18. Kulik J.P. Tablice wycinkow hiperbolicznych tudrzez dlugossi ukow a cwiercokregow eliptycznych / J.P. Kulik. – Pradze, 1851. – 104 s.
19. Kulik J.P. Tafeln der Quadrat und Kubikzahlen aller natürlichen Zahlen bis Hunderttausend, nebst ihrer Anwendung auf die Zerlegung grösser Zahlen auf ihre Factoren / J.P. Kulik Leipzig, 1848. – 460 s.
20. Kulik J.P. Die Toisirtafeln zur leichteren Berechnung des Längen-, Flächen - und Kubik-Inhalts und die verschiedenen Münz-, Mass-, und Gewichts-bätrage / J.P. Kulik. – Prag, 1833. – 270 s.
21. Kulik J.P. Nowy sposob latwiejszego wygodniejszego i pewniejszego mnozenia i dzilenia liczb. Dla młodzieży szkol qalicyjskich / J.P. Kulik. – Prag, 1851. – 56 s.

УДК 004.002

Мельник В.М., Мельник К.В., Жигаревич О.К., Костюк Є.В.

Луцький національний технічний університет

РОЛЬ СИСТЕМАТИЗОВАНОГО ТА ВІДЕО-ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ В ЗАСВОЄННІ НАВИЧОК ПРОГРАМУВАННЯ ЗАСОБАМИ BORLAND C++ BUILDER

Мельник В.М., Мельник К.В., Жигаревич О.К., Костюк Є.В. Роль систематизованого та відео-ілюстративного матеріалу в засвоєнні навичок програмування засобами Borland C++ Builder. В роботі подано результати експериментальних досліджень засвоєння навичок об'єктного програмування в середовищі C++ Builder. Розроблена комплексна методика в експериментальній групі об'єднувала підходи викладання на основі принципу систематизації та диференціації з залученням інноваційних методів викладання та спеціально розробленого програмного комплексу для засвоєння навичок програмування в середовищі C++ Builder. Щоб виявити статистично значущі відмінності в рівнях знань та вмінь студентів контрольних і експериментальних груп було використано метод перевірки статистичних гіпотез. Для встановлення на прийнятному рівні значущості узгодження чи не узгодження гіпотези з проведеними спостереженнями використано двосторонній критерій Пірсона. Відзначається, що в експериментальній групі відслідковуються значно кращі показники засвоєння навчального матеріалу в порівнянні з контрольною групою, в якій цей же матеріал викладався звичайними лекційно-лабораторними методами.

Ключевые слова: Borland C++ програмування, знання, засвоєння, форма викладання, систематизація, ілюстративний матеріал.

Рис. 1, Таб. 2, Літ. 17.

Мельник В.М., Мельник К.В., Жигаревич О.К., Костюк Є.В. Роль систематизованого та відео-ілюстративного матеріалу в оволодінні навчальних программирования засобами Borland C++ Builder. В работе подано результати експериментальних досліджень засвоєння навичок об'єктного програмування в середовищі C++ Builder. Розроблена комплексна методика в експериментальній групі об'єднувала підходи викладання на основі принципу систематизації та диференціації з залученням інноваційних методів викладання та спеціально розробленого програмного комплексу для засвоєння навичок програмування в середовищі C++ Builder. Щоб виявити статистично значущі відмінності в рівнях знань та вмінь студентів контрольних і експериментальних груп було використано метод перевірки статистичних гіпотез. Для встановлення на прийнятному рівні значущості узгодження чи не узгодження гіпотези з проведеними спостереженнями використано двосторонній критерій Пірсона. Відзначається, що в експериментальній групі відслідковуються значно кращі показники засвоєння навчального матеріалу в порівнянні з контрольною групою, в якій цей же матеріал викладався звичайними лекційно-лабораторними методами.

Ключові слова: Borland C++ програмування, знання, усвоєння, форма викладання, систематизація, ілюстративний матеріал.

Рис. 1, Таб. 2, Літ. 17.

Melnyk V.M., Melnyk K.V., Zhyharevych O.K. Systematic and video illustrations role in programming skills learning by means of Borland C++ Builder. This paper presents experimental results of object programming mastering skills in C++ Builder. In the experimental group an integrated methodology included teaching approaches based on the principle of systematization and differentiation involving innovative teaching methods and specially developed software for mastering skills programming in C++ Builder. To detect statistically significant differences of the knowledge levels and skills of students, control and experimental groups used testing statistical hypotheses method. To reveal the agreement or disagreement of the adopted significance level of the hypothesis with conducted researches two-sided Pearson criterion is used. It is noted that in the experimental group tracked significantly better learning performance in agreement to compare with the control group, in which the same material is taught in conventional lecture-laboratory methods.

Keywords: Borland C++ Programming, knowledge, acquiring, teaching form, systematization, illustrative material.

Fig. 1, Tab. 2, Ref. 17.

Постановка проблеми. Національна освіта переживає сьогодні складний етап свого реформування [1, 5]. Перед вищою школою поставлене завдання переходу до такої системи підготовки фахівців, яка відповідно до здібностей особистості має задовольняти її потреби і можливості у здобутті відповідного рівня освіти. Для реалізації вказаного завдання серед іншого передбачається широке використання новітніх педагогічних технологій, впровадження модульної побудови навчального матеріалу, створення можливостей для диференціації та індивідуалізації навчально-виховного процесу. Розгляд питань відбору, розробки та ефективного впровадження у навчально-виховний процес вищого навчального закладу (ВНЗ) відповідних технологій має базуватися на всебічному і ґрунтовному аналізі досягнень зарубіжної та вітчизняної психолого-педагогічної науки, вивченні досвіду методистів та практиків.

Підтвердити те, що знання є своєрідним відбитком предмету чи природного явища у свідомості людини, з'ясувати механізм того, як нове знання відкладається у свідомості та додається

до вже відомого, про вторинність передачі наукових знань у процесі навчання по відношенню до відкриттів у науці, проаналізувати формування умінь людини у процесі її діяльності, з філософської точки зору зрозуміти сутність і призначення людини дозволяють роботи науковців різних епох. Відомий німецький філософ Ф. Шлегель стосовно сутності людини зазначав, що природна істота людини тим досконаліша, чим більш самостійною та індивідуальною вона є [2, 188].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Варто зазначити, що сучасні методологічні аспекти рівневого формування знань та вмінь студентів, організації відповідної навчальної діяльності у вищій школі мають враховувати закони діалектики, її чисельні категорії, але, як відмічає ряд науковців, такі підходи до методології "слід будувати на ширшій основі" [3, 20], тобто не відкидати науковий аналіз, розглядати можливість використання інших теорій, вчень та думок для удосконалення навчального процесу у ВНЗ.

З цієї точки зору цікавими постають ідеї "онтологічної" гносеології (нам дано дещо до всякої раціональної рефлексії, до поділу на суб'єкт і об'єкт), викладені російським філософом-ідеалістом М.О. Бердяєвим. Він звертає увагу на викладення філософських проблем розуміння сутності, призначення та розвитку людини і доводить, що діяльність, "творчість" людини зумовлена тим, що вона є істотою, невдоволеною собою і здатною себе переростати. Людина є суперечливою і парадоксальною, яка об'єднує у собі полярні протилежності [4, 6].

Дидактичні закономірності як універсальні явища, які є невід'ємними від процесу вивчення, нерідко виступають як міри здійснення законів педагогіки і представляють методологічні основи, тобто фундаментальні істини для розвитку педагогіки вищої школи. Однією із сучасних методологічних закономірностей є "закономірність взаємозв'язків у реальному житті" [3, 22]. Серед таких взаємозв'язків слід вказати на взаємозв'язок суб'єктивних прагнень майбутніх фахівців з об'єктивними потребами суспільства і вищої школи як його важливого інституту, взаємозв'язок направленості відносин "викладач-студент" та "студент-викладач", взаємозв'язок курсової (групової) навчальної діяльності студентів та індивідуальної діяльності окремого студента, взаємозв'язок самостійної та аудиторної роботи студента, взаємозв'язок встановлених загальних строків, вимог, темпів вивчення дисциплін та індивідуальних особливостей процесів засвоєння, систематизації навчального матеріалу, формування вмінь та навичок у студентів тощо. Зважаючи на те, що дидактичні закономірності можуть забезпечити ефективне викладання лише за умови дотримання дидактичних принципів, і на те, що "принципи завжди містять у собі функціональне значення законів, відображають дидактичні закони і закономірності" [7, 39], деякі з таких принципів ми розглядаємо як методологічні аспекти різнорівневого формування знань і вмінь студентів та організації їхньої відповідної діяльності:

- принцип урахування вікових та індивідуальних особливостей;
- принцип доступності знань, за яким необхідно здійснювати відбір змісту навчального матеріалу так, щоб незалежно від різного рівня розумового розвитку та здібностей студентів знання були успішно засвоєні з урахуванням вимог програм. Саме тут, на думку науковців і практиків вищої школи, актуальним постає питання визначення для кожної дисципліни не лише загальних програмних вимог до знань та вмінь студентів, а й розподілу таких вимог за різними рівнями складності [5, 31-32];

- принцип дохідливості у викладанні, який за рахунок популярності викладання наукових знань з основ об'єктного програмування (ОП) має компенсувати наслідки застосування принципу науковості, що ускладнює сприймання та засвоєння навчальної інформації. Дохідливість викладання навчального матеріалу передбачає як наявність необхідних суб'єктивних факторів (лекторська майстерність викладача, вміння ефективно і раціонально використовувати унаочнення, володіння відповідними підходами підтримання мотиваційного прагнення студентів до оволодіння професією тощо), так і наявність таких умов в організації навчального процесу, які б, незалежно від рівня викладацької майстерності, об'єктивно спрямовували діяльність студентів на активізацію самоосвіти та інтелектуальне самовиховання. Однією з таких умов є відповідна структурованість теоретичних завдань та практичних вправ, яка забезпечувала б послідовний перехід у викладенні навчального матеріалу від популярного, емпіричного до наукового, теоретичного. Таку структурованість і послідовність можна здійснити шляхом впровадження у процес навчання основ об'єктного програмування відповідних різнорівневих завдань, що відповідають необхідним рівням програмних вимог і враховують індивідуальні особливості розвитку студентів;

- принцип забезпечення творчої активності і самостійності студентів у навчальному процесі, що вимагає подальшої переорієнтації процесу навчання об'єктного програмування на зменшення інформативної складової у процесі передачі знань, підвищення ролі викладача як провідника у світ знань, консультанта та помічника студента. Це вимагає перегляду структури навчальних занять з метою зменшення лекційного навантаження, розробки такої системи вправ, завдань для практичних та лабораторних занять, що передбачали б для студентів перенесення акценту на самостійну роботу у процесі здобуття знань [6, 12];

- принцип поєднання індивідуального та колективного передбачає серед іншого у навчальному процесі подальший розвиток відповідних форм діяльності студентів. Колективний характер організації передачі знань з об'єктного програмування під час проведення лекційних занять з потоками студентів, практичних групових робіт, лабораторних робіт з підгрупами студентів вступає у протиріччя з індивідуальним характером засвоєння навчального матеріалу. Це спонукає до подальшого впровадження у процес самостійної роботи студентів таких форм її організації, які з урахуванням індивідуального рівня діяльності кожного студента і різноманітності завдань забезпечували б послідовний перехід його навчальної роботи від колективної до індивідуальної;

- принцип міцності знань, професійних умінь, інтелектуальних навичок розумової праці уособлює систему виявлення їх результатів в ході поточного, проміжного, підсумкового контролю на кожному етапі навчання [5, 34].

Для визначення методологічних аспектів нашого дослідження необхідно проаналізувати педагогічні ідеї, концепції та теорії, які виступають як методологічні категорії педагогіки вищої школи і забезпечують впровадження новачок у змісті та методах навчання.

Реалізація диференційованого підходу має враховувати певні особливості навчального процесу у ВНЗ: для суб'єкта навчання – студента характерні найвищі, "пікові" психологічні і інтелектуальні результати людського розвитку: студентський вік є центральним періодом становлення характеру і інтелекту, – це об'єктивно зумовлює підвищення індивідуальної ролі студента та його впливу на процес навчання; викладач має значно менше можливостей порівняно із вчителем середньої школи щодо постійної, регулярної діагностики індивідуальних особливостей студентів, але у значно більшій мірі, ніж у середній школі, зростає роль викладача як організатора та морального й інтелектуального керівника студентів, який чітко розуміє свої завдання навчання та виховання [3, 45], тобто його роль зводиться до ефективного застосування знань про їх індивідуальні особливості, до створення відповідних умов для розвитку особистості: відбір відповідних форм організації навчального процесу, пред'явлення студентам різних рівнів навчальних вимог, відбір змісту навчального матеріалу.

Метою роботи послужило з'ясування ролі систематизованого електронного та відео-ілюстративного матеріалу в засвоєнні навичок програмування засобами Borland C++ Builder 9. Дослідження запропонованої методики включало використання власного розробленого електронного навчального комплексу з дисципліни "Об'єктне програмування" засобами Borland C++Builder9 та порівняння зі звичними методиками викладання.

Поряд з цим ставилося питання використання логічного підходу до викладання матеріалу об'єктного програмування і мови C++, що б дозволило ефективно поєднати та збалансувати обсяг, глибину теоретичного матеріалу з його доступністю і цілком посильним обсягом самостійної роботи студентів для якісного засвоєння. Слід врахувати, що C++ як мова логічного програмування використовує у формі логіки предикатів першого порядку [3, 7], а остання є одним із розгалужень математичної логіки. То ж для глибокого розуміння суті логіки програмування та ефективного оволодіння матеріалом необхідно врахувати і відповідні питання математичної логіки [3; 4; 8-16].

Концептуальні положення методики реалізації навчального експерименту. З метою підтвердження робочої гіпотези було обрано звернення до відео-ілюстративного методу. На основі розглянутих принципових положень щодо реалізації диференційованого підходу, виділених особливостей такого процесу, зокрема труднощів певного характеру, методичних вимог до реалізації диференційованого підходу у навчанні об'єктного програмування, у т.ч. до розв'язування відповідних навчальних задач, ми прийшли до висновку, що провідну роль у вирішенні проблеми різнопрофільного та різноманітного формування знань і вмінь студентів зі об'єктного програмування відіграють два компоненти: цілеспрямована робота викладача щодо підготовки, організації та

проведення навчальних занять і, як результат, підвищення індивідуалізації та інтенсифікація процесу навчання, що дозволяє ефективно досягти базового і підвищеного та поглибленого рівня знань та вмінь студентів з основ ОП, його програмування мовою C++.

Враховуючи ряд рекомендацій молодим науковцям щодо організації педагогічного експерименту [14, 25-27], пошуковий етап дослідження проводився на базі факультету комп'ютерних та інформаційних технологій Луцького національного технічного університету та Волинського технікуму Національного університету харчових технологій і був присвячений розробці наочно-ілюстративного методу подання матеріалу з дисципліни «Об'єктно-орієнтовне програмування». На цьому етапі протягом навчального року брали участь по 2 групи студентів спеціальності «комп'ютерні системи та мережі» та «Розробка програмного забезпечення» – всього 87 осіб.

У ході пошукового етапу експерименту уточнювалися шляхи індивідуалізації та інтенсифікації процесу навчання на основі диференційованого підходу, продовжувався цілеспрямований пошук та добір змісту навчального матеріалу, проводився його модульний і різнорівневий розподіл щодо формування встановленого рівня відповідних знань та вмінь. На цьому етапі проводилась розробка методичної системи викладання дисципліни «Об'єктне програмування» та деталізувалися методики реалізації підходу у її вивченні. Велася робота з подальшої розробки та впровадження логічного підходу до розгляду основ об'єктного програмування на даному факультеті; тестування та налагодження відповідних прикладів програм лекційного курсу на мові програмування C++, дослідження їх дидактичних можливостей; добору різнорівневих теоретичних завдань і практичних вправ до проведення лабораторних робіт та самостійної роботи студентів; підготовки, використання у навчальному процесі відповідної методичної літератури.

Насамперед, встановивши певні особливості та методичні вимоги до впровадження методики викладання, проявлялося намагався розв'язати завдання модульного розподілу навчального матеріалу з основ об'єктного програмування та збалансування обсягу навчальної інформації на лекційних та лабораторних заняттях.

У двох із чотирьох груп на лекційних заняттях було виділено по 2 години на начитку лекційного матеріалу із застосуванням розробленої методики викладання (експериментальна група). В решті груп далі лекційні пари проходили в звичному форматі (контрольна група).

Була обрана одна з найважливіших тем дисципліни «Об'єктне програмування», а саме «Робота з налагоджувальником». Після начитки лекційного матеріалу на наступному занятті проводилось тестування студентів, для перевірки знань, та подальших аналізів отриманих результатів.

Аналіз результатів навчального експерименту. Навчальний експеримент повинен був показати, чи дозволяє розроблена нами методична система і методика реалізації диференційованого підходу з використанням контролю знань індивідуалізувати та інтенсифікувати процес навчання; чи забезпечує запропонована методика ефективного досягнення поглибленого рівня знань студентів спеціальності «комп'ютерні системи та мережі», відповідного рівня сформованості вмінь розв'язування задач об'єктного програмування з використанням мови C++.

Щоб досягти максимально точних результатів, увесь комплекс досліджень ми проводили, строго дотримуючись типових умов традиційного навчання для студентів контрольних груп. До таких груп увійшло: 43 студентів спеціальності «комп'ютерні системи та мережі». Навчання студентів експериментальних груп проводилось за розробленою методикою. В таких групах навчалось 44 студенти спеціальності «комп'ютерні системи та мережі».

Зазначимо що основні показники ефективності й доцільності власнозапропонованої системи навчання для будь-якого вищого закладу, давали пересвідчитись у рівності умов для контрольних та експериментальних груп щодо проведення експерименту. З огляду на те, що обов'язковою частиною досліджень є облік їх результатів, програма перевірки ефективності запропонованої нами методичної системи і методики реалізації диференційованого підходу з використанням запропонованої методики включала:

- облік результатів індивідуалізації процесу навчання основ об'єктного програмування в курсі об'єктного програмування;
- облік результатів інтенсифікації процесу навчання;

- облік сформованості рівня знань з основ об'єктного програмування та вмінь розв'язування задач об'єктного програмування за допомогою мови C++.

Провідним методом під час обліку й оцінки результатів експерименту став метод спостережень за навчальною діяльністю студентів у курсі об'єктного програмування під час навчання основ штучного інтелекту. Одержані шляхом спостережень дані зіставлялись із результатами бесід, підсумкового контролю, анкетування, що мало на меті перевірку ефективності впровадження диференційованого підходу на фізико-математичному факультеті педагогічного ВНЗ. Для проведення підсумкового контролю були розроблені тести.

Щоб виявити статистично значущі відмінності в рівнях знань та вмінь студентів контрольних і експериментальних груп було використано метод перевірки статистичних гіпотез. На початку формуючого етапу експерименту проводилась перша група вибірок щодо рівнів знань студентів контрольної і експериментальної груп, які вивчалися в однаковому обсязі та з яких студенти склали тестові іспити. За середнім балом таких оцінок від 1 до 15 балів з кроком 0,5 було утворено шкалу вказаних вибірок. Друга група вибірок проводилась на основі розробленої методики. Шкала, що використовувалась у вказаній системі з кроком 0,5 обрана за шкалу вимірів для цієї групи вибірок.

Для перевірки нульової і альтернативної гіпотез ми скористалися критерієм Пірсона (χ^2), оскільки:

- 1) вибірки випадкові;
- 2) вибірки незалежні і члени кожної з вибірок незалежні між собою;

3) шкала вимірів до формуючого етапу експерименту є шкалою найменувань з 15-ма категоріями; шкала вимірів після формуючого етапу експерименту є шкалою найменувань з 11-ма категоріями.

Сформулюємо нульову та альтернативну гіпотези.

Нульова гіпотеза H_0 : ймовірності попадання студентів контрольної і експериментальної вибірки в кожну з i категорій ($i=1,2, \dots, C$, де $C=9$ для першої групи вибірок, $C=11$ – для другої) рівні, тобто $p_{1i}=p_{2i}$ і вищий рівень знань в експериментальних групах пояснюється випадковими факторами.

Альтернативна гіпотеза H_1 : $p_{1i} \neq p_{2i}$ хоча б для однієї з категорій, тобто більш високий рівень знань пояснюється результатом впровадження запропонованої методики.

Для встановлення на прийнятому рівні значущості ($\alpha=0,05$) узгодження чи не узгодження гіпотези з проведеними спостереженнями скористаємося двостороннім критерієм Пірсона (χ^2) [17]. За формулою обчислимо значення статистики критерію $K_{\text{експ}}$ досліджуваної випадкової величини:

$$K_{\text{експ}} = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \sum_{i=1}^C \frac{(n_1 \cdot O_{2i} - n_2 \cdot O_{1i})^2}{O_{1i} + O_{2i}},$$

де C – кількість категорій, O_{1i} і O_{2i} – кількість студентів експериментальних і контрольних груп, які потрапили в i -ту категорію.

Проведемо аналіз групи вибірок (див. табл. 2., рис. 1).

За таблицею точок критичних областей χ^2 – розподілу для числа ступенів вільності $\nu=15-1=14$ і $\alpha=0,05$ – рівня значущості, знаходимо критичне значення величини K : $K_{\text{кр}}=7,26094$, табл. 1.

Таблиця 1 – Табличні значення критичних точок критеріїв Пірса

k / α	0,01	0,025	0,05
1	0,00016	0,00098	0,00393
2	0,02010	0,05064	0,10259
3	0,11483	0,21580	0,35185
4	0,29711	0,48442	0,71072
5	0,55430	0,83121	1,14548
6	0,87209	1,23734	1,63538
7	1,23904	1,68987	2,16735
8	1,64650	2,17973	2,73264
9	2,08790	2,70039	3,32511
10	2,55821	3,24697	3,94030

11	3,05348	3,81575	4,57481
12	3,57057	4,40379	5,22603
13	4,10692	5,00875	5,89186
14	4,66043	5,62873	6,57063
15	5,22935	6,26214	7,26094

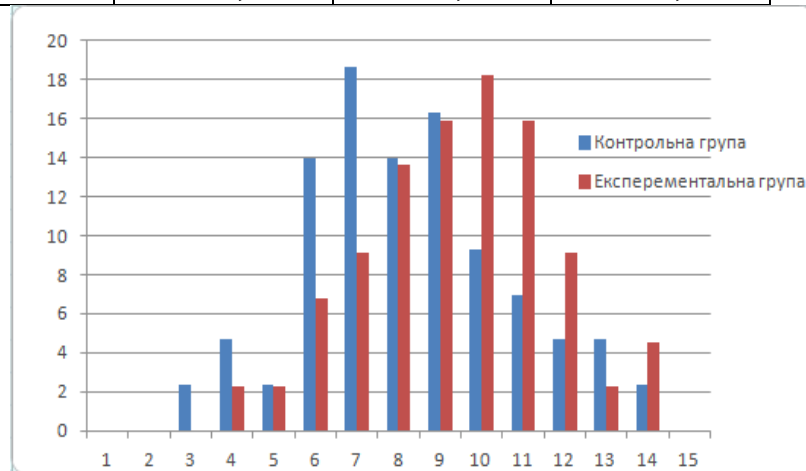


Рис. 1 – Розподіл студентів спеціальності “комп’ютерні системи та мережі” за рівнем знань з об’єктного програмування (%)

Таблиця 2 – Розподіл у контрольних (1) та експериментальних (2) групах та обробка експериментальних даних після формуючого етапу експерименту.

Ш кала балів	Спеціальність “Об’єктне програмування”				
	К		п		експ
	1	2	1	2	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9	3	4	4		,969
10					
11					
12					
13					
14					
15					

Рівні:	Недостатній (1-3)	,3%	%
	Мін.-базовий (4-8)	3,5%	5,5%
	Базовий (9-12)	7,2%	7,7%
	Поглиблений (13-15)	%	,8%

Експериментальна і контрольна вибірки після проведення експерименту мають статистично значущі відмінності. За таблицею χ^2 – розподілу для числа ступенів вільності $\nu=15-1=14$ і рівня значущості $\alpha=0,05$ критичне значення величини $K_{кр}=6,57063$. При цьому $K_{експ} = 7,9691$ $K_{експ} > K_{кр}$.

Після проведення формуючого етапу експерименту експериментальна і контрольна вибірки мають статистично значущі відмінності, що є підставою відхилення нульової гіпотези і прийняття альтернативної.

Висновки проведених досліджень. Результати статистичної обробки дозволили нам припустити рівність умов в контрольних і експериментальних групах перед проведенням формуючого експерименту. Однак більш високий рівень знань студентів із об'єктного програмування було виявлено в експериментальних групах у порівнянні до контрольних, який пояснюється результатом впровадження комплексної сформованої методики, яка включає в себе як систематизований теоретичний так і відео-ілюстративний матеріал.

Список використаних джерел.

1. Державна національна програма "Освіта" ("Україна XXI століття"). – К.: Райдуга, 1994. – 61 с.
2. Шлегель Ф. Развитие философии в двенадцати книгах. // Эстетика. Философия. Критика. – М., 1983. – Т.2. – С. 186-188.
3. Галузинський В.М., Євтух М.Б. Основи педагогіки та психології вищої школи в Україні: Навч. посібник для викладачів та аспірантів вузів. / ІСДО, Київський лінгвістичний ун-т. – К.: ІНТЕЛІ, 1995. – 168 с.
4. Бердяев Н.А.// Мир философии: Книга для чтения. – М.: Политиздат, 1991. – Ч.2. – С. 48-57.
5. Куліш В.В., Кулешов С.О., Лисенко О.В. Досвід використання рейтингової системи у курсі фізики. // Нові технології навчання. – К.: ІЗМН, 1996. – Вип. 17. – С. 29-34.
6. Сігова В.І. З досвіду організації самостійної роботи студентів. // Нові технології навчання. – К.: ІЗМН, 1996. – Вип. 17. – С. 7-12.
7. Алексюк А.М. Педагогіка вищої освіти України: Історія. Теорія. Підручник для студентів аспірантів та молодих викладачів вузів. / Міжнародний фонд "Відродження". – К.: Либідь, 1998. – 558 с.
8. Дьюи Джон. Психология и педагогика мышления. – М. : Лабиринт, 1999. – 190 с.
9. Сікорський П.І. Теорія і методика диференційованого навчання. – Львів: В-во "СПОЛОМ", 2000. – 421 с.
10. Каган М.С. Человеческая деятельность. – М.: Политиздат. – 1974. – 325 с.
11. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. – М.: Политиздат, 1975. – 304 с.
12. Котарбинский Т. Трактат о хорошей работе. – М.: Экономика, 1975. – 271 с.
13. Гохберг О.С. Проблема разработки и реализации гибких педагогических технологий обучения в вузе: : Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01. / Славянский пед. инст. – Славянск, 1995. – 148 с.
14. Євдокимов О.В. Нові педагогічні технології організації навчання студентів: Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01. /Харківський держ. пед. університет ім. Г.С. Сковороди. – Х.: 1997. – 181 с.
15. Ключко В.І. Нові інформаційні технології навчання математики в технічній вищій школі: Дис. ... докт. пед. наук: 13.00.02. / Вінницький держ. технічний ун-т. – Вінниця, 1998. – 396 с.
16. Коротяев Б.І., Гришин Е.О., Устенко О.А. Педагогіка вищої школи. – К: НМК ВО, 1990. – 176 с.
17. Педагогика и психология высшей школы: Учеб. пособие для студентов и аспирантов вузов./ С.И. Самыгин, М.В. Буланова-Топоркова, А.В. Духавнева и др. – Ростов н/Д: Феникс, 1998. – 544 с.

УДК 378.11

Панасюк Н.Л., Олійник М.М.

Луцький національний технічний університет

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОСВІТИ У ВИЩИХ ТЕХНІЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ ЯК НЕВІД'ЄМНА СКЛАДОВА ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ ОСВІТНЬОЮ ГАЛУЗЗЮ

Панасюк Н.Л. Управління якістю освіти у вищих технічних навчальних закладах як невід'ємна складова державного управління освітньою галуззю. Пошуки відповідей на питання вдосконалення якості освіти знаходяться у двох взаємопов'язаних галузях знань: педагогіці та менеджменті освіти. Управління якістю освіти це двосторонній процес: з одного боку, воно спрямоване на більш раціональне використання ресурсів у забезпеченні якості освіти, з іншого – забезпечує якість внутрішніх параметрів процесу.

Ключові слова: управління, якість освіти, вищі технічні навчальні заклади, державне управління.

Панасюк Н.Л. Управление качеством образования в высших технических учебных заведениях как неотъемлемую составляющую государственного управления образовательной отраслью. Поиски ответов на вопросы совершенствования качества образования находятся в двух взаимосвязанных областях знаний: педагогике и менеджменте образования. Управление качеством образования это двусторонний процесс: с одной стороны, оно направлено на более рациональное использование ресурсов в обеспечении качества образования, с другой - обеспечивает качество внутренних параметров процесса.

Ключевые слова: управление, качество образования, высшие технические учебные заведения, государственное управление.

Panasiuk N. Quality management education in higher technical educational institutions as an integral part government education sector. The search for answers to the issues of improving the quality of education are two interconnected areas of expertise; pedagogy and management education. Quality Management education is a two-way process: on the one hand, it is aimed at more efficient use of resources to provide quality education, on the other - provides quality internal process parameters.

Keywords: management, quality of education, higher technical educational institutions, public administration.

Постановка проблеми у загальному вигляді та зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями. В Україні управління якістю освіти у вищих навчальних закладах підпорядковане загальній стратегії держави на пріоритетний розвиток освіти і забезпечує конституційне право громадян на освіту та рівного доступу до високоякісної освіти. Це невід'ємна складова державного управління освітньою галуззю.

Забезпечення якості освіти це головна умова привабливості, мобільності та сумісності системи вищої освіти будь-якої країни, головна складова престижу вищого навчального закладу. Це багатоплановий процес що включає наявність необхідних ресурсів (матеріальних, наукових, кадрових, інформаційних, навчально-методичних, фінансових тощо), контроль освітньої діяльності вищих технічних навчальних закладів та якості підготовки фахівців на всіх етапах навчання та на всіх рівнях (рівні вищих технічних навчальних закладів, державному, міжнародному рівнях), організацію навчального процесу, що найбільш адекватно відповідає сучасним тенденціям розвитку національної та світової економіки та освіти [2].

Якість освіти – це багатовимірне методологічне поняття, яке різнобічно віддзеркалює суспільне життя. Забезпечення високої якості освіти на всіх етапах і рівнях, оцінка досягнутої якості, проведення порівняльних досліджень – це сьогоденні завдання, які мають не тільки соціальний, а й педагогічний, політичний, управлінський і суто науковий контексти [1].

Якість освіти визначається не тільки обсягом знань, але й параметрами особистісного, світоглядного, громадянського розвитку, при цьому проблема якості освітнього процесу розглядається з позицій загальнолюдської і соціальної цінності освіти. Саме ці чинники актуалізують проблему управління якістю освіти у вищому технічному навчальному закладі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми. Традиційно в багатьох словниках, концепціях освіти відводиться роль формування інтелекту. Наприклад, у своїй концепції Е. Гусинський дає таке визначення поняттю освіта: "Освіта - процес прилучення особистості до культури, придбання грамотності в її мовах і орієнтованості в її текстах". Інше його визначення: "Освіта - процес і результат становлення,

формування та розвитку системи понять, уявлень про світ, що дає можливість у ньому орієнтуватися".

Як процес і результат навчання і виховання освіта розглядається і в інших джерелах. Так, наприклад, педагогічний словник визначає дане поняття як "процес і результат засвоєння систематизованих знань, умінь, навичок; необхідна умова підготовки людини до життя"; філософсько-енциклопедичний словник трактує його як "процес і результат засвоєння систематизованих знань, умінь і навичок, необхідна умова підготовки до життя і праці".

У цій же логіці Закон "Про освіту" представляє освіту як "цілеспрямований процес виховання і навчання в інтересах людини, суспільства, держави".

Татур А.О., розглядає освіту як соціальний інститут, який можна представити у вигляді чотирьох основних систем:

1 - система управління освітою (вирішує завдання створення сприятливих умов фінансових, організаційних, інформаційних, нормативно-правових, матеріально-технічних для ефективного функціонування і розвитку інших трьох систем);

2 - система формування змісту освіти (чому навчаємо?);

3 - система організації навчальної діяльності (як вчимо?);

4 - система оцінки якості освіти (що в результаті отримуємо?)

Узагальнюючи різні визначення поняття, можна зробити висновок, що "освіта взагалі" не є щось одномірне і якісно одноманітно визначене. І якщо опиратися на найбільш важливі та принципові смисли поняття "освіта", то необхідно відзначити, що, по-перше, це цілком самостійна форма суспільної практики (система діяльності, структур організації та механізмів управління), особлива соціальна інфраструктура, що пронизує всі інші соціальні сфери, а тим самим забезпечує цілісність суспільного організму.

По-друге, це універсальний спосіб трансляції історичного досвіду, загальний механізм соціального наслідування, зв'язування воєдино деякої спільності людей і способу їх життя, передачі та збереження норм і цінностей спільного життя в часі.

По-третє, це загальна культурно-історична форма становлення і розвитку сутнісних сил людини, набуття ним образу людського у часі історії і просторі культури, людини, здатної до самоосвіти, а тим самим - і до саморозвитку.

У цих трьох інтерпретаціях освіта є розвиваюче і розвивається.

Звернімося до розгляду поняття "якість". У філософському словнику представлено наступне визначення: "Якість є суттєва визначеність предмета, з якої він є даними, а не іншим предметом і відрізняється від інших предметів. Якість предмета не зводиться до окремих його властивостей. Воно пов'язане з предметом як цілим, охоплює його повністю і невіддільне від нього. Тому поняття якості зв'язується з буттям предмета".

Згідно з С. Ожеговим, "якість - наявність істотних ознак, властивостей, особливостей, що відрізняють один предмет або явище від інших; те чи інше властивість, гідність, ступінь придатності". У сучасних дослідженнях якість розглядається як сукупність характеристик об'єкта, що відносяться до його здатності задовольняти встановлені і передбачувані потреби.

У літературі розглядається і так звана виробнича трактування якості, де ключовим стає поняття "якості продукції" як сукупності суттєвих споживчих властивостей цієї продукції, які є значущими для споживача. Слідуючи цьому трактуванню, Л.М. Моїсєєв та М.М. Поташник виділяють дві ознаки якості будь-якої продукції. У сучасному розумінні якість освіти - це не тільки відповідність знань учнів державним стандартам, але й успішне функціонування самого навчального закладу, а також діяльність кожного педагога і адміністратора в напрямі забезпечення якості освітніх послуг.

Якість є складним і суперечливим поняттям, з наведеного визначення його впливають принципові протиріччя: між статичними і динамічними моментами якості, між внутрішньою його сутністю і реальним виявом, між якістю результату і якістю процесу. Суперечності у філософському розумінні якості визначають і складність педагогічної проблеми забезпечення якості та управління якістю в освіті. Не можна не погодитися з висновком В. Воротилова і Г. Шапоренковой: множинність прохань до утворення різних соціальних, професійних груп, окремих особистостей породжує різноманіття цілей, а результати освіти можуть бути оцінені різними суб'єктами, за різними критеріями, у різних вимірах, на різних рівнях.

Цей же висновок впливає з позиції авторів підручника з педагогіки і психології А.А. Реана, Н.В. Бордовський, С.І. Розума. На їхню думку, якість освіти залежить від того, наскільки здійснюється відповідність:

1) цілей і результатів освіти на рівні конкретної системи освіти та на рівні окремого освітнього закладу;

2) між різними параметрами в оцінці результату освіти конкретної людини;

3) теоретичних знань і вмінь їх практичного використання в житті і професійній діяльності.

Таким чином, виявляються нерозривно пов'язаними, з одного боку, якість освіти конкретної людини, якість освітнього процесу, конкретної освітньої системи і системи освіти в цілому, і, з іншого боку, якість теоретичних знань, практичних навичок, особистісних якостей. [1; 3]

Якість освіти є механізм соціального регулювання освітньої сфери, який зумовлює її оптимальне функціонування і виступає результатом поєднання інтересів і потреб різних соціальних суб'єктів. Цікавою, хоча, можливо, і спірною, є спроба класифікації підходів до визначення якості освіти, дана В. Воротиловим і Г. Шапоренковой, узагальнююча різні позиції з даної проблеми. Автори виділяють такі підходи до розуміння якості освіти:

- Відповідність очікуванням і потребам особистості та суспільства (С. Є. Шишов, В. А. Кальней, А. І. Моїсєєв, Є. В. Яковлев);

- Сформований рівень знань, умінь, навичок та соціально значущих якостей особистості (Є. В. Бондаревська, Л. Л. Редько, Л. А. Санкін, Є. П. тонконога);

- Відповідність сукупності властивостей освітнього процесу і його результатів вимогам стандарту, соціальним нормам суспільства, особистості (В. І. Байденко; В. А. Ісаєв, Н. А. Селезньова, А. І. Суббето);

- Відповідність результату цілям освіти, спрогнозованим на зону потенційного розвитку особистості (М. М. Поташник, В. М. Полонський, В. П. Панасюк, А. П. крохмалі);

- Здатність освітньої установи задовольняти встановлені та прогнозовані потреби (Г. А. Бордовський, Т. М. Шамова, П. І. Третяков, Г. Є. Володіна).

Подібна класифікація є кілька розмитою за критеріями. Більш конкретним, хоча і більш загальним, може бути визначення поняття якості освіти по відношенню до

1) результатами освітнього процесу;

2) самому освітньому процесу;

3) освітній установі, що здійснює освітній процес з відповідними результатами [4].

Формулювання цілей статті. Метою статті є розгляд аспектів управління якістю освіти у вищих технічних навчальних закладах як невід'ємної складової державного управління освітньою галуззю.

Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів. В наш час, якісна освіта розглядається як один із основних індикаторів якості життя, інструмент соціальної та культурної злагоди й економічного зростання. Не випадково серед характеристик так званого індексу розвитку людського потенціалу (ІРЛП), за яким Програма розвитку ООН порівнює рівень соціального й економічного розвитку країн, показник освітньої діяльності є одним із трьох основних індикаторів (добробут, освіта та здоров'я) в інтегрованій оцінці якості людського життя. Проблему якості освіти часто пов'язують із розвитком інформаційного суспільства, в якому випереджальний розвиток суспільного інтелекту та системи освіти стає вирішальним чинником поступу людства. Інформація в такому випадку набуває найбільшої цінності та є стратегічним продуктом держав. Тому у високотехнологічному інформаційному суспільстві якість освіти є ключовим аргументом у забезпеченні відповідного рівня професійної й життєвої компетентності людини, який би задовольняв потреби її людського розвитку, а також потреби суспільства й держави в соціально активних громадянах і висококваліфікованих фахівцях.

Якісний рівень освіти забезпечується за допомогою відповідних механізмів, що отримали назву моніторингу. Моніторинг - це система збирання, опрацювання та розповсюдження інформації про діяльність освітньої системи, яка забезпечує безперервне відстеження її стану і прогноз розвитку. Об'єктами моніторингу стають як окремі підсистеми освіти, так і різні аспекти й процеси, що відбуваються в цій системі (навчальні досягнення учнів, студентів).

Вітчизняне законодавство під якістю освіти розуміють ступінь відповідності набутих знань, умінь і навичок студентів вимогам стандартів вищої освіти. Основною метою діяльності вищих технічних навчальних закладів є забезпечення умов, необхідних для отримання особою вищої освіти, підготовка фахівців для потреб України. Здійснення освітньої діяльності, яка відповідає стандартам вищої освіти, наукової й науково-технічної, творчої, мистецької, культурно-виховної, спортивної та оздоровчої діяльності, підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів, забезпечення культурного і духовного розвитку особистості, виконання державного замовлення і угод на підготовку фахівців, вивчення попиту на окремі спеціальності на ринку праці й сприяння працевлаштуванню – все це головні завдання вищих навчальних закладів в Україні.

Загалом процес управління якістю освіти має вирішувати наступні завдання: моделювання, забезпечення функціонування системи, яка має працювати на досягнення поставленої мети, зміна вимог до існуючих характеристик, діагностування наявного рівня якості освіти.

На всіх етапах управлінської діяльності можна виділити показники, які не виявляються в сучасному управлінні освітою, але необхідні для успішного її розвитку та переходу на новий якісний рівень. Це, насамперед, легкі у використанні, прості, надійні та об'єктивні показники оцінки якості освіти. У цьому контексті нагальною стає проблема приведення державних стандартів у відповідність до вимог інформаційного суспільства. Проте стандартизації мають підлягати не одиниці навчального матеріалу, а процедури оцінювання знань, вмінь, компетенцій; не навчальні плани та програми, а процедури їх розробки та затвердження; не кваліфікаційні характеристики, а порядок атестації викладачів.

Динамізм результатів освіти – також проблема оцінювання якості освіти. Результати як і мета мають гнучко, швидко та адекватно реагувати на зміни в суспільстві та економіці в часі. Крім того, багато результатів можна визначити тільки через деякий час, наприклад рівень готовності випускника до дорослого життя або стан його психологічного розвитку [6].

Оцінюванням самого процесу освіти це ще одна проблема, оскільки до нього залучені люди різних вікових та соціальних груп. Усі вони мають свої певні вимоги до освіти. Крім того, сам викладач має весь час вдосконалюватись, опановувати нові технології, методики, прийоми. Оскільки вимоги до нього зростають, то й управління якістю методичної роботи набуває нового сенсу та рівня значущості.

Управління якістю освіти має спрямовуватись на управління якістю умов освітнього процесу (матеріальне та інформаційне забезпечення), управління самим процесом (зміст, стандарти, використання педагогічних технологій), що в свою чергу приведе до якісних результатів [5].

У вищих навчальних закладах система управління якістю освіти повинна забезпечувати моніторинг основних показників якості. За його результатами створюються рекомендації для покращення всіх складових підготовки майбутніх фахівців. Дана система передбачає:

- Планування показників якості освіти.
- Контроль планових показників.
- Можливість здійснення корегуючих і попереджувальних дій.
- Моніторинг стану якості освіти.
- Можливість адаптації до змінюючих обставин.
- Можливість інтеграції в загальну систему управління організації у вигляді окремої підсистеми.

Ключовими ланками системи управління якістю освіти є:

- Якість освітніх програм.
- Рівень підготовки абітурієнтів.
- Інформаційно-методичне забезпечення навчального процесу.
- Кваліфікація професорсько-викладацького складу.
- Якість навчального процесу.
- Рівень наукових досліджень, що проводяться в університеті.
- Рівень оснащення навчального процесу.

- Рівень підготовки випускників (включаючи практичну підготовку і готовність виконувати професійні функції) та їх затребуваність на ринку праці.

Головне завдання системи управління якістю вищої освіти це постійне покращенні, яке можна розглядати як дію спрямовану на підвищення якості персоналу, якості підготовки, якості інфраструктури навчальних закладів та посиленні результативності і ефективності використаних для цього форм, методів і засобів.

Якщо оглянути європейське оцінювання якості освіти вищих технічних навчальних закладів, то в ньому переважають наступні концептуальні підходи:

1. Визначення рейтингу вищих навчальних закладів за такими параметрами як репутація в суспільстві, вступний конкурс, науковий потенціал, фінансові ресурси закладу, задоволеність студентів якістю та організацією навчального процесу а роботодавців якістю підготовки фахівців.

2. Проведення моніторингу якості освіти на національному та міжнародному рівнях як основи для прийняття управлінських рішень.

3. Комплексний розгляд проблеми якості через створення ключових освітніх стандартів, автономії освітніх закладів.

4. Поєднання внутрішньої і зовнішньої оцінки, пріоритет оцінки "споживача" над оцінкою "виробника".

5. Використання оцінки як засобу звітності та як засобу сприяння розвитку навчального закладу.

6. Розуміння, що якість університетської освіти не піддається абсолютному та однозначному вимірюванню, оскільки таке вимірювання має включати наявний рівень соціально-економічного розвитку країни, реальні доходи, обсяги споживання матеріальних і духовних благ та послуг, а також різні рівні розвитку потреб людини.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Отже, управління якістю освіти в наш час стоїть на великій кількості різноманітних концепцій. Використати якийсь конкретний концептуальний підхід для розв'язання будь-яких питань управління не можливо, оскільки він буде по-різному кожного разу по-різному інтерпретуватись відносно рівня створення системи якості, цілей її функціонування, ступеня відкритості системи управління. Проте останнім часом більшість науковців погоджуються, що найефективними відповідно до сучасних завдань освітньої діяльності вищих технічних навчальних закладів та вимог мінливого ринку професій є системний та процесний методологічні принципи.

Список використаної літератури:

1. Багаутдинова Н. Г. Инновационный потенциал высшей школы: анализ и оценка / Н. Г.Багаутдинова. – М. : Экономика, 2002. – 172 с.
2. Генев Ф. Психология управления / Ф. Генев. – М. : Прогресс, 1982. – 422 с.
3. Гофрон А. Філософські засади сучасних європейських, освітніх концепцій: автореф, дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філос. наук: спец. 09.00.07 «Етика» / А. Гофрон. – К., 2005. – 32 с.
4. Закон України «Про концепцію Загальнодержавної програми адаптації законодавства Європейського Союзу» від 21.11.2002 р. / Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 3. – С. 12.
5. Панасюк Н.Л. Теоретична модель управління якістю освіти. /Н.Л. Панасюк// Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво: наук. журнал – Вип. 13 – Луцьк: ЛНТУ, 2014. – С. 135–140.
6. Панасюк Н.Л. Тенденції розвитку та актуальні проблеми управління якістю освіти. /Н.Л. Панасюк// Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми // Зб. наук. пр. – Випуск 37 / Редкол.: І.А. Зязюн (голова) та ін. – Київ-Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2014. – С. 246–252.

УДК 378.11

Панасюк Н.Л.

Луцький національний технічний університет

РОЛЬ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ ПІДВИЩЕННІ ЯКОСТІ В СИСТЕМІ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

Панасюк Н.Л. Роль національної політики підвищенні якості в системі вищої освіти України. Національна стратегія визначає основні напрями, пріоритети, завдання і механізми реалізації державної політики в галузі освіти, кадрову і соціальну політику і складає основу для внесення змін і доповнень до чинного законодавства України, управління і фінансування, структури і змісту системи освіти.

Ключові слова: національна політика, підвищення якості, система, вища освіта.

Панасюк Н.Л. Роль национальной политики повышении качества в системе высшего образования Украины. Национальная стратегия определяет основные направления, приоритеты, задачи и механизмы реализации государственной политики в области образования, кадровую и социальную политику и составляет основу для внесения изменений и дополнений в действующее законодательство Украины, управления и финансирования, структуры и содержания системы образования.

Ключевые слова: национальная политика, повышение качества, система, высшее образование.

Panasiuk N. Role of national policy improving quality in higher education Ukraine The National Strategy defines the main directions, priorities, objectives and mechanisms for implementing state policy in education, human resources and social policy and is the basis for changes and additions to the current legislation of Ukraine, management and funding structure and content of education.

Keywords: national policy, to improve quality, the system of higher education.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Розробка національної стратегії зумовлена необхідністю кардинальних змін, спрямованих на підвищення якості і конкурентоспроможності освіти, вирішення стратегічних завдань, що стоять перед національною системою освіти в нових економічних і соціокультурних умовах, інтеграцію її в європейський і світовий освітній простір.

Освіта є пріоритетним напрямом державної політики України. Наша держава виходить з того, що освіта – це стратегічний ресурс соціально-економічного, культурного і духовного розвитку суспільства, поліпшення добробуту людей, забезпечення національних інтересів, зміцнення міжнародного авторитету й іміджу нашої держави, створення умов для самореалізації кожної особистості [9].

Національна стратегія визначає основні напрями і шляхи реалізації ідей і положень Національної доктрини розвитку освіти, здійснення реформування освіти упродовж найближчих 10 років в нових соціально-економічних умовах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми. За десять років реалізації Національної доктрини розвитку освіти розроблено нові, значущі для регулювання освітніх процесів, державні закони, внесені зміни до чинного законодавства стосовно різних ланок національної системи освіти. Закони України, якими регулюється діяльність в освіті: "Про освіту", "Про соціальну роботу з дітьми та молоддю", "Про оздоровлення та відпочинок дітей", "Про професійно-технічну освіту", "Про реабілітацію інвалідів в Україні, Про дошкільну освіту", "Про загальну середню освіту", "Про позашкільну освіту", "Про вищу освіту", "Про охорону дитинства", "Про наукову і науково-технічну діяльність", "Про фізичну культуру і спорт", "Про соціальні послуги", "Про інноваційну діяльність" та інші.

Виправдали себе зміни, що були внесені до Умов прийому до вищих технічних навчальних закладів 2011 року щодо збільшення строків прийому заяв та документів на вступ, надання додаткових прав абітурієнтам, у тому числі – з інших держав, коригування рейтингових списків абітурієнтів та інші.

Відбулася первинна апробація експерименту "Електронний вступ 2011". Понад 10 відсотків абітурієнтів скористалися сервісом електронного вступу, що, безумовно, призвело до економії коштів родин абітурієнтів. За період вступної кампанії було зафіксовано понад 54 млн. відвідувачів з 99 країн світу. Вступну кампанію 2011 року супроводжували шість інформаційно-програмних комплексів, що були інтегровані в єдину базу.

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України "Про державне замовлення на підготовку фахівців, науково-педагогічних та робітничих кадрів, підвищення кваліфікації та перепідготовку кадрів (післядипломна освіта) для державних потреб у 2011 році" обсяг

© Панасюк Н.Л.

державного замовлення для вищих навчальних закладів України становив: за освітньо-кваліфікаційним рівнем молодшого спеціаліста – 75,8 тис. місць, що на 9,4 відс. менше ніж у 2010 році (83,6 тис. місць); за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавра – 106,4 тис. місць, що на 19,4% Менше, ніж у 2010 р. (132,0 тис. місць); державне замовлення на спеціаліста і магістра було визначено з урахуванням обсягу випуску бакалаврів і становило відповідно – 75,2 і 42,7 тис. місць.

За оперативними даними, до приймальних комісій вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації, тобто для навчання за програмою бакалавра, було подано понад 869 тис. заяв (у 2010 р. – 1 млн.150 тис.). Всього вступників у 2011 році було понад 290 тис. (у 2010 р. – 310 тис.).

Формулювання цілей статті. Полягає у підвищенні рівня і доступності освіти для громадян України відповідно до вимог інноваційного розвитку економіки, сучасного розвитку суспільства і кожного громадянина.

Виклад основного матеріалу дослідження. До основних стратегічних напрямків розвитку освіти належать: оновлення законодавчої бази системи освіти, оптимізація структури системи освіти, модернізація змісту освіти, забезпечення умов для розвитку та соціалізації дітей та молоді, забезпечення безперервності та доступності освіти, інформатизація освіти, забезпечення наукової та інноваційної діяльності в освіті, національний моніторинг системи освіти, кадрове забезпечення освіти, міжнародне партнерство, фінансування та матеріально-технічне забезпечення освіти [7].

Національне виховання є одним із головних пріоритетів, органічною складовою освіти. Його основна мета – виховання свідомого громадянина, патріота, набуття молоддю соціального досвіду, високої культури міжнаціональних взаємовідносин, формування у молоді потреби та уміння жити в громадянському суспільстві, духовності та фізичної досконалості, моральної, художньо-естетичної, трудової, екологічної культури.

Особливе занепокоєння викликає стан моральності зростаючої особистості, а також те, що підростає покоління дорослішає у ціннісно не визначеному суспільстві. Стара суспільна система з її цінностями зруйнована, нова перебуває в процесі становлення. Дотепер не сформульовано національну ідею, принципи та зміст моралі, які б сприяли консолідації українського народу у процесі розбудови громадянського суспільства і правової держави.

З метою дотримання засад демократичності, прозорості та гласності у формуванні контингенту студентів, у тому числі шляхом об'єктивного тестування, починаючи з 2012 року, для випускників загальноосвітніх навчальних закладів, які вирішили стати студентами вищих технічних навчальних закладів, Українським центром оцінювання якості освіти проводиться загальнонаціональне зовнішнє незалежне оцінювання.

Актуальною є співпраця ОППО з Національною академією педагогічних наук України, Університетом менеджменту освіти, Інститутом інноваційних технологій і змісту освіти, регіональними університетами, громадськими організаціями, оскільки лише загальні зусилля сприятимуть забезпеченню ефективності професійного розвитку педагогів відповідно до потреб часу. Необхідно нормативно урегулювати дистанційну освіту: визначити норми начального часу та оплати праці вчителів щодо створення відповідних навчально-методичних комплексів для дистанційної освіти з урахуванням підготовки матеріалів та проведення вступного та вихідного діагностування, роботи з платформами, проведення занять у режимі он-лайн, перевірки завдань, індивідуальних консультацій тощо. Сучасна освіта дорослих в Україні представлена переважно системою післядипломної освіти та системою професійного навчання на виробництві.

До основних категорій дорослих людей, що потребують навчання у дорослому віці, є безробітні, дорослі з особливими потребами, люди третього віку, працівники, які прагнуть до фахового та особистісного зростання. До основних проблем у галузі безперервності освіти слід віднести відсутність відповідної нормативно-правової бази та недостатнє визначення взаємодії між державними установами, недержавними організаціями і соціальними партнерами у сфері освіти дорослих [10].

Відповідно до завдань, визначених Законами України, Указами Президента України, упродовж останніх п'яти років у межах чинної Національної програми інформатизації виконуються завдання державних програм інформатизації та комп'ютеризації загальноосвітніх, професійно-технічних і вищих навчальних закладів. Зросла кількість загальноосвітніх навчальних закладів, оснащених сучасними навчальними комп'ютерними комплексами до 94,6 % в цілому по Україні.

У більш ніж 100 вищих навчальних закладах дистанційна форма навчання використовується як навчальна технологія. Програма "Сто відсотків" забезпечує підключення ста відсотків шкіл до глобальних інформаційних ресурсів; сприятиме створенню умов для отримання повноцінної освіти, соціальної адаптації та реабілітації дітей з обмеженими можливостями [8].

У рамках проекту "Відкритий світ" передбачено створення національної інформаційно-комунікаційної мережі на основі бездротових технологій четвертого покоління, яка має бути використана, насамперед, для потреб шкільної освіти: 1,5 мільйони школярів стануть користувачами портативних комп'ютерів (нетбуків чи їх аналогів), а також отримають доступ до нових українських навчальних програмних продуктів і доступ до мережі Інтернет. Проект має на меті посилити загальну конкурентоспроможність українського суспільства та забезпечити умови для майбутнього технологічно-інноваційного прориву нашої держави [6].

Успішно реалізуються освітні програми корпорації Intel. Програма Intel "Навчання для майбутнього" передбачає навчання педагогів основам ІКТ. За 6 років підготовлено понад 180 000 вчителів. Проект "1 учень - 1 комп'ютер" передбачає забезпечення загального доступу учнів до електронних освітніх ресурсів шляхом використання персональних нетбуків [2; 4].

Сьогодні існує нагальна необхідність дослідити питання централізації/децентралізації управління всіма підсистемами освіти, що має здійснюватися в умовах дефіциту бюджетних коштів на її утримання і передбачати подальше зменшення кількості центральних органів виконавчої влади, структурних підрозділів окремих підсистем освіти, з одного боку, і надання автономії окремим її підсистемам, структурним підрозділам - з іншого.

На сьогодні зростає роль громадсько-державного управління освітою, що зумовлює визначення її цілей та окремих функцій.

Досить високими темпами розвивається інформаційно-аналітична система управління освітою (автоматизація, розробка програмно-технологічних комплексів, інформаційних баз, технічний та програмний супровід Інтернет-серверів для учасників навчально-виховного процесу тощо) [1; 5].

Здійснюється системне реформування структури вищої освіти через впровадження її трьох рівнів: освітньо-кваліфікаційних – бакалавр, магістр, освітньо-наукового – доктор філософії відповідних наук.

Протягом 2010–2014 років Урядом прийнято ряд постанов, якими визначено перелік напрямів і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка фахівців з вищою освітою за освітньо-кваліфікаційними рівнями бакалавра, молодшого спеціаліста і магістра відповідно. Реорганізується мережа вищих навчальних закладів з метою створення конкурентоспроможних сучасних вищих технічних навчальних закладів через утворення навчально-наукових університетів, потужних регіональних університетських комплексів, які об'єднують вищих технічних навчальних закладів різних типів, створення спільних з НАН України навчально-наукових підрозділів. Мережа вищих навчальних закладів приводиться у відповідність до потреб суспільства, запитів ринку праці і громадянина [3].

Наукові установи НАН і НАПН України активно створюють з вищими навчальними закладами спільні підрозділи, що дає змогу враховувати новітні здобутки науки у навчальному процесі, залучати провідних вчених до педагогічної роботи, а талановитих студентів – до участі у наукових пошуках і дослідженнях. На вирішення зазначених проблем націлені договори про співпрацю між МОН України, ІТЗО, НАН та НАПН України, їх установами.

МОН України спільно з представниками названих вище установ і організацій розроблено та внесено на розгляд Кабінету Міністрів України проект акта Кабінету Міністрів України щодо навчання студентів та стажування аспірантів, наукових і науково-педагогічних працівників у провідних вищих навчальних закладах та наукових установах за кордоном.

Успішно реалізувалися державні програми, що були спрямовані на пошук талановитої молоді, залучення її до активної наукової роботи та підтримку у подальшій діяльності.

Вирішенню цих завдань сприяють всеукраїнські і міжнародні студентські олімпіади і конкурси наукових робіт. Студентські команди України постійно виборюють призові місця на міжнародних олімпіадах з фундаментальних і прикладних наук. Важливим на сучасному етапі розвитку є впровадження новітніх інформаційно-комунікаційних технологій в освіті і науці. За ініціативи Міністерства здійснено унікальний проект з підключення вищих навчальних закладів і

наукових установ до світових електронних ресурсів та баз даних з використанням національної науково-освітньої мережі УРАН.

Зроблено конкретні кроки щодо інтеграції вищих технічних навчальних закладів в міжнародний освітній простір:

- у 2005 році Україна приєдналась до країн Європи, які підписали Болонську декларацію, спрямовану на створення єдиного європейського простору вищої освіти, розширення академічної мобільності студентів, викладачів, науковців;
- розробляється Національна система професійних кваліфікацій, яка в основному відповідає європейській;
- педагогічну практику впроваджено кредитно-трансферну систему організації навчального процесу;
- відбувся Форум міністрів освіти європейських країн "Школа XXI століття: Київські ініціативи", результатом якого є спільне комюніке європейських держав; проголошено сім напрямів євроінтеграції середньої освіти і проекти практичних дій по кожному з них (дошкільна освіта; "Спільна історія без розділових ліній"; толерантність; "Через мову до взаєморозуміння"; "ІКТ – освіта без кордонів"; "Від шкіл-партнерів до партнерів-країн"; "Новий освіті Європи – новий європейський учитель").

Очікувані результати реалізації Національної стратегії розвитку освіти передбачають створення збалансованої законодавчої системи освіти, що регулює та забезпечує ефективність реалізації стратегічних напрямків розвитку освіти в Україні, результативного функціонування всіх її підсистем; створення позитивних зразків та поширення досвіду успішного реформування освіти, забезпечення необхідних науково-методичних, організаційних та матеріально-технічних умов; створення в Україні підсистеми елітної освіти для підготовки кадрів для високотехнологічних галузей, сучасних напрямків науки і мистецтва.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, підготовка та виховання педагогічних кадрів на засадах безальтернативності інноваційних підходів до організації навчання та удосконалення підсистем освіти, дитиноцентризму, власного безперервного професійного та творчого зростання; визначеність й унормування змісту всіх підсистем освіти, що забезпечує усталену систему знань та компетентностей, потужну професійно кваліфіковану кадрову базу для економічного зростання держави, конкурентоспроможність вітчизняних працівників на зовнішньому ринку праці.

1. Биков В.Ю. Інформаційне забезпечення навчально-виховного процесу: інноваційні засоби і технології. Колективна монографія / В.Ю. Биков, О.О. Гриценчук, Ю.О. Жук та інші. – К.: Атіка, 2005.
2. Інформаційні технології і засоби навчання: Зб. Наук. Праць / За ред. В.Ю. Бикова, Ю.О. Жука / Інститут засобів навчання АПН України. – К.: Атіка, 2005.
3. Забродська Л.М. Інформатизація закладу освіти: управлінський аспект / Л.М. Забродська. – Х.: Видав. група «Основа», 2003. – 240 с.
4. Калініна Л.М. Система інформаційного забезпечення управління загальноосвітнім навчальним закладом: Моногр. / Л.М. Калініна – К.: Айлант, 2005.
5. Кравчина О.Є. Інформатизація організаційно-управлінської діяльності в загальноосвітній школі – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/>
6. Луначек В.Е. Управління загальноосвітнім навчальним закладом з використанням комп'ютерних технологій: Дис...канд. пед. наук: 13.00.01. – К., 2002. – 9 с.
7. Панкратова Н.Д. Общие тенденции и системные проблемы развития информационных технологий // Проблемы управления и информатика. – 1999. – №1. – с.58–68.
8. Пилипчик А.Ю. Система освіти України як об'єкт інформатизації: види діяльності в системі освіти – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/>.
9. Управление качеством образования: Практико-ориентированная монография и методическое пособие / Под ред. М.М. Поташника. — М.: Педагогическое общество России, 2000. — 448 с.
10. Управление персоналом: Энциклопедический словарь / Под ред. А.Я. Кибанова. — М.: ИНФРА-М, 1998. УТП, 453 с. 14. Философский энциклопедический словарь. - М.: Наука, 1989. – 504с.

УДК 378.004

М.І.Лепкий, В.М.Подольак

Луцький національний технічний університет

ПЕДАГОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВЧАННЯ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

В.М.Подольак, М.І.Лепкий, В.А.Кошелюк. Педагогічні умови використання мультимедійних технологій навчання у вищих навчальних закладах. Стаття присвячена аналізу можливих варіантів використання мультимедійних технологій для реалізації навчального процесу. Наведено приклади педагогічного моделювання і проектування електронних навчальних ресурсів. Окрема увага приділена медіатехнологіям навчальної діяльності. В статті розглянутий зміст масових комунікацій як елементів інформаційно-навчального середовища.

Ключові слова: комп'ютерна грамотність, мультимедійні технології навчання, тренажери, педагогічні технології, медіаосвіта.

В.М.Подольак, М.І.Лепкий, В.А.Кошелюк. Педагогические условия использования мультимедийных технологий образования в высших учебных заведениях. Статья посвящена анализу возможных вариантов использования мультимедийных технологий для реализации учебного процесса. Приведены примеры педагогического моделирования и проектирования электронных образовательных ресурсов. Отдельное внимание уделено медиа технологиям в учебной деятельности. В статье раскрыто содержание массовых коммуникаций как элемента информационно - образовательной среды.

Ключевые слова: компьютерная грамотность, мультимедийные технологии образования, тренажеры, педагогические технологии, медиа-образование.

V.N.Podolak, M.I.Lepkiy, V.A.Kosheluk. Pedagogical terms of the use of multimedia technologies of studies are in higher educational establishments. The article is devoted the analysis of possible variants of the use of multimedia technologies for realization of educational process. The examples of pedagogical design and planning of electronic educational resources are resulted. Separate attention is spared медіатехнологіям of educational activity. In the article maintenance of mass communications is considered as elements of informatively educational environment.

Keywords: computer literacy, electronic educational resources, trainers, pedagogical technologies.

Україна сьогодні здійснює перехід від індустріального до інформаційного суспільства. Інформатизація освіти в силу специфіки самого процесу передачі знання вимагає ретельного відпрацювання використовуваних технологій і можливостей їх широкого тиражування.

Поєднання двох сучасних перспективних технологій у навчанні – комп'ютерних та інтеграційних – доцільно реалізовувати шляхом їх координації на основі єдиного підходу. Це передбачає широке використання можливостей інформаційних технологій навчання для засвоєння знань і вмінь студентів. Інформаційні технології навчання мають сприяти розвитку цілісності та системності мислення студента, його уяви, мотивації до вивчення предмету; дозволяють більш повно забезпечити усі види його пізнавальної діяльності, формувати відповідні уміння і навички; індивідуалізувати процес навчання. Інформаційні технології навчання розвивають ідеї програмованого навчання, відкривають абсолютно нові, ще не досліджені технологічні варіанти, пов'язані з унікальними можливостями сучасних комп'ютерів і комунікацій.

Метою інформаційних технологій навчання є формування умінь працювати з інформацією, розвиток комунікативних здібностей, підготовка особи “інформаційного суспільства”, формування дослідницьких умінь, умінь ухвалювати оптимальні рішення.

Розвиток людських задатків, перетворення їх в здібності - одне із завдань навчання і виховання, вирішити яку без знань і розвитку пізнавальних процесів не можна. У міру їх розвитку, удосконалюються і самі здібності, набуваючи потрібних якостей. Знання психологічної структури пізнавальних процесів, законів їх формування необхідно для правильного вибору методу навчання і виховання. Великий внесок у вивчення і розвиток пізнавальних процесів внесли такі вчені, як Л.С.Вигодський, А.Н. Леонтьєв, Л.С. Сахаров, А.Н. Соколов, Же Піаже, С.Л. Рубінштейн і ін.

Ними були розроблені різні методики і теорії формування пізнавальних процесів. І зараз, щоб успішно розвивати пізнавальні процеси в навчальній діяльності, необхідно, шукати сучасніші засоби і методи навчання.

Комп'ютерна обізнаність визначається не тільки умінням програмувати, а, в основному, умінням використовувати готові програмні продукти, розраховані на призначений для користувача рівень. Ця тенденція з'явилася завдяки широкому розгляду “м'яких” продуктів, орієнтованих на непідготовлених користувачів. Розробка таких програмно - інформаційних засобів є достатньо дорогою справою через його високу наукоємність та потребу спільної роботи висококваліфікованих фахівців: психологів, комп'ютерних дизайнерів, програмістів. Проте вона

себе оправдовує завдяки тому, що доступ до комп'ютера сьогодні може отримати практично кожна людина, навіть без спеціальної підготовки. Комп'ютер є не просто технічним приладом, він використовує відповідне програмне забезпечення. Рішення вказаної задачі пов'язане з подоланням труднощів, обумовлених тим, що одну частину завдання, конструювання і виробництво ПК - виконує інженер, а іншу - педагог, який повинен знайти розумне дидактичне обґрунтування логіки роботи комп'ютера в цілому і окремих програм зокрема.

На даному етапі відбудеться зміна перш за все діяльності суб'єктів освіти - вчителя і учня, викладача і студента. Кожному з них доводиться будувати принципово нові відносини, освоювати нові форми діяльності у зв'язку із зміною засобів навчальної роботи і специфічною перебудовою її змісту. І саме в цьому, а не в оволодінні комп'ютерною грамотністю вчителями та студентам, або насиченості групи навчальною технікою, полягає основна трудність комп'ютеризації освіти.

Виділяють три основні форми, в яких може використовуватися комп'ютер при виконанні навчальних функцій:

- а) машина як тренажер;
- б) машина як репетитор, що виконує певні функції за викладача, причому машина може виконувати їх краще, ніж людина;
- в) машина як пристрій, що моделює певні наочні ситуації (імітаційне моделювання).

Тренувальні системи найдоцільніше застосовувати для вироблення і закріплення умінь і навиків. Тут використовуються програми контрольно-тренувального типу: крок за кроком студент отримує дозовану інформацію, яка наводить на правильну відповідь при подальшому пред'явленні завдання. Такі програми можна віднести до типу, властивого традиційного програмованого навчання. Завдання студента полягає в тому, щоб сприймати команди і відповідати на них, повторювати і заучувати готовий матеріал. При використанні в такому режимі комп'ютера наголошується інтелектуальна пасивність студентів. Такі програми можуть навчити теоретичним правилам складання конструкцій, на прикладах показати існуючі перспективні проєкції, ознайомити з правилами їх побудови.

Відмінність систем репетиторства визначається тим, що при чіткому визначенні цілей, завдань і змісту навчання використовуються дії, що управляють, йдуть як від програми, так і від самого студента. Для навчальних систем такий обмін інформацією отримав назву діалогу. Таким чином, системи репетиторства передбачають свого роду діалог студента з комп'ютером в реальному масштабі часу. Зворотний зв'язок здійснюється не тільки при контролі, але і в процесі засвоєння знань, що дає студентові об'єктивні дані про хід цього процесу. По суті справи системи репетиторства засновані на тій же ідеології програмованого навчання (розгалужені програми), але посиленого можливостями діалогу з ЕОМ.

Потрібно підкреслити відмінність такого "діалогу" від діалогу, як способу спілкування між людьми. Діалог — це розвиток теми, позиції, точки зору спільними зусиллями двох і більше осіб. Траєкторія цього сумісного обміну думками задається тими сенсами, які породжуються в ході самого діалогу.

Ефективне функціонування мультимедійних технологій навчання можливе, якщо дотримуватися системи дидактичних умов:

- застосування програмно-педагогічних засобів здійснюється комплексно та систематично;
- послідовність та поступовість включення студентів в роботу з навчальною програмою;
- відповідність методів навчання дидактичним можливостям комп'ютера, а також рівню вміння студентів працювати на комп'ютері.

При викладенні матеріалу з використанням мультимедійних технологій навчання, основні положення даного курсу відображаються на екрані чи моніторі. При цьому в значній мірі використовуються графічні та кольорові ефекти, для наочності роботи математичних, фізичних та інших методів, а це в свою чергу викликає краще розуміння матеріалу і сприяє посиленню інтересу до виконання завдань. Студентам надається змога повторно продивитись саме той матеріал, який їх цікавить більше, не переглядаючи всі матеріали.

Якість проведення занять з використанням даних технологій навчання залежить від наглядності і викладу, від вміння викладача поєднувати живе слово з образами, які повинні володіти наступними дидактичними можливостями:

- а) бути джерелом необхідної навчальної інформації;
- б) раціоналізувати форми подання навчальної інформації;
- в) підвищувати ступінь наглядності, конкретизувати поняття, явища;

- г) організовувати і направляти сприйняття;
- д) збагачувати коло уявлень студентів про навчальний предмет, задовільняти їх цікавість;
- е) найбільш повно відповідати науковим і культурним інтересам студентів;
- є) робити доступним для студентів такий матеріал, який без їх використання недоступний.

Одним з видів формування практичної пізнавальної діяльності студентів в умовах сучасного освітнього середовища є використання тренажерів. Тренажери – це навчальний посібник, що дозволяє формувати навички, які необхідні для реальних умов праці. В цьому їх відмінність від наочних посібників, які полегшують формування необхідних знань. Методично неправильне використання тренажера нерідко перетворюється в наочний посібник. Це буває в тих випадках, коли замість багатократного тренування він використовується тільки для показу і ілюстрації окремих теоретичних положень.

Проблема тренування і тренажерів відноситься до числа таких практично важливих проблем, по яким є не тільки великий фактичний матеріал, але і немало суперечливих думок. Поряд з досягненнями, в конструюванні і використанні тренажерів допускаються немало помилок. Значення цих позитивних і негативних досвідів виходить далеко за межі області методики навчання.

Ефективність вправ тренажера залежить також від розподілу їх в часі: вони повинні бути не дуже часті (щоб не втомлювати) і не дуже рідкі (щоб не руйнувати зв'язку); на початку навчання вправи повинні бути частішими, а до кінця можуть бути значно рідші.

Розробка сучасних електронних освітніх ресурсів, орієнтується на традиційні педагогічні категорії: знання, уміння, навички. Проте ефективні освітні ресурси повинні дозволяти студентам оволодівати тими культурними практиками, які вимагає від людини сучасне суспільство. Медіакомпетентність і пов'язані з нею діяльності, якраз і є такими сучасними орієнтирами при створенні електронних освітніх ресурсів. Причому поняття медіакомпетентності розширюється за рахунок використання нових цифрових технологій, що дозволяють маніпулювати із зображенням, звуком, гіперпосиланнями і текстом. На наш погляд сучасні електронні освітні ресурси повинні дозволяти студентам набувати такої компетентності за рахунок можливості реалізувати свої культурно-інформаційні потреби засобами, електронними ресурсами, що надаються, і освітнім середовищем в цілому.

Для здійснення цих цілей необхідно здійснювати педагогічне моделювання і проектування електронних освітніх ресурсів. Педагогічне моделювання – це процес визначення теоретичних підстав проектування у формі закономірностей, принципів, цінностей, цілей, образів; визначення складу і структури педагогічних систем, процесів, ситуацій; представлення створених моделей в певній знаково-символічній формі. Педагогічне проектування – подальша розробка створеної моделі в логіці проектування і доведення її до рівня опису механізму отримання корисного педагогічного результату. Нами пропонується багаторівнева мультимедійна модель електронного освітнього ресурсу.

На наш погляд основними принципами є наступні:

- принцип якнайповнішого орієнтування студента в дисципліні, що вивчається;
- принцип інтерактивності або діалоговості;
- принцип максимальної повноти культурного контексту;
- принцип активізації особової мотивації до навчання;
- принцип гуманного відношення до навчаного;
- принцип мультимодальності;
- принцип багаторівневості та багатовимірності;
- принцип системності;
- принцип екологічності і ін.

Для вказаних принципів не можна вказати порядок їх значущості, між ними існують багатовимірні діалогові зв'язки і кожен з них на певному етапі може як би “втягувати” зміст інших і у свою чергу може бути “втягнутий” в зміст інших принципів. Реалізовувати ці принципи можна послідовно (паралельно), утілюючи їх в наступних рівнях методичного забезпечення: змінюючи структуру і зміст традиційної текстової методичної допомоги; розробляючи сценарії методичної допомоги на аудіо- (відео-) носіях; розробляючи навчальні сценарії і системи навчання для мультимедійних технологій навчання, як в режимі персонального користування так і в режимі використання інформаційних мереж. Вказані рівні реалізації сучасного методичного забезпечення вимагають, по наростаючій, матеріальних витрат і нових методологічних та

методичних навиків від їх розробників. Причому абсолютно очевидно, що методологічне мислення в цьому напрямі повинне бути таким, що випереджає. Не розкриваючи зміст всіх вказаних принципів, зупинимось на деяких з них. Принцип якнайповнішого орієнтування студента в дисципліні, що вивчається, має на увазі, що студент повинен:

- знати об'єм предмету, що вивчається, як за змістом так і в навчальному плані;
- бачити взаємозв'язки предмету, що вивчається, з іншими підрозділами цього предмету і споріднених дисциплін (можна виділити асоціативні зв'язки, понятійні та смислові);
- бути знайомий з системою вимог до знання предмету (критерії оцінювання рівня знань, ключові поняття і закономірності, основні підходи);
- усвідомлювати місце предмету, що вивчається, в системі предметів, що вивчаються за повний курс або на певному ступені;
- розуміти значущість предмету, що вивчається, для майбутньої спеціальності;
- орієнтуватися в проблемі місця предмету, що вивчається, в сучасній культурі (у науковому світогляді, технології, в зв'язках з іншими світоглядами);
- знати тимчасові рамки вивчення даного предмету і можливості їх зміни (екстернат, дострокова здача, система заохочувальних заліків, система заохочень для підвищення рівня вивчення предмету, терміни звітності, можливості перездачі і так далі).

Принцип інтерактивності або діалоговості має на увазі, що методична забезпеченість повинна бути максимально орієнтована на взаємне спілкування (діалог) що навчається з методичною допомогою незалежно від його форми (текстовою, електронною, мультимедійною і ін.).

Навчання виступає як гранично індивідуалізований процес роботи студента із знайомою інформацією, представленою на екрані дисплея. Очевидно, що за допомогою цих теоретичних схем неможливо описати таку педагогічну реальність сьогоdnішнього дня, як, наприклад, проблемна лекція, проблемний урок, семінар-дискусія, ділова гра або науково-дослідна робота.

Проблеми комп'ютерного навчання, про що мовилося вище, не зводяться до масового виробництва комп'ютерів і введення їх в існуючий навчальний процес. Зміна засобу навчання, як, втім, і зміни в будь-якій ланці дидактичної системи, неминуче приводять до перебудови всієї цієї системи. Використання обчислювальної техніки розширює можливості людини, проте воно є лише інструментом, знаряддям вирішення завдань, і його застосування не повинне перетворюватися на самоціль, моду або формальний захід.

Сама можливість комп'ютеризації навчального процесу виникає тоді, коли виконувати людиною функції можуть формалізуватися і адекватно відтворені за допомогою технічних засобів. Тому перш, ніж приступати до проектування навчального процесу, викладач повинен визначити співвідношення між автоматизованою і неавтоматизованою його частинами. За деякими літературними джерелами автоматизований режим за об'ємом навчального матеріалу може досягати 30 % змісту.

Мультимедійні технології навчання є інструментом, який дає змогу викладачу якісно змінити методи, а також організаційні форми своєї роботи і на цій основі розвивати індивідуальні здібності студентів, спонукати кожного гармонізувати притаманні йому особистісні якості; концентрувати основну увагу на формуванні пізнавальних здібностей, на ефективній навчальній діяльності; підтримувати і розвивати прагнення до самовдосконалення; посилювати міждисциплінарні зв'язки у навчанні, комплексність вивчення явищ дійсності, забезпечувати нерозривні взаємозв'язки між дисциплінами; здійснювати постійне динамічне оновлення навчального процесу, його форм і методів, забезпечувати адаптацію навчальних закладів до змінних зовнішніх умов і контингенту студентів.

Впровадження в навчальний процес мультимедійних технологій навчання супроводжується збільшенням обсягів самостійної роботи студентів, що потребує постійної підтримки навчального процесу з боку викладачів. Важлива роль належить консультаціям, які ускладнюються з погляду дидактичних цілей: вони зберігаються як самостійні форми організації навчального процесу і водночас є елементами інших форм навчальної діяльності.

Висновок, який роблять дослідники в тих країнах, де накопичений досвід комп'ютеризації, полягає в тому, що реальні досягнення в цій області, не дають підстав вважати, що нібито застосування мультимедійних технологій навчання кардинально змінять традиційну систему навчання на краще. Не можна просто використовувати їх в звичайному навчальному процесі і сподіватися, що вони зроблять революцію в освіті. Потрібно міняти саму концепцію навчального

процесу, в якій мультимедійні технології навчання органічно вписувались би як нові, могутні засоби. Необхідне проектування нового навчального процесу на основі сучасної педагогічної теорії. А це завдання складніше, ніж підготовка навчальних програм по існуючих навчальних предметах. Викладачеві навряд чи слід розраховувати на те, що використання мультимедійних технологій навчання істотно полегшить його власну працю. Доля комп'ютеризації кінець кінцем залежатиме від педагогічно і психологічно обгрунтованої перебудови всього навчально-виховного процесу.

Список використаних джерел.

1. Вітвицька В.В. Основи педагогіки вищої школи: Методичний посібник для студентів магістратури. – К.: Центр навчальної літератури, 2003.
2. Головенко О.М. Про педагогічну майстерність викладача ВНЗ // Проблеми освіти: Науково-методичний збірник. – К., 1996. – Вип.5.
3. Гурій Л. Дидактичні засоби і навчальна техніка нового покоління для закладів вищої освіти // Освіта України. – 2000. – 11 жовтня.
4. Дворецкий С.И. Формирование информационной культуры специалиста // Информатика и образование. – 2001. - №4.
5. Рябов Г.Г. Манипуляции – инструмент творческого интеллекта // Открытое образование. - 2002. - № 3.
6. Соловов А.В. Проектирование компьютерных систем учебного назначения: Учебное пособие. - Самара: СГАУ, 1995.
7. Фіцула М.М. Педагогіка вищої школи. Навчальний посібник. – К.: Академвидав, 2006.
8. Федоров А.В. Медиаобразование: история, теория и методика. - Ростов-на-Дону: ЦВВР, 2001.
9. Якубайтис Е.А. Фрагментация знаний // Открытое образование. - 2002. - № 5.

УДК 371.13.001.76

Ткачук Н.М., к.п.н.

Волинський інститут післядипломної педагогічної освіти

ПІДГОТОВКА ВЧИТЕЛІВ ПРОФІЛЬНОЇ ШКОЛИ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПЕДАГОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Ткачук Н.М. Підготовка вчителів профільної школи до впровадження інноваційних педагогічних технологій. У статті розкрито важливість застосування інноваційних педагогічних технологій для реалізації завдань старшої профільної школи. Запропоновано можливості впровадження технологій у навчальний процес шляхом підготовки педагогів в системі післядипломної освіти. Запропоновано авторське бачення розв'язання одного з найважливіших стратегічних завдань на сьогоднішньому етапі модернізації середньої освіти України шляхом оновлення змісту підвищення кваліфікації педагогів.

Ключові слова: інновація, технологія, педагогічна технологія, профільна школа, післядипломна педагогічна освіта, підготовка педагога.

Ткачук Н.М. Подготовка учителей профильной школы к внедрению инновационных педагогических технологий. В статье раскрыта важность применения инновационных педагогических технологий для реализации задач старшей профильной школы. Предложены возможности внедрения технологий в учебный процесс путем подготовки педагогов в системе последипломного образования. Предложено авторское видение решением одного из важнейших стратегических задач на сегодняшнем этапе модернизации среднего образования путем обновления содержания повышения квалификации педагогов.

Ключевые слова: инновация, технология, педагогическая технология, профильная школа, последипломное педагогическое образование, подготовка педагога.

Tkachuk N.M. Teacher training specialized schools to implement innovative pedagogical technologies. The article considers the importance of the application of innovative pedagogical technologies for implementation of tasks of the senior professional schools. The proposed introduction of technology into the learning process through the training of teachers in the system of postgraduate education. Author's vision of a solution of one of the most important strategic tasks at the present stage of modernization of secondary education by updating the content of teachers' professional development.

Keywords: innovation, technology, educational technology, professional school, post-graduate pedagogical education, training teacher.

Постановка наукової проблеми. Впровадження профільного навчання старшокласників як одного з етапів реформування освітньої галузі зумовлює пошук нових підходів до організації навчання в старшій школі. Актуальним питанням є підвищення кваліфікації педагогів з питань профілізації навчання. Адже у Концепції розвитку неперервної педагогічної освіти підготовка та підвищення кваліфікації науково-педагогічних і педагогічних працівників розглядається як важлива передумова, що забезпечує проведення модернізації освіти на основі осмислення національного і зарубіжного досвіду [6]. Освітня практика підтверджує доцільність підготовки вчителів, які у своїй діяльності зможуть демонструвати нове професійне мислення, працювати за новими технологіями, у проектному режимі, організовувати творчу взаємодію учнів тощо [3; 9]. Л. Липова уточнює: «Найважливішими і необхідними для вчителя рисами є фундаментальність знань, професійна ерудиція, методична компетентність, рефлексія, цілепокладання, високий рівень комунікативних навичок, постійне професійне самовдосконалення. За їх наявності формуватиметься образ вчителя-професіонала, освіта якого не завершується здобуттям диплому, а його компетентність постійно фахово вдосконалюється» [4, с. 64].

Слід наголосити, що сьогодення старшої школи сприяє розвитку особистості педагога, активно спонукає до самовдосконалення, професіоналізму. Адже відомо, що професіонал формується в процесі постійного самовдосконалення, безпосередньо в професії, що дає йому набір професійних знань, умінь, навичок і сприяє їх творчому переосмисленню під час прийняття нестандартних рішень [1]. Однак головним суб'єктом щодо забезпечення нової якості педагогічних кадрів є інститути післядипломної педагогічної освіти. Місія цих освітніх закладів, у контексті забезпечення якісної профільної освіти у старшій школі, розглядається, насамперед, у підготовці вчителів до інноваційної діяльності, формування у них професійної готовності до використання сучасних педагогічних технологій у практичній діяльності.

Аналіз досліджень. Питанням підготовки вчителів до професійної діяльності в умовах профільного навчання присвятили свої дослідження Н. Василенко, Л. Ващенко, Л. Липова, І. Сотніченко, Е. Соф'янк, І. Піддячий, Л. Покроєва, Н. Шиян та багато інших.

Сьогодні у наукових публікаціях достатньо широко висвітлено питання інноваційної діяльності вчителя, основних етапів вивчення і впровадження нових педагогічних технологій. Зокрема ґрунтовно розробляли ці проблеми І. Бех, Л. Даниленко, І. Дичківська, О. Коберник, І. Підласий, О. Пехота, В. Пікельна, О. Пометун, Г. Селевко, С. Сисосєва, В. Сластьонін, А. Фурман та інші.

Однак, аналіз літературних джерел засвідчує, що проблема підготовки вчителя профільної школи до використання інноваційних педагогічних технологій в навчальному процесі на сьогоднішній день є відкритою та актуальною.

Виходячи з цього **мета** нашої статті полягає у розкритті практичних аспектів підготовки вчителів профільної школи до впровадження інноваційних педагогічних технологій в контексті наукових положень проблеми.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Перш ніж розглянути питання підготовки педагогів в процесі підвищення кваліфікації до впровадження інноваційних педагогічних технологій, уточнимо ключові поняття «інновація» та «педагогічна технологія».

Слово інновація має латинське походження і в перекладі означає оновлення, зміну, введення нового. У педагогічній інтерпретації інновації – це процес творення, запровадження та поширення в освітній практиці нових ідей, засобів, педагогічних та управлінських технологій, у результаті яких підвищуються показники (рівні) досягнень структурних компонентів освіти, відбувається перехід системи до якісно інноваційного стану [5].

Розрізняють поняття новація, або новий спосіб та інновація, нововведення. Новація – це сам засіб (новий метод, методика, технологія, програма тощо), а інновація – процес його освоєння.

Основу і зміст інноваційних освітніх процесів становить інноваційна діяльність, сутність якої полягає в оновленні педагогічного процесу, внесенні новоутворень у традиційну систему. Прагнення постійно оптимізувати навчально-виховний процес зумовило появу нових і вдосконалення використовуваних раніше педагогічних технологій різних рівнів і різної цільової спрямованості. Сьогодні у педагогічний лексикон міцно увійшло поняття «педагогічної технології». Існують різні погляди на розкриття цього поняття.

В освітній практиці технології прийнято розглядати на трьох рівнях:

- загальнопедагогічний рівень функціонування педагогічної технології (репрезентує цілісний освітній процес у регіоні, освітньому закладі, на певному рівні навчання чи виховання тощо; у цьому вигляді педагогічна технологія тотожна педагогічній системі, оскільки вона містить сукупність цілей, змісту, засобів і методів навчання (виховання), алгоритм діяльності суб'єктів і об'єктів навчально-виховного процесу);
- предметно-методичний рівень функціонування педагогічної технології (застосування педагогічної технології як сукупності методів і засобів реалізації певного змісту навчання та виховання в межах одного предмета, групи, в діяльності педагога);
- локальний (модульний) рівень функціонування педагогічної технології (педагогічна технологія реалізується як технологія окремих частин навчально-виховного процесу, розв'язання окремих дидактичних і виховних завдань (технологія окремих видів діяльності, формування понять, виховання окремих особистісних якостей тощо) [2, с. 67].

У зв'язку з цим існує розмежування таких понять, як «освітня технологія», «педагогічна технологія», «технологія навчання». Кожне з них має свою ієрархію цілей, завдань, змісту. Коли йдеться про упорядкування понять «освітні технології», «педагогічні технології» та «технології навчання», то вчені звертаються до запропонованого Н. Борисовою критерію класифікації – «методологія – стратегія – тактика» [8].

Освітня технологія розглядається як методологія, що представлена рівнями педагогічних теорій, концепцій, підходів; вона відображає загальну стратегію розвитку освіти, єдиного освітнього простору. Призначення освітніх технологій полягає у розв'язанні стратегічних для системи освіти завдань: прогнозування розвитку освіти, проектування і планування цілей, результатів, основних етапів, способів, організаційних форм освітньо-виховного процесу.

Педагогічна технологія відображає тактику реалізації освітніх технологій у навчально-виховному процесі за наявності певних умов. Педагогічні технології акумулюють і виражають загальні ознаки та закономірності навчально-виховного процесу незалежно від конкретного навчального предмета. Кожна конкретна педагогічна технологія відображає модель навчально-виховного та управлінського процесів у навчальному закладі, об'єднує в собі їх зміст, форми і

засоби. Суттєвою особливістю педагогічної технології є гарантування кінцевого результату і проектування майбутнього навчального процесу.

Технологія навчання розглядається як тактичний спосіб освоєння конкретного навчального матеріалу в межах певного предмета та теми питання в межах обраної технології. Дидактична технологія охоплює зміст, форми, методи навчання [2, с. 68].

У науковій літературі фіксуємо тлумачення педагогічної технології як комплексу, що одночасно відображає технологізацію навчального процесу, а також сукупність методів і засобів освітнього процесу, спрямованих на досягнення запланованого результату, що охоплює: одержання запланованих результатів навчання; методологію, методики й засоби діагностики поточного стану тих, кого навчають; набір моделей навчання; систему критеріїв вибору оптимальної моделі для реалізації конкретних умов і завдань освітнього простору [7].

І. Дичківська підкреслює, що головне в педагогічній технології – розроблення, деталізація інструментальних аспектів педагогічного процесу. Довільним діям технологія протиставляє жорсткі алгоритмічні приписи, систему логічно вмотивованих дій, послідовний перехід від елементу до елементу [2]. Характерною рисою технології є її поетапна структуризація, коли кожен крок являє собою мініатюрну модель процесу в цілому. Поопераційному розробленню підлягають дії і тих хто навчає, і тих хто навчається.

Вітчизняні дослідники особливостей підготовки педагогів до реалізації завдань профільної школи наголошують на формуванні їх готовності до впровадження таких педагогічних технологій, які забезпечить поєднання практико-прагматичної, прикладної спрямованості профільного навчання та еталонної фундаментальної наукової освіти [3].

Вивчаючи цю проблему ми провели опитування та анкетування педагогів (учителі географії, біології, хімії, керівники шкіл за фахом предметів природничого циклу), які проходили планові курси підвищення кваліфікації (356 респондентів). Четверта частина з них мала досвід роботи в старшій профільній школі.

Проведене нами опитування дозволило з'ясувати, що більше 70% педагогів розглядають поглиблене вивчення предмета, ґрунтовну фундаментальну підготовку у певній галузі як головне завдання профільної школи. Визнають, що загалом вони готові до викладання профільних предметів та спецкурсів, але зауважують, що преференції у цьому мають отримати вчителі вищої атестаційної категорії і вчителі-методисти. Так, питання анкети щодо рівня теоретичної підготовки з проблем змісту предмета дали змогу виявити, що теоретичні знання з профільного предмета є достатніми для 26,4 % респондентів, 46,2 % опитаних обрали за цим показником готовності варіант відповіді «частково», 27,4 % визнали недостатній рівень знань. Вчителі усвідомлюють важливість збереження фундаментальності при викладанні профільних дисциплін, але наголошують і на проблемі володіння педагогічними технологіями, які дозволять забезпечити практичну орієнтацію та дослідницький характер навчально-виховного процесу. Відповіді на питання «Чи використовуєте Ви інноваційні технології для забезпечення практичної орієнтації змісту предмета?» дали змогу з'ясувати високий рівень самооцінки щодо цього показника готовності: 33 % – «Так», 67 % – «Частково». Проте аналіз відповідей на відкриту частину питання засвідчив, що кожен з опитаних має власне розуміння поняття «інноваційні педагогічні технології». Найчастіше вчителі називають окремі методи або техніки: робота в групах, круглий стіл, «мозкова атака» тощо. У відкритих запитаннях було зроблено акцент на те, що оптимальними для досягнення цілей навчання у профільній школі на сьогодні є використання традиційних методів навчання. Водночас, значна частина педагогів визнає, що вчитель профільної школи має виступати не стільки джерелом знань та контролюючим суб'єктом, скільки організатором самостійної активної пізнавальної діяльності учнів, їхнім консультантом і помічником. Більше 70 % педагогів наголосили на потребі в оновленні змісту підвищення кваліфікації, опануванні нових підходів до організації навчально-виховного процесу, методів та технологій навчання у старшій профільній школі.

Отримані результати дозволили зробити висновок, що формування у слухачів готовності до інноваційної діяльності передбачає, перш за все, глибоке вивчення теоретичних питань удосконалення навчально-виховного процесу, позитивних сторін інноваційних педагогічних технологій, які вже досліджувалися і упроваджувалися в педагогічну практику. Тільки на основі ґрунтовної роботи щодо вивчення фундаментальних педагогічних теорій і технологій, осмислення механізму їх упровадження є можливість підвищити рівень підготовки педагогів до інноваційної діяльності у сфері профільної диференціації в старшій школі. Інноваційна педагогічна діяльність,

пов'язана також з відмовою від відомих штампів, стереотипів у навчанні, вихованні й розвитку особистості учня тощо.

Сучасна педагогічна дійсність післядипломної освіти дозволяє варіативно, за допомогою різних форм курсової та міжквестаційної роботи забезпечити підготовку педагогів до роботи в умовах профільного навчання на засадах технологізації навчального процесу та використання інноваційних технологій.

Вважаємо, що основні завдання такої підготовки вчителів профільної школи до впровадження інноваційних педагогічних технологій в системі післядипломної педагогічної освіти полягають в тому, щоб:

- допомогти кожному вчителю в розвитку його ціннісних орієнтацій і гуманістичної спрямованості, які визначають загальний підхід до реалізації актуальних проблем сучасної школи;
- надати педагогам можливість усвідомити методологію вирішення професійно-педагогічних проблем, яка ґрунтується на засадах діяльнісного, компетентнісного та особистісно зорієнтованого підходів;
- сформувати готовність застосовувати найбільш доцільні інноваційні технології навчання учнів профільної школи, визначати цілі, планувати навчальний процес;
- забезпечити формування вмінь добирати доцільні форми, методи, техніки навчальної діяльності на уроці в рамках певної технології;
- орієнтувати вчителя на осмислення ним результатів педагогічних нововведень, сприяти виробленню критеріїв їх оцінки та самооцінки.

Саме на такому концептуальному підході розроблений авторський спецкурс «Педагогічні технології навчання в старшій профільній школі», який введений в професійний модуль освітніх програм підвищення кваліфікації педагогів Волинського інституту післядипломної педагогічної освіти. Програма спрямована на вирішення актуальної проблеми підвищення якості освіти в старшій профільній школі способами інноваційної організації навчального процесу. Мета програми полягає у тому, щоб дати слухачам уявлення про сучасні педагогічні технології навчання, продемонструвати їх можливості у навчальному процесі, запропонувати конструктивні методи взаємодії суб'єктів, сприяти впровадженню активних форм навчання в практику викладання в профільній школі.

Специфіка мети, теоретична і практична спрямованість нашого спецкурсу зумовили доцільність використання у взаємозв'язку *системного, особистісно орієнтованого, діяльнісного, адрагогічного та компетентнісного* підходів, які є провідними у системі післядипломної педагогічної освіти й відображають різні сторони діалектичної цілісності. Акцент було зроблено на такі методологічні принципи:

- культурологічний, що допомагає осмислити ціннісні підстави педагогічної теорії й усвідомити педагогічну діяльність як сферу морального, світоглядного саморозвитку вчителя;
- особистісно-діяльнісний, що забезпечує кожному слухачеві позицію суб'єкта діяльності й розвитку, персоналізацію навчання, сприйняття кожного;
- діалогічний, що передбачає рівноправні суб'єкт-суб'єктні відносини в системі «викладач – слухач», емоційну відкритість і взаємодовіру;
- індивідуально-творчий, орієнтує на виявлення й розвиток творчих можливостей вчителя, навчання способом самостійно рухатися до кінцевого результату.

Реалізація змістових модулів відповідно здійснюються за певними послідовними блоками:

- інформаційно-дискусійний блок, що передбачає відпрацьовування й обговорення теоретичних понять, положень з окресленої теми;
- практико-перетворювальний блок, який «занурює» слухачів у різні види активної діяльності (розумову, ціннісно-орієнтаційну, смислотворчу, комунікативну, проектувальну, творчу) і сприяє оволодінню технологічним аспектом;
- рефлексивний блок, що передбачає роботу слухачів із застосуванням свого досвіду, самоідентифікацію, самооцінку рівня компетентності в умовах конкретної теми;
- блок вільного обміну інформацією, що спонукає до оцінки, виявлення емоційно-рефлексивного ставлення до проблеми ;
- блок самоосвіти, який орієнтує на самостійне вивчення теоретико-практичних джерел з досліджуваної проблеми.

Програма складається з трьох розділів. Перший розділ програми «Сучасні педагогічні технології: психолого-педагогічні аспекти» охоплює питання цілей навчання в старшій

профільній школі в контексті компетентнісного підходу; конкретизує ієрархію компетенцій; визначає психолого-педагогічне обґрунтування впровадження сучасних освітніх технологій у навчальний процес, дає їх класифікацію.

У другому розділі програми «Сучасні педагогічні технології у старшій профільній школі: методичний аспект» розглядаються методичні особливості найбільш затребуваних педагогічних технологій з позицій доцільності, умов і меж їх застосування. Зокрема пропонуються такі теми: «Технологія модульного навчання», «Технологія інтерактивного навчання», «Проблемно-пошукові технології», «Проектна технологія», «Комунікативні технології». Працюючи над проблемою підготовки педагогів профільної школи до впровадження інноваційних педагогічних технологій ми враховували те, що основними принципами відбору інноваційних технологій є: перспективність, демократичність, гуманістичність, інтегративність, реалістичність, цілісність, керованість, економічність, актуальність.

Третій розділ програми спрямовано на оволодіння інструментарієм організації та проведення занять в активній формі. Основна форма діяльності слухачів при реалізації цього модуля – тренінг з відпрацювання прийомів і стратегій активного навчання з наступним детальним методичним аналізом, моделюванням уроку. Такий підхід створює умови для оволодіння технікою ведення активних занять, розвитку педагогічної рефлексії та проектувальної функції вчителя. Добираючи педагогічно доцільні методи, техніки виходимо з необхідності активізації внутрішніх сил та механізмів діяльності слухачів щодо оволодіння теорією та практикою педагогічних інновацій, створення умов для забезпечення творчої атмосфери навчальної роботи. Обов'язково враховуються також зміст, особливості групи, особливості ситуації і можливості тренера-викладача. Відомо, що від арсеналу технологій, якими володіє тренер-викладач для досягнення тієї чи іншої мети залежить розвиток комунікативних здібностей та професійно важливих особистісних якостей педагогів.

За підсумками навчання кожен педагог створює і захищає проект власного заняття у формі комп'ютерної презентації уроку, підготовленої на основі отриманих знань і засвоєних практичних навичок.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Таким чином, одним з найважливіших стратегічних завдань на сьогоднішньому етапі модернізації післядипломної педагогічної освіти є забезпечення якості підготовки фахівців на рівні міжнародних стандартів. Надаючи школяреві можливість поглиблено вивчати цикл предметів, ми визнаємо його суб'єктивність в освітньому процесі, тобто наявність у нього власної мети, інтересів і потреб в освіті. Використання на уроках, на спецкурсах, факультативних заняттях сучасні педагогічні технології допоможуть досягнути поставленої мети у профільному навчанні.

Розв'язання завдань модернізації старшої школи можливе за умови підготовки педагогів до впровадження інноваційних педагогічних технологій.

Подальші наші дослідження стосуватимуться вивчення і визначення найбільш ефективних педагогічних технологій, шляхів та засобів опанування ними сучасними педагогами.

Список використаних джерел

1. Величко Л. Л., Савчин М. М. Теоретичні аспекти педагогічної майстерності та методичної культури педагога [Текст] / Л. Л. Величко, М. М. Савчин // Педагогіка і психологія. – 2013. – № 4. – С. 74–82.
2. Дичківська І. М. Інноваційні педагогічні технології : навч. посіб. / І. М. Дичківська. – К. : Академвидав, 2004. – 352 с.
3. Липова Л., Войцехівський М., Малишев В. Післядипломна освіта в контексті профілізації навчання [Текст] / Л. Липова, М. Войцехівський, В. Малишев // Післядипломна освіта в Україні. – 2010. – № 1. – С.3–6
4. Липова Л., Войцехівський М., Малишев В. Фундаментальність знань – основний чинник професійного іміджу педагога [Текст] / Л. Липова, М. Войцехівський, В. Малишев // Післядипломна освіта в Україні. – 2013. – № 1. – С.63–67
5. Енциклопедія освіти / Акад. пед. наук України ; голов. ред. В. Г. Кремень. – К. : Юрінком Інтер, 2008. – 1040 с.
6. Концепція розвитку неперервної педагогічної освіти (2013) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.mon.gov.ua/img/zstored/files/nmon_%201176_14082013.doc
7. Нісімчук А. С. Педагогіка : підручник / А. С. Нісімчук. – К. : Атіка, 2007. – 344 с.
8. Пуцов В. І. Теоретичні засади практичної андрагогіки / В. І. Пуцов // Професійний розвиток педагогічних працівників: практична андрагогіка : наук.-метод. посіб. / за заг. ред. В. І. Пуцова, Л. Я. Набоки. – К. : [б. в.], 2007. – 228 с.
9. Топузов О. М., Назаренко Т. Г. Психолого-педагогічні умови навчання географії в профільній школі [Текст] / О. М. Топузов, Т. Г. Назаренко // Педагогіка і психологія. – 2012. – № 1. – С. 70–76.