

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ISSN 2522-1957

# ВІСНИК

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ АВТОМАТИКИ, КІБЕРНЕТИКИ ТА  
ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НУВГП

Збірник наукових праць

Випуск 6

Рівне-2019

У збірнику опубліковано наукові статті студентів і викладачів Навчально-наукового інституту автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки НУВГП.

Редакційна колегія:

**Мартинюк П.М.**, д.т.н., професор, головний редактор (Національний університет водного господарства та природокористування); **Бомба А.Я.**, д.т.н., професор (НУВГП); **Власюк А.П.**, д.т.н., професор (Національний університет «Острозька академія»); **Древецький В.В.**, д.т.н., професор (НУВГП); **Іващук Я.Г.**, к.ф.-м.н., доцент (НУВГП); **Круліковський Б.Б.**, к.т.н., доцент (НУВГП); **Маланчук Є.З.**, д.т.н., професор (НУВГП); **Матус С.К.**, к.т.н., доцент (НУВГП); **Степанченко О.М.**, к.т.н., доцент (НУВГП); **Сафоник А.П.**, д.т.н., професор (НУВГП); **Тадеев П.О.**, к.ф.-м.н., д.пед.н., професор (НУВГП); **Тулашвілі Ю.Й.**, д.пед.н., професор (НУВГП); **Турбал Ю.В.**, к.ф.-м.н., д.т.н., професор (НУВГП).

Матеріали збірника розглянуті і рекомендовані до видання на Вченій раді Національного університету водного господарства та природокористування 02 жовтня 2019 р., протокол № 8.

Адреса редколегії: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП.

© Національний університет водного господарства та природокористування, 2019

## ЗМІСТ

Стеценко А.М., Попенко А. О.	Автоматизація процесу вакуумного формування картону	5
Бачишина Л.Д., Рижук Д. В.,	Розробка програмних модулів для автоматизація розпізнання наземних об'єктів	12
Рощенюк А.М., Шеліванов О.В.	Удосконалення швидкісного модуля криптографічної обробки даних на основі модифікованої мережі Фейстеля	20
Рощенюк А.М., Радчик О.Ю.	Самопрезентація викладача - важливий фактор соціально-педагогічної діяльності	32
Брушковський О.Л., Дубчак І.В.	Особливості тестової форми контролю знань з розділу “Звичайні диференціальні рівняння”	41
Брушковський О.Л., Дубчак І.В.	До згину жорстких пластинок з експериментальним визначенням крайових умов	50
Стеценко А.М., Боковець К.Л.	Автоматизація процесу виробництва крекери	56
Стеценко А.М., Матвійчук Ю.Д.	Автоматизація вузла обліку і регулювання теплової енергії у багатоповерховому будинку	66
Прищепя О.В., Михайлус В.С., Матус О.В.	Рекурентний обчислювальний алгоритм для системи з однією спробою повтору	77
Смірнов Д.А., Матус О.В.	Автоматизація процесу керування температурно-вологісним режимом у фермерській теплиці	85

## CONTENT

Stetsenko A.M., Popenko A.O.	Automation of the vacuum formation of the carton	5
Bachyshyna L.D., Ryzhuk D. V.	Development of software module for recognition territorial automation objects	12
Roshcheniuk A.M., Shelivanov O.V.	Improvement of the speed module of cryptographic data processing on the foundation of the modified Feistel network	20
Roshcheniuk A.M., Radchuk O.Y.	Self-presentation of the teacher is important factor of social-pedagogical activity	32
Brushkovskiy O.L., Dubchak I.V.	Peculiarities of the test form of control of knowledge in the section "ordinary differential equations"	41
Brushkovskiy O.L., Dubchak I.V.	About bending of hard plates with experimental determination of boundary conditions	50
Stetsenko A.M., Bokovets K.L.	Automation of cracker manufacturing	56
Stetsenko A.M., Matviichuk Yu.D.	Automation of the accounting unit and regulation of thermal energy in a multi-floor house	66
Pryshchepa O.V., Mykhailus V.S., Matus O.V.	A recurrent computational algorithm for retrieval queue with a single retrieval attempt	77
Smirnov D.A, Matus O.V.,	Automation of the process of control temperature and humidity conditions in the greenhouse	85

**УДК 004.896**

**Стеценко А.М., к.т.н., доцент; Попенко А.О., студентка 5 курсу** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),  
a.m.stetsenko@nuwm.edu.ua

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВАКУУМНОГО ФОРМУВАННЯ КАРТОНУ**

**У роботі спроектовано і розроблено автоматизовану систему керування процесом вакуумного формування картонну на Житомирському картонному комбінаті. Проведено модернізацію системи автоматики вакуум-формуючої машини Hartmann 420, яка виготовляє лотки для яєць. На основі аналізу процесу розроблено функціональну схему автоматизації агрегату подачі паперової маси. Виконано вибір технічних засобів автоматизації, розроблено програмне забезпечення.**

***Ключові слова:* автоматизоване керування, вакуумне формування, тиск, витрата, картон, програмований логічний контролер, частотний перетворювач.**

Технологія виготовлення паперової продукції будується як послідовність обмеженої кількості основних процесів, які відбуваються за різних умов (температура, тиск, концентрація тощо). До цих процесів належать механічні, гідромеханічні, хімічні процеси, які базуються на фундаментальних законах збереження енергії, маси, кількості руху. Серед існуючих проблем у галузі, перш за все, необхідно відзначити проблему сировинного забезпечення виробництва картонно-паперової продукції. Це, безумовно, не нова проблема, рішення якої полягає у створенні в Україні потужностей з випуску целюлози, проте економічний стан країни поки що не дозволяє її вирішити. Тому сьогодні першочерговим завданням є забезпечення розвитку ринку вторинної сировини, тобто макулатури. Вітчизняне виробництво паперу і картону значною мірою базується на макулатурній сировині, частка якої в композиції целюлози перевищує 80%. Підприємства галузі продовжують вкладати значні інвестиції у розвиток системи заготівлі макулатури в

Україні. У даній статті розглядається модернізація системи автоматики вакуум-формовочної машини Hartmann 420, яка виготовляє лотки для яєць з переробленої сировини.

### Опис технологічного процесу

Процес роботи вакуум-формуючої машини Hartmann-420 (рис. 1) має багато особливостей. Машина представляє собою млин, який обертається з певною частотою.

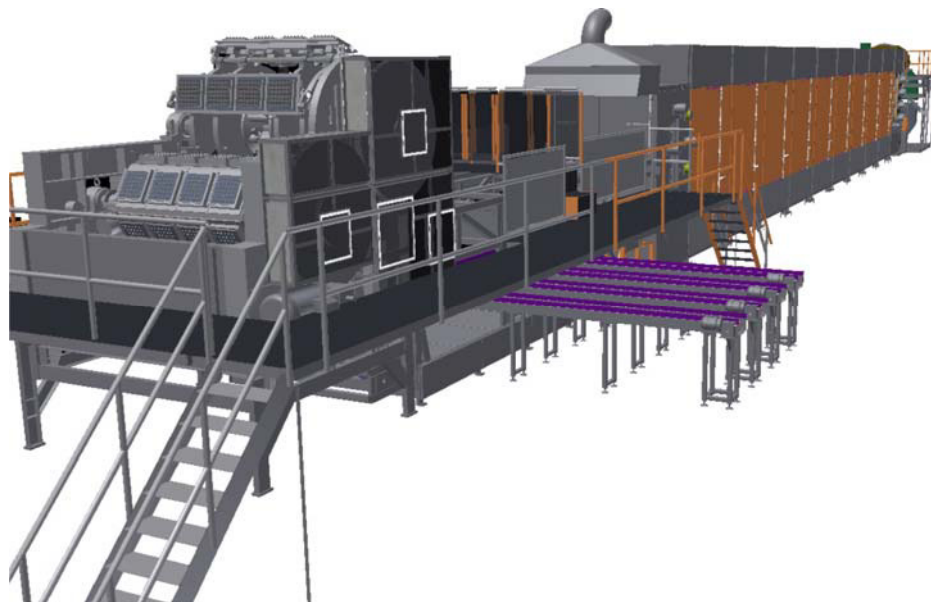


Рис. 1. Загальний вид вакуум-формуючої машини Hartmann 420

Млин має на своїй круглій формі формочки для лотків, які миються від залишків маси сприсками, в цих формочках також присутній вакуум. Сама маса готується в гідрозбивачах, туди подають макулатуру та подрібнюють, потім вона проходить кілька груп очистки та подається на машину. Установка подачі паперової маси служить для того, щоб вона була подана технологічно правильно. Якщо маса буде подана не технологічно правильним тиском, вийде більш розрідженою або більш густою, тоді лотки для яєць підуть у брак. Паперова маса подається на форму, потім млин її спресовує та втягує на свою форму. Далі вакуум викладає лоток на транспортер, який рухається в сушильну групу (рис. 2). Сушильна група слугує для висушування лотків та надання їм твердої форми, вона керується у пічному відділі. Там встановлена газова піч, яка відповідає за нагрівання сушильної групи. В залежності від того, яка потрібна

температура, піч працює в автоматичному режимі з підтримкою номінального горіння. Цей режим дозволяє підтримувати технологічно правильну температуру в сушильній групі. Потім лотки виходять з сушильної групи та прямують на роликовий транспортер, який приводиться в рух двигунами.



Рис. 2. Перекладання лотка на транспортер у сушку за допомогою форм млина та вакуума

Після транспортеру слідує прес упаковки, він зв'язаний із індикацією лотків. Індикація та кількість лотків залежить від формату упаковки. Далі іде сам прес, який спресовує лотки. Механічна частина доходить до оптичного давача та повертається назад, за що відповідає контролер, оптичні давачі, давачі положення циліндру (геркони) та пневматика. Далі лотки пакуються у гофрований папір та складаються.

#### **Функціональна схема автоматизації**

На основі опису технологічного процесу, даних про взаємозв'язки технологічних параметрів розроблено функціональну схему автоматизації процесу (рис. 3), яка містить контури регулювання тиску та витрати.

Регулювання тиску відбувається за допомогою зміни частоти обертання електродвигунів. Він складається з: давача тиску, який встановлюється в самому трубопроводі, та подає сигнал до частотного перетворювача; частотного перетворювача, який шляхом регулювання частоти обертання електродвигуна, змінює тиск у трубопроводі паперової маси.

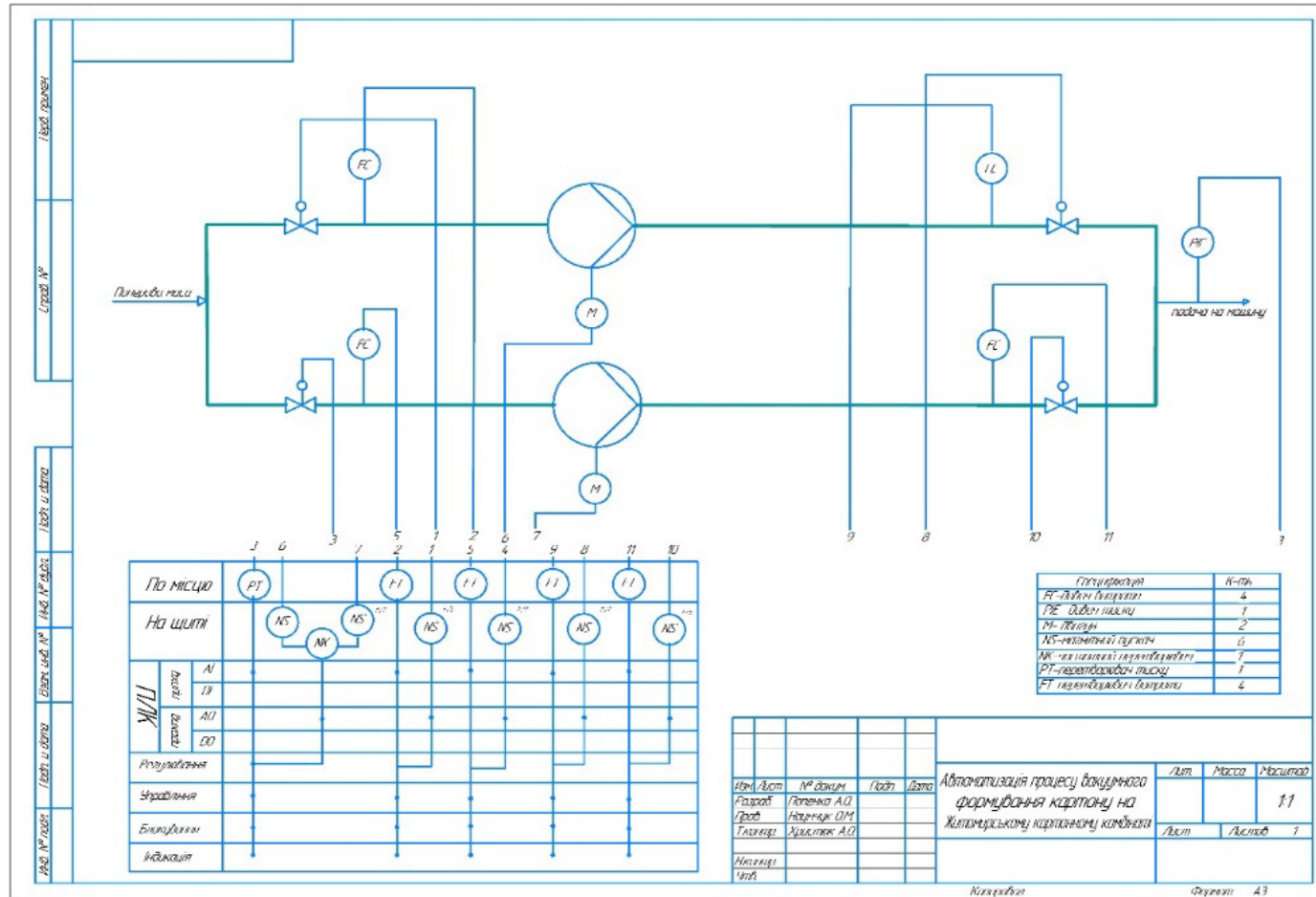


Рис. 3. Функціональна схема автоматзації



Регулювання витрати у трубопроводі відбувається наступним чином: сигнал з давача витрати надходить на аналоговий вхід програмованого логічного контролера (ПЛК), де порівнюється із заданим значенням. ПЛК формує регулюючий сигнал на виконавчий механізм, який змінює положення заслінки. Пневмороздільник забезпечує керування виконавчим механізмом на заслінці і встановлюється по місцю. Сигнал, який подається на виконавчий механізм, змінює потік повітря і відкриває чи закриває заслінку. Коли потік повітря надходить до засувки, вона закрита, коли потоку немає, засувка відкрита. Регулювання витрати на всіх трубопроводах з'єднано в одну ланку, бо вони керують одним процесом, доки не виникне аварійна ситуація або не буде увімкнений ручний режим керування машиною.

#### Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання тиску

Одним з найважливіших параметрів при вакуумному формуванні картону є тиск пари в трубопроводі. Система автоматичного регулювання (САР) повинна забезпечити підтримку в заданих межах тиску на виході з машини. Тиск змінюється за допомогою зміни частоти обертання електродвигуна. На основі ФСА розроблено структурну схему САР тиску у трубопроводі (рис. 4), яка складається із регулятора, частотного перетворювача, двигуна, вакум-формуючої машини Hartmann 420, на виході якої вимірюється тиск пари давачем тиску.

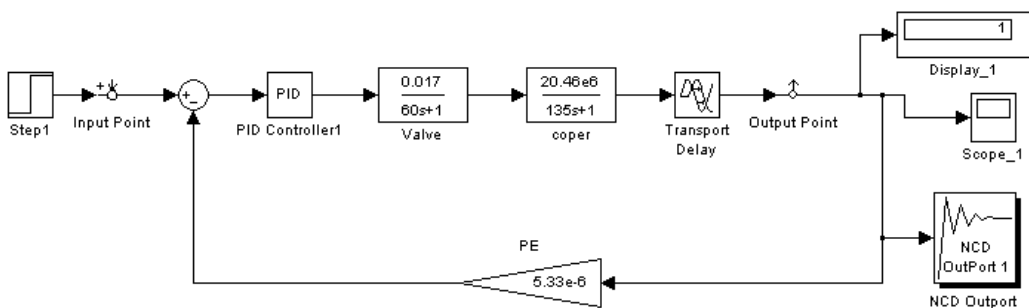


Рис. 4. Структурна схема САР тиску пари у трубопроводі

Після моделювання САР тиску отримано наступну перехідну характеристику процесу та налаштування регулятора (рис. 5):  $K_p = 2.493e-5$ ,  $K_i = 5.566e-8$ ,  $K_d = 7.544e-4$ . Система керування виходить на усталене значення, отже, система

стійка. Параметри якості перехідного процесу: час регулювання  $t = 125 \text{ c}$ ; запізнення  $\tau = 14 \text{ c}$ ; перерегулювання  $\sigma \approx 0\%$ ; коливальність  $n = 0$ ; ustalена похибка  $\delta_{уст.} = 0\%$ .

### Розробка програмного забезпечення

Програмне забезпечення для керування процесом розроблено на базі ПЛК Wincon-8747, до якого підключені модулі вводу-виводу: I-8017, I-8024, та SCADA системи Trace Mode. Для керування обертами двигуна обрано частотний перетворювач Danfoss VLT Micro Drive FC 51 [1].

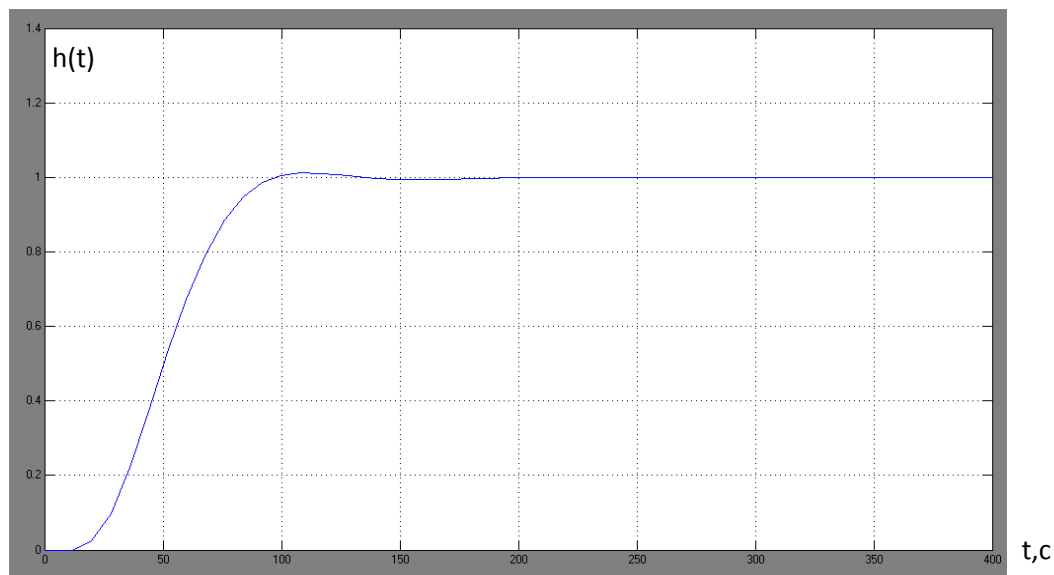


Рис. 5. Перехідна характеристика САР тиску пари у трубопроводі

У SCADA системі Trace Mode мовою FBD блоків розроблена програма для керування тиском за допомогою ПІД закону регулювання (рис. 6).

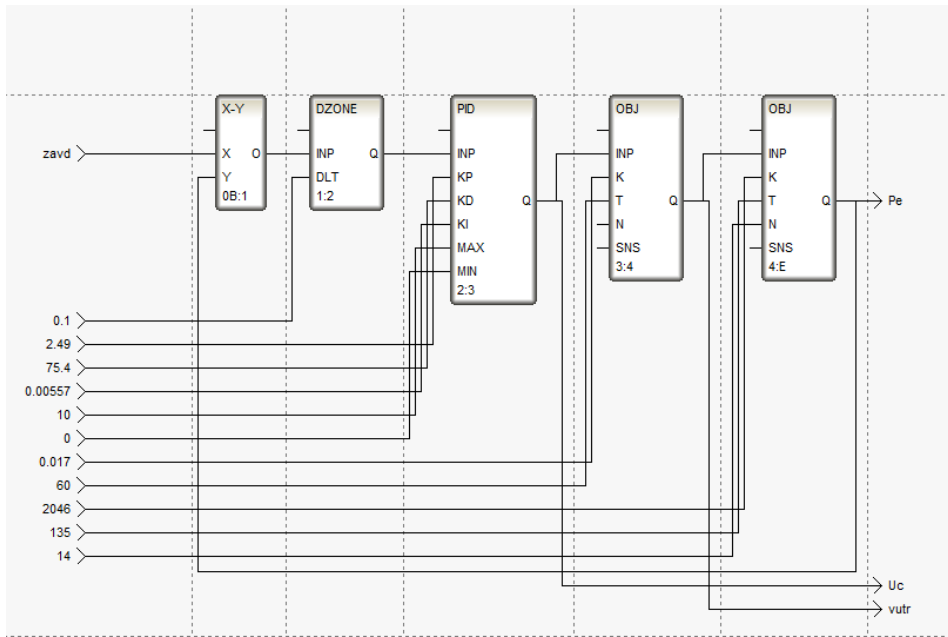


Рис. 6. FBD-програма для регулювання тиску

Створено людино-машинний інтерфейс для автоматизованого робочого місця оператора (рис. 7).

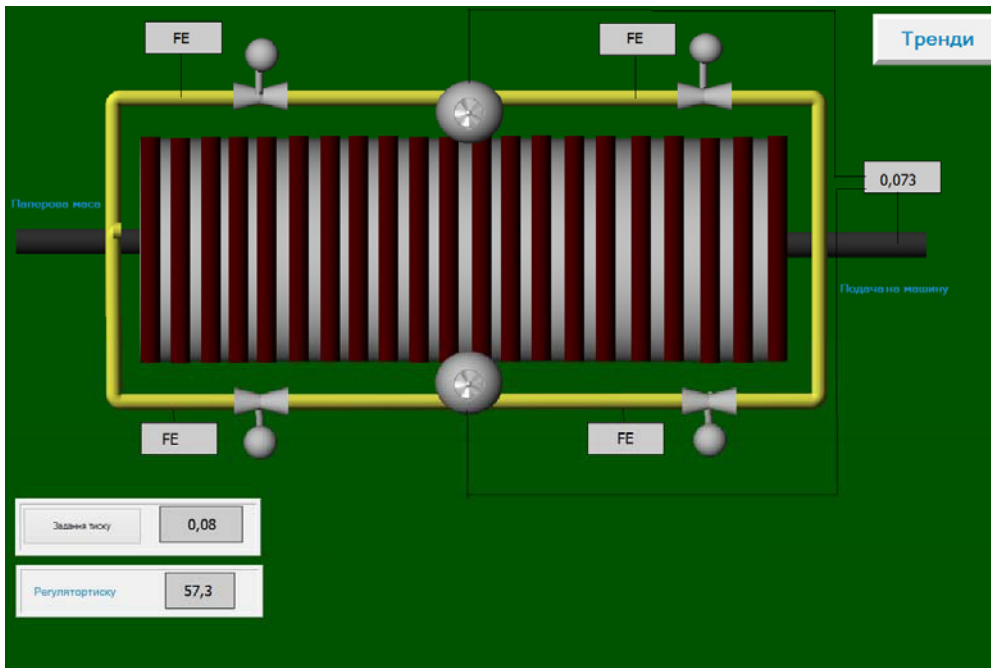


Рис. 7. Графічне представлення вакуум-формуєчої машини у SCADA Trace Mode

1. Danfoss. Преобразователи частоты серии VLTR 5000. Приводы мощностью до 450 кВт. Данфосс ТОВ, 2005. 6 с.

---

**Stetsenko A.M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor; Popenko A.O., Senior Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **AUTOMATION OF THE VACUUM FORMATION OF THE CARTON**

In the work the automated control system of the vacuum forming of cardboard process at Zhytomyr Cardboard Plant was designed and developed. The modernization of the automation system of vacuum-forming machine Hartmann 420, which makes egg trays, was carried out. On the basis of the processes analysis the functional scheme of automation of the papers masses aggregate supply was developed. The choice of technical means of automation was carried out, the software was developed.

*Keywords:* automated control, vacuum forming, pressure, flow, cardboard, programmable logic controller, frequency converter.

**УДК 519.684:528.4**

**Бачишина Л.Д., к.е.н, доцент, Рижук Д.В., студент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), larysa\_bachyshyna@ukr.net

#### **РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗПІЗНАННЯ НАЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Розглянуто питання прискорення обробки інформації та збільшення продуктивності праці користувачів Lidar при обробці масивів даних і формування на їх основі кінцевих цифрових продуктів. Здійснено аналіз найтипівіших випадків класифікації об'єктів наземного знімання. Створено макроси, які дозволяють скоротити час на перевірку та визначення помилок при класифікації об'єктів.

**Розроблені програмні модулі, що спрощують роботу класифікаторів і можуть бути використані для автоматизація розпізнання наземних об'єктів в середовищі Microstation V8.**

**Ключові слова:** цифрові моделі рельєфу, технології лазерного сканування, макроси MicroStation V8, класифікація об'єктів.

**Постановка проблеми.** Використання технологій лазерного сканування дозволяє запропонувати кінцевому користувачу найрізноманітніші продукти, які можуть бути використані для створення геоінформаційних систем, проектуванні, дослідженні й аналізі стану різних об'єктів, контролю інженерних робіт, проведенню регресійного аналізу тощо:

- топоплани різних масштабів;
- ортофотоплани;
- цифрові моделі рельєфу і місцевості;
- трьохвимірні векторні моделі місцевості та об'єктів, включаючи складні промислові споруди;
- результати різних розрахунків, зв'язаних з геометричними характеристиками об'єктів;

Основним результатом лазерного сканування є хмара трьохвимірних точок, яка з тією чи іншою точністю описує геометричні параметри об'єкта знімання. Кількість лазерних відбивань, отриманих при зйомці об'єкту дослідження, часто становить сотні мільйонів і навіть мільярди. Обробка таких масивів даних і формування на їх основі кінцевих цифрових продуктів для користувачів різних галузей на сьогоднішній день є найбільш трудомісткою складовою лазерної технології. Питання прискорення обробки інформації та збільшення продуктивності праці користувачів Lidar є дуже актуальним і потребує вирішення.

Розвиток технологій лазерного сканування почався в 1963 році в США, паралельно подібні розробки велись в СРСР, хоча була зосереджена саме на приладах сканування. На даний момент Lidar активно використовується не тільки в скануванні територій, але й в дослідженнях атмосфери, вимірюванні температури та швидкості вітру, а також в космічній геодезії.

Предметом дослідження є розробка програмних модулів для автоматизація розпізнання наземних об'єктів в середовищі Microstation V8.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Значну увагу вивченню методів збирання геопросторових даних для топографічного картографування у своїх працях приділяють Ю. Карпінський, Н. Лазоренко-Гевель. Питаннями перспектив використання програм обробки даних лазерного сканування розглядали О. Куліковська, Ю. Атаманенко, В. Середович та ін. Питання прискорення обробки інформації та збільшення продуктивності праці користувачів Lidar є дуже актуальним і потребує вирішення.

**Метою** нашого дослідження є аналіз і розробка програмних модулів, що дозволять користувачу точно та швидко виконувати ті чи інші завдання. Для досягнення визначеної мети були поставлені такі *завдання*:

- розглянути основні помилки при класифікації об'єктів та створити макрос, що буде виконувати перевірку;
- проаналізувати найбільш типові випадки класифікації та створити відповідний універсальний макрос, що дасть змогу за короткий проміжок часу виконати те чи інше завдання;
- проаналізувати уже створені модулі та удосконалити їх;
- на основі сумісних програмних модулів, провести аналіз та визначити типові недоліки, що можуть траплятися у ході роботи;
- теоретичною основою дослідження стали наступні розробки та програмні компоненти;
- lidar — технологія отримання та обробки інформації про віддалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем;
- документація microstation;
- документація terrascan.

**Виклад основного матеріалу.** Тривимірне лазерне сканування – порівняно молодий напрямок в області високоточних вимірювань. Передумовою до його виникнення і розвитку стала поява в арсеналі геодезистів невідбиваючих лазерних віддалемірів (тахеометрів), що дозволяють проводити вимірювання без використання спеціальних відбивачів, а також GNSS-технологій (Global Navigation

Satellite System), що дають можливість швидко і точно визначати координати на місцевості за допомогою супутникової інформації.

Принцип дії лазерних сканерів, незалежно від їх типу і призначення, заснований на вимірюванні відстані від джерела лазерного імпульсу до об'єкта. Пучок лазера, що виходить з випромінювача, відбивається від поверхні обстежуваного об'єкта. Відбитий сигнал надходить в приймач сканера, де по затримці часу (імпульсний метод) або зсуву фаз (фазовий метод) між випроміненим і відбитим сигналом визначає необхідну відстань. Знаючи координати сканера і напрямок імпульсу, можна визначити тривимірні координати точки, від якої імпульс відбився.

Сучасні лазерні сканери забезпечують можливість генерації вимірювальних імпульсів з частотою до декількох сотень тисяч в секунду і за допомогою системи рухомих дзеркал або самого корпусу сканера - розподіл цих імпульсів по всій поверхні об'єкта. В результаті таких вимірювань або «сканування» ми за короткий час отримуємо хмару тривимірних точок, з великою точністю, які з повнотою описують досліджуваний об'єкт.

За призначенням сканери можна розділити на 3 основні типи:

- наземні;
- повітряні;
- мобільні.

#### **Наземне сканування (Ground Scanner)**

Наземний лазерний сканер встановлюється в точці зі заздалегідь вказаними координатами і сканує навколишні об'єкти. При необхідності, для отримання повної картини, проводиться сканування з декількох точок/ракурсів, після чого хмари відображень «зшиваються» в єдиний масив.

Основні області застосування наземного сканування – внутрішня і зовнішня зйомка і моделювання архітектурних споруд, промислових об'єктів (будівельні майданчики, цехи, електропідстанції, гірничі виробки і т. п.). Крім того, такі сканери успішно застосовуються в таких далеких від геодезії областях, як кіноіндустрія і створення комп'ютерних ігор.

Дальність дії наземних сканерів зазвичай лежить в межах від одиниць до сотень метрів. Роздільна здатність, що характеризує щільність відображень, а також точність фіксації цих відображень – кілька міліметрів.

### **Повітряне сканування(Air Scanning)**

Повітряні лазерні сканери встановлюються на такі носії як літак або вертоліт і призначені для зйомки великих ділянок місцевості з повітря в процесі польоту. Так як положення і орієнтація сканера безперервно змінюються, такі системи укомплектовуються GPS приймачем і інерційною системою IMU (Inertial Measurement Unit), в реальному часі вимірюють положення і орієнтацію носія/сканера в просторі. Для підвищення точності вимірювань координат використовують базові GPS станції, які дають інформацію для обчислення диференціальних поправок, що враховують похибки поширення сигналів супутників. Як правило, разом із системою сканування, на носій встановлюється цифрова фотоапаратура, що дозволяє виробляти аерофотозйомку одночасно з лазерним скануванням [1].

Дальність дії повітряних сканерів – від декількох сотень до декількох тисяч метрів. Точність фіксації відображень по висоті – 10-15 см, в плані – 1/2000 висоти польоту, що обумовлено істотною дивергенцією лазерного променя. Таким чином, при зйомці місцевості з висоти 500 м, планова точність буде не гірше 25 см. Щільність відображень зазвичай становить від одиниць до сотень точок на 1 кв. м і залежить від частоти генерованих імпульсів і висоти польоту. Можливість фіксації кількох відгуків від кожного імпульсу дозволяє отримувати лазерні відображення від поверхні землі, прихованої рослинністю - тобто відновлювати рельєф місцевості там, де це неможливо зробити за допомогою традиційної аерофотозйомки.

Повітряне сканування застосовується для зйомки як майданних, так і протяжних інфраструктурних об'єктів, таких як дороги, трубопроводи, лінії електропередач і т. д. Результати повітряної лазерної зйомки застосовуються в проектуванні, інвентаризації об'єктів, картографії та багатьох інших областях.

### **Мобільне сканування (Mobile Scanner)**

Ідеологічно мобільна лазерна зйомка схожа з повітряною, тільки в якості носія тут використовується наземна платформа - наприклад, автомобіль, залізнична моторса або катер. Як правило, мобільна скануюча система складається з 2-х або



більше лазерних сканерів, кількох цифрових фото/відео камер, а також GPS і IMU модулів. Сканування виробляється в процесі руху носія по дорозі, залізничним полотном або водної поверхні. На відміну від повітряного сканера, склад об'єктів, що знаходяться при цьому в зоні видимості, менше, але щільність відображень, а тому і детальність хмар точок істотно вище.

З точки зору геопозиціювання, основна відмінність від повітряної платформи полягає в тому, що перебуваючи близько до поверхні землі, GPS приймач мобільної системи часто потрапляє в області затінення сигналів супутників від будівель, рослинності, елементів рельєфу місцевості. Тому проблема підвищення точності даних мобільного сканування на сьогоднішній день є досить актуальною.

Основне застосування мобільного сканування – зйомка автомобільних і залізних доріг, мостів, шляхопроводів, міських вулиць, берегової лінії.

До основних переваг технології лазерного сканування, безсумнівно, можна віднести високу швидкість і оперативність зйомки, недосяжну будь-якими іншими методами вимірювань. В області обстеження ліній електропередач повітряна лазерна зйомка сьогодні є практично світовим стандартом.

При цьому не можна забувати про правові питання. Наприклад, для проведення будь-яких аерознімків потрібно пройти довгий шлях отримання відповідних дозволів, пов'язаних як з питаннями секретності, так і з питаннями використання повітряного простору. Це може займати досить значний час, що негативно впливає на оперативність.

Основним результатом лазерного сканування - будь то наземне, повітряне або мобільний – хмара тривимірних точок, з тією або іншою точністю описують геометричні параметри об'єкта зйомки [3]. Кількість лазерних відображень, отриманих при зйомці об'єкта обстеження, часто становить сотні мільйонів і навіть мільярди. Обробка таких масивів даних і формування на їх основі кінцевих продуктів для користувачів в різних галузях діяльності сьогодні є найбільш трудомісткою складовою лазерної технології.

Саме тому на сьогоднішній день багато світових компаній розробляють програмні продукти для роботи з хмарами тривимірних точок.

Один з таких програмних продуктів середовище MicroStation. За допомогою MicroStation ви можете легко переглядати, моделювати, працювати з документами і візуалізувати дані проектів будь-якого розміру і складності. Використовувати MicroStation для найбільш ефективного здійснення проектів. Надійна технологія MicroStation дозволяє легко і впевнено займатися проектуванням, будівництвом і експлуатацією. Незалежно від виду інформації, з якою ви працюєте, і типу необхідної проектної документації, ви можете розраховувати на універсальність і потужні можливості MicroStation для своєчасного виконання робіт в рамках бюджету [5].

Група продуктів MicroStation забезпечує ефективність, універсальність для високоточного перегляду, моделювання, документування та візуалізації 2D і 3D даних будь-якого формату для фахівців будь-якої галузі та інфраструктурних проектів будь-якого типу і масштабу.

Даний продукт повністю підтримує роботу з хмарами тривимірних точок, та завдяки багатьом уже влаштованим модулям та утилітам дозволяє користувачу особисто вибирати способи та методи виконання тих чи інших завдань.

Для реалізації макросів нами були розроблені спеціальні програмні модулі, виконані на інтерпретованій об'єктно-орієнтованій мові програмування Python 3.6, які містять підключення до утиліти TerraScan, що дозволяє їх використовувати у програмному середовищі MicroStation V8:

- makro\_na\_braki2 – використовується у випадку, якщо частина точок, які повинні відноситись до рельєфу, не були класифіковані (залишились на класі 0);
- niska\_fence\_roslinnosc2\_z8 – макрос застосовується на територіях, де є багато низької рослинності. Перед цією операцією точки рельєфу потрібно перенести на клас 8. Після запуску макросу потрібно проконтролювати межі контуру, на яких можуть залишитися некласифіковані точки. найчастіше використовується на полях із високою рослинністю, де точки, які повинні бути на класі рослинності, включені до класу рельєф;
- rowu\_roslinnosc – макрос для «відновлення» ровів, частина точок яких «лежить» в класах рослинності (3,4), також може бути використаний на переораних полях, де видно рядки ґрунту;

- **konflikty\_klasy563** – макрос для перевірки конфліктів головної лінії з класами 5, 6, 3 (класи 5, 6, 3 на відстані до 1,5м до кабелів).

**Висновки.** В роботі проведено аналіз поставленої проблеми з послідовним її вирішенням. Зокрема, розглянуто питання лазерного сканування вцілому та основні проблеми з якими стикаються під час обробки вихідної інформації та розроблені програмні модулі, що спрощують роботу класифікаторів. Розроблені програмні модулі володіють наступними перевагами: висока точність виконання робіт; економія часу у порівнянні з ручною класифікацією; легкий запуск та налаштування макросів; часте використання. Дані програмні модулі виконані на високому рівні та впроваджені у роботу ТОЗ МГГП. Проведено значну кількість тестових проектів з використанням написаних макросів та доведено їх ефективність.

1. Карпінський Ю., Лазоренко-Гевель Н. Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва* : збірник наукових праць Західного Геодезичного Товариства. Львів : «Львівська політехніка», 2018. Вип. I(35). С. 204–211. 2. Баран П. І. Інженерна геодезія : монографія. Київ : ПАТ «ВІПОЛ», 2012. 618 с. 3. Хмара точок. URL: <http://ciber-sof.ru>. (дата звернення: 15.03.2019). 4. Программное обеспечение, используемое для обработки данных сканирования НПП «Фотограмметрия». URL: [www.photogrammetria.ru](http://www.photogrammetria.ru). (дата звернення: 15.03.2019). 5. Божко А. Н., Жук Д. М., Маничев В. Б. Основы проектирования в САПР MicroStation V8i. Часть 2. Bentley Institute Press, 2013. 848 с.

---

**Bachyshyna L.D., Candidate of Economics (Ph.D.), Associate Profesor, Ryzhuk D.V., Senior Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## **DEVELOPMENT OF SOFTWARE MODULE FOR RECOGNITION TERRITORIAL AUTOMATION OBJECTS**

**The issues of speeding up information processing and increasing the productivity of**

Lidar users in processing data arrays and the formation on their basis of final digital products are considered. The analysis of typical cases of classification of objects of ground survey is carried out. Macros that reduce the time to check and identify errors when classifying objects have been created. Software modules designed to simplify the work of classifiers are built. They can be used to automate the recognition of terrestrial objects in a Microstation V8 environment.

**Keywords:** digital terrain models, laser scanning technologies, MicroStation V8 macros, object classification

УДК 378.147

Рощенюк<sup>1</sup> А.М., старший викладач, Шеліванов<sup>2</sup> О.В., магістр (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

<sup>1</sup> a.m.roshcheniuk@nuwm.edu.ua, <sup>2</sup> shelivanov\_ak14@nuwm.edu.ua

### УДОСКОНАЛЕННЯ ШВИДКІСНОГО МОДУЛЯ КРИПТОГРАФІЧНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОЇ МЕРЕЖІ ФЕЙСТЕЛЯ

Комп'ютерні мережі наразі оперують глобальними обсягами інформації державного, військового, комерційного і особистого характеру, тому захищена швидкісна передача даних є особливо актуальною сьогодні. У статті висвітлено розроблений швидкісний симетричний алгоритм шифрування для систем реального часу, який за рахунок використання в функції  $f()$  композиції лінійного та нелінійного перетворень зменшує кількість операцій у раунді в мережі Фейстеля, що дозволяє підвищити швидкість криптографічної обробки даних.

**Ключові слова:** система реального часу, криптографічний модуль, мережі фейстеля, алгоритм шифрування, криптографічний захист інформації.

**Метою роботи** є підвищення ефективності криптографічного захисту інформації шляхом розробки швидкісного модуля шифрування для систем реального часу на основі модифікованої мережі Фейстеля. Під *ефективністю*

будемо розуміти швидкість криптографічного перетворення інформації та стійкість відносно методів лінійного та диференціального криптоаналізу.

Для досягнення поставленої мети виконані наступні **завдання**:

- проаналізовано основні вимоги до роботи систем реального часу;
- проаналізовано основні принципи побудови симетричних криптоалгоритмів;
- досліджено існуючі методи криптоаналізу алгоритмів шифрування;
- розроблено швидкісний симетричний алгоритм шифрування;
- розроблено криптографічний модуль обробки даних у системі реального часу;
- проведено експериментальне дослідження запропонованого криптографічного модуля.

**Проведено аналіз симетричних криптоалгоритмів за принципами їх побудови.** Оптимальним рішенням для перетворення даних є використання мережі Фейстеля та SP-мережі.

Перевагою мережі Фейстеля є та особливість, що для зашифрування і розшифрування може використовуватися один і той же код алгоритму — різниця між цими операціями може полягати лише в порядку використання ключів. Така властивість алгоритму найбільш корисна при його апаратній реалізації або на платформах з обмеженими ресурсами.

Перевагою SP-мереж є те, що обробка даних зводиться до заміни і перестановок, залежних від ключа. Багаторазове використання таких перетворень забезпечує дві властивості, що повинні характеризувати стійкий шифр: розсіювання та перемішування.

Проведено аналіз режимів шифрування, оптимальним вибраний режим зчеплення блоків шифротексту (CBC). Хоча він найслабший до внесених помилок, але забезпечує найбільшу стійкість криптоалгоритму, усуваючи статистичну складову залежності.

Оптимальними властивостями, які мають бути присутні у операційних системах реального часу (ОСРЧ), сформулював Мартін Тіммерман [1], є :

- ОС повинна бути *багатозадачною* і допускати *витіснення* ;
- ОС повинна володіти поняттям *пріоритету для потоків*;
- ОС повинна підтримувати *передбачувані механізми синхронізації*;

- ОС повинна забезпечувати механізм *успадкування* пріоритетів;
- поведінка ОС повинна бути зрозумілою і *передбачуваною* (затримки обробки переривань, затримки перемикання завдань, затримки драйверів т.д.).

Також можна виділити наступні категорії для порівняння властивостей ОСРЧ [2]:

1. властивості ядра (архітектура, підтримка безлічі процесів і безлічі процесорів, стійкість до відмов);

2. диспетчеризація (алгоритм, механізм присвоєння пріоритетів, час для звільнення задачі);

3. модель процес / нитка / завдання (число рівнів пріоритетів, захист від інверсії пріоритетів, стану задачі, максимальне число завдань, затримка перемикання завдань, динамічна зміна пріоритетів);

4. управління пам'яттю (мінімальний та максимальний об'єм оперативної і ROM-пам'яті на задачу, максимальна адресована пам'ять для задачі, підтримка захисту пам'яті, динамічний розподіл пам'яті, віртуальна пам'ять, стиснення пам'яті);

5. управління перериваннями і виключеннями (обробники переривань, що витісняються, найгірший час обробки переривання, модифікованість таблиці векторів переривань);

6. інтерфейс прикладного програмування (сумісність бібліотек, точний абсолютний час, підтримка зовнішніх годинників, примітиви синхронізації, мережеві протоколи, відповідність стандартам, ввід/вивід, файлові системи);

7. процес розробки (методологія розробки, постачання у вихідних або об'єктних кодах, підтримувані компілятори, процесори та мови програмування).

Це означає, що у всіх сценаріях робочого навантаження системи має бути визначено максимальний час відгуку.

Порівняльна характеристика сучасних криптографічних модулів подана в таблиці 1.

## Порівняльна характеристика сучасних криптографічних модулів

Назва	Підтримка блочних шифрів	Підтримка ОС
Крипто-експрес	ГОСТ 28147-89	MS Windows 2000 /XP /2003 /Vista, Linux
CyberSafe	ГОСТ 28147-89, AES, 3DES,	Windows 8/ 7/ Vista/ XP/ 2000/ 2008 Server/ 2003 Server/ 2000 Server
КриптоПро	ГОСТ 28147-89	Windows 8/ 7/ Vista/ XP/ 2000/ 2008 Server/ 2003 Server/ 2000 Server, Linux / IEC 23360/ 4.0 Server, Debian 4.0, FreeBSD 6, Solaris 9/10, AIX
Крипто-Сі	ГОСТ 28147-89	Windows XP/ 2003 Server/ Vista, Linux Fedora Core 8, Unix FreeBSD
Крипто-КОМ	ГОСТ 28147-89	Windows 2000/XP/2003/2008/Vista/7/2008 R2, FreeBSD, Red Hat Linux, Solaris 9/10

Головним алгоритмом шифрування серед них є ГОСТ 28147-89, однак жоден з них не підтримує систему реального часу QNX. Проте ця операційна система надає ряд переваг для такого програмного забезпечення, тому дана робота має на меті запропонувати такий криптографічний модуль, елементи якого реалізують достатньо високий рівень ефективності шифрування даних в системі реального часу.

На основі вимог, що описаних вище, був розроблений блочний симетричний алгоритм шифрування, структура якого зображена на рис. 1, а псевдокод – на рис. 2. Алгоритм використовує 128-бітні блоки даних, розбиваючи на 4 підблоки по 32 біти, та підтримує секретні ключі розміром 128 біт. Кількість раундів виконання операцій рівна 9.

Input:

- 128-бітний вхідний блок даних  $ABCD$ , розділений на 4 підблоки  $A, B, C, D$ .
- 128-бітні розширені ключі  $K[i], i \in \{0, 2^*r + 8\}$

Output: 128-бітний вихідний блок даних  $ABCD$ .

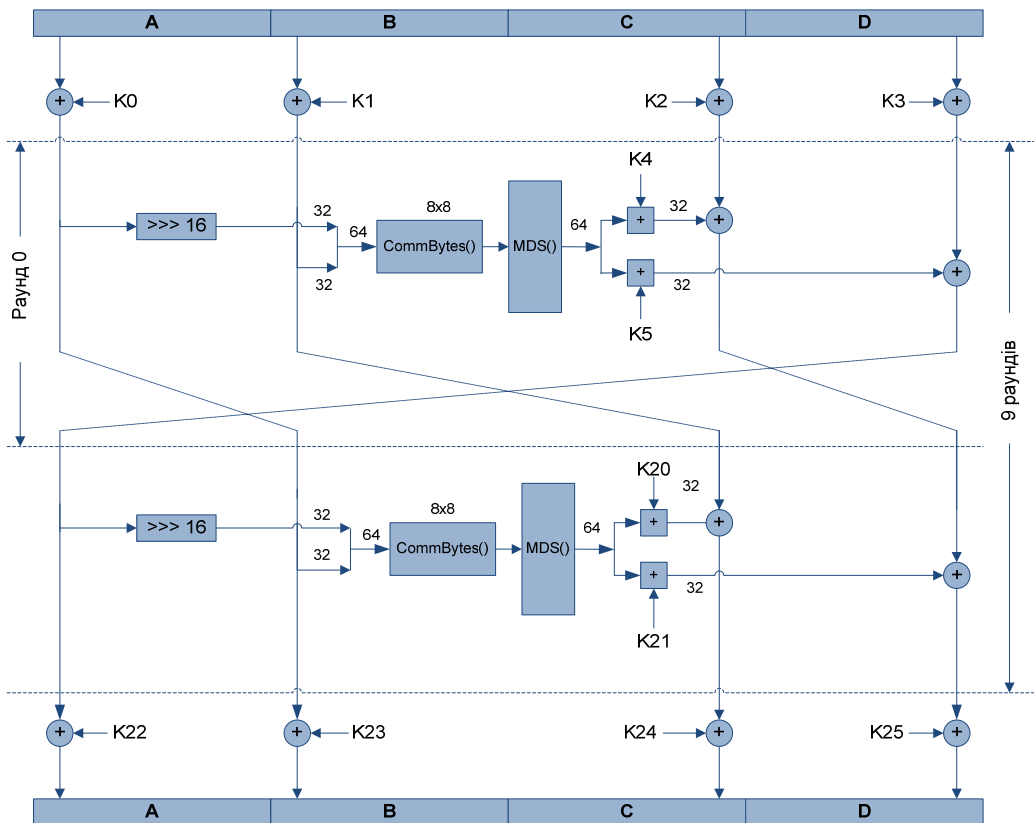


Рис. 1. Структура алгоритму шифрування

1.  $ABCD = \text{SummMod2}(ABCD, K_{0,3});$
2. For ( $j = 0, j < r, j++$ );
  - 2.1.  $A' = A;$
  - 2.2.  $B' = B;$
  - 2.3.  $A' = \text{Shift16}(A');$
  - 2.4.  $A'B' = A' | B';$
  - 2.5.  $A'B' = \text{CommBytes}(A'B');$
  - 2.6.  $A'B' = \text{MDS}(A'B');$
  - 2.7.  $A' = \text{SummMod32}(A', K_{2r+4});$
  - 2.8.  $B' = \text{SummMod32}(B', K_{2r+5});$
  - 2.9.  $C = \text{SummMod2}(A', C);$
  - 2.10.  $D = \text{SummMod2}(B', D);$
  - 2.11.  $ABCD = \text{ShiftDABC}(ABCD);$
3.  $ABCD = \text{SummMod2}(ABCD, K_{2r+4,7});$
4. return  $ABCD;$

Рис. 2. Псевдокод процедури шифрування криптоалгоритму



Для збільшення швидкості шифрування в розробленому алгоритмі використаний метод композиції лінійних та нелінійних перетворень, запропонований в [3].

Одержувач за допомогою власного асиметричного секретного ключа розшифровує отриманий зашифрований симетричний секретний ключ криптоалгоритмом RSA.

Для збільшення швидкості шифрування в розробленому алгоритмі використаний метод композиції лінійних та нелінійних перетворень, запропонований в [3].

Процес передачі повідомлення відбувається за такою послідовністю:

1. Одержувач формує власну пару для асиметричного шифрування відкритий – секретний ключ. Відкритий ключ незахищеною електронною поштою надсилається відправнику.

2. Відправник отримує хеш-код відкритого тексту та додає його у кінець повідомлення.

3. Відправник генерує власний секретний ключ для симетричного шифрування. Цим ключем за допомогою алгоритму шифрування зашифровується повідомлення і хеш-код, і передається одержувачу незахищеним каналом.

4. Відправник за допомогою відкритого асиметричного ключа одержувача зашифровує свій секретний симетричний ключ криптоалгоритмом RSA, і надсилає його незахищеним каналом.

5. Одержувач за допомогою власного асиметричного секретного ключа розшифровує отриманий зашифрований симетричний секретний ключ криптоалгоритмом RSA.

6. Одержувач розшифровує шифротекст повідомлення симетричним алгоритмом шифрування і секретним симетричним ключем.

7. Одержувач відділяє хеш-код від повідомлення, і визначає хеш-код розшифрованого тексту за допомогою функції SHA-3. Перевіривши співпадіння, підтверджується цілісність отриманого тексту (див. рис. 3).

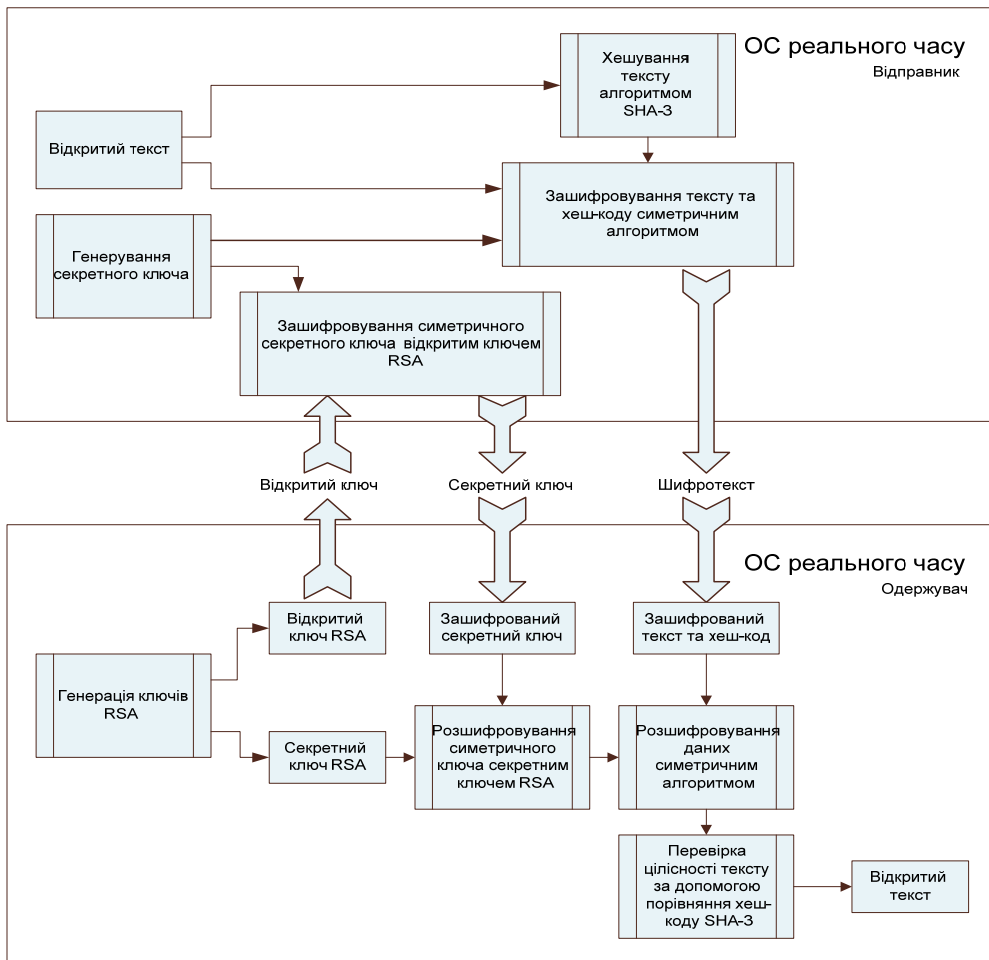


Рис. 3. Схема передачі повідомлення через криптографічний модуль

### Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення.

Вхідними даними програмного додатку розробленого симетричного алгоритму шифрування є файл, що підлягає зашифруванню або розшифруванню, та ключ розмірністю 16 символів, або 128 біт.

Реалізація програмного забезпечення проводилася завдяки кросс-платформенному інструменті розробки додатків Qt, що був імплементований в інтегроване середовище розробки QNX Momentics 4.7.

Для цього передбачений користувацький інтерфейс, зображений на рис. 4.

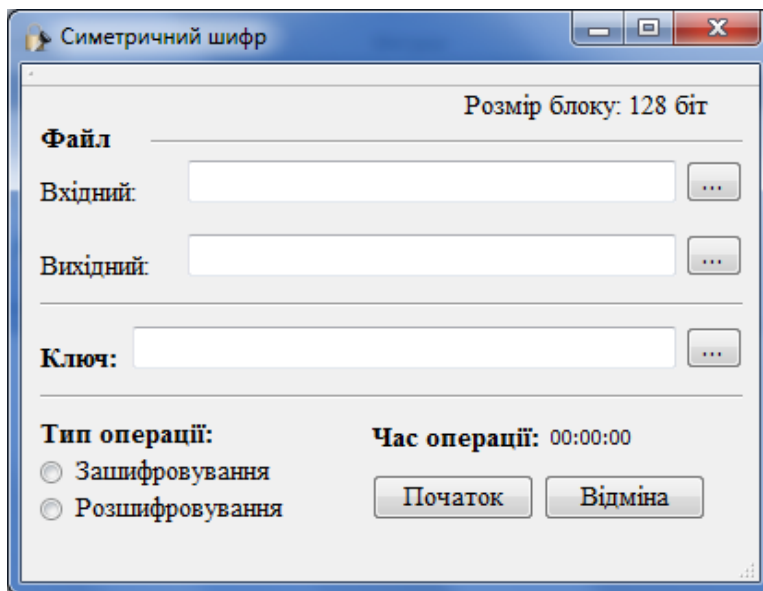


Рис. 4. Користувацький інтерфейс програмного додатку

В основі програми покладено три функції – формування раундових ключів  $KeyGen(key)$ , зашифрування  $Encryption(FileEnc1, FileDec1)$ , та розшифрування –  $Decryption(FileDec2, FileEnc2)$ .

#### Аналіз отриманих результатів

Для перевірки статистичних характеристик розробленого криптоалгоритму були проведені випробування відповідно до методики NIST STS.

Таблиця 2

Результати проходження тесту NIST шифротекстами двох додатків

Генератор	Кількість тестів, у яких тестування пройшли більш 99% послідовностей	Кількість тестів, у яких тестування пройшли більш 96% послідовностей	Кількість тестів, в яких значення $P > 0,01$	Кількість тестів, в яких значення $P > 0,001$
ГОСТ 28147-89	134 (71%)	189 (100%)	132 (70%)	189 (100%)
Розроблений БСШ	146 (77,2%)	189 (100%)	140 (74%)	189 (100%)

Діаграма розподілу коефіцієнтів проходження шифротексту у залежності з номером тесту зображено на рис. 5.

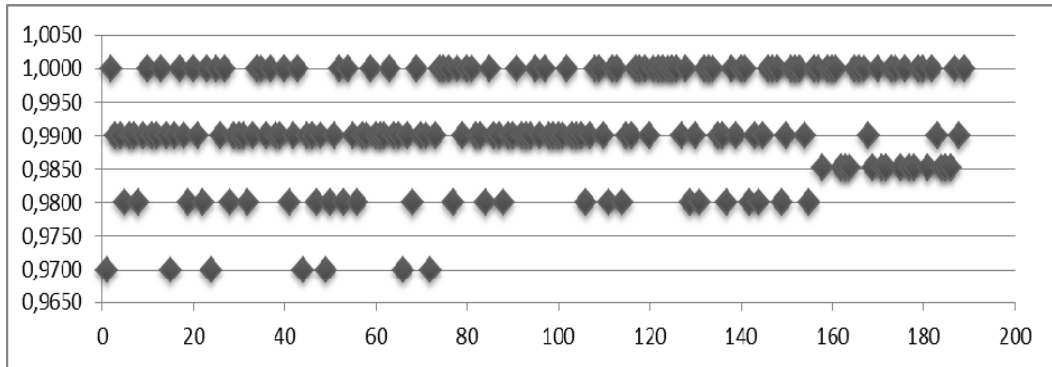


Рис. 5. Діаграма залежності коефіцієнтів проходження шифротексту від тесту

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що програмна реалізація розробленого симетричного блочного алгоритму шифрування у режимі лічильника, а також метод розширення базового ключа пройшли комплексний контроль за методикою NIST STS.

Для підтвердження досягнення поставленої мети був проведений порівняльний тест швидкості зашифровування та розшифровування програмно реалізованого криптоалгоритму ГОСТ 28147-89 та розробленого алгоритму шифрування.

Тестування проводилося на чотирьох ЕОМ. Характеристика їх апаратної частини приведена у табл. 3.

Таблиця 3

Характеристика та CPU машин, на яких проводилося тестування

№	Процесор
1	Intel Atom N570 1.66 ГГц
2	Intel Celeron 1.7 ГГц
3	Intel Celeron Dual-Core T3500 2,1 ГГц
4	Intel Core i5-2410M 2.3 ГГц

Отримані результати випробовування швидкості вказані в табл. 4.

## Результати випробовування швидкості

Алгоритм шифрування	Процесор			
	1,с	2,с	3,с	4,с
ГОСТ 28147-89	8,411	7,980	7,416	6,746
Розроблений БСШ	8,361	6,962	2,662	1,810

Швидкість розробленого алгоритму склала в середньому 20,2 Мб/с, в той же час швидкість ГОСТ 28147-89 – 13,5 Мб/с. Отже, розроблений криптоалгоритм показав кращі показники швидкості у порівнянні з алгоритмом державного стандарту на 35% разів.

Експеримент був проведений на основі нового підходу в теорії та методах криптоаналізу, який народився на кафедрі БІТ ХНУРЕ. Він орієнтований, з одного боку, на використання при визначенні очікуваних показників стійкості великих шифрів результатів аналізу зменшених їх версій, а з іншого, - сформованої останнім часом нової ідеології визначення показників стійкості БСШ до атак диференціального та лінійного криптоаналізу, що ґрунтується на положенні, яке полягає в тому, що всі ці шифри через певне число циклів незалежно від використовуваних в шифри S-блоків набувають властивості випадкової підстановки за комбінаторним показниками, а також за законами розподілу переходів XOR таблиць диференціальних різниць і законами розподілу зміщень таблиць лінійних корпусів вони повторюють відповідні показники випадкової підстановки.

Представлені результати свідчать про те, що представлений шифр у порівнянні з ГОСТ28147-89 за своїми диференціальними і лінійними показниками має переваги у чотири раунди (починаючи з третього) і повністю укладається в рамки випадкових підстановок.

У табл. 5 наводяться модульні значення максимумів повних диференціалів та зсувів лінійних корпусів *AMDP* для шифру ГОСТ 28147-89 разом із середньоквадратичними відхиленнями  $\sigma(DP)$ .

Таблиця 5

Пошук значень максимумів повних диференціалів при шифруванні 16-бітними блоками			Пошук значень максимумів зміщень лінійних корпусів при шифруванні 16-бітними блоками								
ГОСТ 28147-89			Розроблений симетричний шифр			ГОСТ 28147-89			Розроблений симетричний шифр		
Число циклів	Значення максимуму повного диференціалу	Середньо-квдратичне відхилення	Число циклів	Значення максимуму повного диференціалу	Середньо-квдратичне відхилення	Число циклів	Значення максимуму зміщення лінійного корпусу	Середньо-квдратичне відхилення	Число циклів	Значення максимуму зміщення лінійного корпусу	Середньо-квдратичне відхилення
1	65536	0	1	65536	0	1	0	0	1	0	0
2	65536	$\approx 12,934$	2	3352,23	$\approx 630,312$	2	32768	0	2	8282,27	$\approx 557,454$
3	61952	$\approx 1278,614$	3	19,0333	$\approx 1,536$	3	17162	$\approx 1425,35$	3	818,267	$\approx 25,8819$
4	56008,6	$\approx 3181,74$	4	19,0333	$\approx 0,99777$	4	31181,7	$\approx 2676,77$	4	815	$\approx 28,214$
5	31358	$\approx 857,346$	5	18,8333	$\approx 1,23104$	5	16150,1	$\approx 1228,27$	5	818,5	$\approx 18,535$
6	2046,7	$\approx 637,692$	6	19,1332	$\approx 0,99106$	6	16669,5	$\approx 3530,38$	6	815,967	$\approx 21,18$
7	973,4	$\approx 29,7630$	7	19,2333	$\approx 1,0935$	7	2144,77	$\approx 374,142$	7	831,1	$\approx 33,1887$
8	52,2	$\approx 6,80882$	8	19,1332	$\approx 1,531365$	8	2380,93	$\approx 632,23$	8	823,143	$\approx 23,5722$
9	19,1	$\approx 0,97978$	9	19,0333	$\approx 1,23654$	9	826,833	$\approx 21,1157$	9	825,9	$\approx 33,5741$
10	19,5	$\approx 2,32664$	10	19,3333	$\approx 1,2995$	10	828,1	$\approx 22,4148$	10	827,2	$\approx 25,2885$
11	18,7	$\approx 0,86602$	11	19,4	$\approx 1,575222$	11	823,767	$\approx 18,9573$	11	815,6	$\approx 22,3138$
12	18,9	$\approx 0,99498$	12	18,8333	$\approx 0,991072$	12	821,433	$\approx 28,5723$	12	819	$\approx 27,1125$
13	19,1	$\approx 1,16618$	13	18,8333	$\approx 0,991072$	13	826,067	$\approx 18,3556$	13	822,5	$\approx 23,7715$
14	19,4	$\approx 0,97978$	14	18,9332	$\approx 1,123546$	14	830,576	$\approx 27,4817$	14	821,2	$\approx 22,553$

Представлені результати свідчать про те, що представлений шифр у порівнянні з ГОСТ28147-89 за своїми диференціальними і лінійними показниками має переваги у чотири раунди (починаючи з третього) і повністю укладається в рамки випадкових підстановок.

#### У процесі виконання роботи отримано такі результати:

1. Проаналізовано основні вимоги до роботи систем реального часу, що дало змогу вибрати структуру для розроблюваного алгоритму шифрування.

2. Проведено аналіз симетричних криптоалгоритмів за принципами їх побудови та проведено дослідження існуючих методів криптоаналізу алгоритмів шифрування. Це дало можливість вибрати найкращі конструкції для побудови алгоритму шифрування.

3. Розроблено швидкісний симетричний алгоритм шифрування на основі оптимально швидкого процесу розширення ключів, реалізації раундових операцій на основі модифікованої мережі Фейстеля, що дозволило покращити швидкість криптографічних перетворень у порівнянні з алгоритмом ГОСТ 28147-89.

4. Представлено криптографічний модуль обробки даних у системі реального часу, що дало можливість підвищити швидкодію обробки даних від 35%;

5. Розроблено алгоритм та програмне забезпечення симетричного алгоритму шифрування, що дозволило провести експериментальне дослідження.

6. Проведено експериментальне дослідження за методикою NIST STS, яке показало, що для запропонованого алгоритму шифрування спостерігається покращення статистичних характеристик на 6,2% у порівнянні з ГОСТ 28147-89.

7. Проведено експериментальне дослідження оцінки стійкості проти лінійного та диференціального криптоаналізу на основі міні-версії шифру, яке показало, що розроблений шифр за своїми показниками набуває властивостей випадкових підстановок починаючи з третього раунду.

1. Report on the Development of the Advanced Encryption Standard (AES) [Electronic resource] : report / Nechvatal J., Barker E., Bassham L., Burr W., Dworkin M., Fotti J., Roback E. URL: <http://csrc.nist.gov>. National Institute of Standards and Technology. (дата звернення: 15.03.2019).
2. Advanced Encryption Standard (AES) [Electronic resource] : FIPS 197. Electronic data (1 file: 279 457 byte). Gaithersburg, Maryland, USA : NIST, 2001. Mode of access: World Wide Web. URL: <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf>. (дата звернення: 15.03.2019).
3. Аграновский А.В. Практическая криптография. Алгоритмы и их программирование СПб, СОЛОН-Пресс, 2002.

---

**Roshcheniuk A.M., Senior Lecturer, Shelivanov O.V., Master** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **IMPROVEMENT OF THE SPEED MODULE OF CRYPTOGRAPHIC DATA PROCESSING ON THE FOUNDATION OF THE MODIFIED FEISTEL NETWORK**

**Computer networks currently operate with global amounts of state, military, commercial, and personal information, so secure data transfer speeds are particularly relevant today. The article describes the developed high-speed symmetric encryption algorithm for real-time systems, which reduces the number of round-trips in the Feistel network by using the function  $f()$  of the composition of linear and nonlinear transformations, which allows to increase the speed of cryptographic processing of data.**

**Keywords:** real-time system, cryptographic module, feysteel network, encryption algorithm, cryptographic information protection.

**УДК 378:004**

**Рощенюк<sup>1</sup> А.М., старший викладач, Радчик<sup>2</sup> О.Ю., студентка 2-го курсу**  
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

<sup>1</sup>a.m.roshcheniuk@nuwm.edu.ua, <sup>2</sup>radchyk\_ak17@nuwm.edu.ua

### **САМОПРЕЗЕНТАЦІЯ ВИКЛАДАЧА – ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР СОЦІАЛЬНО-ПЕДАГОГІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

**У статті висвітлено сутність понять "харизма" та "самопрезентація". Обґрунтовано важливість самопрезентації викладача, розкрито поняття та сутність самопрезентації.**

**Ключові слова:** самопрезентація, харизма, спілкування, професіоналізм.

Розглядаючи шляхи підготовки спеціаліста вищої кваліфікації, слід звернути увагу на проблеми взаємостосунків між викладачами та студентами в навчально-виховній діяльності. Пояснюється це надзвичайно високими взаємними вимогами тих, хто навчається, і тих, хто навчає. У вищій школі, як ні в якій іншій ланці системи освіти, особливо активно протікає взаємодія між студентами та викладачами в будь-яких формах навчального процесу.

Особистість педагога – об'єкт постійної прискіпливої уваги студентів, з перших моментів спілкування. Від ефекту "першого враження" залежить подальший розвиток взаємовідносин і результативність спільної праці. "Вихованець сприймає вашу душу та думки, – писав А.С. Макаренко, – не тому, що знає, що у вас в душі відбувається, а тому що бачить вас, слухає вас". Він настійливо радив звертати увагу на "вирішальні дрібнички": "як стояти, як сидіти, як підвестися із стільця, із-за столу, як підвищити голос, усміхнутися, як подивитись ... це мистецтво постановки голосу, погляду, повороту". [5, с. 165-166].



А.С. Макаренко дуже критично осмислював проблеми, пов'язані із володінням педагогом педагогічної майстерності. Макаренко писав: "Я став майстром своєї справи лише тоді, коли зміг з 20-ма відтінками сказати: іди сюди" [4, с. 280]. Загалом вчений вважав, що вихователь має опанувати для цього і певними акторськими здібностями (жестами, мімікою, тим, що називаємо у педагогічних технологіях засобами невербального спілкування). "Я надавав великого значення театрові, бо завдяки йому значно поліпшувалась мова колоністів і взагалі розширювалися обрії" [7, с. 217]. Так, наприклад, студентка К.Світлана говорить: "Моє перше враження про викладача складається після його першої лекції: наскільки розумно і цікаво він зміг розповісти, наскільки він зумів захопити мене своїм предметом, наскільки він сам захоплений (бо це ж видно завжди, навіть якщо мова викладача, невиразна, неемоційна)". Ніби продовжуючи думку своєї попередньої колеги, студент К.Андрій говорить про конкретні риси лекції, які захоплюють студентів, – це "ясність, чіткість викладу, рівень ерудиції, дикція, жести викладача, зовнішність".

Тому, готуючись до першої зустрічі зі студентами, слід продумати всі тонкощі зовнішнього вигляду, привітання, свою поведінку, закінчуючи прощанням, тобто – самопрезентувати себе.

Самопрезентація бере свій початок від американського слова "презентація" і російського "сам себя", хоча сам феномен виявили американці (в США дане поняття звучить так: "own presentation"). "Самопрезентація" – вербальна і невербальна демонстрація особистості в системі зовнішніх комунікацій [1].

Тобто самопрезентація викладача – це процес цілеспрямованого спілкування викладача та студентів, під час якого викладач "подає себе" (виявляє свої сильні сторони: знання, вміння, навички, демонструє свої здібності та ін.) таким чином, щоб викликати в студентів інтерес, вплинути на аудиторію для досягнення поставленої цілі.

В історії розвитку проблеми самопрезентації можна виділити три етапи: період виокремлення ідеї соціальної детермінації формування особистості, визнання впливу соціальною середовища на вибір людиною певного стилю поведінки (кінець XIX – перша половина XX ст.): Л.С. Виготський, У. Джемс,

Г.С. Костюк, Ч. Кулі, Дж. Мід; етап виділення проблеми самоподачі у самостійний напрям наукового аналізу, спочатку на соціологічному, пізніше – психологічному рівні (50-70 р. XX ст.): Е. Берн, І. Гофман, Р. Ленг, К. Роджерс, К. Юнг; розгортання експериментальних досліджень самопрезентаційного феномену як одного з фундаментальних міжособистісних процесів (кінець XX початок XXI ст.): R. Arkin, R. Baumeister, B. Schlenker [3, с. 278].

При визначенні сутності поняття психологи зосереджують увагу, як на зовнішніх (динамічних), так і внутрішніх (змістових) аспектах явища. З точки зору зовнішніх проявів, самопрезентація – це акт поведінки, форма соціальної активності, що має характер публічності і виявляється у міжособистісному процесі. Таким чином, особистісну самопрезентацію можна трактувати як форму самовираження та поведінки, спрямовану на створення сприятливого враження чи враження, що відповідає чийсь ідеалам (Д.Майерс).

Першим, хто акцентував свою увагу на особистісній самопрезентації, є І.Гофман – найцитованіший автор даного напрямку. На його думку, "важливим аспектом є драматизація". "Поставши перед оточуючими, людина повинна так мобілізувати свою активність, щоб у процесі подання висловити те, що вона хоче донести до публіки" [10, с. 22], у такий спосіб справити потрібне враження.

Самопрезентацію можна пов'язати з поняттям "імідж". "Імідж" дослівно з англійської означає "образ". Імідж оратора важливий, оскільки він формує готовність слухачів діяти тим чи іншим чином [2].

Іміджування – наука і мистецтво подобатися людям (В. Шепель). Автор визначає самопрезентацію, як вміння подавати себе, привертаючи до себе увагу. Знання таких принципів, як принцип самовиховання, принцип комунікативності, принцип мовного впливу є обов'язковим для організації іміджу.

За словами Г. Міда і Ч. Кулі, самопрезентація – "засіб формування образу – Я і підтримання самооцінки". Знанням індивіда про себе є рефлексія знань інших про нього. Індивід виявляє ззовні те, що є у нього всередині, і потребує у вираженні. У відповідь індивід отримує із соціального світу зворотній зв'язок у вигляді думок та ставлення щодо нього. Так формується те, що Ч. Кулі називає "дзеркальним Я", а Г. Мід – "ідеєю Я". Погляди Г. Міда та Ч. Кулі відрізняються тим, що "ідея Я" має лише

когнітивний компонент, оскільки це знання людини про себе. "Дзеркальне Я" Ч. Кулі, крім когнітивного, має ще й емоційний компонент [10, с. 9-10].

Схожих поглядів на самопрезентацію дотримуються Б. Шленкер і М. Вейголд, а також М. Лірі і Р. Ковальські, які вважають, що для індивіда характерно навмисно або ненавмисно прагнути уявити бажаний образ себе як в очах оточуючих, так і у власних очах. Людина захищається, виправдовується, прагне вибачити себе, щоб підтвердити бажаний образ – Я і підтримати самооцінку. У знайомих ситуаціях це відбувається без свідомих зусиль. У незнайомих ситуаціях відбувається навмисне інсценування, яке М. Лірі і Р. Ковальські називають "красованием" (adonization – від Адоніса), так як в незнайомій, більш складній ситуації для людини стає особливо важливим справити сприятливе враження [10, с. 10].

Існують спроби розглянути самопрезентацію, як поведінкову реалізацію мотивації. Наприклад, Р. Аркін і А. Шутц бачать в самопрезентації реалізацію мотивації досягнення або уникнення невдач і виділяють за цією ознакою набуваючу і захисну самопрезентацію. Набуваюча самопрезентація висловлює мотивацію досягнення. Для неї характерний вибір адекватних ролей і завдань (відповідних соціальним станом, освітою та ін.), вибір соціального середовища, яке відповідає рівню ідентифікації суб'єкта (людина спілкується з рівними собі). Захисна самопрезентація – поведінковий прояв мотивації уникнення невдач. Вона найчастіше не усвідомлюється. Людина вибирає неадекватне для вирішення завдань середовище: або із заниженими вимогами, або з непомірно високими (авантюристична самопрезентація) [10, с. 12].

В останні роки популярним заміником слова самопрезентація стало слово "харизма". Дослівно з давньогрецької воно означає "притягує до себе увагу". Слово "харизма" походить від слова "харити". В давньогрецькій міфології – це три богині краси та вишуканості. Слова "харизма", "характер", "харя" – мають один корінь. Тобто бути харизматичним під час публічного виступу значить уміти проводити успішну самопрезентацію, притягувати і утримувати увагу аудиторії. Важливо, що самопрезентація відбувається завжди, незалежно від того, наскільки оратор собі її представляє і як до неї ставиться [2].

Підготовка спеціаліста в будь-якому вищому навчальному закладі неможлива без урахування такого важливого аспекту, як майстерність педагогічної справи, від кваліфікації якого залежить і рівень сформованості спеціалістів інших галузей. На наш погляд, такої майстерності потрібно навчати кожну молоду людину.

До основних комунікативних вмінь педагогічної майстерності належать: управління своєю поведінкою: "не можна красти, не можна вбивати, не можна ображати, треба поважати старших, поважати батьків" [6, с. 172], самосвідомість: "свідомість повинна прийти ... в результаті багаточисельних соціальних вправ, тільки тоді вона цінна" [8, т. 2, с. 126]; спостережливість, гнучкий розподіл уваги; самопрезентація; встановлення мовного та немовного контактів зі студентами; розуміння студента, тобто адекватне моделювання його особистості, психічного стану за зовнішніми ознаками – "читання по обличчю": "Можна й треба розвивати зір, простий фізичний зір. Це конче потрібно для вихователя. Треба вміти читати на людському обличчі ... Нічого мудрого, нічого містичного немає в тому, щоб з обличчя дізнатися про деякі ознаки душевних рухів" [5, с. 206-207].

Від культури самопрезентації залежить особистісна привабливість викладача. Якщо він не зумів справити гарне враження відразу, то в подальшому, в зв'язку з негативною установкою студентів, що виникла, потрібно долати серйозні труднощі у спілкуванні. Макаренко застерігав від необдуманих кроків, вважаючи, що "... такий стиль відносин старших і молодших є вищою формою організації виховного процесу і вимагає кваліфікованого і вдумливого педагогічного керівництва і впливу" [6, с. 32].

У процесі безпосереднього спілкування зі студентами оживають конспекти та методичні розробки, професійний досвід та ерудиція (педагогічна майстерність – творчість). Виникають невидимі нитки спілкування, що пов'язують педагога з аудиторією, через які і відбувається виховний та навчальний вплив. Причому необхідно підкреслити, що стиль спілкування педагога зі студентами – категорія соціально і морально насичена. Вона втілює в собі соціально-етичні установки суспільства та вихователя як його представника.

А.С. Макаренко розробив і реалізував відповідну інструментовку виховного процесу, яка згодом чітко визначилась у логіку паралельної дії. Педагог підкреслював: "Загальна система виховних впливів має бути організована так, щоб

вплив живих діячів не передавався безпосередньо дітям, а спрямовувався виключно на створення "мертвих" джерел впливу, організовуючи таким чином цілісний вплив колективу" [9, с. 43].

Саме так Макаренко розумів і реалізовував у педагогіці принцип гуманізму: у єдності соціального і індивідуального, педагогічного управління і самостійності, особистої відповідальності молодій людині за свою життєву долю. Виховання ґрунтується "на досвіді поведінки", відповідно до нових педагогічних цілей, де переважає розвиток "творчого активу особистості".

Досить продуктивною є стратегія педагогічного спілкування на підставі захоплення сумісною творчою діяльністю та на підставі дружньої прихильності. Такий стиль спілкування можна розглядати як передумову успішної сумісної навчально-виховної діяльності. Це стимулятор розвитку і плідності взаємовідносин педагога зі студентами. Кажучи про систему взаємовідносин педагога з вихованцями, А.С. Макаренко стверджував, що педагог, з одного боку, повинен бути старшим товаришем і наставником, а з іншого боку, – співучасником сумісної діяльності, "інженером дитячих душ".

Стратегії самопрезентації викладача в спілкуванні, як залякування, загравання і крайні форми спілкування-дистанції, небезпечні тому, що за відсутності в педагога професійних навичок спілкування, можуть вкоренитися в творчу індивідуальність викладача, а іноді стають штампами, які ускладнюють педагогічний процес і знижують його ефективність.

Потрібно мати на увазі, що під час організації первинного спілкування педагога з незнайомою аудиторією виділяють ще одну попередню стадію – так звану "предкомунікативну атмосферу". Складається вона на основі початкової інформованості викладача про студентів, а останніх – про викладача. Первинна інформація, отримана як за офіційними, так і за неофіційними джерелами, створює передумови, які визначають особливості подальшої комунікативної діяльності.

Так студентка О. Тетяна говорить: "Велике значення в першій оцінці викладача має попереднє враження, що склалося на основі розповідей студентів старших курсів". Деякі студенти передають детально ті відомості про викладачів, які вони одержали від своїх товаришів. "В умовах вузу, – пише студентка Т. Валентина, –

перші відомості про викладача, одержуєш ще до безпосереднього знайомства з ним, студенти старших курсів, які прослухали курс, дають "цілком детальні характеристики".

Від успішності початкової стадії спілкування у виховному процесі залежить здійснення всього процесу комунікації. З перших моментів спілкування викладачу важливо не підкреслювати свої рольові переваги, а зробити наголос на особистісній самопрезентації, кожен викладач повинен мати свою "харизму", енергетику, ентузіазм, впевненість та ін.

На сьогоднішній день самопрезентація має сучаснішу назву – портфоліо. Портфоліо (від італ. *portafoglio* – "портфель") – збірка (широке портфоліо) виконаних робіт та напрацювань певної особи (компанії). Портфоліо може бути як на папері, так і в електронному вигляді. Електронне портфоліо, в свою чергу, може зберігатись локально (бути доступним лише визначеному колу людей) та глобально (бути доступним для всього світу – для користувачів інтернету). Глобально доступне портфоліо інакше називається веб-портфоліо. Портфоліо – це спосіб фіксування, накопичення, оцінки і самооцінки особистих досягнень за певний проміжок часу. Мета портфоліо: накопичення досягнень, відслідковування професійного прогресу, представлення діяльності і професійного розвитку за окремий проміжок часу [11].

Продемонструємо приклад портфоліо викладача за такою структурою:

- ПІБ викладача, повна назва навчального закладу, період, за який представлено матеріали (рис. 1);
- освіта, педагогічний стаж, кваліфікаційна категорія, назва предмета, який викладає, на якій спеціальності (рис. 1, 2);
- нагороди (рис. 3);
- педагогічне та життєве кредо (рис. 4).



Рис. 1

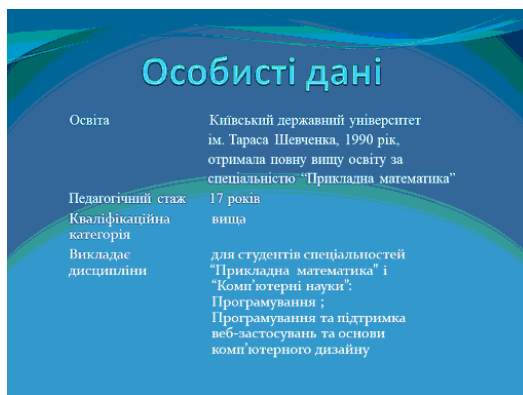


Рис. 2

Таким чином, самопрезентація полягає у формуванні авторитету серед студентів, певного враження про себе. Явище самопрезентації досліджували різні вчені, які в основному зосереджувались на мотивації і засобах реалізації самопрезентації особистості. Успішна самопрезентація дозволяє досягати певних цілей, взаємодіяти з оточенням. Її ефективність полягає у доцільному використанні стратегій та вмінням поводити себе у різних ситуаціях. Тому початкове завдання педагога – показати свої сильні сторони, а значить і ефективно провести первинну самопрезентацію, а ось "харизма", яка приваблює студентів, повинна підтримуватись бездоганним знанням свого предмету і методики навчання, серйозним відношенням до роботи, піклуванням про успіхи кожного студента, загальною ерудицією, культурою, тактом. Але особливу роль відіграють доброта і вміння контролювати свої почуття і, звичайно, добродушність та оптимізм.



Рис. 3

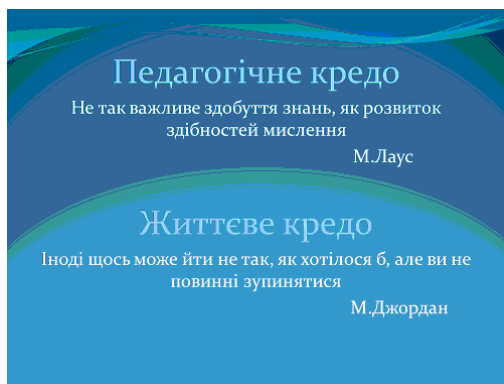


Рис. 4

1. Артюхова Ю. Что такое "самопрезентация" и зачем она нужна? URL: <http://shkolazhizni.ru> (дата звернення: 15.03.2019).
  2. Кобзева В. Современные технологии управления персоналом. № 9, 2006. URL: [http://www.profiz.ru/stup/9\\_2006](http://www.profiz.ru/stup/9_2006) (дата звернення: 15.03.2019).
  3. Корольчук М. С., Осьодло В. І. Психодіагностика : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / за заг. ред. М. С. Корольчука. К. : Ельга, Ніка-Центр, 2004. 400 с.
  4. Левківський М. В. Історія педпгогіки : підручник. Видання 2-е, доповнене. К. : Центр навчальної літератури, 2006. 376 с.
  5. Макаренко А. С. Вибрані твори : статті, лекції, виступи. К. : Рад. школа, 1950.
  6. Макаренко А. С. Методика виховної роботи. К. : Рад. школа, 1990. 366 с.
  7. Макаренко А. С. Педагогічна поема. К. : Рад. школа, 1973. 604 с.
  8. Макаренко А. С. Педагогические соч. В 8-ми т. / сост. А. А. Фролов, Л. Ю. Гордин, М. Д. Виноградова. М., 1983–1986.
  9. Макаренко А. С. Твори. В 7-ми т. Т. 1. К. : Рад. шк., 1953.
  10. Михайлова Е. В. Обучение самопрезентации : учеб. пособие. М. : Изд. дом ГУ ВШЭ, 2007. 167 с.
  11. URL: <http://uk.wikipedia.org/wiki/Портфоліо>. (дата звернення: 15.03.2019).
- 

**Roshcheniuk A.M., Senior Lecturer, Radchuk O. Y., Senior Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **SELF-PRESENTATION OF THE TEACHER IS IMPORTANT FACTOR OF SOCIAL-PEDAGOGICAL ACTIVITY**

**The essence of the concepts of "charisma" and "self-presentation" is highlighted in the article. The importance of self-presentation of the teacher is substantiated, the concept and essence of self-presentation are revealed.**

**Keywords:** selfpresentation, charisma, communication, professionalism.



**Брушковський О.Л., к.т.н., доцент, Дубчак І.В., асистент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

### **ОСОБЛИВОСТІ ТЕСТОВОЇ ФОРМИ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ З РОЗДІЛУ “ЗВИЧАЙНІ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ”**

Розглянуто деякі особливості тестової форми контролю знань студентів з розділу «Звичайні диференціальні рівняння», що не дозволяють провести об'єктивну оцінку знань з цього розділу і приводять до суттєвого погіршення якості математичної освіти.

**Ключові слова:** тестова форма контролю, диференціальне рівняння, якість освіти, комбінована форма оцінювання.

Теоретичні тестові завдання з розділу «Звичайні диференціальні рівняння» суттєво відрізняються від традиційної форми контролю знань і мають свої переваги і недоліки. Наприклад, в тестовому варіанті не можна задати питання : «Диференціальні рівняння. Основні потягтя» або «Довести ту чи іншу теорему» або «Однорідні диференціальні рівняння I порядку», тому що відповідь на такі питання потребує і часу і займає багато місця. Тому питання дроблять так, щоб відповіді були лаконічними, хоча кількість питань стає значно більшою. Наприклад, розглянемо означення: «Диференціальним рівнянням називається рівняння, що містить невідому функцію, похідні від неї (або диференціали) та незалежні змінні». Питання «Яке з наведених означень диференціального рівняння є правильним? » при якому наводиться 5 відповідей, серед яких немає безглузвих, потребує деякого часу для їх прочитання, осмислення і правильного вибору і до того ж займає багато місця на екрані монітору. А у студента на вибір правильної відповіді час обмежений, не більше однієї хвилини на одне теоретичне питання першого рівня. Тому доводиться питання формулювати так, щоб не питання, а відповідь до нього була лаконічною,

наприклад : « Як називається рівняння, що містить, невідому функцію, похідні від неї (або диференціали) та незалежні змінні? ».

- а) алгебраїчним
- б) інтегральним
- в) диференціальним
- г) порядковим
- д) характеристичним

Це є значним недоліком тестової форми оцінки теоретичних знань з математики і суттєво погіршує якість математичної освіти. Серед наведених відповідей до тестів не повинно бути ніякого натяку на правильну відповідь. Наприклад, серед них не повинно бути безглуздох, правильна відповідь не повинна візуально відрізнятися від інших своїми розмірами, шрифтом. Інакше результати оцінювання знань студентів будуть не об'єктивними.

Доведення теорем повинно залишатися обов'язковою складовою частиною іспиту з вищої математики. Це саме стосується і виведення формул, розв'язання задач та прикладів вищого рівня складності, і задач, розв'язання яких потребує геометричної ілюстрації. Без такого вміння оцінювати рівень знань студента з вказаного розділу можна лише двома оцінками : «незадовільно», і «задовільно». Це означає, що тестова форма контролю знань з цього важливого розділу вищої математики не може бути використана для іспиту. Крім того, суттєвим недоліком тестової форми оцінювання знань студента з розділу «Звичайні диференціальні рівняння» є те, що при обмеженій множині відповідей вказати правильну при знаходженні загального розв'язку диференціального рівняння можна без розв'язування за допомогою їх підстановки у задане диференціальне рівняння, особливо, якщо відповіді достатньо прості. Наведемо декілька прикладів.

Розглянемо частковий випадок диференціальний рівнянь першого, другого порядку з відокремленими змінними :

$$y' = f(x).$$

Його загальний розв'язок знаходиться шляхом інтегрування :

$$y = \int f(x)dx.$$

Але це уявна простота. В загальному випадку для розв'язання навіть таких найпростіших рівнянь потрібно знати весь розділ вищої математики «Невизначений інтеграл» з його різноманітними методами інтегрування різних класів функцій.

**Завдання 1.** Розв'язати рівняння:  $y' = \frac{5 + 3x + \operatorname{arctg}^8 x}{1 + x^2}$ .

Для розв'язання цього рівняння потрібно застосувати метод безпосереднього інтегрування і метод підведення під знак диференціала:

$$\begin{aligned} y &= \int \frac{5 + 3x + \operatorname{arctg}^8 x}{1 + x^2} dx = \int \frac{5}{1 + x^2} dx + \int \frac{3x}{1 + x^2} dx + \int \frac{\operatorname{arctg}^8 x}{1 + x^2} dx = \\ &= 5 \int \frac{dx}{1 + x^2} + \frac{3}{2} \int \frac{d(1 + x^2)}{1 + x^2} + \int \frac{\operatorname{arctg}^8 x}{1 + x^2} dx = \\ &= 5 \operatorname{arctg} x + \frac{3}{2} \ln(1 + x^2) + \frac{1}{9} \operatorname{arctg}^9 x + C. \end{aligned}$$

Відповідь:  $y = 5 \operatorname{arctg} x + \frac{3}{2} \ln(1 + x^2) + \frac{1}{9} \operatorname{arctg}^9 x + C$ .

Якби ми не знали що знайдена відповідь є правильною, то потрібно було б зробити перевірку. Для цього знайдену функції і її похідну підставляємо в задане рівняння. Перевірка:

$$\begin{aligned} y' &= (5 \operatorname{arctg} x + \frac{3}{2} \ln(1 + x^2) + \frac{1}{9} \operatorname{arctg}^9 x + C)' = \\ &= \frac{5}{1 + x^2} + \frac{3x}{1 + x^2} + \frac{\operatorname{arctg}^8 x}{1 + x^2} = \frac{5 + 3x + \operatorname{arctg}^8 x}{1 + x^2}. \\ &\frac{5 + 3x + \operatorname{arctg}^8 x}{1 + x^2} = \frac{5 + 3x + \operatorname{arctg}^8 x}{1 + x^2}. \end{aligned}$$

Відповідь правильна. В загальному випадку здобувач вищої освіти повинен не тільки вміти розв'язувати диференціальне рівняння, але й робити перевірку знайденого розв'язку. В тестовій формі задається диференціальне рівняння і перелік можливих відповідей. Задача звужується і зводиться не до розв'язання

диференціального рівняння, а до знаходження правильної відповіді з вказаної скінченної множини функцій. Для цього можна не розв'язувати диференціальне рівняння, а обмежитись перевіркою вказаних можливих розв'язків. А для перевірки в багатьох випадках достатньо тільки вміти брати похідні і робити тотожні перетворення. Про яку якість математичної освіти може йти мова?

Розв'язання вказаних найпростіших диференціальних рівнянь охоплює весь важливий розділ «Невизначений інтеграл». Особливості тестової форми контролю знань з цього розділу розглянуто в роботі [2].

**Задання 2.** Знайти загальні розв'язки рівнянь:

$$1) y' = \operatorname{tg}^2 x; \quad 2) y' = \frac{\sqrt{\arcsin x} + 2x}{\sqrt{1-x^2}} \quad 3) y' = \frac{2^{\operatorname{arctg} x} + 1 - x^4 + 6x}{1+x^2};$$

$$4) y' = \frac{\operatorname{tg}^2 x}{\cos^2 x}; \quad 5) y' = \ln(3x+2); \quad 6) y' = (3x^2 + 2x + 5) \sin 2x.$$

Відповідні інтеграли знайдені в роботах [1; 2]. Отже, загальні розв'язки рівнянь:

V1.  $y = \operatorname{tg} x - x + C.$

V2.  $y = \frac{2}{3}(\arcsin x)^{\frac{3}{2}} - 2\sqrt{1-x^2} + C.$

V3.  $y = \frac{2^{\operatorname{arctg} x}}{\ln 2} + x - \frac{x^3}{3} + 3\ln(1+x^2) + C.$

V4.  $y = \frac{1}{3}\operatorname{tg}^3 x + C.$

V5.  $y = x \cdot \ln(3x+2) - x + \frac{2}{3}\ln(3x+2) + C.$

V6.  $y = \frac{-1}{2}(3x^2 + 2x + 5)\cos 2x + \frac{1}{2}(3x+1)\sin 2x + \frac{3}{4}\cos 2x + C.$

Таким чином, щоб розв'язувати навіть просте диференціальне рівняння першого порядку з відокремленими змінними  $y' = f(x)$  потрібно знати розділ «Невизначений інтеграл» та вміти використовувати його методи.

Нагадаємо, як можна зробити перевірку одержаного результату. Розв'язком звичайного диференціального рівняння на інтервалі (а; b) називається функція, підстановка якої у диференціальне рівняння разом з відповідними похідними перетворює його у тотожність на вказаному інтервалі. Цю властивість знайденого розв'язку диференціального рівняння можна використати для знаходження правильної відповіді з п'яти вказаних при тестовій формі контролю знань

Наприклад, доведемо, що для рівняння (2) правильним є розв'язок В2. Так як

$$\begin{aligned} y' &= \left( \frac{2}{3} (\arcsin x)^{\frac{3}{2}} - 2\sqrt{1-x^2} + C \right)' = \\ &= \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{(\arcsin x)^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{1-x^2}} - 2 \cdot \frac{-2 \cdot x}{2\sqrt{1-x^2}} = \frac{\sqrt{\arcsin x} + 2x}{\sqrt{1-x^2}}, \end{aligned}$$

то при підстановці цієї похідної у рівняння, останнє перетвориться у тотожність. Отже це правильна відповідь, яку ми змогли вказати, не розв'язуючи диференціальне рівняння з використанням методів безпосереднього інтегрування і підведення під знак диференціала.

Порівняємо знаходження розв'язку диференціального рівняння і знаходження правильної відповіді з п'яти вказаних варіантів, якщо контроль знань проводиться за тестами.

**Завдання 3.** Знайти загальний розв'язок диференціального рівняння:

$$y' = (y + 1) \cdot \operatorname{ctgx}.$$

V1.  $y = C \cos x - 1;$   $- C \sin x \neq (C \cos x) \cdot \operatorname{ctgx}.$

V2.  $y = C \sin x + 1;$   $C \cos x \neq (C \sin x + 2) \cdot \operatorname{ctgx}.$

V3.  $y = C \sin x - 1;$   $C \cos x = (C \sin x) \cdot \operatorname{ctgx};$   $C \cos x = C \cos x.$

V4.  $y = C \cos x.$

V5.  $y = C \sin x.$

Не розв'язуючи диференціальне рівняння першого порядку із змінними, які можна відокремити, ми з п'яти відповідей, даних за тестовою формою, знайшли правильну, використовуючи поняття розв'язку диференціального рівняння. А без тестової форми рівняння потрібно б було розв'язувати так.

**Розв'язування.** Це диференціальне рівняння першого порядку з відокремлюваними змінними. Запишемо його у вигляді

$$\frac{dy}{dx} = (y+1)\operatorname{ctgx}, \text{ звідки } \frac{dy}{(y+1)} = \operatorname{ctgx}dx,$$

при умові, що  $y+1 \neq 0$ . Інтегруємо ліву і праву частини. Отримаємо

$$\int \frac{dy}{y+1} = \int \operatorname{ctgx}dx.$$

Звідки  $\ln|y+1| = \ln|\sin x| + \ln|C|$ , або  $y+1 = C \sin x$ .

Розв'язок  $y = C \sin x - 1$  є загальним розв'язком даного диференціального рівняння. Особливо встановлюємо, що  $y = -1$  є також розв'язком даного рівняння. Але він не є особливим, так як його можна одержати із загального при  $C = 0$ .

**Задання 4.** Знайти загальний розв'язок диференціального рівняння:

$$y' + 2xy = 2xe^{-x^2}$$

V1.  $y = x^2 + C; \quad 2x + 2x(x^2 + C) \neq 2xe^{-x^2}$

V2.  $y = C \cdot e^{-x^2}; \quad -2xCe^{-x^2} + 2xCe^{-x^2} \neq 2xe^{-x^2}$

V3.  $y = (x + C) \cdot e^{-x^2};$

$$2xe^{-x^2} - (x^2 + C)2xe^{-x^2} + 2x(x^2 + C)e^{-x^2} = 2xe^{-x^2}.$$

V4.  $y = (x + C) \cdot e^{-x^2};$

V5.  $y = (x^3 + C) \cdot e^{-x^2}$

Правильна відповідь V3:  $y = (x + C) \cdot e^{-x^2};$

Не знаючи ні типу рівняння (лінійне неоднорідне диференціальне рівняння першого порядку), ні методу його розв'язування, можна серед п'яти відповідей, одна з яких вірна знайти вірну відповідь. А рівняння потрібно було б розв'язувати так.

$$\text{Розв'язати рівняння } y' + 2xy = 2xe^{-x^2}.$$

**Розв'язування.** Це лінійне неоднорідне диференціальне рівняння першого порядку. Робимо підстановку

$$y = u(x) \cdot v(x) \quad y' = u'v + uv'$$

Одержимо рівняння  $u'v + uv' + uv \cdot 2x = 2xe^{-x^2}.$

Звідки  $u'v + u(v' + v \cdot 2x) = 2xe^{-x^2}.$

Розв'язуємо систему рівнянь: 
$$\begin{cases} v' + v \cdot 2x = 0; \\ u'v = 2xe^{-x^2} \end{cases}$$

З першого випливає, що  $v' = -v \cdot 2x; \quad \frac{dv}{dx} = -v \cdot 2x$

$$\frac{dv}{v} = -2x dx; \quad \int \frac{dv}{v} = \int -2x dx; \quad \ln |v| = -x^2 + \ln |C_1|;$$

$$\ln |v| = \ln e^{-x^2} + \ln |C_1|; \quad v = C_1 e^{-x^2}; \quad C_1 = 1; v = e^{-x^2}.$$

Тоді з другого рівняння системи:

$$u'v = 2xe^{-x^2}; \quad u' e^{-x^2} = 2xe^{-x^2}; \quad u' = 2x; \quad u = \int 2x dx; \quad u = x^2 + C.$$

Загальний розв'язок рівняння:  $y = uv \quad y = (x^2 + C)e^{-x^2}.$

**Завдання 5.** Знайти загальний розв'язок диференціального рівняння:

$$y \cdot y'' - (y')^2 = 0.$$

V1.  $y = C_1 + C_2 x; \quad 0 - (C_1 + C_2 x)^2 \neq 0$

V2.  $y = C_2 \cdot e^{C_1 x}; \quad C_2 \cdot e^{C_1 x} \cdot C_2 C_1^2 - C_2^2 \cdot C_1^2 \cdot e^{C_1 x} = 0;$

B3.  $y = C_1x + C_2x^2;$

B4.  $y = C_2 \cdot x \cdot e^{C_1x};$

B5.  $y = C_2 + e^{C_1x}.$

Правильна відповідь B2:  $y = C_2 \cdot e^{C_1x}.$

Отже і в цьому випадку не знаючи ні типу рівняння( диференціальне рівняння другого порядку, що не містить незалежної змінної  $x$ ), ні методу його розв'язування, можна серед п'яти відповідей, одна з яких вірна, знайти віну відповідь.

**Завдання 6.** Знайти частковий розв'язок рівняння:  $y'' - 6y' + 8y = 6e^x$

B1.  $y^* = e^x. \quad e^x - 6e^x + 8e^x \neq 6e^x.$

B2.  $y^* = 2e^x. \quad 2e^x - 12e^x + 16e^x = 6e^x;$

B3.  $y^* = 3e^x.$

B4.  $y^* = 4e^x.$

B5.  $y^* = 6e^x.$

Правильна відповідь B2. За тестами відповідь швидко знайдена, бо  $y^* = 2e^x$  є розв'язком рівняння. А потрібно вміти розв'язувати диференціальне рівняння, а не вмітишукати правильну відповідь з переліку вказаних. Це завдання слід було б розв'язувати так.

Розв'язання. Відповідне однорідне рівняння:  $y'' - 6y' + 8y = 0.$

Характеристичне рівняння:  $k^2 - 6k + 8 = 0.$  Корені характеристичного рівняння:  $k_{1,2} = 3 \pm \sqrt{9 - 8} = 3 \pm 1; k_1 = 4, k_2 = 2.$  Знайдемо частковий розв'язок лінійного

неоднорідного диференціального рівняння.  $f(x) = 6e^x.$  Порівнюємо її з правою частиною стандартного виду:  $f(x) = P_n(x)e^{ax}.$  Одержимо  $n = 0, a = 1.$

Частковий розв'язок шукаємо у вигляді:  $y^* = x^r Q_n(x)e^{ax}.$  Так як  $a \notin \{k_1, k_2\},$  то  $r = 0.$  Отже  $y^* = x^0 Q_0(x)e^x = Ae^x; y^{*'} = Ae^x.$  Підставляємо цю функцію в



задане неоднорідне рівняння:  $Ae^x(1-6+8) = 6e^x$ ;  $3A = 6$ ;  $A = 2$ . Отже  $y^* = 2e^x$ .

Таким чином наведені приклади показують, що оцінка знань здобувача вищої освіти з розділу «Диференціальні рівняння», який є одним з основних розділів вищої математики, за тестовою формою, має суттєвий недолік, який не дозволяє, вірно оцінити, знання здобувача з цього розділу і приводить до суттєвого погіршення якості математичної освіти.

Можливо більш доцільною була б не тестова, а комбінована форма оцінки знань з розділу «Диференціальні рівняння», при якій одна задача вищого рівня і одне теоретичне питання вищого рівня оцінювалась викладачем або комісією. І навіть було б краще, якби тестова форма, була б лише допуском до повноцінного іспиту з вказаного розділу.

1. Брушковський О. Л. Вища математика. В 2-х частинах. Диференціальне та інтегральне числення функції однієї змінної. *Звичайні диференціальні рівняння* : навчальний посібник. Ч. 2. Рівне : НУВГП, 2008. 266 с. 2. Брушковський О. Л., Дубчак І. В. Особливості тестової форми контролю знань з розділу «Невизначений інтеграл». *Вісник навчально-наукового інституту автоматики, кібернетики, та обчислювальної техніки НУВГП*. Рівне, 2018. Вип. 5. С. 11–17.

---

**Brushkovskyi O.L., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor; Dubchak I.V., Assistant** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### PECULIARITIES OF THE TEST FORM OF CONTROL OF KNOWLEDGE IN THE SECTION "ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS"

**We considered some features of the test form of knowledge evaluation in the «ordinary differential equations » section. These features do not provide an objective assessment of knowledge in this section and also lead to a deterioration in the quality of**

mathematical education.

**Keywords:** test form of knowledge evaluation, differential equation, quality of education, combined form of knowledge evaluation.

УДК 65.011.56:629.7.017.4

Брушковський О.Л., к.т.н., доцент, Дубчак І.В., асистент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

### ДО ЗГИНУ ЖОРСТКИХ ПЛАСТИНОК З ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМ ВИЗНАЧЕННЯМ КРАЙОВИХ УМОВ

Розглянуто задачу визначення полів напружень і деформацій у анізотропних, ортотропних та ізотропних жорстких пластинках при їх згині з експериментальним визначенням крайових умов.

**Ключові слова:** поля напружень і деформацій, диференціальний оператор, жорсткі пластинки, крайові умови.

Згин  $w=w(x,y)$  серединної поверхні жорстких пластинок товщиною  $h$  під дією поперечного навантаження інтенсивністю  $q=q(x,y)$  описується диференціальним рівнянням [1; 2]:

$$L[w] = q, \quad (1)$$

де  $L[w]$  — лінійний диференціальний оператор. Для анізотропної пластинки він має вид:

$$L[w] = D_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 4D_{16} \frac{\partial^4 w}{\partial x^3 \partial y} + \frac{2(D_{12} + 2D_{66})(\partial^4 w)}{\partial x^2 \partial y^2} + 4D_{26} \frac{\partial^4 w}{\partial x \partial y^3} + D_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4}, \quad (2)$$

де  $D_{ij} = h^3 \cdot \frac{B_{ij}}{12}$  ( $i, j = 1, 2, 6$ ). Коефіцієнти  $B_{ij}$  визначаються через коефіцієнти узагальненого закону Гука [1].

Для ортотропної пластинки диференціальний оператор має вид:

$$L[w] = D_1 \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{2(D_1 \mu_2 + 2D_k)(\partial^4 w)}{\partial x^2 \partial y^2} + D_2 \frac{\partial^4 w}{\partial y^4}, \quad (3)$$

де  $D_1, D_2$  – згинні жорсткості по двом взаємно перпендикулярним головним напрямкам  $x$  і  $y$ ;  $D_k$  – крутильна жорсткість [1]:

$$D_1 = \frac{E_1 h^4}{12(1 - \mu_1 \mu_2)}; \quad D_2 = \frac{E_2 h^4}{12(1 - \mu_1 \mu_2)}; \quad D_k = \frac{G h^3}{12}. \quad (4)$$

Пружні властивості ортотропних пластинок характеризуються модулями пружності  $E_1, E_2$  по головним напрямкам, модулем зсуву  $G$  і коефіцієнтами Пуассона  $\mu_1, \mu_2$ , пов'язаними між собою:

$$\mu_2 = \mu_1 \cdot \frac{E_2}{E_1}. \quad (5)$$

Для ізотропної пластинки оператор  $L[w]$  приймає вид [1; 2]:

$$L[w] = D \left( \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right), \quad (6)$$

де  $D$  – згинна жорсткість:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \mu^2)}. \quad (7)$$

Пружні властивості ізотропних пластинок описуються модулем пружності  $E$  коефіцієнтом Пуассона  $\mu$ .

Деформації  $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}$  пов'язані з прогином  $w(x, y)$  залежностями [1; 2]:

$$\varepsilon_x = -z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}, \quad \varepsilon_y = -z \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}, \quad \gamma_{xy} = -2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}. \quad (8)$$

Після диференціювання обох частин рівняння (1), одержимо:

$$\frac{\partial^2 L[w]}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 q}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial^2 L[w]}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 q}{\partial y^2}, \quad \frac{\partial^2 L[w]}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 q}{\partial x \partial y}. \quad (9)$$

Звідки, використовуючи властивості лінійного диференціального оператора  $L[w]$ , маємо

$$L\left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right] = \frac{\partial^2 q}{\partial x^2}, \quad L\left[\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right] = \frac{\partial^2 q}{\partial y^2}, \quad L\left[\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}\right] = \frac{\partial^2 q}{\partial x \partial y}. \quad (10)$$

Враховуючи формули (8), після винесення сталого множника за знак оператора, одержимо:

$$L[\varepsilon_x] = -z \frac{\partial^2 q}{\partial x^2}, \quad L[\varepsilon_y] = -z \frac{\partial^2 q}{\partial y^2}, \quad L[\gamma_{xy}] = -2z \frac{\partial^2 q}{\partial x \partial y}. \quad (11)$$

На зовнішній стороні поверхні пластинки  $z = -h/2$  ці рівняння набувають вигляду:

$$L[\varepsilon_x] = \frac{h}{2} \cdot \frac{\partial^2 q}{\partial x^2}, \quad L[\varepsilon_y] = \frac{h}{2} \cdot \frac{\partial^2 q}{\partial y^2}, \quad L[\gamma_{xy}] = \frac{h}{2} \cdot \frac{\partial^2 q}{\partial x \partial y}. \quad (12)$$

У розглянутій області функція  $q = q(x, y)$  повинна бути двічі диференційованою. Якщо вона стала або лінійно залежить від  $x$  і  $y$ , то рівняння (12) будуть однорідними:

$$L[\varepsilon_x] = 0, \quad L[\varepsilon_y] = 0, \quad L[\gamma_{xy}] = 0. \quad (13)$$

Нехай пластинка є елементом силової конструкції і потрібно визначити деформації у деякій області  $S$  пластинки, обмеженої контуром  $\Gamma$ . Так як крайові умови для  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$ ,  $\gamma_{xy}$  на контурі  $\Gamma$  на поверхні пластинки можуть бути визначені експериментально, наприклад, по показам тензодатчиків, то система (12) розпадається на окремі крайові задачі для  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$ ,  $\gamma_{xy}$ . При розв'язанні цих задач чисельним методом, наприклад, методом сіток, достатньо буде встановити експериментально значення шуканих видів деформації тільки у граничних і деяких зовнішніх вузлах сітки. Для прямокутного контуру  $\Gamma$  до них відносяться вузлові

точки граничного і першого з охоплюючих його контурів.

Розглянемо питання про зменшення об'єму потрібної експериментальної інформації при використанні у якості основної невідомої функції прогину і визначенням крайових умов для неї по показам тензодатчиків. Ці умови знаходяться шляхом інтегрування функцій (8), що разом з експериментальним визначенням деформацій у окремих точках з застосуванням операцій інтерполяції та екстраполяції погіршує точність розв'язку. Покажемо, що при спеціальному розміщенні досліджуваних точок крайові умови для функції  $w = w(x, y)$  з точністю до лінійних доданків можуть бути визначені тільки за допомогою залежностей (8) у кінцево-різницевої формі без застосування вказаних операцій. Нехай, наприклад, потрібно визначити напружено-деформований стан у прямокутній області  $S$  з границею  $\Gamma$ . Введемо декартову прямокутну систему координат, таку, що в ній  $S = \{(x, y) : H \leq x \leq a - H; H \leq y \leq b - H\}$ .

Для розв'язання задачі необхідно знати значення функції  $w = w(x, y)$  у вузлових точках контуру  $\Gamma$  і у вузлових точках охоплюючого його контуру  $\Gamma_1$ , що є границею області  $S_1 = \{(x, y) : 0 \leq x \leq a; 0 \leq y \leq b\}$ . Значення функції прогинів у трьох точках, що не лежать на одній прямій, вибираємо довільно. Покладаємо, наприклад,  $w(0,0) = w(H,0) = w(0,H) = 0$ . Величину  $w(H,H)$  можна знайти, визначивши експериментально  $\gamma_{xy}(0.5H;0.5H)$  із співвідношення:

$$\begin{aligned} \gamma_{xy}(0,5H;0,5H) &= h \cdot w''_{xy}(0,5H;0,5H) = \\ &= h \cdot \frac{-w(H,H) + w(0,H) - w(0,0) + w(H,0)}{H^2}. \end{aligned}$$

Звідки:

$$w(H;H) = -H^2 \cdot \gamma_{xy} \frac{(0,5H;0,5H)}{h}. \quad (14)$$

Використовуючи, знайдені експериментально значення деформацій  $\varepsilon_x$  та  $\varepsilon_y$  у вузлових точках обох контурів, а також формули (8) у кінцево-різницевої формі, послідовно визначаємо значення функції прогинів у вузлових точках контурів  $\Gamma$  і

$\Gamma_1$ . Наприклад:

$$w(0;2H) = 2H^2 \cdot \varepsilon_y \frac{(0;H)}{h} + 2w(0;H) - w(0;0). \quad (15)$$

Після цього знаходимо значення  $w(x,y)$  у вузлових точках на лініях:  $x = a - H$ ;  $x = a$ ;  $y = b - H$ ;  $y = b$ .

При розгляданні для достатньо жорстких пластинок сумісної дії згину і сил у серединній поверхні їх взаємний вплив може виявитися несуттєвим, і тоді два роздільних розв'язки для поперечного прогину пластинки і плоского напруженого стану [2; 3; 4] просто додаються. При цьому датчики слід наклеювати симетрично відносно серединної площини по обом сторонам пластинки, щоб розділити складові деформацій від перегину і дії сил у серединній поверхні.

Для прикладу було розглянуто визначення значень деформації  $\varepsilon_x$  у внутрішніх точках квадратної сітки з шагом  $H = 0,05$  м в області  $S = \{0,05\text{ м} \leq x \leq 0,25\text{ м}; 0,05\text{ м} \leq y \leq 0,25\text{ м}\}$  ортотропної пластинки еліптичної форми з півосями  $a = 0,5$  м;  $b = 0,4$  м, затиснутої по контуру і завантаженої рівномірно по всій поверхні поперечним навантаженням інтенсивністю  $q = 981$  Па по відомим точним значенням деформацій у граничних вузлах сітки. Пластинка, товщиною  $h = 0,01$  м має наступні фізико-механічні характеристики:

$$E_1 = 1,0693 \cdot 10^{10} \text{ Па}; E_2 = 0,8535 \cdot 10^{10} \text{ Па};$$

$$G = 0,0775 \cdot 10^{10} \text{ Па}; \mu_1 = 0,174; \mu_2 = 0,038.$$

Задача має точний аналітичний розв'язок [1; 2] з наступною функцією прогину:

$$w = q \frac{\left(1 - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}\right)}{\left(\frac{24D_1}{a^4} + 16 \frac{(D_1\mu_2 + 2D_k)}{a^2b^2} + \frac{24D_2}{b^4}\right)}. \quad (16)$$

Результати розрахунку наводимо у табличній формі.

Значення деформацій  $\varepsilon_x \cdot 10^5$  у внутрішніх вузлах сітки

Викорис- тані умови	Крок	Контрольні точки					
		(2Н, 2Н)	(3Н,2Н)	(4Н,2Н)	(4Н,3Н)	(3Н,3Н)	(2Н,3Н)
(3,12)	Н	5,9346	4,8448	3,3201	2.7531	4,2778	5,3683
(3,14)	Н	6,2040	4,9280	2,5686	3,1450	7,2530	5,2150
(3,14)	Н/5	5,8754	4,8008	3,2455	2,6772	4,2346	5,3272
Точні значення		5,9353	4,8462	3,3216	2,7545	4,2792	5,3683

Як впливає з таблиці, більш точні результати забезпечують ті алгоритми, для яких значення шуканої функції у вузлових точках при запису крайових умов можна встановити на основі експериментальної інформації безпосередньо, без застосування операцій інтерполяції та екстраполяції. Так у розглянутій задачі доцільно знаходити поля деформацій, використовуючи залежності (3), (12). Попереднє визначення з точністю до лінійних доданків функції прогину по відомим значенням деформацій в окремих точках на границі області, а потім обчислення по прогину деформацій у внутрішніх точках, може привести до значної похибки в залежності від точності визначення крайових умов і застосованих чисельних методів. Щоб підвищити точність розв'язку, потрібно зменшити шаг при знаходженні крайових умов по функції прогину, а це пов'язано із збільшенням об'єму експериментальної інформації.

1. Лехницький С. Г. Теория упругости анизотропного тела. Москва : Наука, 1977. 416 с.
2. Тимошенко С. П. Пластинки и оболочки. Москва : Наука, 1966. 635 с.
3. Брушковский А. Л., Литвиненко Л. П. Определение полей деформаций в районе концентраторов по показаниям тензодатчиков для ортотропных элементов. *Прикладная механика*. Том 18. № 1. 1982. С. 82–85.
4. Брушковський О. Л., Дубчак І. В.

До визначення полів напружень і деформацій у елементах силових конструкцій на основі теоретико-експериментального методу. *Вісник навчально-наукового інституту автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки НУВГП*. Вип. 1. Рівне, 2014. С. 85–91.

---

**Brushkovskiy O.L., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor; Dubchak I.V., Assistant** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **ABOUT BENDING OF HARD PLATES WITH EXPERIMENTAL DETERMINATION OF BOUNDARY CONDITIONS**

The problem of determining stress and strain fields in anisotropic, orthotropic and isotropic rigid plates during bending with experimental determination of boundary conditions is considered.

**Keywords:** Fields of stress and deformation, differential operator, rigid plates, boundary conditions.

**УДК 004.896**

**Стеценко А.М., к.т.н., доцент; Боковець К.Л., студентка 5 курсу** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),  
a.m.stetsenko@nuwm.edu.ua

#### **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КРЕКЕРУ**

У роботі спроектовано і розроблено автоматизовану систему керування процесом виробництва крекеру на ПАТ «Родина» м. Костопіль. Для цього проаналізовано технологічний процес виробництва крекеру, розроблено функціональну схему автоматизації, виконано вибір технічних засобів автоматизації, враховуючи особливості процесу, розроблене необхідне програмне забезпечення.



**Ключові слова:** стабілізація температури, витяжна труба, програмований логічний контролер, розпилювальна камера, стабілізація вологи.

Для випікання крекери застосовують температурний режим випічки-сушки. Від випічки інших видів печива він відрізняється тим, що має більшу тривалість і знижену температуру приготування. Це пояснюється тим, що тісто утримує в собі більше вологи, яка підлягає випаровуванню. Зі зниженням температури збільшується тривалість переміщення вологи від внутрішніх шарів до поверхневих, підвищення температури прискорює структурні зміни в тісті, які перешкоджають видаленню вологи. Процес випічки ділять на п'ять періодів. Кожному з них відповідає одна з п'яти температурних зон пекарної камери із необхідними значеннями відносної вологості. Параметри режиму випічки і їх значення залежать від продуктивності печі, рецептури, вологості тіста та інших чинників. Весь процес виробництва крекери складається із складних процесів, які проводяться у різноманітних машинах і апаратах. На даний час крекери виробляють на безперервних потокових лініях, що забезпечують комплексну механізацію всіх технологічних процесів [1; 2].

#### **Опис технологічного процесу**

Виробництво крекери можна розділити на наступні основні стадії і операції: дозування рецептурних компонентів; приготування емульсії; заміс тіста; формування тістових заготовок; випікання тістових заготовок. В об'ємні дозатори (мірники) завантажуються рідкі рецептурні компоненти (молоко, меланж тощо). Просіяний цукор завантажують у бункерні ваги. Для приготування крекерного тіста зазвичай застосовують цукор-пісок, оскільки у порівнянні з цукровим тістом, в крекерному міститься більше вологи, збільшені температура і тривалість замісу, що покращує умови розчинення кристалів цукру. Проте застосування цукрової пудри переважає. Борошно зрізних партій різною якістю клейковини, крохмаль і подрібнені відходи при подачі стислого повітря у продуктопровід подаються у завантажувальну воронку тістомісильної машини 2 (рис. 1). Емульсію готують в емульсаторі 3. У нього послідовно завантажують рецептурні компоненти, при цьому безперервно обертається місильна лопата. Завантажують воду, рідкі компоненти і цукор, перемішують їх протягом 2-3 хв до цілковитого розчинення цукру. Готову емульсію зливають у витратний бак 4, в

якому вона постійно перемішується при температурі 38-40° С. Температуру регулюють за допомогою вбудованого електронагрівача. Насосом емульсія подається у місильну машину 2 або шляхом перемикавання кранів здійснюється циркуляція емульсії в баку 4. Замість тіста відбувається у тістомісильній машині періодичної дії 2. Замість крекерного дріжджового тіста в машині починається із завантаження дріжджової розводки, потім при обертанні місильних лопатей протягом 4-6 хв, у цей же час, подають порції емульсії і борошняної сипкої суміші. Залежно від рецептури і властивостей сировини одержують дріжджове тісто вологістю 26-30% при температурі 26-30° С протягом 15-18 хв. Готове дріжджове тісто вивантажується машини 2 і подається у приймальну воронку ламінатора 5. Тістовальцювальна машина безперервної дії – ламінатор 5 – складається із декількох пар гладких і рифлених валків і системи стрічкових конвеєрів, змонтованих на загальній станині. Ламінатор має дві приймальні воронки, на дні кожної з яких є пара валиків. Валики прокатують дві стрічки тіста, які на горизонтальний конвеєр. Шари тіста накладаються один на одного і вилежуються. Потім повторюється операція плющення і вилежування двошарової стрічки тіста ще три рази, товщина шарів при цьому зменшується. На виході ламінатора багатократно шарується одержана стрічка розворотом на 90°, формується багатшаровий пласт тіста. На тісторозкатувальному столі 6 цей пласт розкатують за допомогою двох пар валиків. Товщина багатшарового пласта зменшується до розміру, що становить 0,5-0,3 товщини готових виробів. Остання пара валиків додає тісту глянець за допомогою гладкої шліфованої поверхні. Уже сформовані тістові заготовки подаються на сітчастий конвеєр 8 печі 9. Випічка дрібнокрекеру 2,5-3,5 хв при наступних температурах по зонах (° С): 150-180; 200-215; 295-305; 275-285; 230-245. Конкретні значення параметрів випічки залежать від продуктивності печі, рецептури, розмірів тістових заготовок, вологості тіста і готових виробів. Необхідно підтримувати задані значення вологості при випіканні, для цього встановлено розпилювальну камеру 10 із вмонтованою форсункою 11. Система запалювання газової суміші у камері згорання є досить складною. Газ в камеру подають по трубопроводу через форсунку 12, запальник 13 служить для вироблення постійної іскри, яка у свою чергу підпалює газову суміш.

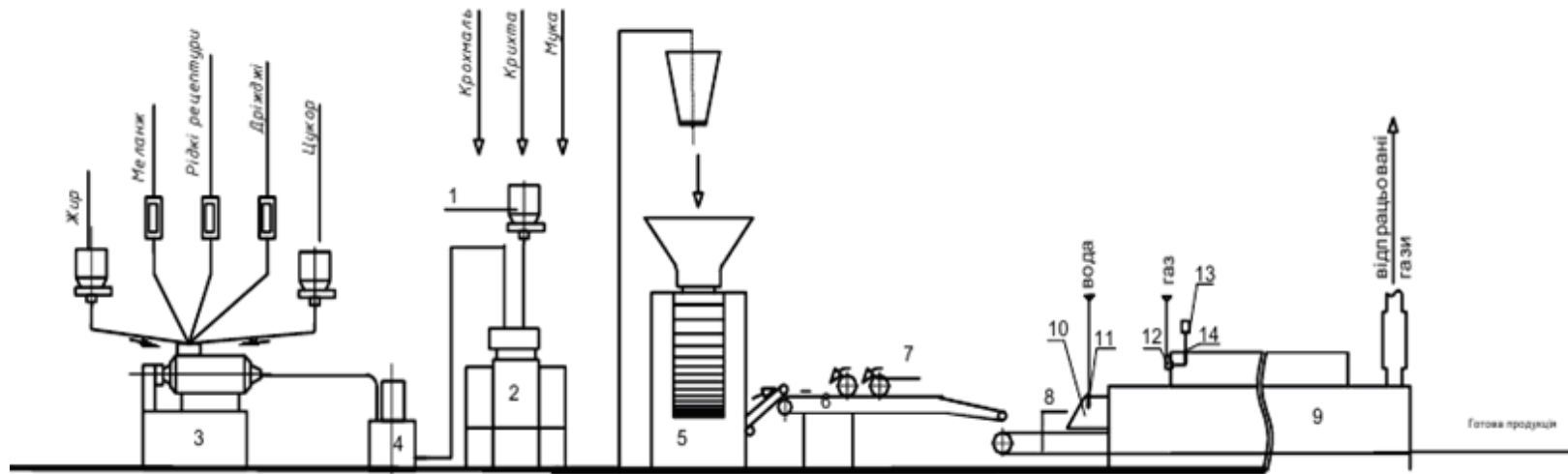


Рис. 1. Технологічна схема приготування рідкої опари безперервної дії:

1 – бункер, 2 – тістомісильна машина, 3 – емульсатор, 4 – витратний бак, 5 – ламінатор, 6 – тісторозкатувальний стіл, 7 – формувальні валики, 8 – сітчастий конвеєр, 9 – піч, 10 – розпилювальна камера, 11, 12 – форсунка, 13 – запальник

Печиво має відповідати встановленим вимогам, тому необхідно, щоб процес підготовки до випікання і власне випікання проходило по строго встановлених режимах. Оскільки технологічний процес випікання печива неперервний, то на якість кінцевого продукту впливає надійність роботи автоматизованої системи. Таким чином контрольовані величини необхідно організувати наступним чином (рис. 2):

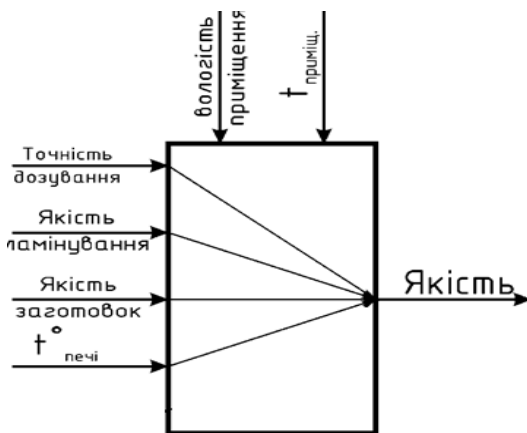


Рис. 2. Схема зв'язків між вхідними та вихідними величинами

Всі стадії приготування крекери зводяться до якості вихідного продукту кожної окремої стадії. Тому якість готової продукції дуже залежить від дотримання технологічних параметрів на кожній стадії виготовлення. Основними збуреннями будуть температура та вологість повітря у приміщенні.

### Функціональна схема автоматизації

Проаналізувавши технологічний процес та схему взаємозв'язків технологічних параметрів можна зробити висновки, що функціональна схема автоматизації (ФСА) повинна містити наступні контури регулювання: контур стабілізації температури, контур стабілізації вологості; контур перевірки тяги у витяжній трубі (рис. 3).

Вологість сприймається датчиком вологості ME1-1, передається сигнал пристроєм MT1-2 на контролер і за цим сигналом контролер керує сервоприводом NS1-3 на клапані 1-4.

Температура в печі сприймається датчиком температури TE2-1, сигнал з якого підсилюється пристроєм TT2-2 і передається на контрольно-реєструючий прилад

TIR2-3 і на вхід контролера. При критичних значеннях температури в печі вмикаються відповідні лампочки на табло. Для регулювання температури в печі змінюють подачу газу в камеру згорання шляхом керування заслінки 2-5 через керуючий елемент NS2-4. Розподілення нагрітого повітря в печі здійснюють вентиляторами, що приводяться в дію двигуном 2-7 через керуючий орган 2-6.

Контролер проводить перевірку за допомогою давача розрідження PE6-1, сигнал з якого підсилюється пристроєм PT6-2 і передається на сигналізуючий пристрій PIA6-3, та наявністю факелу (фотодавач BS4-1), перед цим відкривши клапан подачі газу 5-2 керуючим елементом NS5-1 і запустивши запальник NS3-1. Якщо є якісь неполадки і невідповідності до роботи печі, то вмикаються відповідні сигнальні лампочки на щиті. Двигун 7-1 приводить в дію вентилятори у витяжній трубі через керуючий орган 7-2.

На основі ФСА був здійснений вибір технічних засобів автоматизації, складено схему комплексу технічних засобів (рис. 4), в яку входить програмований логічний контролер (ПЛК) WinPac-8841, модуль аналогового вводу I-8017, модуль аналогового виводу I-8024, модуль дискретного вводу-виводу I-8042.

#### **Розрахунок та моделювання системи автоматичного регулювання температури**

Проведемо аналіз системи автоматичного регулювання (САР) температури в тунельної газової печі в зоні випікання печива. Температура в зоні випікання печива повинна підтримуватися  $290 \pm 10^\circ \text{C}$ . Температура в зоні випікання печива залежить від кількості згорання газу. Фактично маємо замкнену систему, на вході котрої знаходиться задана температура, на виході – отримане значення цієї температури.

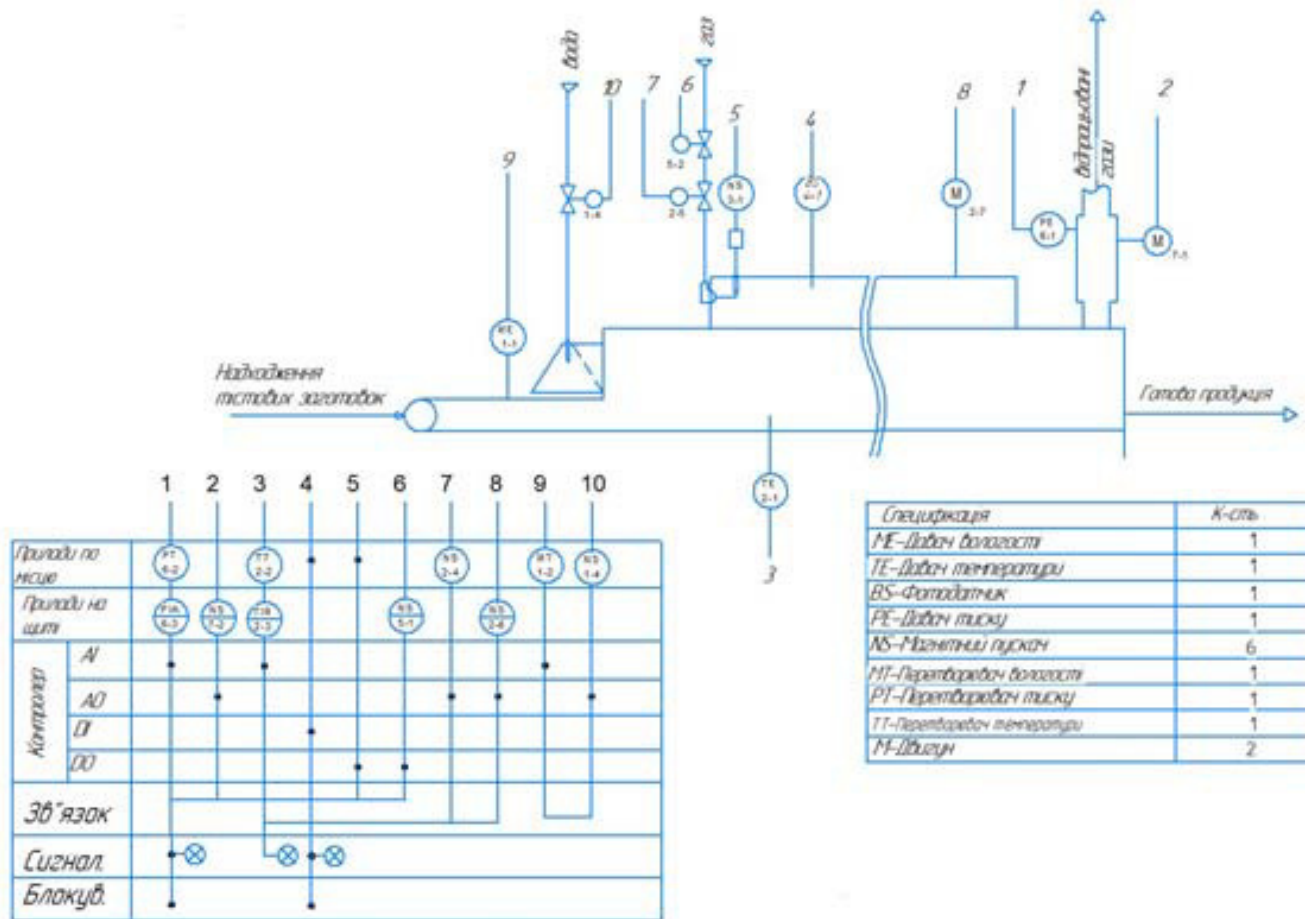


Рис. 3. Функціональна схема автоматзації

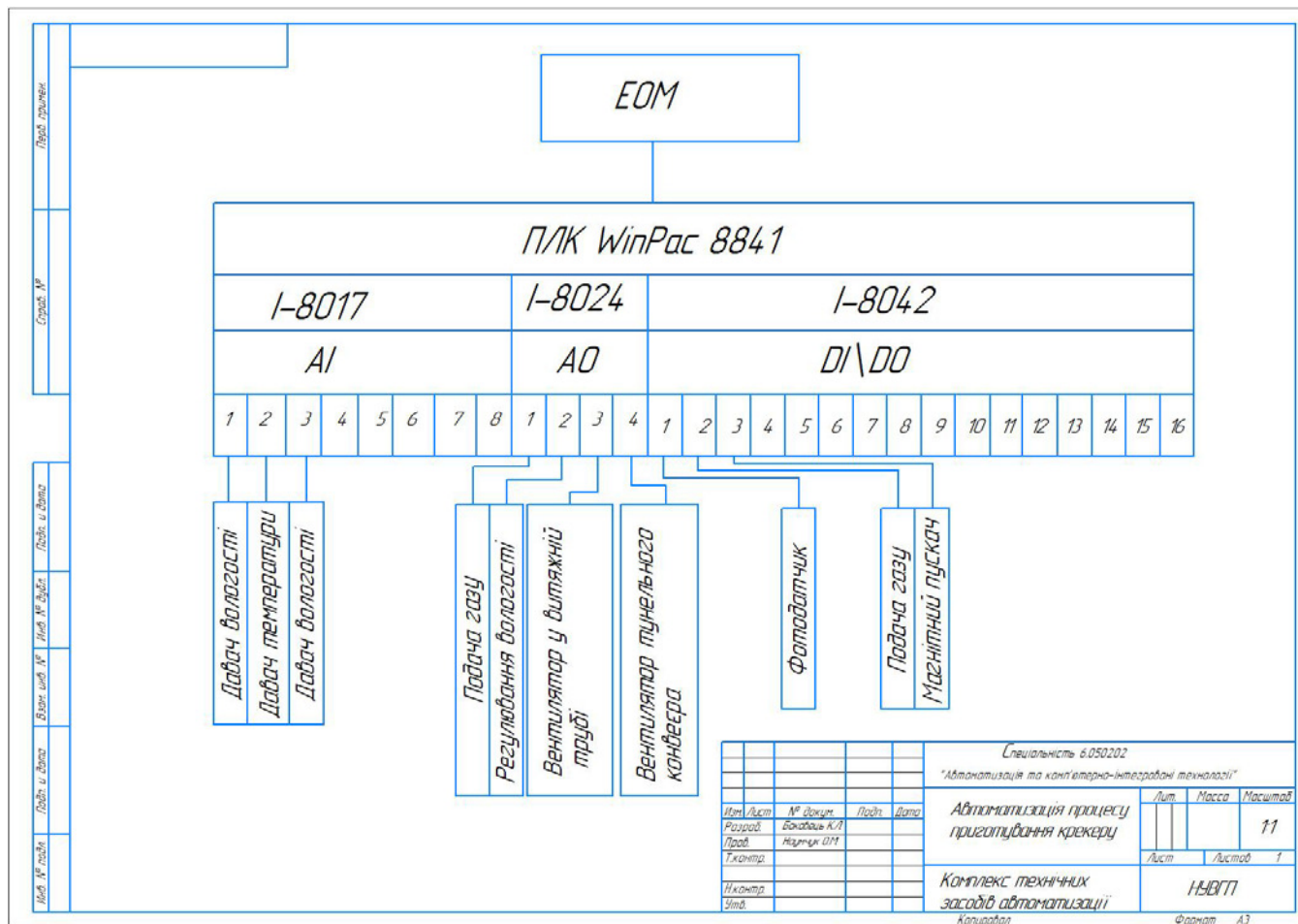


Рис. 4. Схема комплексу технічних засобів

В результаті віднімання від заданого значення отриманого на виході маємо значення розузгодження, на основі якого регулятором виробляється рішення про збільшення або зменшення значення сигналу керування на виконавчому механізмі. В нашому випадку виконавчим механізмом є регулюючий клапан подачі газу і задаючим сигналом для нього є задаючий рівень напруги від регулятора, прямо пропорційний сигналу розузгодження в межах регулювання. При відхиленні поточного значення потужності від заданого завдяки отриманому сигналу розузгодження виробляється додаткова напруга на регулюючому клапані, яка змушує його збільшувати або зменшувати площу поперечного перерізу впускного каналу. Відповідно на виході виконавчого механізму дотримується певний рівень витрати газу. Даний рівень є вхідним для об'єкту керування і в залежності від нього на виході отримується нове значення температури. Даний контур регулювання дозволяє компенсувати відхилення поточної температури від заданої внаслідок коливань температури в зоні відпускання заготовок. Структурну схему САР температури наведено на рис. 5.

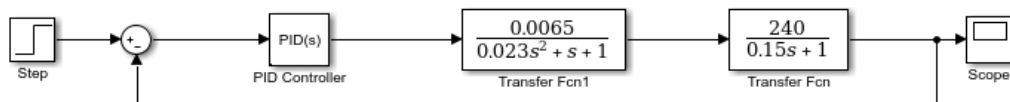


Рис. 5. Структурна схема САР температури

Проведено моделювання і отримано перехідну характеристику (рис. 6). Налаштування регулятора:  $Kp = 0.065$ . Система керування виходить на усталене значення, отже, система стійка. Параметри якості перехідного процесу: час регулювання  $t = 5.5$  с; перерегулювання  $\sigma \approx 0\%$ ; коливальність  $n = 0$ ; усталена похибка  $\delta_{уст.} = 0\%$ .



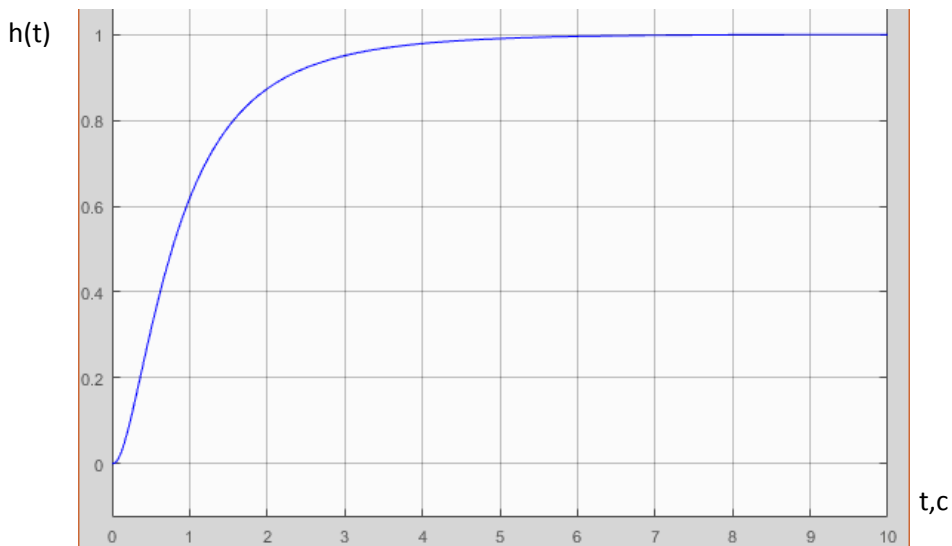


Рис. 6. Перехідна характеристика САР температури

### Розробка програмного забезпечення

Програмне забезпечення для керування процесом розроблено на базі ПЛК WinPac-8841 та SCADA системи Trace Mode. У SCADA системі Trace Mode мовою FBD блоків розроблена програма для керування температурою за допомогою ПІД закону регулювання (рис. 7).

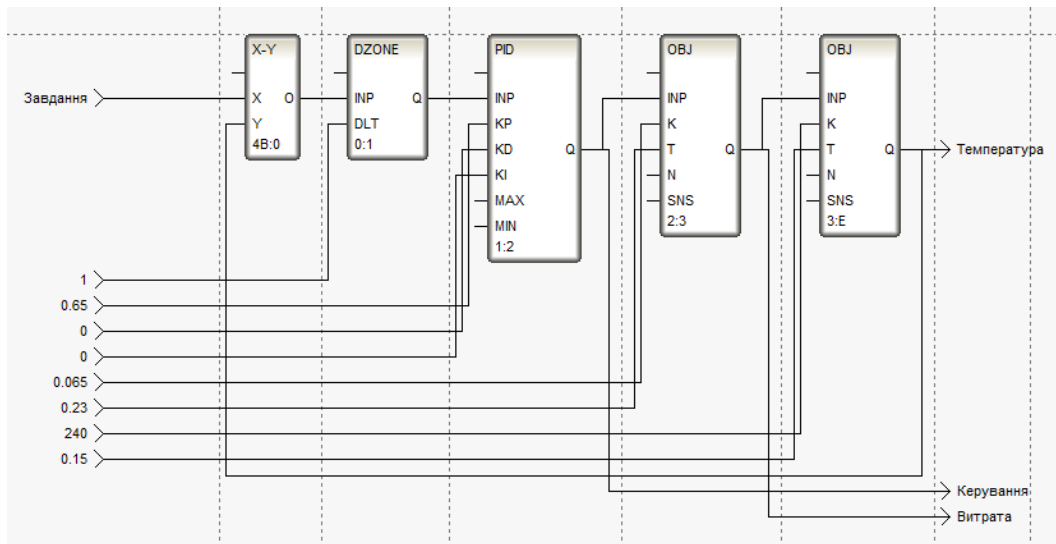


Рис. 7. FBD-програма для регулювання температури в печі

1. Панфилов В. А. Теоретические основы пищевых технологий : справочник для специалистов. М. : Колос, 2009. 608 с. 2. Бутейкис Н. Г. Технология приготовления мучных кондитерских изделий : учебник для НПО. М. : Academia, 2010. 304 с.

---

**Stetsenko A.M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor; Bokovets K. L., Senior Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

### **AUTOMATION OF CRACKER MANUFACTURING**

In this work the automated control system cracker production at PJSC "Rodina" in Kostopil is designed and developed. For this purpose, the technological process of cracker production is analyzed, the functional scheme of automation is developed, the choice of automation means is made, taking into account the peculiarities of the process, the necessary software is developed.

**Keywords:** temperature stabilization, exhaust pipe, programmable logical controller, spray chamber, moisture stabilization.

**УДК 004.896**

**Стеценко А.М., к.т.н., доцент; Матвійчук Ю.Д., студент 4 курсу** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),  
a.m.stetsenko@nuwm.edu.ua

### **АВТОМАТИЗАЦІЯ ВУЗЛА ОБЛІКУ І РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ У БАГАТОПОВЕРХОВОМУ БУДИНКУ**

У роботі спроектовано і розроблено автоматизовану систему вузла обліку і регулювання теплової енергії багатоквартирного будинку. Розроблено функціональну схему автоматизації, виконано вибір технічних засобів

**автоматизації, враховуючи особливості процесу, розроблене необхідне програмне забезпечення.**

**Ключові слова:** тепла енергія, вузол обліку, температура, витрата, програмований логічний контролер.

Автоматизація вузла обліку і регулювання теплової енергії дозволяє створити і підтримувати оптимальні умови повітряного середовища у квартирах багатопверхового будинку. В результаті застосування автоматизації підвищується коефіцієнт теплоти, скорочуються витрати ручної праці і зменшується витрата електричної й теплової енергій. Визначальними параметрами, що характеризує стан внутрішнього повітряного середовища у приміщеннях і піддається безпосередньому регулюванню, є температура. Результатом влаштування вузлів обліку є ефективно та раціональне споживання теплової енергії. За даними аналізу реалізації теплової енергії в житлових будинках, у яких встановлено прилади обліку і регулювання теплової енергії, зменшення споживання може сягати до 30%. Вузол обліку і регулювання теплової енергії (ВОбТ) – це складне інженерне обладнання, яке необхідне для приєднання внутрішніх систем теплоспоживання до зовнішніх теплових мереж. ВОбТ дозволяє знизити витрати на природний газ на 8-10% за рахунок погодного регулювання і усунення "перетопів" у перехідний період. Можна також зменшити подачу теплової енергії після проведення робіт із утеплення зовнішніх огорожень (стін, вікон, даху тощо) без порушення гідравлічного і теплового режиму роботи системи опалення.

#### **Опис технологічного процесу**

Джерелом тепlopостачання є котельня. Теплоносій – вода з температурою 95-70° С. Вузол вводу теплової мережі в будівлю розташований у підвалі. Система опалення – двотрубна з нижнім розведенням магістралей з П-подібними стояками, з підключенням кожного опалювального приладу до подаючого і зворотного трубопроводу. Для відключення і спуску води на стояках встановлені запірні і спускні пристрої. Опалювальні прилади – радіатори типу МС-140, трубопроводи системи опалення, що прокладені в підвалі ізолювані.

Абонент приєднаний до теплових мереж по залежній схемі через вузол вводу, який розміщений у підвальному приміщенні. Система тепlopостачання об'єкту закрита. Робочий режим системи опалення згідно ТУ № 115 від 04.11.2013 р. і температурного графіка такий: температура води в подавальному трубопроводі  $t_{под} = 95^{\circ} \text{C}$ ; температура води в зворотному трубопроводі  $t_{зв} = 70^{\circ} \text{C}$ .

Тепловий вузол складається з комплексу пристроїв і приладів обліку, які забезпечують виконання як одного, так і одночасно кількох функцій: зберігання, накопичення, вимірювання, відображення інформації про кількість теплової енергії, тиск, температуру циркулюючої рідини, а також час роботи (рис. 1). Як правило, в якості приладу обліку виступає теплотічильник, до складу якого входить термоперетворювач опору, теплотічильник і первинний перетворювач витрати. Додатково теплотічильник може комплектуватися фільтрами і давачами тиску

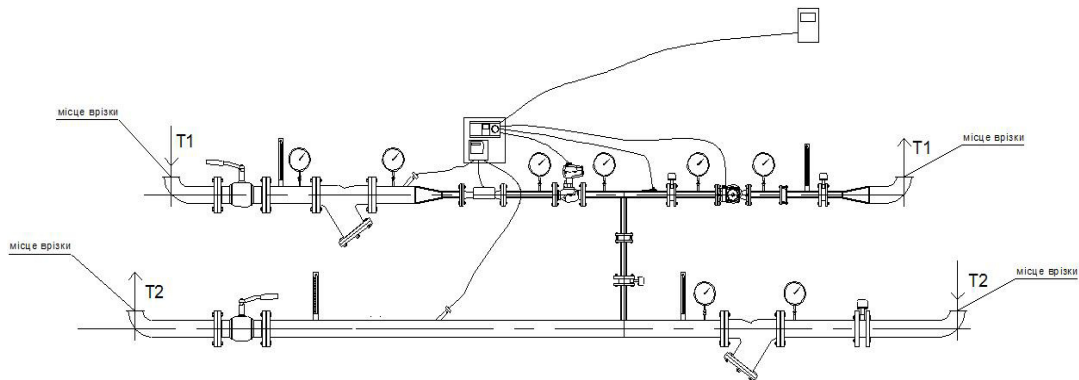


Рис. 1. Схема технологічного процесу

(в залежності від моделі первинного перетворювача). У теплотічильниках можуть використовуватися первинні перетворювачі з наступними варіантами виміру: вихровий, ультразвуковий, електромагнітний.

Теплотічильник – це основний елемент, з якого повинен складатися вузол теплової енергії (рис. 2). Його встановлюють на ввіді тепла в опалювальну систему в безпосередній близькості до межі балансової належності теплової мережі.



Рис. 2. Ультразвуковий теплотічильник Ultraheat UH 50

Віддана споживачеві кількість тепла прямо пропорційна різниці температур теплоносія у подавальному та зворотному трубопроводах і його витраченого обсягу. Об'єм теплоносія вимірюється у вимірювальному каналі за допомогою ультразвукових імпульсів, що посилюються уздовж потоку і проти нього. Час проходження сигналу від випромінювача до приймача уздовж потоку скорочується, час проходження проти потоку відповідно збільшується. На основі вимірних значень часу розраховується обсяг теплоносія. Температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах визначаються за допомогою платинових термометрів опору.

#### **Розробка функціональної схеми автоматизації**

На функціональній схемі автоматизації (ФСА) представлені наступні контури регулювання (рис. 3).

Контур № 1 – це контур регулювання температури на трубопроводі шляхом зміни співвідношення витрати повітря та газу на вході в піч. Вольфрам - ренієва термопара ВР 10/20 (2.1), яка встановлюється у трубопроводі, передає сигнал через підсилюючий пристрій дистанційної передачі (2.2) про стан вимірювального середовища на вхід А14 1 програмованого логічного контролера (ПЛК), який генерує регулюючий сигнал на вхід магнітних пускачів (1.6, 1.7). Магнітні пускачі керують роботою електродвигунів, які в свою чергу повертають заслінки на трубопроводі, збільшуючи кількість теплоносія, що в кінцевому результаті зменшує або збільшує температуру у трубопроводі.

Контур № 2 – це контур регулювання тиску в системі ВОІРТ. Вимірювальний перетворювач тиску РС-28 (5.1) через підсилюючий пристрій дистанційної передачі (5.2) передає сигнал на вхід А12 ПЛК. ПЛК реєструє значення тиску та виробляє.

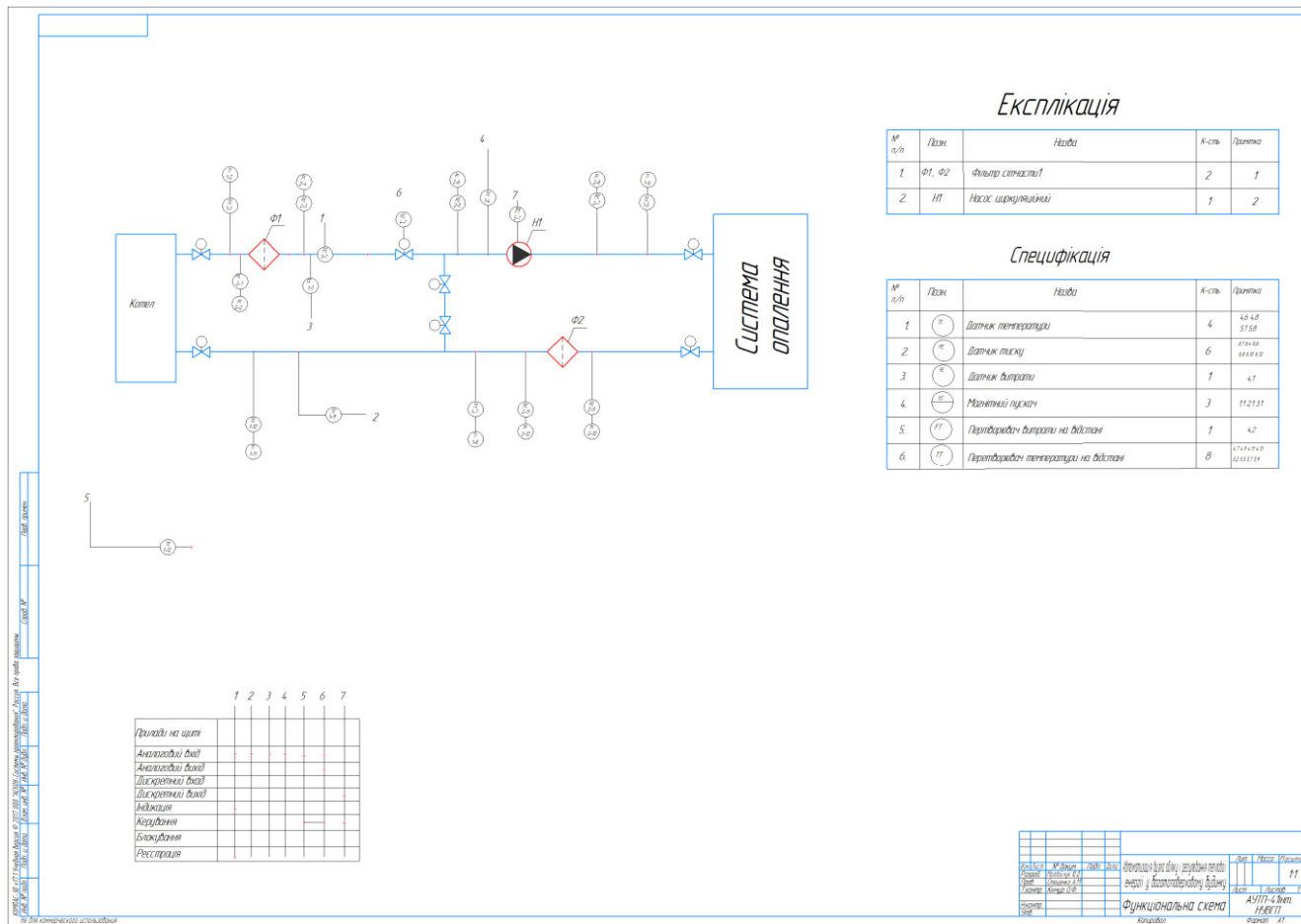


Рис. 3. Функціональна схема автоматизації

регулюючий вплив на магнітний пускач (5.4). Він керує роботою електронним регулятором, що впливає на клапан.

Контур № 3 – це контур регулювання витрати. Витратомір Ultraheat UH 50 через підсилюючий пристрій передає сигнал на вхід А11 ПЛК. ПЛК реєструє значення тиску та виробляє регулюючий вплив, який надходить до магнітного пускача (5.4) [1].

В якості ПЛК вибрано сенсорний панельний контролер Овен СПК-107.

### Розрахунок та моделювання системи автоматизованого керування

Одним з найважливіших параметрів є температура води у трубопроводі. На основі ФСА розробимо структурну схему контуру регулювання температури (рис. 4).

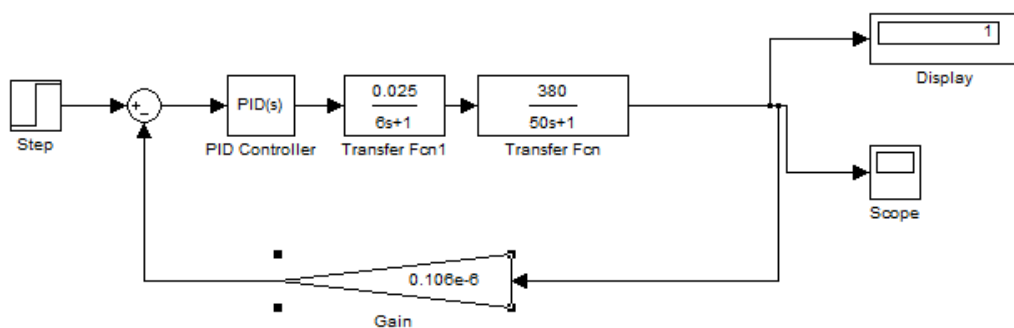


Рис. 4. Структурна схема САР температури води у трубопроводі

Завдання температури розраховано згідно таблиці відношення температури зовнішнього середовища до температури теплоносія. Проведено апроксимацію цієї залежності (рис. 5). Відповідно, сигнал уставки може розраховувати ПЛК в автоматичному режимі згідно отриманої лінійної залежності. Наведемо функції передачі інших елементів САР температури.

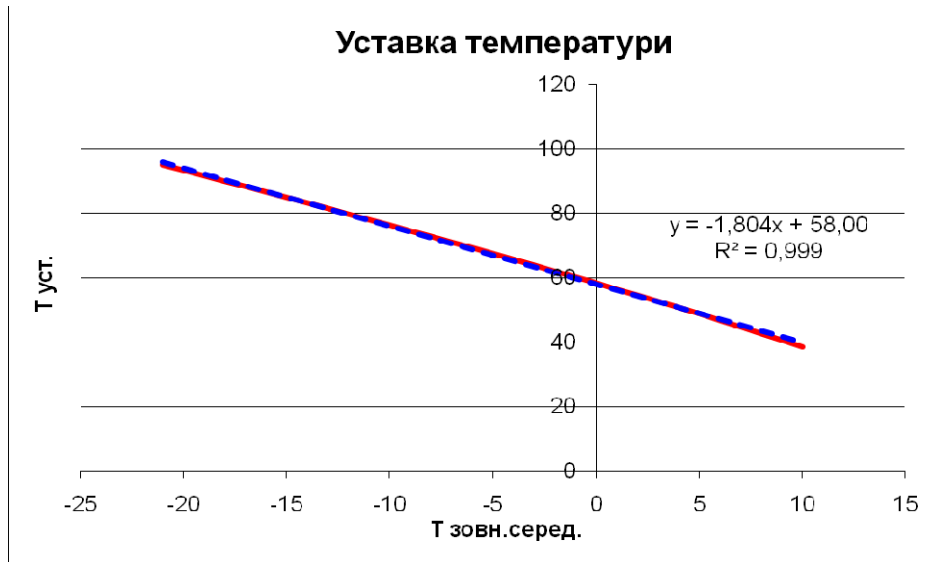


Рис. 5. Залежність уставки по температурі від температури навколишнього середовища

У якості датчика температури води у трубопроводі використовується датчик з діапазоном вимірювання (0-150° C) і вихідним сигналом (4-20) мА. Отже, передаточна функція датчика температури буде:

$$W_1(p) = K_1 = \frac{20 - 4}{150 \cdot 10^6} = 0.106 \cdot 10^{-6} \left( \frac{mA}{C} \right). \quad (1)$$

Передаточна функція для ПІД регулятора має вигляд:

$$W_2(p) = k_p + k_i \cdot \frac{1}{p} + k_d p. \quad (2)$$

Для регулювання витрати теплоносія використовується виконавчий механізм з регулюючим органом типу Danfoss. На клапан подається електричний керуючий сигнал (0-10) В. Максимальна витрата теплоносія  $900 \frac{M^3}{200d}$  Час повного відкриття клапану – 5 с. Отже, отримаємо:

$$k_3 = \frac{F_m}{U_c} = \frac{900}{10 \cdot 3600} = 0.025 \left( \frac{M^3}{B \cdot c} \right); T = 5c.$$



$$W_3(p) = \frac{k}{T_s + 1} = \frac{0.025}{6s + 1}. \quad (3)$$

Для визначення динамічних властивостей об'єкта керування скористаємося методом експериментального визначення динамічних характеристик об'єктів. Температура у трубопроводі змінюється шляхом зміни відкриття заслінки, яка подає гарячу воду. Нижче наведено графік перехідного процесу зміни температури води у трубопроводі.

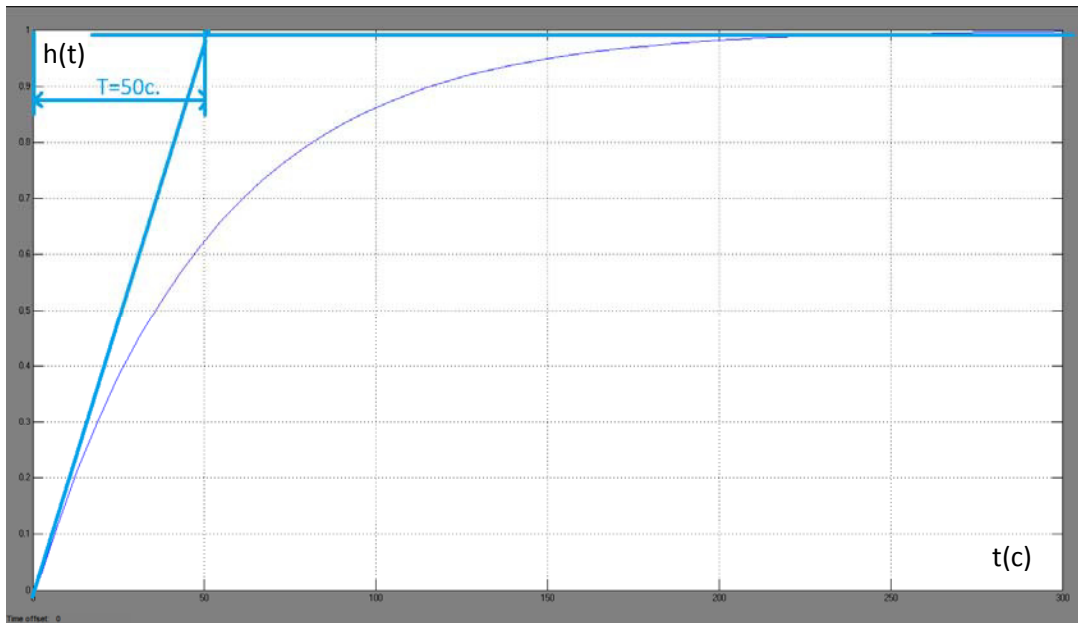


Рис. 6. Розгінна характеристика об'єкта керування

Коефіцієнт передачі об'єкта керування:

$$k_4 = \frac{95}{0,25} = 380 \left( \frac{C * c}{M^3} \right). \quad (4)$$

Результуюча функція передачі об'єкта керування:

$$W_4(p) = \frac{k_4}{T_4 s + 1} = \frac{380}{50s + 1}. \quad (5)$$

Виконаємо моделювання САР температури у редакторі Simulink системи Matlab та оптимізуємо значення налаштувань ПІД регулятора. Отримаємо наступну

перехідну характеристику САР (рис. 7). Отримані наступні налаштування ПІД регулятора:  $Kp = 1$ ,  $Ki = 0,02$ ,  $Kd = 0$ . Система керування виходить на усталене значення, отже, система стійка. Параметри якості перехідного процесу: час регулювання  $t = 50$  с, перерегулювання  $\sigma = 19\%$ , коливальність  $n = 1$ , усталена похибка  $\delta_{уст.} = 0\%$ .

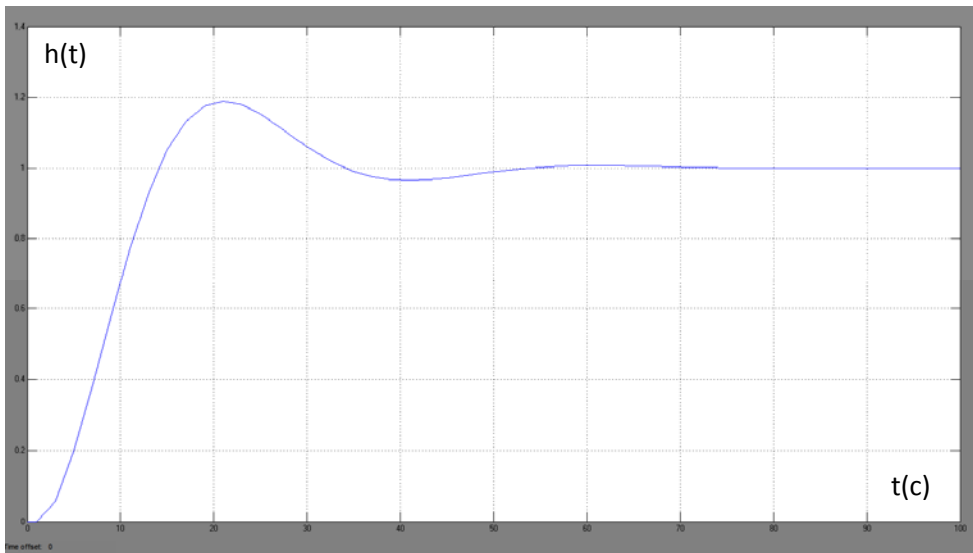


Рис. 7. Перехідна характеристика САР температури води

### Розробка програмного забезпечення

Програмне забезпечення для керування процесом розроблено на базі ПЛК Овен СПК-107 у середовищі CodeSys 3.5 (рис. 8). Оскільки вибраний ПЛК є сенсорним, він підтримує розробку для нього графічних екранів, між якими можна перемикається за допомогою запрограмованих графічних кнопок. Для відображення ходу технологічного процесу розроблено два графічних екрана (рис. 9, 10). Також на графічних екранах передбачено введення налаштувань ПІД регулятора, перемикання між ручним та автоматичним режимами роботи ПІД регулятора, вмикання циркуляційного насоса.

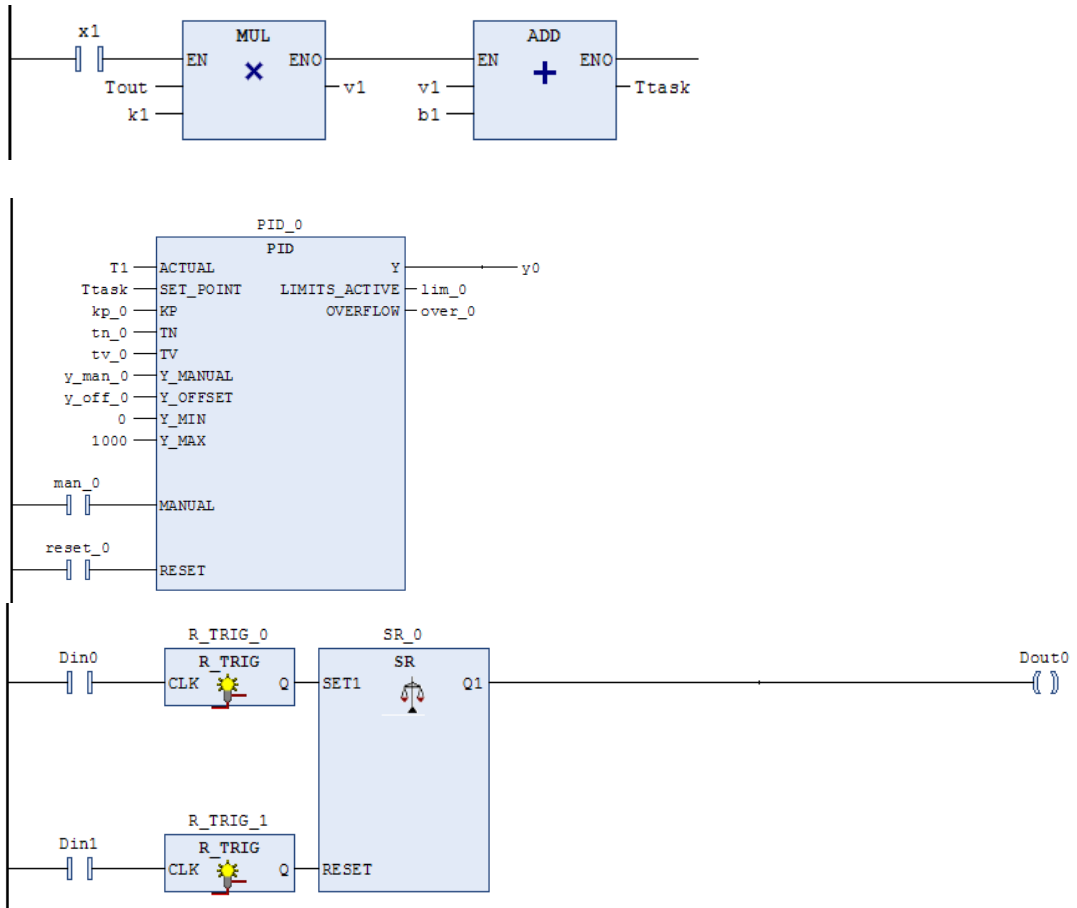


Рис. 8. Програма керування

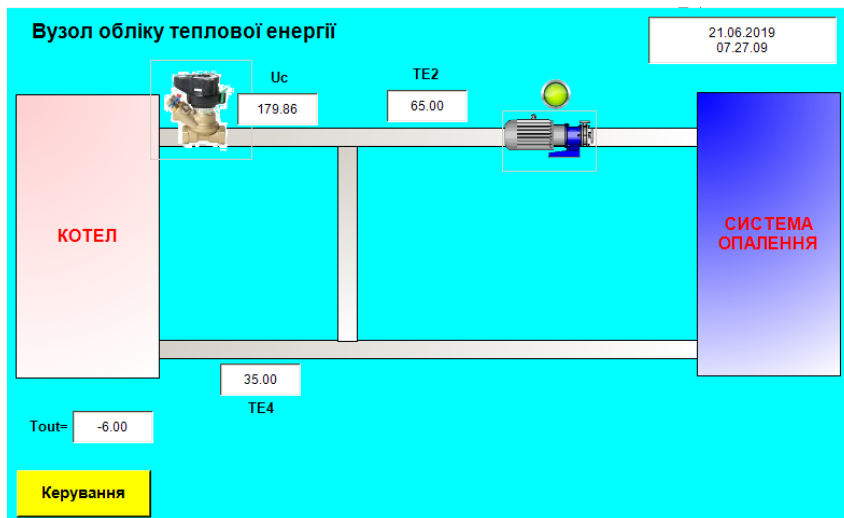


Рис. 9. Мнемосхема технологічного процесу

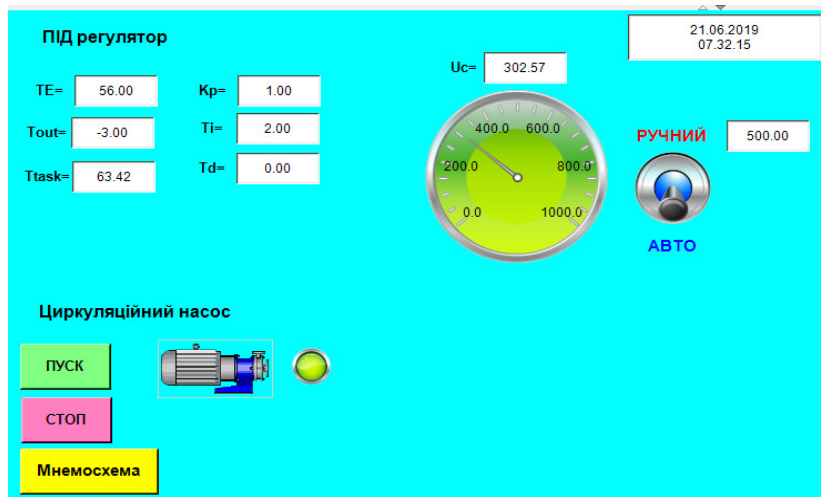


Рис. 10. Екран керування

1. Продукція компанії Овен. URL: [www.owen.ua](http://www.owen.ua) (дата звернення: 15.03.2019).

**Stetsenko A.M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor; Matviichuk Yu. D., Senior Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## **AUTOMATION OF THE ACCOUNTING UNIT AND REGULATION OF THERMAL ENERGY IN A MULTI-FLOOR HOUSE**

The automated system of the metering and control unit of thermal energy of an apartment building is designed and developed. Functional diagram of automation is developed, the choice of technical means of automation is made, taking into account the features of the process, the necessary software is developed.

**Keywords:** thermal energy, accounting site, temperature, flow, programable logical controller.

УДК 519.21

Прищепя О.В. к.ф.-м.н., Михайлус В.С., студент, Матус О.В., студентка  
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

### РЕКУРЕНТНИЙ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ СИСТЕМИ З ОДНІЄЮ СПРОБОЮ ПОВТОРУ

В роботі розглядається багатоканальна система масового обслуговування з однією спробою повтору, для якої побудовано рекурентний обчислювальний алгоритм знаходження стаціонарних ймовірностей як альтернатива розрахунковим формулам в явному вигляді.

*Ключові слова:* система масового обслуговування з повторними викликами, стаціонарні ймовірності, стаціонарний режим, процес квазі народження та загибелі.

Сучасні моделі систем масового обслуговування з повторними викликами ефективно моделюють реальні процеси обслуговування. Такий клас моделей виник при врахуванні феномену повторних викликів, який не враховували у класичних моделях систем. Зацікавленість системами з повторними викликами в різних сферах, зокрема, в системах зв'язку і комп'ютерних мережах, спонукала розглядати різноманітні модифікації моделей та знаходити різні підходи до їх дослідження (див., наприклад [1], [3]). Аналіз існуючих підходів підтверджує актуальність розробки методів знаходження стаціонарних ймовірностей, що є важливими характеристиками будь-якої стохастичної системи.

В роботі, що пропонується, процес обслуговування багатоканальної системи з однією спробою повтору моделюється ланцюгом Маркова з неперервним часом  $Q(t) = (Q_0(t), Q_1(t))^T$ ,  $t \geq 0$  у фазовому просторі  $S(Q) = \{0, 1, \dots, c\} \times \{0, 1, \dots\}$ , який задається інфінітезимальними характеристиками  $a(i, j)(i', j')$ ,

$(i, j), (i', j') \in S(Q)$ :

1) якщо  $i = 0, 1, \dots, c-1, j = 0, 1, \dots$ , то

$$a_{(i,j)(i',j')} = \begin{cases} \lambda_j, & \text{при } (i', j') = (i+1, j), \\ i\mu, & \text{при } (i', j') = (i-1, j), \\ j\nu, & \text{при } (i', j') = (i+1, j-1), \\ -(\lambda_j + i\mu + j\nu), & \text{при } (i', j') = (i, j), \\ 0, & \text{в інших випадках;} \end{cases} \quad (1)$$

2) якщо  $i = c, j = 0, 1, \dots$ , то

$$a_{(c,j)(i',j')} = \begin{cases} \lambda_j, & \text{при } (i', j') = (c, j+1), \\ c\mu, & \text{при } (i', j') = (c-1, j), \\ j\nu, & \text{при } (i', j') = (c, j-1), \\ -(\lambda_j + c\mu + j\nu), & \text{при } (i', j') = (c, j), \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases} \quad (2)$$

Опишемо стохастичну поведінку процесу  $Q(t)$  за допомогою діаграми переходів, що представлено рисунку.

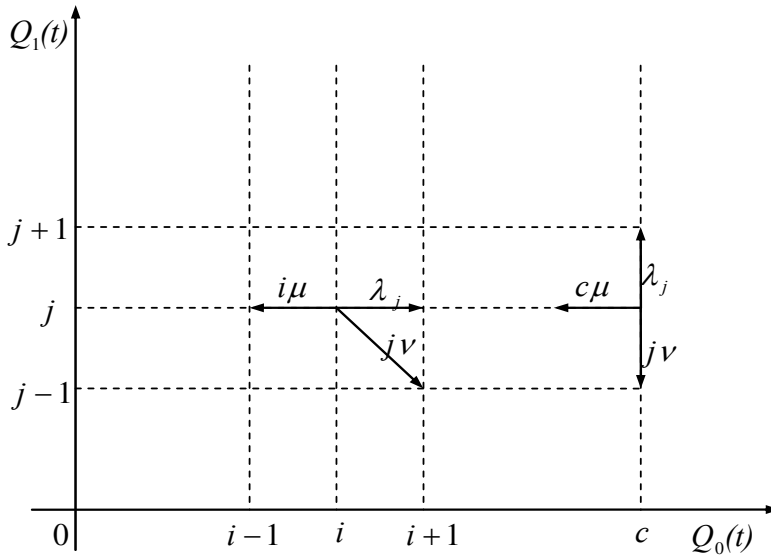


Рисунок. Граф інтенсивностей переходів для ланцюга  $Q(t)$

Даний ланцюг Маркова задає процес обслуговування в наступній системі. На вхід системи ззовні надходять вимоги для обслуговування. Якщо в момент надходження є хоча б один вільний прилад, то вимога відразу починає обслуговуватися і після цього залишає систему. Час обслуговування – показниково розподілена випадкова величина з параметром  $\mu$ . Якщо всі прилади зайняті, то вимога стає джерелом повторних викликів та повторно намагається отримати обслуговування через випадковий час, який має показниковий розподіл з параметром  $\nu$ . Вимога, яка при повторному зверненні знайшла прилад зайнятим, залишає систему не отримуючи обслуговування. Інтенсивність вхідного потоку дорівнює  $\lambda_j, j = 0, 1, \dots$  та залежить від кількості джерел повторних викликів. Компонента  $Q_0(t)$  вказує на кількість зайнятих приладів у момент часу  $t$ , а  $Q_1(t)$  дорівнює числу джерел повторних викликів. Згідно з прийнятою в теорії масового обслуговування системою позначень таку модель будемо позначати як  $M/M/c/\infty$ . Символ " $\infty$ " на останній позиції означає відсутність обмежень на кількість джерел повторних викликів. Будемо вважати  $\lambda_j, \mu, \nu > 0, j = 0, 1, \dots$ , що завжди виконується на практиці. При виконанні цієї вимоги будемо казати, що параметри моделі невироджені.

Умови існування стаціонарного режиму для  $Q(t)$  системи з однією спробою повтору з'ясовано у роботі [4].

Нехай  $\pi_{ij}, (i, j) \in S(Q)$  стаціонарні ймовірності даної системи

$$\pi_{ij} = \lim_{t \rightarrow \infty} P\{Q_0(t) = i, Q_1(t) = j\}.$$

Ймовірності  $\pi_{ij}, (i, j) \in S(Q)$  задовольняють системі рівнянь Колмогорова

$$(\lambda_j + j\nu)\pi_{0j} = \mu\pi_{1j}, \quad j = 0, 1, \dots, \quad (3)$$

$$(\lambda_j + i\mu + j\nu)\pi_{ij} = (j+1)\nu\pi_{i-1j+1} + \lambda_j\pi_{i-1j} + (i+1)\mu\pi_{i+1j}, \quad (4)$$

$$i = 1, 2, \dots, c-1, \quad j = 0, 1, \dots,$$

$$\begin{aligned}
(\lambda_j + c\mu + j\nu)\pi_{cj} &= \lambda_j\pi_{c-1j} + \lambda_{j-1}\pi_{cj-1} + (j+1)\nu\pi_{c-1j+1} + \\
&+ (j+1)\nu\pi_{cj+1}, j = 0, 1, \dots
\end{aligned} \tag{5}$$

та умові нормування

$$\sum_{i=0}^c \sum_{j=0}^{\infty} \pi_{ij} = 1. \tag{6}$$

У загальному випадку при довільній кількості джерел повторних викликів побудувати явні формули для стаціонарних ймовірностей  $\pi = (\pi_0, \pi_1, \dots)^T$ ,  $\pi_j = (\pi_{0j}, \pi_{1j}, \dots, \pi_{cj})^T$ ,  $j = 0, 1, \dots$ , розв'язуючи систему (3)-(6), неможливо, виключення становлять лише одноканальні системи. Тому розглянемо урізану модель  $M/M/c/N$ , яка функціонує аналогічним чином та має скінченну кількість місць для повторних викликів  $N$ . При умові, що всі прилади зайняті та існує  $N$  джерел повторних викликів, нові вимоги при надходженні втрачаються системою назавжди.

Процес обслуговування даної системи моделюється ланцюгом Маркова з неперервним часом  $Q^N(t) = (Q_0^N(t), Q_1^N(t))^T$ ,  $t \geq 0$  та множиною станів  $S(Q^N) = \{0, 1, \dots, c\} \times \{0, 1, \dots, N\}$ . Компонента  $Q_0^N(t)$  вказує на кількість зайнятих приладів у момент часу  $t$  у системі,  $Q_1^N(t)$  дорівнює числу джерел повторних викликів у момент часу  $t$  у системі. Інфінітезимальні характеристики  $a_{(i,j)(i',j')}$ ,  $(i,j), (i',j') \in S(Q^N)$  ланцюга  $Q^N(t)$  співпадають з (2.1) для  $i = 0, 1, \dots, c-1$ ,  $j = 0, 1, \dots, N$  та з (2.2) для  $i = c$ ,  $j = 0, 1, \dots, N-1$ . У випадку  $i = c, j = N$ :





елементи дорівнюють нулю;  $C_j = \left\| c_{ik}^j \right\|_{i,k=0}^c$ , де  $c_{ii+1}^j = j\nu$ ,  $i = 0, 1, \dots, c-1$ ,

$c_{cc}^j = j\nu$ ,  $j = 1, 2, \dots, N$ , інші елементи дорівнюють нулю;  $D_j = \left\| d_{ik}^j \right\|_{i,k=0}^c$ , де

$d_{cc}^j = \lambda_j$ ,  $j = 0, 1, \dots, N-1$ , інші елементи дорівнюють нулю.

Отже,  $Q^N(t) = (Q_0^N(t), Q_1^N(t))^T$ ,  $t \geq 0$  є процесом квазі народження та загибелі з матрицею інфінітезимальних характеристик  $A$ . Будемо називати  $Q_0^N(t)$  – фазою, а  $Q_1^N(t)$  – рівнем. Це дозволяє поширити рекурентний обчислювальний алгоритм, що притаманний процесам квазі народження та загибелі зі скінченною множиною станів, на системи з однією спробою повтору. Методи, що базуються на теорії процесів квазі народження та загибелі широко використовуються для дослідження систем масового обслуговування. Будемо базуватися на результатах Л. Брайта та П. Г. Тейлора [2].

Введемо позначення:

$\bar{1}_i$  – вектор-стовпець, що складений з одиниць розмірності  $i$ ;

$O_i$  – матриця, елементи якої є нулі, розмірності  $i \times i$ ;

$\bar{0}_i$  – вектор-стовпець, що складається з нулів, розмірності  $i$ .

Позначимо також через  $\pi^N = (\pi_0^N, \pi_1^N, \dots, \pi_N^N)^T$ ,  $\pi_j^N = (\pi_{0j}^N, \pi_{1j}^N, \dots, \pi_{cj}^N)^T$  стаціонарний розподіл, що задовольняє наступну систему рівнянь:

$$(\pi^N)^T A = \bar{0}_{(c+1)(N+1)}^T, \quad (7)$$

$$(\pi^N)^T \bar{1}_{(c+1)(N+1)} = 1.$$

Скористаємося результатами роботи [2], відповідно до якої необхідно побудувати сімейство матриць  $\{R_j, j \geq 0\}$ , що є мінімальними невід'ємними розв'язками системи рівнянь

$$D_j + R_j B_{j+1} + R_j R_{j+1} C_{j+2} = O_{c+1}, \quad j = 0, 1, \dots, N-1. \quad (8)$$

Тоді стаціонарні ймовірності визначаються через введені матриці  $R_j$ ,  $j = 0, 1, \dots, N-1$

$$\left(\pi_j^N\right)^T = \left(\pi_0^N\right)^T \prod_{k=0}^{j-1} R_k, \quad j = 1, 2, \dots, N, \quad (9)$$

що задовольняють умову нормування

$$\left(\pi_0^N\right)^T \bar{1}_{c+1} + \left(\pi_0^N\right)^T \left(\sum_{i=1}^N \prod_{k=0}^{i-1} R_k\right) \bar{1}_{c+1} = 1. \quad (10)$$

Використовуючи (8), для побудови матриць  $R_j$ ,  $j = 0, 1, \dots, N-2$  отримаємо рекурентне співвідношення

$$R_j = D_j (-B_{j+1} - R_{j+1} C_{j+2})^{-1}, \quad j = 0, 1, \dots, N-2. \quad (11)$$

Із останнього рівняння системи (8) маємо

$$R_{N-1} = -D_{N-1} (B_N)^{-1}. \quad (12)$$

Для знаходження вектора стаціонарних ймовірностей  $\pi_0^N$  скористаємося першим рівнянням системи (7), тобто

$$\left(\pi_0^N\right)^T (B_0 + R_0 C_1) = \bar{0}_{c+1}^T \quad (13)$$

та умовою нормування (10).

Використовуючи формули (9)-(13), подамо алгоритм пошуку стаціонарного розподілу  $\pi^N$  для системи з однією повторною спробою.

### Алгоритм 1

- 1) Вводимо матриці  $B_j, j = 0, 1, \dots, N, C_j, j = 1, 2, \dots, N, D_j, j = 0, 1, \dots, N - 1$  із врахуванням параметрів системи;
- 2) будуємо матриці  $R_{N-1} = -D_{N-1} (B_N)^{-1}$ ;
- 3) будуємо матриці  $R_i = D_i (-B_{i+1} - R_{i+1} C_{i+2})^{-1}, i = N - 2, N - 3, \dots, 0$ ;
- 4) знаходимо  $\pi_0^N$  з рівняння  $(\pi_0^N)^T (B_0 + R_0 C_1) = \bar{0}_{c+1}^T$   
за умови нормування  $(\pi_0^N)^T \bar{1}_{c+1} + (\pi_0^N)^T \left( \sum_{i=1}^N \prod_{k=0}^{i-1} R_k \right) \bar{1}_{c+1} = 1$ ;
- 5) знаходимо стаціонарні ймовірності  $(\pi_j^N)^T = (\pi_0^N)^T \prod_{k=0}^{j-1} R_k, j = 1, 2, \dots, N$ .

**Висновок.** Враховуючи той факт, що системи з однією спробою повтору моделюються процесами квазі народження та загибелі, можна для побудови стаціонарного розподілу використовувати рекурентний обчислювальний алгоритм, що є альтернативою розрахункових формул.

1. Artalejo J. R., Gomez-Corral A. Retrial Queueing Systems: A Computational Approach. Berlin : Springer, 2008. 317 p. 2. Bright L., Taylor P. G. Calculating the equilibrium distribution in level dependent quasi-birth-and-death processes. *Stochastic Models*. 1995. Vol. 11, № 3. P. 497–525. 3. Falin G. I., Templeton J. G. C. Retrial Queues. London : Chapman and Hall, 1997. 317 p. 4. Прищепя О. В. Про оптимізацію систем з обмеженнями на число спроб почати обслуговування. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Сер. Фізико-математичні науки*. 2016. № 1. С. 137–142.

---

**Pryshchepa O.V., Candidate of Physico-Mathematical Sciences (Ph.D.); Mykhailus V.S. Senior Student; Matus O.V., Senior Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **A RECURRENT COMPUTATIONAL ALGORITHM FOR RETRIAL QUEUE WITH A SINGLE RETRIAL ATTEMPT**

We consider the multi-channel queuing system with single retrial attempt and present a recursive computational algorithm for the stationary probabilities as an alternative of the calculation formulas.

*Keywords:* retrial queue, stationary probability stationary mode. quasi-birth-and-death process.

**УДК 681.5:004**

**Смірнов<sup>1</sup> Д.А., магістр; Матус<sup>2</sup> О.В., студентка 4 курсу** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),

<sup>1</sup>smirnov\_ak14@nuwm.edu.ua, <sup>2</sup>matus\_ak16@nuwm.edu.ua

#### **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИМ РЕЖИМОМ У ФЕРМЕРСЬКІЙ ТЕПЛИЦІ**

У роботі спроектовано і розроблено автоматизовану систему керування мікрокліматом в теплиці. Розроблено функціональну схему автоматизації, виконано вибір технічних засобів автоматизації, враховуючи особливості процесу, розроблене необхідне програмне забезпечення.

*Ключові слова:* автоматизована система керування, вологість, температура, мікроклімат, теплиця, програмований логічний контролер.

З кожним роком у фермерських тепличних господарствах все більше уваги відводиться якійсь підтримці мікроклімату – однієї із важливіших складових, що дозволяє підвищити врожайність. Крім того, ефективне використання енергоресурсів дозволить суттєво зменшити собівартість продукції. Питання побудови ефективних і недорогих систем автоматизації для теплиць є актуальним впродовж останніх десятиліть [1].

Особливістю сучасної теплиці, як об'єкта керування, є велика інерційність, значний вплив зовнішніх збурень і нестабільність контрольованих і регульованих параметрів [2]. Поряд з цим, автоматизовані системи керування (АСК) тепличними господарствами повинні забезпечувати дотримання агротехнічних норм вирощування рослин та максимальну економію енергоносіїв. А це в свою чергу накладає високі вимоги до функціонування та технічного вдосконалення апаратного та програмного забезпечення систем керування теплицями [3-6].

АСК мікрокліматом в теплицях відіграє важливу роль при вирощуванні квітів, сільськогосподарських культур, садівництва та навіть у домашньому господарстві [5; 7].

Впровадження автоматизованих систем керування мікрокліматом у теплицях дозволяє:

- забезпечити контроль і регулювання мікрокліматичних умов теплиці за заданою програмою та можливість роботи в автоматичному режимі, що значно зменшить витрати на обслуговуючий персонал теплиці;

- регулювати подачу води і поживних речовин рослинам, збільшуючи їх врожайність;

- економити 15-30% тепла, з можливістю скоротити непродуктивні витрати ресурсів, а саме: газу, води, електроенергії та ін.

Для забезпечення оптимального режиму росту різних культур тепличні комплекси оснащуються автоматизованими системами управління з метою автоматизованого контролю і управління температурним режимом та режимом вологості виробничих відділень теплиці, тобто це програмно-технічний комплекс для

достовірного вимірювання стану клімату у теплиці, стану зовнішнього середовища і розрахунку на цій основі керуючих дій на виконавчі механізми інженерно-технологічного обладнання.

***Основні контури регулювання мікроклімату в теплиці (рис. 1):***

1. Контур регулювання температури ґрунту в теплиці (обігрів або прогрів лотків з рослинами), температура ґрунту повинна бути в межах: не менше 16° С і не вище 22° С, температура теплоносія в трубопроводі 70...95° С.

2. Контур регулювання температури повітря в теплиці (технологічного обігріву у зоні росту рослин), оптимальна температура повітря 18...25° С, температура теплоносія повинна бути 30...35° С.

3. Контур регулювання вологості ґрунту в лотках (70...75%НВ).

4. Контур регулювання відносної вологості повітря у теплиці (60...70%).

5. Контури регулювання і контролю природньої вентиляції, рециркуляції повітря в теплиці.

6. Контур освітлення теплиці

*Контур регулювання температури ґрунту в теплиці (обігрів, прогрів лотків з рослинами)* призначений для створення необхідного температурного режиму в ґрунті теплиці, це один з основних контурів регулювання. Вхідним сигналом є температура в лотках з ґрунтом (ТЕ 1-1). Якщо значення температури ґрунту нижче заданого, тоді регулятор (ТІС 1-3) формує сигнал керування на поворотний виконавчий механізм заслінки поз.7. (NS 1-4) для подачі певної витрати теплоносія заданої температури (ТЕ 1-2) в контур підлоткового обігріву. Регулятор постійно підтримує температуру ґрунту на рівні 16°С...22°С, при цьому подаючи сигнал управління на виконавчий механізм. Збуренням в системі вважається вологість ґрунту.

*Контур регулювання температури повітря в теплиці (технологічного обігріву у зоні росту рослин)* призначений для попередження надходження непрогрітого повітря в зону росту рослини при різких коливаннях температури зовнішнього середовища. Вхідним сигналом є температура повітря в теплиці (ТЕ 3-1)

та температура зовнішнього середовища (TE 12-1). Регулятор підтримує температуру повітря в теплиці (TIC 3-3) на рівні 18°С...25°С, відповідно до сезону і технології (у весняно-літній період, шляхом відкриття фрамуг поз. 11, створюючи природню вентиляцію в теплиці), і формує сигнал управління на виконавчий механізм заслінки поз. 8. (NS 3-4) для подачі теплоносія в контур обігріву зони росту рослин.

2-х контурна системою обігріву, а саме: система підлотового обігріву (прогрів лотків з рослинами) і система технологічного обігріву у зоні росту рослин взаємозв'язані, тому потрібно враховувати взаємний вплив двох контурів, збуренням в системі вважається температура повітря зовні (TE 12-1) та вологість повітря в теплиці.

*Контур регулювання вологості ґрунту в лотках* призначений для подачі в кореневий шар дозованих об'ємів води або розчинів мінеральних добрив. Вхідним сигналом є вологість ґрунту (ME 2-1). Якщо значення вологості ґрунту не відповідає заданому, тоді регулятор (MIC 2-2) формує сигнал керування на електромагнітний клапан (NS 2-3) подачі води на полив через крапельниці.

*Контур регулювання відносної вологості повітря* у теплиці надає можливість контролювати оптимальний мікроклімат теплиці без збільшення кількості конденсату. Це складна система регулювання, в якій діють зовнішні збурюючі фактори, а саме: температура повітря у середині теплиці (TE 3-1), температура ґрунту (TE 1-1), вентиляція повітря поз. 9. Регулювання здійснюється шляхом забезпечення природнього повітрообміну в замкненого об'єму теплиці із зовнішнім повітрям через відкриття фрамуг поз. 11, враховуючи швидкість вітру зовні (SE 13-1) або подачі води у туманоутворюючі форсунки. Якщо значення вологості знижується нижче заданого значення, то програмний регулятор (MIC 4-2) формує сигнал керування на клапан (NS 4-3) подачі води через форсунки. Якщо значення вологості зростає вище заданого значення, програмний регулятор (MIC 4-2) формує сигнали керування на відкривання фрамуг поз. 11 та на включення вентиляторів поз. 9.

*Контур регулювання і контролю природньої вентиляції* призначений для забезпечення природнього повітрообміну замкненого об'єму теплиць із зовнішнім повітрям через вентиляційні *контур рециркуляції повітря* отвори у покрівлі, шляхом відкриття фрамуг поз. 11 та який призначений для створення однорідних



температурних умов та вологості в теплиці шляхом перемішування холодного і нагрітого повітря у об'ємі теплиці. Вхідними сигналами є температура повітря в теплиці (ТЕ 3-1) та відносної вологості (МЕ 4-1). Додатковими сигналами є температура зовні (ТЕ 12-1) та швидкості вітру (SE 13-1). В залежності від агротехнологічних параметрів та мікроклімату (температура і вологість), регулятор формує сигнал керування на управління вентиляторами поз.9 та відкриття фрамуг теплиці поз. 11.

*Контур керування освітленням в теплиці* призначений для штучного освітлення рослин у відповідності із заданими агротехнологічними параметрами, з врахуванням зовнішньої сонячної радіації і часу доби. Освітлення теплиці поз. 10. Здійснюється за допомогою натрієвих ламп, вони мають досить гарну світловіддачу і тривалий термін служби. Підключення здійснюється через пусковий електромагнітний або електронний апарат, що дозволяє при необхідності регулювати ступінь освітленості.

Апаратна частина системи складається з блоку управління (контролера мікроклімату), комплексу датчиків для збору відомостей про теплицю, блоку управління і релейної комутації. Збір даних та управління мікрокліматом здійснює контролер *МахуСоп Flexy-S*, компанії *RAUT-AUTOMATIC*.

#### *Алгоритми управління системою*

Після розрахунку необхідного завдання і аналізу даних з датчиків контролер за певним алгоритмом впливає на мікроклімат теплиці за допомогою включення виконавчих механізмів. Для управління обігрівом теплиці використовується 2-х каскадне управління. Домінуючим є етап, на якому відбувається обчислення температури теплоносія, що враховують час реакції теплиці, параметри внутрішнього і зовнішнього клімату. Підлеглим ж є етап автоматичної підтримки розрахованої температури теплоносія, на якому коригується положення змішувального клапана, так щоб вимірювана температура в контурі зрівнялася з розрахованою.

Обчислення температури теплоносія здійснюється не тільки за ступенем неузгодженості розрахункового і вимірюваного клімату теплиці, а й з урахуванням



подальшого впливу швидкоплинних факторів, таких як сонце, зовнішня температура, вітер, опади, що дозволяє прогнозувати зміну температури в теплиці і вчасно протидіяти цим змінам.

### ***Розробка програмного забезпечення***

Основою для розробки керуючої програми служить схема алгоритму функцій управління реалізованих в ПЛК, функціональна схема автоматизації.

Для створення керуючої програми для MaхуСon Flexy-S використовуємо спеціалізовану мову програмування, рекомендовану стандартом IEC 61131-3: FBD (FunctionalBlockDiagram) – мову функціонально блокових діаграм. Розроблена FBD програма контуру регулювання температури в теплиці для MaхуСon Flexy-S зображена на рис. 2.

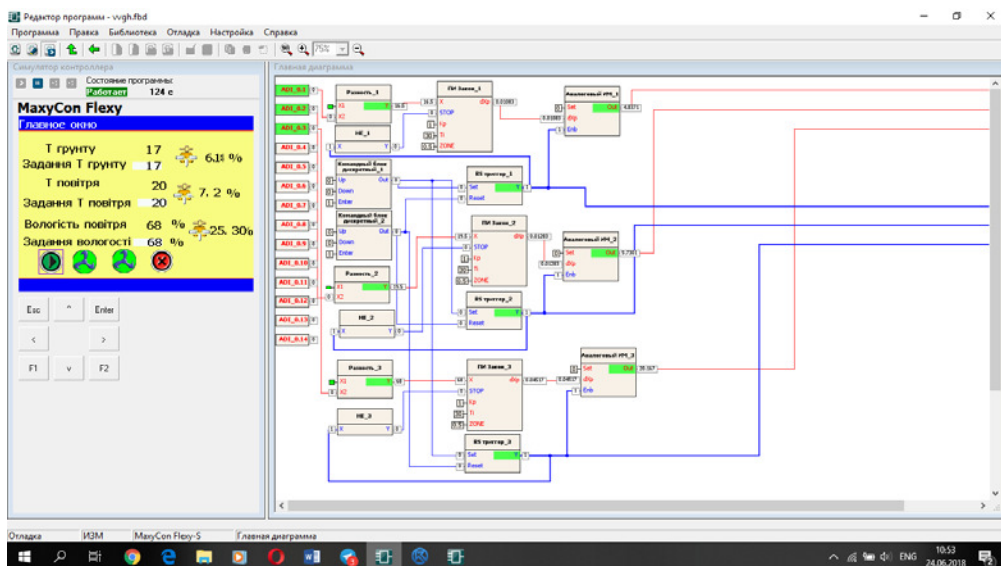


Рис. 2. Програма керування

Використання програмованого логічного контролера дозволяє створити систему автоматичного керування з реалізацією автоматизованого робочого місця оператора (АРМ) на базі персонального комп'ютера. В системі передбачено реалізацію людино-машинного інтерфейсу, візуалізацію та анімацію змін технологічних параметрів засобами системи супервізорного керування та розподіленого збору даних (SCADA).

В якості системи супервізорного керування та збору даних використаємо SCADA-систему ESM (Engineering Systems Manager), рис. 3.

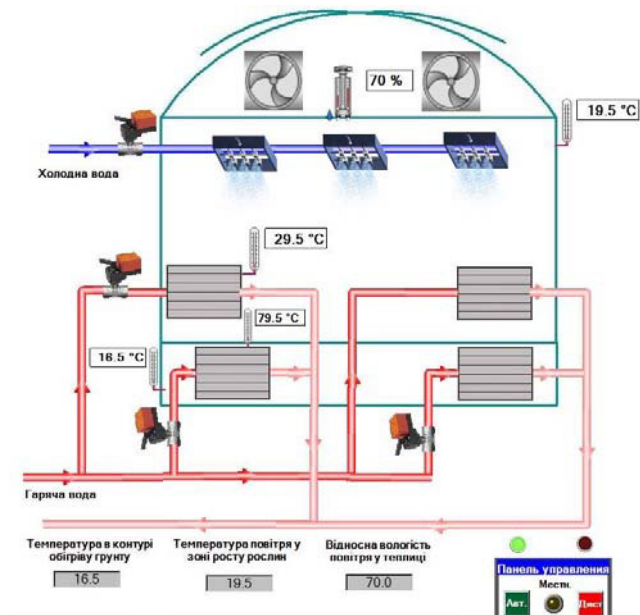


Рис. 3. Мнемосхема технологічного процесу

1. Лисенко В. П., Болбот І. М., Чернов І. І. Економічне обґрунтування впровадження робототехнічних систем у тепличні господарства. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК.* 2012. Вип. 174(2). С. 53–59.
2. Коломієць Т. І. Автоматизована система управління параметрами мікроклімату в теплицях. *Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. Черкаси, 2014. С. 32–33.
3. Лисенко В. П., Болбот І. М., Лендел Т. І., Чернов І. І. Програмно-апаратне забезпечення системи фітомоніторингу в теплиці. *Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК.* 2014. № 2. С. 65–68. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekit\\_2014\\_2\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekit_2014_2_22). (дата звернення: 15.03.2019).
4. Малько С. Л., Андрианова Л. П. Актуальность проблемы контроля и диагностики систем автоматизации технологических процессов защищенного грунта. *Электрификация сельского хозяйства.* Уфа : БГАУ, 2002. Вып. 3. С. 62–65.

5. Сацик В. О., Карпук Д. П. Апаратне забезпечення автоматизованого регулювання мікроклімату теплиці. *Наукові нотатки* : міжвузівський збірник. 2013. Вип. № 40. С. 245–250. 6. Speetjens S. L., Janssen H. J., van Straten G., Gieling Th. H., Stigter J. D. (2008) Methodic design of a measurement and control system for climate control in horticulture. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 64, No 2. P. 162–172. 7. Speetjens, S. L., Stigter J. D., Van Straten G. (2009) Towards an adaptive model for greenhouse control. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 67 (1–2). P. 1–8.

---

**Smirnov D.A., Master; Matus O.V., Senior Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **AUTOMATION OF THE PROCESS OF CONTROL TEMPERATURE AND HUMIDITY CONDITIONS IN THE GREENHOUSE**

**The automated system of the process of control temperature and humidity conditions in the greenhouse is designed and developed. Functional diagram of automation is developed, the choice of technical means of automation is made, taking into account the features of the process, the necessary software is developed.**

**Keywords:** automated system, humidity, temperature, microclimate, greenhouse, programmable logical controller.

Наукове видання

**ВІСНИК**  
**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ АВТОМАТИКИ, КІБЕРНЕТИКИ ТА**  
**ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НУВГП**

**Випуск 6**

*Технічний редактор*

*Галина Сімчук*  
*Оксана Прищепя*

*Друкується в авторській редакції*

Підписано до друку 02.11.2019 р. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Ум.-друк. арк. 5,5. Обл.-вид. арк. 6,0.  
Тираж 100 прим. Зам. № 5453.

*Видавець і виготовлювач*  
*Національний університет*  
*водного господарства та природокористування*  
*вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного*  
*реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів*  
*видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*