



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI-10.37128/2520-6168-2020-3

Machinery  
Energetics  
Transport  
of Agribusiness



**ТЕХНІКА**  
**ЕНЕРГЕТИКА**  
**ТРАНСПОРТ АПК**



**ТЕХНІКА,  
ЕНЕРГЕТИКА,  
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування  
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

---

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».  
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.  
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації  
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

---

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2020. 3 (110) . 153 с.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол №4 від 30.10.2020 р.)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.*

*Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 року №886);*

*- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);*

*- індексується в CrossRef, Google Scholar;*

*- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.*

---

**Головний редактор**

**Токарчук О.А.** – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Заступник головного редактора**

**Веселовська Н.Р.** – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

**Відповідальний секретар**

**Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Члени редакційної колегії**

**Іскович – Лотоцький Р.Д.** – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет

**Цуркан О.В.** – д.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Булгаков В.М.** – д.т.н., проф., академік НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Іванчук Я.В.** – к.т.н., доц., Вінницький національний технічний університет

**Зарубіжні члени редакційної колегії**

**Йордан Максимов** – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

---

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** кандидат технічних наук, доцент  
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет,  
тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: [pophv@ukr.net](mailto:pophv@ukr.net)



## ЗМІСТ

**I. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА***Анісімов В. Ф., Музичук В. І.*

<b>ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ АВТОТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛІВ МАТЕМАТИЧНИМ МОДЕЛЮВАННЯМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ МАЛИХ ВІДХИЛЕНЬ.....</b>	<b>4</b>
--	----------

*Веселовська Н. Р., Ялина О. О., Янішевський В. Ю.*

<b>РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ДІАГНОСТУВАННЯ ДЕФЕКТІВ ЗУБОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ У РЕДУКТОРАХ САМОХІДНИХ СІЛЬСЬКОРОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН.....</b>	<b>16</b>
---	-----------

*Ivan Sevostianov, Yaroslav Ivanchuk, Svetlana Kravets*

<b>ELABORATION AND RESEARCHES OF HIGHLY EFFECTIVE INSTALLATION FOR VIBRO-BLOWING DEHYDRATION OF DISPERSIVE WASTE OF FOOD PRODUCTIONS..</b>	<b>24</b>
--	-----------

**II. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА***Возняк О. М., Штуць А. А.*

<b>ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ.....</b>	<b>34</b>
--	-----------

*Купчук І. М., Яропуд В. М., Телекало Н. В., Граняк В. Ф.*

<b>ПЕРСПЕКТИВИ ТА ПЕРЕДУМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....</b>	<b>51</b>
--	-----------

*Пазюк В. М.*

<b>ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СУШКА НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....</b>	<b>64</b>
--	-----------

*Солоня О. В.*

<b>ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ ТА РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ У АПК УКРАЇНИ.....</b>	<b>71</b>
--	-----------

**III. АГРОІНЖЕНЕРІЯ***Кондратюк Д. Г., Комаха В. П.*

<b>ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЗАЛЬНОГО АПАРАТА РОТАЦІЙНОЇ КОСАРКИ.....</b>	<b>77</b>
--	-----------

*Курило В. Л., Пришляк В. М.*

<b>ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ДОГЛЯДУ ЗА ПОСІВАМИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.....</b>	<b>86</b>
---	-----------

*Пономаренко Н. О., Яропуд В. М., Лепеть Є. І.*

<b>ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ РОЗКИДАННЯ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ.....</b>	<b>95</b>
--	-----------

*Севостьянов І. В., Токарчук О. А., Горбаченко А. А.*

<b>РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО БЕЗПЕРЕРВНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ.....</b>	<b>103</b>
---	------------

*Середа Л. П., Швець Л. В., Швець О.*

<b>РОЗРОБКА КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.....</b>	<b>117</b>
---	------------

*Соломон А. М., Полевода Ю. А.*

<b>ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ФЕРМЕНТОВАНИХ ПРОДУКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННИХ НАПОВНЮВАЧІВ.....</b>	<b>126</b>
---	------------

*Холодюк О. В., Кузьменко В. Ф.*

<b>МОМЕНТ ВІД ЗУСИЛЬ ТЕРТЯ ТРАВ'ЯНОЇ МАСИ НА ДИСКОВОМУ НОЖІ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО АПАРАТУ.....</b>	<b>135</b>
---	------------

*Шаргородський С. А., Янішевський В. Ю., Ялина О. О.*

<b>ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ СІНАЖУ.....</b>	<b>145</b>
--	------------



УДК 681.586.773(035)

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-3-4

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ**

**Возняк Олександр Миколайович**, к.т.н. доцент  
**Штуць Андрій Анатолійович**, асистент  
Вінницький національний аграрний університет

**Wozniak Alexander**, Ph.D., Associate Professor  
**Andreii Shtuts**, Assistant  
Vinnytsia National Agrarian University

*Технічний прогрес характеризується безупинним розширенням автоматизації усіх галузей діяльності людини, переходом від часткової автоматизації до комплексної, а потім від комплексної автоматизації до повної, яка забезпечує найвищу техніко-економічну ефективність.*

*XXI сторіччя називають інформаційним сторіччям, бо основні успіхи технічного прогресу зараз спостерігаються саме у впровадженні інформаційних технологій до різноманітних засобів та систем автоматизації. Автоматизація неможлива без контрольно-вимірювальної техніки. Розвиток контрольно -вимірювальної техніки для систем автоматизації у великому ступені визначається досягненнями у сумісних областях науки і техніки в мікроелектроніці, обчислювальній техніці, фізиці твердого тіла та ін. Саме для розробників систем автоматики і контролю різних технологічних параметрів зараз утворена найсприятливіша середа практичної діяльності у вигляді величезної номенклатури мініатюрних та надійних датчиків, які легко сполучаються з вторинною апаратурою та дозволяють передавати вимірювальну інформацію на значні відстані в умовах інтенсивних промислових завод.*

*Засоби вимірювання та контролю температури давно зайняли провідне місце у системах автоматизованого управління багатьма технічними процесами, ускладнення яких веде до необхідності різкого зростання кількості каналів вимірювання для отримання повної та об'єктивної інформації про температурні режими протікання процесів.*

*У цьому відношенні комп'ютеризована система контролю температури для апаратів повітряного охолодження (АПО) сирого природного газу не відрізняються від складних промислових систем автоматизації. З урахуванням того, що газові трубопроводи є важливою складовою частиною промислового комплексу України, розробка сучасної комп'ютеризованої системи контролю температури для апаратів повітряного охолодження сирого природного газу, є, без сумніву, актуальною науковою та технічною задачею.*

**Ключові слова:** Автоматизація, мікроелектроніка, система контролю, дослідження, технології, газ, температура, розрахунок, схеми, комп'ютеризованої системи підключення, мікропроцесорний контролер, математичні рівняння, магістральні газопроводи,

**Рис. 8. Табл. 2. Літ. 17.**

---

**1. Постановка проблеми**

Як показав огляд літератури [5-6], в СНД при автоматизації компресорних станцій газових трубопроводів в основному використовуються системи закордонного виробництва. Проте і вони не позбавлені деяких суттєвих недоліків. Наприклад, їхнє впровадження зазвичай вимагає дуже великих коштів на придбання програмно-апаратних засобів автоматизації відомих фірм-виробників, інтерфейс роботи оператора в системі не завжди зручний, недостатньо функцій обробки результатів, алгоритми роботи системи контролю та управління закриті, їхня зміна неможлива без участі представників фірми-постачальника. Тому на вітчизняних газових трубопроводах в умовах світової економічної кризи виникають серйозні проблема при придбанні, впровадженні та експлуатації таких сучасних АСУ ТП, зокрема, для компресорних станцій.

Вирішити цю проблему можна тільки шляхом застосування в комплексній АСУ ТП компресорної станції вітчизняних програмно-апаратних засобів автоматизації, зокрема, комп'ютеризованої системи контролю температурних режимів роботи апаратів повітряного охолодження сирого природного газу при його підготовці до транспортування по газовому



магістральному трубопроводу.

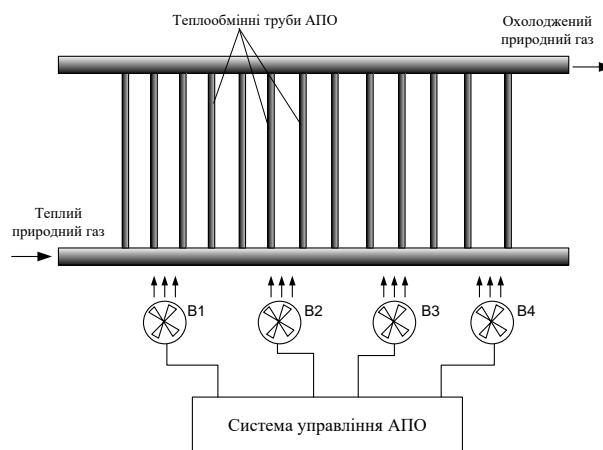
Потрібно, щоб така система контролю температури була заснована на універсальних засобах управління й легко адаптувалася під конкретну конфігурацію апаратів повітряного охолодження сирого природного газу. Необхідно забезпечити відкритість її алгоритмів контролю, відповідні інструменти для їх зміни користувачем (оператором, інженером, керівником), автономність системи, здатність системи до подальшого розширення, створення форм відображення інформації з вимог фахівців галузі, а також засоби самостійного створення й редагування цих форм.

Для такої системи контролю температурних режимів роботи апаратів повітряного охолодження сирого газу, що працюють у складних природних умовах, доцільно вибрати сучасні датчики температури, які б легко узгоджувались з мікропроцесорними засобами системи і забезпечували б завадостійке передавання даних на значні відстані. При цьому не слід орієнтуватися на надсучасні бездротові чи мережні цифрові датчики температури [7-9], вартість яких надзвичайно висока (температурний радіозонд коштує від 700 до 1200 ум. одиниць, а мережний цифровий датчик - від 400 до 800 ум. одиниць).

Крім того, для зменшення загальних витрат на створення такої системи контролю необхідно замінити дорогі пристрої введення сигналів (промислові контролери або модулі розподіленого збору даних), що застосовуються в описаних вище існуючих АСУ ПТ компресорних станцій, на більш дешевий мікропроцесорний контролер (МК) власної конструкції для збору інформації з датчиків температури, яка б теж мала віддалений зв'язок з ПК оператора компресорної станції.

## 2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

АПО широко використовуються в нафтогазовій промисловості для конденсації й охолодження пароподібних, газоподібних і рідких середовищ. Однією з областей застосування АПО є охолодження природного газу на компресорних станціях газових промислів (КС ГП) і на компресорних станціях магістральних газопроводів (КС МГ) [9-10]. Необхідність охолодження газу на даних об'єктах продиктована вимогами енергозбереження. У процесі стиску газу його температура збільшується. Для зниження потужності на транспортування, збільшення пропускної здатності газопроводу й підвищення його надійності газ після компресорів охолоджується вентиляторами В1-В4 в АПО (Рис. 1).



**Рис. 1. Принцип повітряного охолодження сирого природного газу на компресорній станції**

Істотна відмінність умов експлуатації АПО газу на ДКС ГП і КС МГ полягає в тому, що на компресорні станції магістральних газопроводів надходить уже осушений газ, у той час як на газових промислах на першому компресорному щаблі доводиться охолоджувати сирий газ до сушіння. При цьому має місце проблема утворення гідратів вуглеводних газів на внутрішніх поверхнях нижніх рядів теплообмінних трубок АПО газу, що приводить до закупорки прохідного перетину трубок і виходу їх з ладу.

Раніш на більшості КС першого компресорного щабля застосовувався спосіб керування АПО газу, що полягав в ручному або дистанційному включенні-відключенні вентиляторів, число яких визначалось оператором виходячи з його професійного досвіду. Визначення факту закупорки теплообмінних трубок гідратами провадилось візуально по наявності інею на трубках. Відігрівання



закупорених трубок здійснювалось за допомогою парогенераторної установки. Однак у багатьох випадках закупорки теплообмінних трубок навіть указана процедура була неефективною, і доводилось відключати секцію до весни. Недоліки такої системи очевидні.

Тому для підвищення надійності й ефективності експлуатації АПО сирого газу тепер створюються системи автоматизованого управління (САУ), що забезпечують [1-2]:

- автоматичну підтримку заданої температури газу на вихідному колекторі АПО найбільш раціональним способом;
  - плавний пуск електродвигунів вентиляторів;
  - недопущення закупорки в теплообмінних трубках АПО.
- Застосовують наступні способи регулювання АПО газу:
- вплив на продуктивність вентиляторів;
  - застосування керованих жалюзі на поверхнях теплообміну;
  - включення-відключення вентиляторів;
  - рециркуляція охолоджувального повітря перед теплообмінними секціями АПО газу;
  - перепуск частини технологічного потоку по байпасних лініях;
  - зволоження охолоджувального повітря й поверхні теплообмінних секцій АПО газу.

Найбільш ефективним і економічним способом регулювання продуктивності вентиляторів є плавна зміна їхньої швидкості (частоти) обертання, що досягається застосуванням частотно-регульованого приводу (ЧРП). Застосування ЧРП вентиляторів дозволяє досягти наступних переваг у порівнянні із традиційними методами:

- зменшення енергоспоживання в середньому на 35%;
- усунення пускових струмів і перевантажень двигуна на період пуску;
- зменшення механічного спрацювання устаткування й зниження витрат на його технічне обслуговування й ремонт завдяки зниженню кратності пускових струмів і моментів, зниження швидкості витрати ресурсу об'єкта.

По виконуваних функціях розрізняють два різновиди газокompресорних станцій: дотискні й лінійні. У процесі розробки родовищ пластовий тиск природного газу поступово падає. При падінні тиску на виході газового промислу нижче 60 атмосфер природний газ доцільно стискати до 70-76 атмосфер. Ця задача вирішується дотискними компресорними станціями. Внаслідок опору руху газу по трубопроводу його тиск падає. Тому по всій трасі газопроводу приблизно через 100 км будуються лінійні компресорні станції, що стискають газ до необхідного тиску.

Компресорна станція – це складний комплекс технологічних об'єктів. Основним тут є газоперекачувальний агрегат, що підвищує тиск газу шляхом його стиску. ГПА складається з відцентрового компресора, двигуна й допоміжного технологічного обладнання. Агрегати розрізняються за одиничною потужністю, за типом двигуна, за продуктивністю й т.д.

Як правило, одиничної потужності ГПА недостатньо для забезпечення потрібного ступеня стиску й об'ємної продуктивності, тому в складі компресорних цехів звичайно працюють відразу кілька ГПА. Компресорний цех являє собою сукупність працюючих на загальне навантаження ГПА й загальноцехового обладнання (пристрій підготовки газу, вузол підключення, режимні крани, агрегати повітряного охолодження газу, система пожежогасіння й так далі).

Газоперекачувальний агрегат (ГПА) є основним елементом компресорних станцій (КС). Він складається з відцентрового нагнітача (компресора) і двигуна, що приводить його в обертання. ГПА оснащуються автоматикою різної складності вже не один десяток років, але тільки в останні роки з появою мікропроцесорних контролерів стали створюватися системи автоматичного управління ГПА. Така САУ створена в НВО «Хартрон» (м. Харків) [3]. Її основні функції такі:

- регулювання обертів нагнітача - підтримка заданого режиму роботи ГПА шляхом регулювання подачі паливного газу у двигун, протипомпажне регулювання нагнітача; аварійний захист ГПА;

- управління окремими механізмами ГПА, наприклад, апаратами повітряного охолодження (АПО) газу;

- реєстрація й відображення інформації, що характеризує стан ГПА.

Для реалізації перерахованих вимог базова САУ ГПА «Дельта-1» має необхідний набір каналів введення/виведення для взаємодії з датчиками й виконавчими пристроями (рис. 2).

У базовій САУ ГПА приймаються:



- до 80 аналогових сигналів від різних датчиків (термометри опору, термопари, струмові й потенційні);
- до 4 частотних сигналів від датчиків частоти обертання;
- до 160 дискретних сигналів (типу «сухий контакт» або потенційних з напругою постійного або змінного струму від 24 до 220 В).

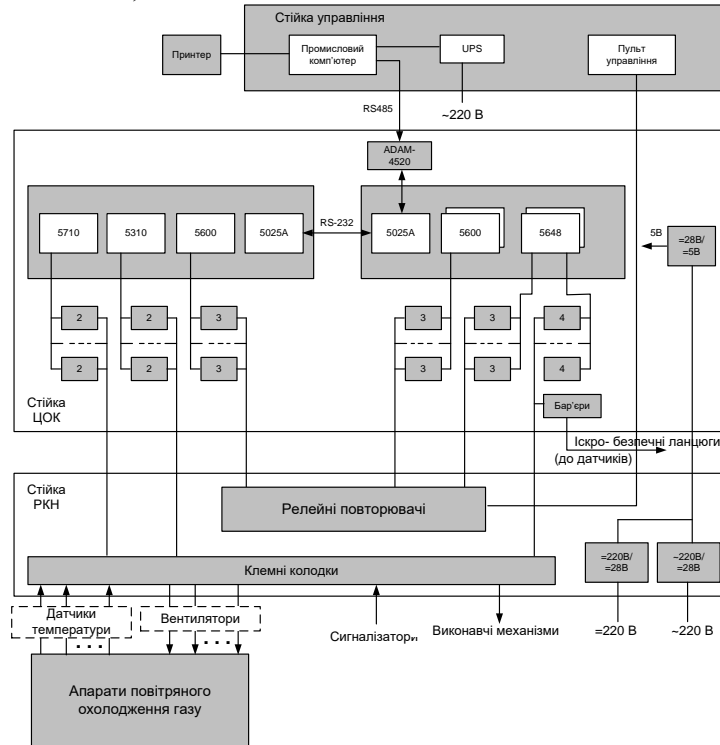


Рис. 2. Структурна схема базової САУ ГПА

На рисунку цифрами позначено:

- "1" - модулі аналогового введення/ виведення фірми Analog Devices;
- "2" - пристрої нормалізації сигналів датчиків частоти обертання;
- "3" - модулі дискретного введення/ виведення фірми Grayhill;
- "4" - модулі аналогового введення фірми Grayhill.

Базова САУ ГПА видає:

- 4 аналогових сигнали (або ШІМ-сигнали) на регулятори;
- до 120 дискретних сигналів на виконавчі механізми (напругою постійного або змінного струму до 220 В, до 2 А).

Температура навколишнього середовища для апаратури САУ ГПА може змінюватися від 0°C до 50°C.

Для реалізації САУ ГПА були обрані наступні технічні засоби:

- процесор і плати розширення (дискретні й аналогові входи-виходи й ін.) - серія MicroPC фірми Octagon Systems;
- модулі аналогового введення з гальванічною розв'язкою - серія 7В фірми Analog Devices і серія 73G фірми Grayhill;
- модулі дискретного введення/виведення - серія 70G фірми Grayhill;
- бар'єри іскрової безпеки - серія MTL-755 фірми Measurement Technology;
- модуль гальванічної розв'язки RS-485 - ADAM 4520 фірми Advantech;
- вторинні джерела живлення - серія PM фірми Lambda;
- реле (для дискретного виведення сигналів напругою 220 В постійного струму й комутації ланцюгів з піротехнічними патронами) - серія РЕН-33 Харківського релейного заводу;
- клемні з'єднувачі - пружинні клеми фірми WAGO;
- промислова ПЕОМ -AWS-822 фірми Advantech;
- джерела безперебійного живлення (від мережі змінного струму 220 В) - фірми Exide Electronics;



- 2-мережеві джерела живлення (від мережі постійного струму 220 В и мережі змінного струму 220 В) - фірми Lambda Electronics.

У САУ ГПА «Дельта-1» використовують два контролери: один для рішення «швидких» задач, другий - «повільних». Апаратура САУ ГПА складається із трьох стійок. Сійка управління, у якій установлені промислова ПЕОМ і пульт аварійного управління, розташовується в операторській. За бажанням замовника може використовуватися ПЕОМ у звичайному настільному виконанні, що незначно здешевлює систему. Безпосередньо біля ГПА розташовані стійкі ЦОК (цифровий обчислювальний комплекс) і РКН (релейний комутатор навантаження). У стійці РКН розташовані клемні колодки для підключення кабелів.

Розробка програмного забезпечення як контролерів, так і промислової ПЕОМ велася мовою С. Для зручності експлуатації передбачена можливість корекції програм експлуатуючим персоналом, що не має спеціальної підготовки програміста, у досить широких межах. Доступ до програмного забезпечення захищений системою паролів, що має 4 рівні.

САУ ГПА другого покоління «Дельта-1» на базі MicroPC не поступається по технічних характеристиках САУ ГПА передових західних фірм, маючи істотно більш низьку (в 1,5-2 рази) вартість.

АТ «Система Сервис» (м. С.-Петербург, Росія) має 30 літній досвід автоматизації газоперекачувальних агрегатів (ГПА), компресорних цехів (КЦ) і компресорних станцій (КС) на об'єктах ВАТ «Газпром» з застосуванням нового покоління систем автоматичного управління й регулювання типу МСКУ-СС 4510 [11]. Розробка й впровадження цих систем здійснюються відповідно до технічних завдань, затвердженими Упртрансгазом ВАТ «Газпром». Будучи системами відкритого типу, маючи повноту функціональних можливостей і не уступаючи, а в більшості випадків і перевершуючи по своїх технічних характеристиках аналогічні системи закордонного виробництва, САУ МСКУ-СС 4510 мають вартість в 2,5-3,5 рази меншу в порівнянні зі своїми закордонними аналогами. Особливістю пропонованих рішень є комплекс заходів, початих для підвищення живучості й надійності системи в цілому.

Як основу для побудови САУ КС, КЦ і ГПА АТ «Система Сервис» поставляє цілий ряд програмно-апаратних комплексів різного призначення:

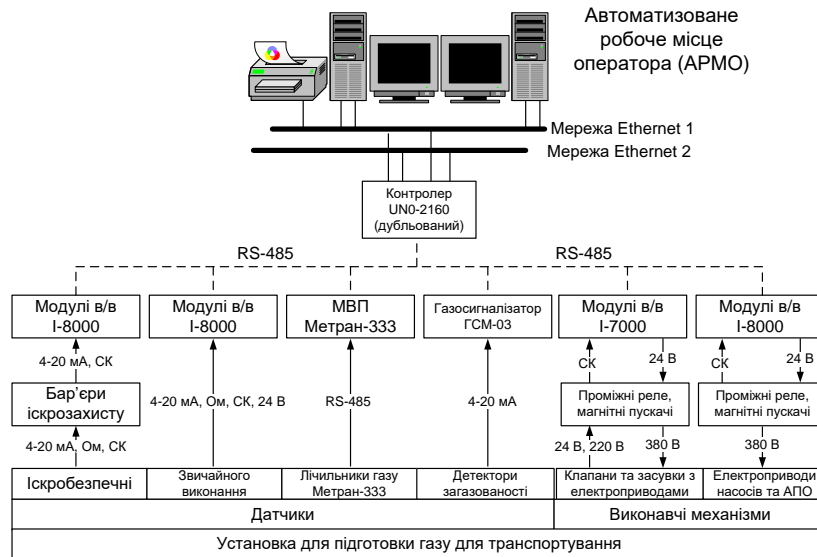
- мікропроцесорний комплекс контролю й управління (МСКУ-СС 4510), призначений для автоматизації технологічних об'єктів, що виконують закінчену функцію основного технологічного процесу (наприклад газоперекачувальний агрегат, газотурбінна енергетична установка й ін.);
- локальна інтелектуальна станція (ЛІС), призначена для автоматизації одного або декількох функціонально закінчених технологічних вузлів територіально-розподіленого технологічного об'єкта;
- пожежний контролер (ПК), призначений для використання як блок управління в системах безпеки (у тому числі в системах автоматичного пожежогашіння);
- АРМ оператора, призначене для виконання функцій людино-машинного інтерфейсу, ведення архівів і виконання інших функцій, характерних для верхнього рівня систем управління.

Основні задачі, які було вирішено при створенні АСУТП, такі:

- контроль основних технологічних параметрів, що характеризують роботу установки;
- автоматичне регулювання роботи сепараторів, трифазного роздільника, блоку регенерації діетиленгліколю (ДЕГ);
- управління у дистанційному і автоматичному режимах виконавчими механізмами
- клапанами й засувками, електродвигунами насосів і вентиляторів апаратів повітряного охолодження (АПО) газу;
- протиаварійний захист технологічного обладнання, у тому числі насосів та вентиляторів;
- створення сучасних автоматизованих робочих місць операторів.

Інформаційне навантаження АСУ ТП складає 230 сигналів введення/виведення, з них 108 аналогових сигналів та 44 іскробезпечних сигналів. АСУ ТП має 3-рівневу структуру (рис. 3). Нижній рівень АСУ ТП складають польові засоби автоматизації: контрольно-вимірювальні прилади, виконавчі механізми аналогової й дискретної дії. Середній рівень призначений для програмно-логічного управління процесом по заданих алгоритмах і побудований на базі програмувальних контролерів і пристроїв зв'язку з об'єктом (ПЗО). Основою верхнього рівня АСУ ТП є автоматизовані робочі місця на основі персональних комп'ютерів для здійснення функцій оперативного диспетчерського контролю й управління технологічним процесом.





**Рис. 3. Структура комплексу технічних засобів АСУ ТП «Газ»**

**МБП – мікро-обчислювальний пристрій; в/в - введення/виведення; СК – «сухий» контакт; Ом – омичний вихід; АПО – апарат повітряного охолодження.**

Для контролю параметрів процесу були обрані контрольно-вимірювальні прилади переважно російського виробництва:

- термоперетворювачі опору з уніфікованими вихідними сигналами Метран-276МП для контролю температур в апаратах і трубопроводах, а також термоперетворювачі опору з омичними вихідними сигналами ТСП Метран-246 (Pt 100) для контролю температур підшипників насосів;
- датчики надлишкового й диференціального тиску серії Метран-100;
- ультразвукові сигналізатори рівня ASL-400 фірми «Валком» для контролю граничних рівнів у сепараторах і наявності робочих середовищ у нагнітальних патрубках насосів;
- стандартні камерні діафрагми для технологічних вимірів витрат;
- вихровий лічильник газу Метран-331 для обліку продуктового газу на виході з установки.

Рівні робочих середовищ в апаратах контролюються за допомогою буйкових рівнемірів серії 12300 фірми Dresser-Masoneilan і байпасних магнітних показчиків рівня серії BNA фірми KSR-Kuebler. Датчики, установлені у вибухонебезпечних зонах, прийняті з видом вибухозахисту «іскробезпечне електричне коло».

Для аналогового й позиційного регулювання застосовані малогабаритні клапани КМР і КМО виробництва ПНФ «ЛГ автоматика» із вибухозахищеними електроприводами «Drehmo Standard» для регулювальних клапанів і приводів типу МЭПК для клапанів, що працюють у режимі відкритий/закритий».

Логіко-програмне управління процесом реалізовано на базі IBM PC сумісних контролерів UNO-2160PC фірми Advantech. Для побудови надійної системи керування технологічним процесом використовується «гаряче» резервування контролерів як ключових елементів системи управління. Обидва контролери є ідентичними за конфігурацією (за винятком мережних IP-адрес), зв'язаними між собою по двох незалежним Ethernet-каналах і інтерфейсу RS-232. Виконання програми управління, роботу з модулями введення/виведення й взаємодія з підсистемою верхнього рівня виконує активний контролер.

Для підвищення надійності мережного обміну в системі застосовується резервування мереж Ethernet. Для прийому й видачі сигналів у системі з резервуванням контролерів використовується архітектура віддаленого введення/виведення. ПЗО підключаються до трьох незалежних польових шин RS-485. Кожна із цих шин підключена до обох контролерів через окремі конвертори RS-485 в RS-232 ADAM-4520.

Для введення/виведення сигналів використані модулі фірми ICP-DAS двох серій:

- I-8000 для зв'язку з польовими датчиками;
- комбіновані модулі дискретного введення/виведення I-7000 у схемах управління електроприводами клапанів і електричних засувок.



Введення іскробезпечних сигналів здійснюється через бар'єри іскрового захисту серії D1000 фірми GM International.

Технічні засоби середнього рівня живляться напругою 24 В постійного струму від дубльованих блоків живлення серії DLP фірми Lambda, виходи яких об'єднані через діодні модулі. Відсутність напруги на виході кожного із блоків живлення сигналізується в АСУ ТП із вказівкою місця установки й номеру несправного блоку.

Основою верхнього рівня АСУ ТП є автоматизоване робоче місце оператора (АРМО), що розташовується в блоці контролю й управління родовища. До складу АРМ оператора входить наступне основне обладнання:

- дві ПЕОМ на базі шасі промислового комп'ютера IPC-610MB фірми Advantech;
- два TFT-монітори з розмірами діагоналі 19 дюймів;
- дві клавіатури й два маніпулятори "миша";
- два джерела безперебійного живлення;
- два мережних Ethernet-комутатора;
- лазерний принтер для друку змінних рапортів, графіків, повідомлень.

Обладнання АРМО змонтоване в операторському пульті, у секціях якого розміщуються системні блоки ПЕОМ, пристрої безперебійного живлення й засоби комунікації. Обробка інформації, що надходить від контролерів, виконується незалежно кожною ПЕОМ АРМО, що дозволяє забезпечити високий рівень надійності системи відображення. Візуалізація технологічного процесу здійснюється одночасно на моніторах обох ПЕОМ АРМО із забезпеченням доступу до різномірної інформації - фрагментам мнемосхеми, графікам, повідомленням, рапортам.

ПЕОМ АРМО працюють під управлінням ОС Windows XP SP2. Програми управління контролерів і проекти відображення технологічних процесів для АРМО були створені за допомогою системи технологічного програмування мовою TechnoC версії 2.0 і SCADA-пакета ViSA 7.5, розроблених НТФ «Инкотех» [4].

---

### 3. Мета дослідження

---

Метою роботи є підвищення якісних показників контролю температури для апаратів повітряного охолодження сирого природного газу шляхом застосування інтегрованої системи проектування та сучасних програмно-апаратних засобів автоматизації.

---

### 4. Виклад основного матеріалу

---

У наш час існує багато методів та засобів вимірювання температури, а також промислових приладів на їх основі [12-13]. Для обґрунтування вибору вимірювального датчика для нової системи контролю необхідно дослідити ці методи та засоби вимірювання, враховуючи такі додаткові вимоги до них:

- простота реалізації для електричних вимірювань, тобто легкість отримання електричних вихідних сигналів для їх введення до мікропроцесорного контролера;
- діапазон вимірювання температури складає від мінус 50°C до плюс 50°C;
- вихідний сигнал повинен бути уніфікованим;
- засоби вимірювання температури повинні забезпечувати високу надійність, завадостійкість, мати малі габарити, вагу та вартість.

Виходячи з цих додаткових умов, можна виділити таку групу вимірювальних перетворювачів як термоперетворювачі опору (ТПО) [15].

Дія ТПО основана на температурній залежності електричного опору певних матеріалів. Такими властивостями характеризуються багата кількість струмопровідних матеріалів, але лише деякі з них вдовольняють вторинним експлуатаційним вимогам, що пов'язані із стабільністю властивостей та нечутливістю до зовнішніх дій інших факторів (тиску, щільності магнітного потоку, потоку нейтронів і т.п.). Тому вказаному комплексу метрологічних та експлуатаційних вимог вдовольняє відносно вузька номенклатура матеріалів, що спроможні помітно проводити електричний струм: метали, напівпровідники, електроліти.

У загальному вигляді ТПО складається із чутливого елемента відповідної конструкції, захисної арматури та з'єднувального кабелю. Зміна опору чутливого елемента фіксується вимірювальною схемою вторинного приладу або мікроконтролеру. Спосіб ввімкнення ТПО залежить саме від цієї вимірювальної схеми та діапазону вимірюваної температури.



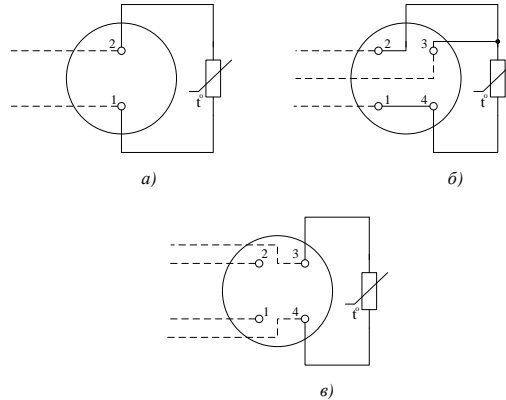
Промисловість випускає велику номенклатуру ТПО з платиновими, мідними, нікелевими, залізними, вольфрамівими, свинцевими та індієвими чутливими елементами. Платинові ТПО розраховані на діапазон температур від мінус 200°C до плюс 1000°C, але мають і відповідну високу вартість. Мідні мають значно менший діапазон вимірювання (від мінус 50°C до плюс 200°C) та меншу вартість.

Чутливі елементи із з'єднувальними кабелями називаються вимірювальними пакетами. При вимірюванні температури до плюс 300°C з метою забезпечення надійної ізоляції пакетів ТПО використовуються ізоляційні лакотканини, емалі, металеві оплітки та ін. При вимірюванні температур вище за плюс 300°C вимірювальні пакети виготовляють з використанням бус із електроізоляційної кераміки.

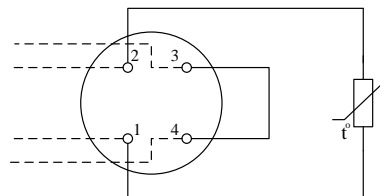
Для усунення температурної варіації опору дротів кабелю він вибирається набагато меншим за власний опір чутливого елемента. При 0°C цей опір не повинен бути більшим за 0,1% від опору платинових елементів та не більшим за 0,2% від опору мідних елементів.

З такою ж ціллю ТПО підключаються до вимірювальної схеми за 3-провідною та 4-провідною схемою. Для компенсації зміни опору з'єднувальних дротів промисловістю випускаються ТПО з додатковими з'єднувальними дротами. З'єднувальні дроти вимірювального пакету підключаються до клем контактної колодки або до контактів корпусу пластмасової головки ТПО. Підключення з'єднувальних дротів вимірювальних пакетів до чутливого елемента здійснюється за допомогою зварювання. При вимірюванні температури вимірювальні пакети вставляються до захисного чохла ТПО, який запобігає їх пошкодження та забруднення. Для вибраного вище діапазону вимірюваних температур промисловість випускає такі ТПО [15]: ТСМ-0879, ТСП-8040П, ТСМ-6114, ТСМ-8034М.

Одним з перспективних напрямків у системах збирання технологічної інформації являється децентралізація таких систем. У сучасних умовах є можливість значного спрощення підключення ТПО до вторинних приладів чи МПС, що призводить до збільшення точності вимірювання. Завдяки досягненням у області мікроелектроніки створені вторинні вимірювальні перетворювачі (ВВП) з уніфікованим вихідним електричним сигналом, які конструктивно суміщають з корпусом ТПО без суттєвого збільшення його габаритів.



**Рис. 4. Схеми вимірювального пакету ТПО:**  
а) 2-провідна; б) 3-провідна; в) 4-провідна



**Рис. 5. Схеми вимірювального пакету ТПО з компенсаційними виводами**

Сучасний термоперетворювач опору з уніфікованим струмовим виходом (ТПОУ), що за суттю утворює вимірювальний датчик, має такі переваги перед іншими датчиками:

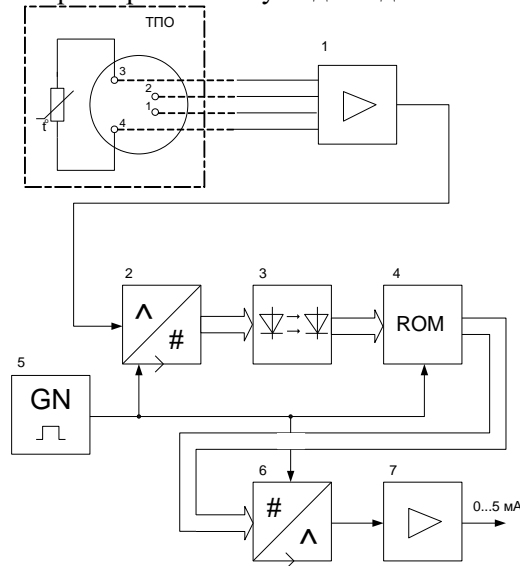
- виключається необхідність у вторинному перетворювачі як у окремому блоці, який має значні габарити та масу;



- зменшується кількість з'єднувальних дротів лінії зв'язку між ТПО та МПС;
- збільшується точність усієї системи контролю температури;
- наявність в ТПОУ уніфікованого вихідного сигналу дозволяє легко створювати багатоканальні МПС збирання інформації з комутаторами входних каналів (мультиплексорами);
- відпадає необхідність точної підгонки чутливих елементів ТПО.

Функціональна схема сучасного термоперетворювача опору з уніфікованим токовим виходом (ТПОУ) наведена на рисунку 5.

На основі такої схеми зараз випускаються промислові датчики типу ТСПУ-0183 (вихідний сигнал 0-5 мА) та ТСМУ-0283 (вихідний сигнал 4-20 мА). Вихідні клеми ТПО підключаються до входних клем підсилювача 1, який перетворює зміну температури у відповідні зміни вихідної напруги (від 0 до плюс 5В). Ця напруга перетворюється у паралельний цифровий код (зазвичай 12-розрядний) за допомогою аналого-цифрового перетворювача 2. В ТПОУ передбачена гальванічна розв'язка електричних кіл входу та виходу (діодні оптрони 3). З АЦП на решту схеми ТПОУ через оптрони 3 передаються також сигнали: "Вихід компаратора", "Кінець перетворення", тактова частота генератора. Після оптронів 12-розрядний цифровий код подається на постійний запам'ятовуючий пристрій 4. Цей код являється адресою для вибору певних комірок пам'яті, де записані цифрові лінеаризовані значення вихідного сигналу датчика температури. Вибраний з комірки цифровий код подається на цифро-аналоговий перетворювач 6, який перетворює його у відповідне значення струму.



**Рис. 6. Функціональна схема термоперетворювача з уніфікованим вихідним токовим сигналом**

Підсилювач струму 7 уніфікує вихідний сигнал у певних границях (0-5 мА або 4-20 мА). Генератор 5 забезпечує синхронізацію усіх перетворень в ТПОУ.

Технічні характеристики датчика ТСПУ-0183 такі:

- вихідний сигнал уніфікований у межах 0-5 мА;
- кількість чутливих елементів -1;
- діапазон вимірюваних температур: від мінус 25 до плюс 25; від 0 до плюс 100; від мінус 50 до плюс 100; від мінус 200 до плюс 50; від мінус 100 до плюс 50; від мінус 50 до плюс 400 С°;
- умовний тиск 6,4 МПа;
- показник теплової інерції 20 с.

При усіх перерахованих перевагах датчиків ТСПУ-0183 вони мають і певний недолік при використанні у багатоканальних МПС збору інформації. Він полягає у тому, що перетворення їх вихідного токового сигналу у цифровий код вимагатиме наявності в схемі МК багатоканальних АЦП та перетворювачів "струм-напруга". Це значно підвищує загальну вартість МК, ускладнює її настройку та експлуатацію.

Проаналізуємо інші типи датчиків температури, що максимально пристосовані для використання в багатоканальних системах контролю. В [11-16] описані сучасні датчики температури, що виконані у вигляді мікросхем. Найбільш відомими виробниками таких датчиків є такі фірми, як



MAXIM, Analog Devices, National Semiconductor, TelCom Semiconductor, Dallas Semiconductor. В основі роботи усіх цих датчиків покладена залежність падіння напруги на р-n- переході діоду чи транзистора від температури. Єдиним недоліком таких датчиків є їх крихкість, що вимагає застосування захисних кожухів.

Вихідні сигнали мікросхем датчиків температури уніфіковані для використання у мікропроцесорних та комп'ютерних системах. Найбільшого розповсюдження набули аналогові, імпульсні та цифрові вихідні сигнали.

Цифрові сигнали формуються датчиками з послідовним портом, що реалізує спеціальний інтерфейс (наприклад, SMBus чи I<sup>2</sup>C). Такі датчики зараз мають найбільшу вартість, що при великій їх кількості значно здорожує усю систему контролю.

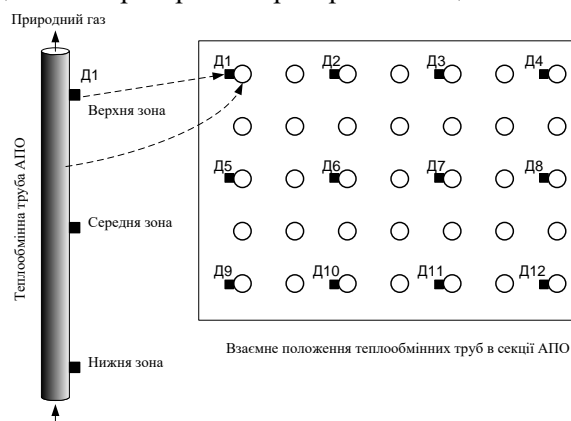
Іншим типом сигналів, що найбільш пристосовані для використання в багатоканальних мікропроцесорних системах контролю, є імпульсні сигнали (у вигляді меандру), частота чи період яких пропорційний вимірюваній температурі. З таких датчиків дуже перспективним є датчик MAX6577 фірми MAXIM [16], який призначений для діапазону температур повітря від мінус 50°C до плюс 115°C. Для цього діапазону частота вихідних імпульсів ТТЛ - рівня змінюється від 0 до 8 кГц.

Обробка імпульсних сигналів виконується досить простими програмними засобами, а вартість таких датчиків у порівнянні з цифровими на порядок менша. Тому вибираємо у якості сенсорів проєктованої системи контролю саме мікросхеми датчиків температури типу MAX6577 фірми MAXIM.

Кількість датчиків в системі залежить від конструкції блоку апаратів повітряного охолодження (АПО) конкретної компресорної станції і планів її розширення. Якщо взяти за основу проєкту типову компресорну станцію, то можна орієнтовно розрахувати необхідну кількість датчиків температури. Ця компресорна станція має 4 апарати повітряного охолодження газу. Апарат має 4 секції по 35 вертикальних теплообмінних труб кожна, що обдуваються окремим вентилятором. У вертикальному напрямі секції можна поділити на 3 зони -верхню, середню та нижню, які мають різні умови охолодження в них природного газу. Тоді у всьому блоці АПО буде налічуватись 48 зон контролю температури.

Якщо в кожній зоні на окремих вертикальних трубах встановити 12 датчиків температури, як це показано на рисунку 6, то загальна кількість датчиків сягне 576. Додавши до цього числа ще 24 резервних датчика (на випадок розширення блоку АПО компресорної станції), отримаємо остаточне число датчиків в проєктованій комп'ютеризованій системі контролю, що буде дорівнювати 600.

З кожної зони контролю сигнали датчиків температури повинні передаватися до загального мікропроцесорного контролера (МК) збирання інформації (централізована схема збору даних), який в свою чергу підключатиметься до ПК оператора компресорної станції.



**Рис. 7. Принцип розміщення датчиків в зонах контролю температури однієї секції АПО**

ПК оператора, як правило, розміщується у окремому приміщенні (операторська).

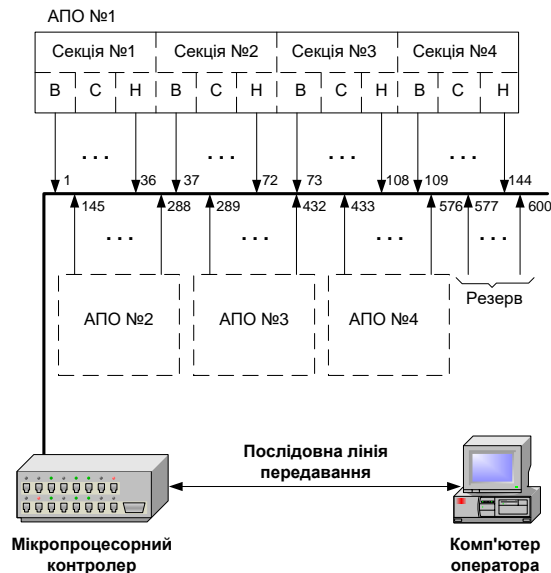
Для зменшення загальної довжини кабелів передачі сигналів з датчиків температури до МК треба розмістити його в шафі автоматики, що розташована в геометричному центрі блоку АПО сирого газу. У цьому разі, виходячи з загальної площі компресорної станції, відстань від ПК оператора до МК приблизно складе близько 500 м. Тому треба передбачати завадозахищену дистанційну передачу даних до комп'ютера через відповідну лінію передавання цифрових даних.



Усю первинну обробку інформації з датчиків температури доцільно виконувати в комп'ютері оператора, куди ця інформація передаватиметься з МК.

З урахуванням усіх зазначених вимог до нової системи контролю температури для АПО сирого природного газу, загальна її конфігурація буде такою, що наведена на рисунку 8.

Програмне забезпечення комп'ютера оператора повинно виконувати ефективний обмін даними з мікропроцесорним контролером, що збирає інформацію з 600 датчиків температури, та відображення отриманої поточної інформації на моніторі через графічний інтерфейс оператора.



**Рис. 8. Загальна конфігурація КСК температури для АПО компресорної станції (В – верхня зона, С – середня зона, Н – нижня зона)**

В англійській термінології така система називається SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), тобто операторське управління та збирання даних.

Розробка ПЗ для комп'ютера оператора є досить складною задачею, що вимагатиме як великих витрат коштів, так і часу. Тому необхідно детально обґрунтувати вибір інструментальних засобів розробки цього ПЗ.

### **5. Вибір та обґрунтування інструментальних засобів розробки ПЗ комп'ютера оператора**

- Інструментальні засоби (ІЗ), що використовуються при створенні ПЗ робочих місць операторів, можна розділити на групи [12-17]:

- SCADA-пакети;
- засоби баз даних;
- універсальні системи програмування.

SCADA-пакети широко використовуються для створення систем операторизації і моніторингу. За допомогою SCADA можна швидко розробити повнофункціональну систему, причому зробити це може непрограміст.

Друга група ІЗ, орієнтованих на роботу з базами даних, служить в основному для створення АСУ верхніх рівнів. Універсальні системи, засновані на мовах програмування третього та четвертого покоління, дають проектувальнику максимальну свободу дії. З їхньою допомогою можна вирішити будь-яку задачу у будь-якій області, але для цього потребуються великі витрати кваліфікованої праці; отриманий продукт важко супроводжувати і модифікувати, особливо якщо в цьому не можуть взяти участь розроблювачі.

Таким чином, для розробки програмного забезпечення комп'ютера оператора проектованої мікропроцесорної підсистеми контроллотемпературних параметрів теплиць найбільше пристосовані SCADA -пакети, що призначені для автоматизації цехового рівня управління виробництвом.

У таблиці 1 перераховані за критеріями вибору деякі з популярних на SCADA-систем, що мають підтримку в країнах СНД. Аналіз SCADA-систем показує, що спостерігається певне вирівнювання функціональних можливостей сучасних пакетів, розширення їх універсальності в плані платформ реалізації та підтримуваного обладнання.



Тому вибір SCADA-системи будемо робити, виходячи з вимоги мінімальної її вартості при збереженні усіх основних функціональних можливостей сучасних ІЗ.

Таблиця 1

**Показники SCADA-систем за критеріями вибору**

SCADA-системи	Технічна підтримка	Наявність розробників в Україні	Наявність в ВНТУ	Ціна, умов. од.
Delta (США)	–	+	–	9 328,00
Genesis (США)	+	+	–	9 985,20
Genie (Тайвань)	+	+	+	954,00
Festo (США)	–	–	–	8 421,70
InTouch 5.0 (США)	+	+	–	13 472,60
Monitor Pro (Німеччина - США)	+	+	–	3 763,00
RSView (США)	–	–	–	7 425,30
Sitex (Велика Британія)	+	+	–	6 545,50
Trace Mode 5 (Росія)	+	+	+	3 127,00
WinCC (Німеччина)	+	–	–	12 449,70

З усіх пакетів, що перераховані в таблиці 1, найдешевшими є SCADA -системи Genie виробництва тайванської фірми ADVANTECH та Trace Mode 5 виробництва російської фірми ADASTRA. Крім того, ці пакети закуплені ВНТУ. Тому саме їх ми і виберемо для подальшого порівнювального аналізу варіантів виконання проекту.

Складемо порівнювальні характеристики для двох варіантів розробки комп'ютеризованої системи контролю температури: на основі SCADA - системи Genie (варіант №1) та на основі SCADA -системи Trace Mode 5 (варіант №2).

Пакет Genie фірми ADVANTECH підтримує широку гаму засобів автоматизації цієї ж фірми (плати введення/виведення, модулі віддаленого введення/ виведення, засоби мережного обміну інформацією, перетворювачі інтерфейсів тощо). Пакет є інструментальним засобом створення програмного забезпечення збору даних і оперативного операторського управління, що виконується в середовищі MS Windows. Genie версії 3.xx може застосовуватися в проектах АСУ ТП масштабу технологічної ділянки і/або цеху, із початковим або середнім рівнем складності. В даний час фірма “Прософт” пропонує цілком локалізовану для ринку СНД версію Genie 3.0, де усі діалоги, команди, файли підказувань і документація переведені.

Genie має модульно-орієнтовану, відкриту інтегровану архітектуру. Відкритість архітектури дозволяє легко реалізовувати взаємодію Genie з іншими додатками для спільного доступу до даних під час виконання стратегії лабораторного дослідження.

При цьому такі модулі, як Редактор задач, Редактор форм відображення і Редактор звітів входять у будувач стратегій Genie, а Редактор сценаріїв і Центр обробки даних - у виконавчу середу Genie.

Стандартний пакет Genie оснащений драйверами введення/ виведення для підтримки всіх апаратних засобів промислової автоматизації фірми Advantech, включаючи модулі збору даних і управління, IBM PC сумісний модульний контролер МІС 2000, пристрої віддаленого збору даних серії ADAM-4000 і ADAM 5000/485, а також пристрої промислової шини CAN із протоколом DeviceNet ADAM-5000/CAN.

Мінімальний період сканування задачі і пов'язаних із нею параметрів складає 55 мс. У рамках стратегії може використовуватися одночасно практично будь-яка кількість функціональних блоків і пристроїв введення/ виведення, що обмежується тільки швидкістю і розміром пам'яті комп'ютера. Проте рекомендується, щоб кількість функціональних блоків не перевищувало 500.

Пакет Trace Mode 5 теж працює в середовищі ОС MS Windows. У цій версії пакету технологія наскрізного програмування верхнього і нижнього рівня АСУТП значно удосконалена. Найбільші зміни



торкнулися засобів розробки. Редактор бази каналів приведений у відповідності зі стандартом Міжнародної електротехнічної комісії (МЭК) ІЕС 61131-3, що регламентує синтаксис мов програмування промислових контролерів. Відповідно до вимог стандарту програмування логічних задач здійснюється візуальними, інтуїтивно зрозумілими інженерам-технологам методами у вигляді функціональних блоків (мова Техно-FBD) або на мові інструкцій (Техно-IL). Можливості цих мов, у порівнянні зі стандартом ІЕС 61131-3, істотно розширені: вони містять у собі набір із більш ніж 150 елементарних і бібліотечних функцій. Серед умонтованих алгоритмів: ПД, ПДД, нечіткий, позиційне регулювання, ШІМ перетворення, динамічна балансування, алгоритми масового обслуговування, блоки моделювання об'єктів, доволіно що програмуються алгоритми, арифметичні, алгебраїчні, логічні, тригонометричні, статистичні функції, функції розрахунку техніко-економічних показників (ТЕП) і т.д. Істотним розвитком стандарту є додавання функціональних блоків, орієнтованих на контроль типових технологічних об'єктів (клапанів, засувки, приводів і т.д.) і управління ними. Крім того, проєктувальник має можливість нарощувати бібліотеки мов власними алгоритмами, що враховують особливості задач проєктів.

У системі Trace Mode 5 розподілена АСУТП, що містить і промислові комп'ютери (ПК), і контролери, розглядається як єдиний проєкт. Тому кожний вузол (ПК або контролер) у розподіленій системі, що працює під управлінням Trace Mode 5, має інформацію про інші вузли системи й у випадку його модифікації автоматично оновлює відповідну БД в інших вузлах. При цьому АСУ можна створювати як в архітектурі клієнт-сервер, так і у вигляді розподіленої системи - технологія розробки АСУТП як єдиного проєкту буде однаково ефективна.

Розробка графічного інтерфейсу операторської станції здійснюється в об'єктно-орієнтованому редакторі представлення даних. Аналогічно редактору бази каналів редактор представлення даних забезпечує створення мнемосхеми для усіх вузлів розподіленої АСУТП.

Система Trace Mode 5 дозволяє створювати багаторівневі, ієрархічні і резервовані АСУТП. Зв'язок між вузлами в розподіленій АСУТП на базі Trace Mode 5 може здійснюватися з використанням одного з таких протоколів: TCP/IP, IPX/SPX, NetBeui, M-Link, DDE/NetDDE, AdvencedDDE, OPC, відкритого формату M-Link Trace Mode 5 для зв'язку з будь-яким ПЗО.

Інформація з операторського рівня АСУТП передається в СУБД системи керування підприємством (MES - система). Trace Mode 5 підтримує великий набір інтерфейсів для зв'язку з офісними додатками: Excel, Access, Oracle, BaseStar, R/3, прикладними програмними комплексами російського виробництва фірм «Вітрило», «Галактика». Для цих цілей використовуються такі протоколи й інтерфейси: TCP/IP, IPX/SPX, NetBeui, DCOM, DDE/NetDDE, AdvencedDDE, OPC.

Підтримка системою ТРЕЙС МОУД великого числа стандартних протоколів обміну даними уможливорює вільний перетік інформації між рівнями управління підприємством і створює умови для забезпечення його інформаційної прозорості (інформаційної інтегрованості систем управління).

Жодний операторський комплекс не може обійтися без розвитої системи архівації даних, що у Trace Mode 5 забезпечує безупинний запис значень усіх параметрів технологічного процесу з точністю до 0,001 с, автоматичне резервування і відновлення даних у локальних і глобальних архівах, ведення протоколу аварій і тривоги, зв'язок із БД (DDE/NetDDE, SQL/ODBS, OPC), генерування звітів про технологічний процес і публікацію даних у мережі Internet/Intranet. Крім перерахованих власних архівів Trace Mode 5 підтримує зберігання даних у стандартному часопису подій Windows NT.

Генерування звітної документації про хід технологічного процесу здійснює сервер документування, спроможний приймати дані від віддалених вузлів, опрацьовувати їх у відповідності зі «сценаріями» і генерувати на їхній основі звіти довольної форми. Готові звіти можуть бути записані у файл, виведені на друк, експортовані в будь-які СУБД або опубліковані в Internet. Дані про роботу підприємства можуть бути переглянуті через Internet за допомогою звичайного браузеру.

Зведемо усі функціональні можливості розглянутих SCADA -систем у таблицю 2.

Як видно з таблиці, функціональні можливості варіанту №2 проєкту набагато ширші, ніж варіанту №1. Однак при виборі варіанту треба враховувати особливості технологічного процесу, що контролюється.

По-перше, він досить повільний (стала часу процесів встановлення температури газу в теплообмінних трубах складає кілька десятків секунд). По-друге, візуалізація процесу контролю не вимагає відображення швидкоплинних складних подій, тобто можна застосувати і растрову графіку (наприклад, зміною кольору відповідних індикаторів). По-третє, з урахуванням повільності процесу досить буде використовувати навіть "холодне" резервування на випадок виходу з ладу контролера





нижнього рівня. По-четверте, система управління не є складною (досить одного основного комп'ютера оператора), тому немає необхідності утворювати складні мережні структури (наприклад, досить і мережі RS-485).

З усього цього можна зробити висновок, що для проектованої системи контролю температури доцільно застосувати варіант хоча і з меншими функціональними можливостями, але більш дешевий, тобто на основі SCADA-системи Genie.

Таблиця 2

**Порівняння функціональних можливостей варіантів проекту**

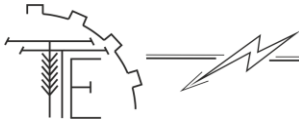
Характеристика	Варіант №1	Варіант №2
Інструментальні засоби	SCADA Genie	SCADA Trace Mode 5
Мінімальний час реакції системи, с	0,055	0,001
Апаратні засоби нижнього рівня	Модулі віддаленого введення/виведення	Промислові контролери
Спосіб розробки ПЗ	Візуальне програмування	Візуальне програмування
Обмеження по кількості алгоритмічних блоків	До 500	Немає
Вбудовані мови програмування	Basic Script	Техно-FBD, техно-IL, C++
Розподіленого управління	Є	Є
Забезпечення резервування	“Холодне”	“Гаряче” та “холодне”
Візуалізація ходу процесу управління	Растрова	Векторна
Підтримка локальної мережі	RS-485, Net DDE, CAN	RS-485, Net DDE, CAN, LON, MODBUS, Device Net, Ethernet
Доступ до Internet	Немає	Є
Засоби архівації	Локальні архіви	Локальні та глобальні архіви
Ведення журналу аварій	Так	Так
Формування звітів	Довільні, за сценарієм	Довільні, за сценарієм
Сигналізація про аварійні події	Анімаційна та звукова	Анімаційна та звукова

**5. Висновки та пропозиції**

В даній статті розглянуто систему контролю, апарати повітряного охолодження. На підставі аналізу викладеної інформації, було розглянуто системи контролю температурних режимів роботи апаратів повітряного охолодження сирого газу, що працюють у складних природних умовах, при цьому, в межах помірної ціни. Проведено вибір системи контролю температури. Ця система у кожній секції АПО контролює температуру у трьох зонах теплообмінних труб – верхній, середній та нижній. Оброблення інформації з датчиків виконується за кількома алгоритмами – по кожному датчику, по групі датчиків (по одній теплообмінній трубі), автономно мікропроцесорним контролером КСК (з передаванням на операторську станцію тільки тривожних повідомлень) або операторською станцією при постійному передаванні поточних даних з мікропроцесорного контролера КСК[17].

**Список використаних джерел**

1. Бондар Т. Зміна і припинення договірної правовідносини як способи захисту цивільних прав. *Українське комерційне право*. 2007. №8. С. 21–27.



2. Володарський Є. Т., Кухарчук В. В., Поджаренко В. О., Сердюк Г. Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю: навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2001. 219 с.
3. Філінюк М. А., Гаврілов Д. В., Ліщенко С. А. Методи і засоби вимірювання параметрів потенційно нестійких багатополосників. *Вісник Технологічного університету Поділля*. 2002. С. 42–48.
4. Філінюк Н. А., Огородник К. В., Лазарев О. О. Спосіб вимірювання S–параметрів чотириполосника. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2005. С. 86–89.
5. Кривонос А., Харитонов А., Гуличев В. Система управління газоперекачиваючими агрегатами. *Современные технологии автоматизации*. 1997. №2. С. 66–69.
6. Витковский С., Дубинский В. Автоматизированная система управления установкой подготовки попутного нефтяного газа. *Современные технологии автоматизации*. 2009. №4. С. 26–33.
7. Беспроводные радиозонды Testo Saveris. URL : <http://www.tinvest.ru/catalog/info/?id=772>.
8. Программное обеспечение Testo Saveris. URL : <http://www.tinvest.ru/catalog/info/?id=773>.
9. Евдокимов Я. Регулирование ГПА: возникающие проблемы и пути их решения. *Современные технологии автоматизации*. 2009. №2. С. 80–87.
10. Талыбов Э. О. модернизации АСУ ТП установок комплексной подготовки газа в районах Крайнего Севера. *Современные технологии автоматизации*. 1998. №2. С. 22–24.
11. Продовиков С., Макаров А., Бунин В., Черников А. Опыт автоматизации сложных промышленных объектов на примере газокomppressorных станций. *Современные технологии автоматизации*. 1999. №2. С. 16–27.
12. Романенко С. С., Кравець О. М. Автономна система розподіленого контролю температури. *Вісник КДУ імені Михайла Остроградського*. 2010. №4. С. 53–55.
13. Воробьев Е. П. Микросхемы контроля температуры. *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*. 2000. №7. С. 63–69.
14. Вершин В. Е. Интегральные термодатчики и термоконтроллеры. *Приборы и системы управления*. 1989. №4. С. 41–44.
15. Воробьев Е. П. Микросхемы контроля температуры. *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*. 2000. №7. С. 63–69.
16. Что должна уметь система SCADA. URL : <http://www.cta.ru/cms/f/326782.pdf>.
17. Энкарначчо Ж., Шлехтендаль Э. Автоматизированное проектирование. *Основные понятия и архитектура системы*. 1986. №4. С. 654–658.

#### References

- [1] Bondar T. (2007). Zmina i pryypynennia dohovirnoho pravovidnoshennia yak sposoby zakhystu tsyvilnykh prav. *Ukrainske komertsiine pravo*. (8), 21-27. [in Ukrainian].
- [2] Volodarskyi, Ye. T., Kukharchuk, V. V., Podzharenko, V. O., Serdiuk, H. B. (2001). Metrolohichne zabezpechennia vymiriuvan i kontroliu. (Navchalnyi posibnyk). VDTU. Vinnytsia. [in Ukrainian].
- [3] Filyniuk, M. A., Havrilov, D. V., Lishchenko, S. A. (2002). Metody i zasoby vymiriuvannia parametriv potentsiino nestiikykh bahatopolusnykiv. *Visnyk Tekhnolohichnoho universytetu Podillia*. 42–48. Khmelnytsky. [in Ukrainian].
- [4] Filyniuk, N. A., Ohorodnyk, K. V., Lazarev, O. O., (2005). Sposib vymiriuvannia S–parametriv chotyrypolusnyka, *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*. 86–89. Vinnytsia. [in Ukrainian].
- [5] Kryvonosov, A., Kharytonov, A., Hulychev, V. (1997). Systema upravleniya hazoperekachyvaiushchymu ahrehatamy. *Sovremennye tekhnolohyy avtomatyzatsyy*. (2). 66–69. [in Ukrainian].
- [6] Vytkovskiy, S., Dubynskiy, V. (2009). Avtomatyzirovannaia systema upravleniya ustanovkoi podgotovky poputnoho neftianoho haza. *Sovremennye tekhnolohyy avtomatyzatsyy*. (4). 26–33. [in Ukrainian].
- [7] Беспроводные радиозонды Testo Saveris. URL : <http://www.tinvest.ru/catalog/info/?id=772>. [in Russian].
- [8] Programmnoe obespechenye Testo Saveris. URL : <http://www.tinvest.ru/catalog/info/?id=773>. [in Russian].
- [9] Evdokymov, Ya. (2009). Rehulyrovanye HPA: voznykaiushchye problemy y puty ykh resheniya. *Sovremennye tekhnolohyy avtomatyzatsyy*. (2). 80–87. [in Ukrainian].



- [10] Talybov, E. O. (1998). Modernyzatsyy ASU TP ustanovok kompleksnoi podhotovky haza v raionakh Kraineho Severa. *Sovremennyye tekhnolohyy avtomatyzatsyy*. (2). 22–24. [in Russian].
- [11] Prodovyykov, S., Makarov, A., Bunyn, V., Chernyykov, A. (1999). Opyt avtomatyzatsyy slozhnykh promyshlennykh ob'ektov na prymere hazokompressornykh stantsiy. *Sovremennyye tekhnolohyy avtomatyzatsyy*. (2). 16–27. [in Ukrainian].
- [12] Romanenko, S., Kravets, O. (2010). Avtonomna systema rozpodilenooho kontroliu temperatury. *Visnyk KDU imeni Mykhaila Ostrohradskoho*. (4). 53–55. [in Ukrainian].
- [13] Vorobev, Ye. (2000). Mykroskhemy kontroliu temperatury. *Prybory y systemy. Upravlenye, kontrol, dyahnostyka*. (7). 63–69. [in Ukrainian].
- [14] Vershyn, V. E. (1989). Yntehralnye termodatchyky y termokontrollery. *Prybory y systemy upravleniya*. (4). 41–44. [in Russian].
- [15] Vorobev, E. P. (2000). Mykroskhemy kontroliu temperatury. *Prybory y systemy. Upravlenye, kontrol, dyahnostyka*. (7). 63–69. [in Ukrainian].
- [16] Chto dolzhna umet systema SCADA. URL : <http://www.cta.ru/cms/f/326782.pdf>. [in Russian].
- [17] Enkarnachcho, Zh., Shlekhtendal, E. (1986). Avtomatyzirovannoe proektyrovanye. *Osnovnyye poniatiya i arkhitektura systemy*, (4). 654–658. [in Russian].

### **ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

*Технический прогресс характеризуется непрерывным расширением автоматизации всех сфер деятельности человека, переходом от частичной автоматизации к комплексной, а затем от комплексной автоматизации к полной, которая обеспечивает самую высокую технико-экономическую эффективность.*

*XXI века называют информационным веком, потому что основные успехи технического прогресса сейчас наблюдаются именно во внедрении информационных технологий в различных средств и систем автоматизации. Автоматизация невозможна без контрольно-измерительной техники. Развитие контрольно-измерительных техники для систем автоматизации в большой степени определяется достижениями в совместных областях науки и техники - в микроэлектронике, вычислительной технике, физике твердого тела и др. Именно для разработчиков систем автоматики и контроля различных технологических параметров сейчас образована самая благоприятная среда практической деятельности в виде огромной номенклатуры миниатюрных и надежных датчиков, которые легко сочетаются с вторичной аппаратурой и позволяют передавать измерительную информацию на значительные расстояния в условиях интенсивных промышленных помех.*

*Средства измерения и контроля температуры давно заняли ведущее место в системах автоматизированного управления многими техническими процессами, осложнения которых ведет к необходимости резкого роста количества каналов измерения для получения полной и объективной информации о температурных режимах протекания процессов.*

*В этом отношении компьютеризированная система контроля температуры для аппаратов воздушного охлаждения (АВО) сырого природного газа не отличаются от сложных промышленных систем автоматизации. С учетом того, что газовые трубопроводы являются важной составной частью промышленного комплекса Украины, разработка современной компьютеризированной системы контроля температуры для аппаратов воздушного охлаждения сырого природного газа, является, несомненно, актуальной научной и технической задачей.*

**Ключевые слова:** Автоматизация, микроэлектроника, система контроля, исследования, технологии, газ, температура, расчет, схемы, компьютеризированной системы пидключения, микропроцессорный контроллер, математические уравнения, магистральные газопроводы,

**Рис. 8. Табл. 2. Лит. 17.**

### **RESEARCH NATURAL GAS TEMPERATURE CONTROL SYSTEM**

*Technological progress is characterized by continuous expansion of automation of all sectors of human activity, the transition from partial automation to integrated, and then from integrated automation to complete, which provides the highest technical and economic efficiency.*

*The 21st century is called the information age, because the main successes of technological progress are now observed precisely in the introduction of information technology to various means and systems of automation. Automation is not possible without measuring equipment. The development of control and measurement technology for automation systems is largely determined by advances in compatible fields of*



science and technology - in microelectronics, computing, solid state physics, etc. It is for the developers of automation systems and control of various technological parameters that the most favorable environment of practical activity is now created in the form of a huge nomenclature of miniature and reliable sensors, which are easily combined with secondary equipment and allow to transmit measurement information over long distances in the conditions of intensive industrial interferences.

Temperature measurement and control tools have long been at the forefront of automated control of many technical processes, the complication of which leads to the need for a sharp increase in the number of measurement channels to obtain complete and objective information about the temperature modes of the processes.

In this regard, a computerized temperature control system for crude natural gas air coolers (APOs) is no different than sophisticated industrial automation systems. Given the fact that gas pipelines are an important part of the industrial complex of Ukraine, the development of a modern computerized temperature control system for air coolers for raw natural gas is, without doubt, an urgent scientific and technical task.

**Key words:** automation, microelectronics, control system, research, technology, gas, temperature, calculation, circuits, computerized connection system, microprocessor controller, mathematical equations, backbone gas pipelines,

**Fig. 8. Table. 2. Ref. 17.**

#### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Возняк Олександр Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: [alex.voz1966@gmail.com](mailto:alex.voz1966@gmail.com)).

**Штуць Андрій Анатолійович** – асистент кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, email: [shtuts1989@gmail.com](mailto:shtuts1989@gmail.com)).

**Возняк Александр Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетики, электротехники и электромеханики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: [alex.voz1966@gmail.com](mailto:alex.voz1966@gmail.com)).

**Штуць Андрей Анатольевич** – ассистент кафедры «Электроэнергетики, электротехники и электромеханики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, email: [shtuts1989@gmail.com](mailto:shtuts1989@gmail.com)).

**Oleksandr Wozniak** – candidate of Science (Engineering), Associate Professor of the Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, email: [alex.voz1966@gmail.com](mailto:alex.voz1966@gmail.com)).

**Andrii Shtuts** – Assistant Professor, Department of Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Vinnitsa National Agrarian University (3, Solnechna str., Vinnitsa, 21008, Ukraine, email: [shtuts1989@gmail.com](mailto:shtuts1989@gmail.com)).