

І.В. Нездвєцька

аспірантка

Житомирський національний агроєкологічний університет

С.М. Гречко

Житомирське ВАТ «Електровимірювач»

## **АКТИВІЗАЦІЯ ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ШЛЯХОМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГАЗОГЕНЕРАТОРНИХ БІОПАЛИВНИХ УСТАНОВОК**

*Розглянуті перспективи вдосконалення автотракторних газогенераторних установок шляхом впровадження автоматизації всієї системи. Визначені зони та пристрої системи, роботу яких доцільно автоматизувати чи хоча б оснастити реєструючими приладами. Запропоновано застосувати нові магнітоелектричні реєструючі прилади з метою зменшення температурної похибки шляхом заміни одноконтурної електричної схеми двоконтурною.*

### **Постановка проблеми**

У енергетичній політиці багатьох держав визначною завжди була політика "дешевих енергоносіїв" – використання нафти, природного газу і т.ін. Але, як відомо, запаси подібних енергоносіїв вельми обмежені і перед багатьма країнами стоїть питання пошуку і раціонального використання альтернативних джерел енергії, які зможуть замінити традиційні. Ряд держав підписали Кіотський протокол, у якому зазначено, як пріоритетне завдання – зміна паливного балансу на користь поновлюваних видів

палива і встановлено квоти на використання мінеральних палив, що щорічно скорочуються. У зв'язку з цим енергохімічні та інші альтернативні технології чекає новий підйом. Те ж саме стосується України. Маючи вугілля, ліс, торф і відходи їх переробки, вона використовує як паливо невідновлювальні енергоносії, запаси яких обмежені і ціна на які стрімко росте. Тому на даний час одним із шляхів виходу з енергетичної кризи є перехід на технології, які дозволяють використовувати відновлювальні енергоносії (дрова, «енергетичні рослини», відходи виробництва). Особливо це стосується сільського господарства, де, в цьому плані, спостерігається значний потенціал [1,3,6].

Переважаючими повинні бути технології, які дозволяють використовувати нетрадиційні джерела енергії по-новому і прикладом тому є газифікація твердого палива. Однак, газогенераторні установки, що існують нині, по рівню зручності і ефективності роботи лише наближаються до традиційних бензинових і дизпаливних.

Процес газифікації залежить від характеристик сировини і параметрів роботи газогенератора. Особливо це стосується транспортних газогенераторів. Підвищення експлуатаційних характеристик доцільно досягти за рахунок організованого газового середовища і режимів газоутворення шляхом регулювання ряду параметрів, які можуть впливати на цей процес. Оптимізація керування роботою газогенераторних установок надасть можливість значно покращити якість їх роботи і наблизити зручність використання до рівня традиційних. Для цього необхідні надійний контроль і автоматичне регулювання процесу з використанням реєструючих приладів і систем автоматичного керування.

### **Аналіз останніх досліджень**

Традиційно, для управління процесами роботи газогенератори комплектувались системами, побудованими на основі засобів релейно-контактної автоматики, або не були оснащені автоматикою взагалі. Системи, побудовані подібним чином, не можуть відповідати умовам точності регулювання параметрів, що призводить до зниження якості роботи системи. Виникає необхідність оснащення газогенераторних систем високонадійними і швидкодіючими системами автоматики, в основі яких використовуються системи запалення з електронним керуванням у різних режимах роботи, що покращує обслуговування та сприяє більш повному згоранню генераторного газу. Для постійного контролю за токсичністю вихлопних газів на різних режимах роботи двигуна передбачається встановлення датчика токсичних сполук. Встановлення допалювача токсичних сполук у вихлопній трубі із датчиком та механізмом керування вмісту кисню дозволить значно знизити вихід цих сполук.

Сучасний рівень автоматизації – це така організація керування, при якій практично весь обсяг керуючих функцій у робочому діапазоні

навантажень, у режимах пуску-припинення обладнання, а також в аварійних режимах, виконується автоматично або напівавтоматично (за участю людини). Автоматизація забезпечує високу стійкість технологічних параметрів в усіх режимах роботи обладнання і зводить до мінімуму участь людини у процесі. Наслідком високого рівня автоматизації є принципова зміна характеру роботи людини – взамін звичайних для оператора (особливо в момент пуску-припинення) безпосередніх дій на органи керування, основними функціями є контроль за ходом процесу і координація роботи генератора, а також виконання не пов'язаних з роботою генератора функцій.

Поява на ринку великої кількості мікроконтролерів, які є високонадійними і швидкодіючими засобами автоматизації, дає можливість застосовувати їх і для систем керування газогенераторними установками. Завдяки програмованому керуванню система автоматично відслідковує задані параметри процесів, що протікають, і керує роботою вузлів і механізмів, забезпечуючи нормальне і безаварійне функціонування газогенераторних систем.

### **Об'єкт та методика досліджень**

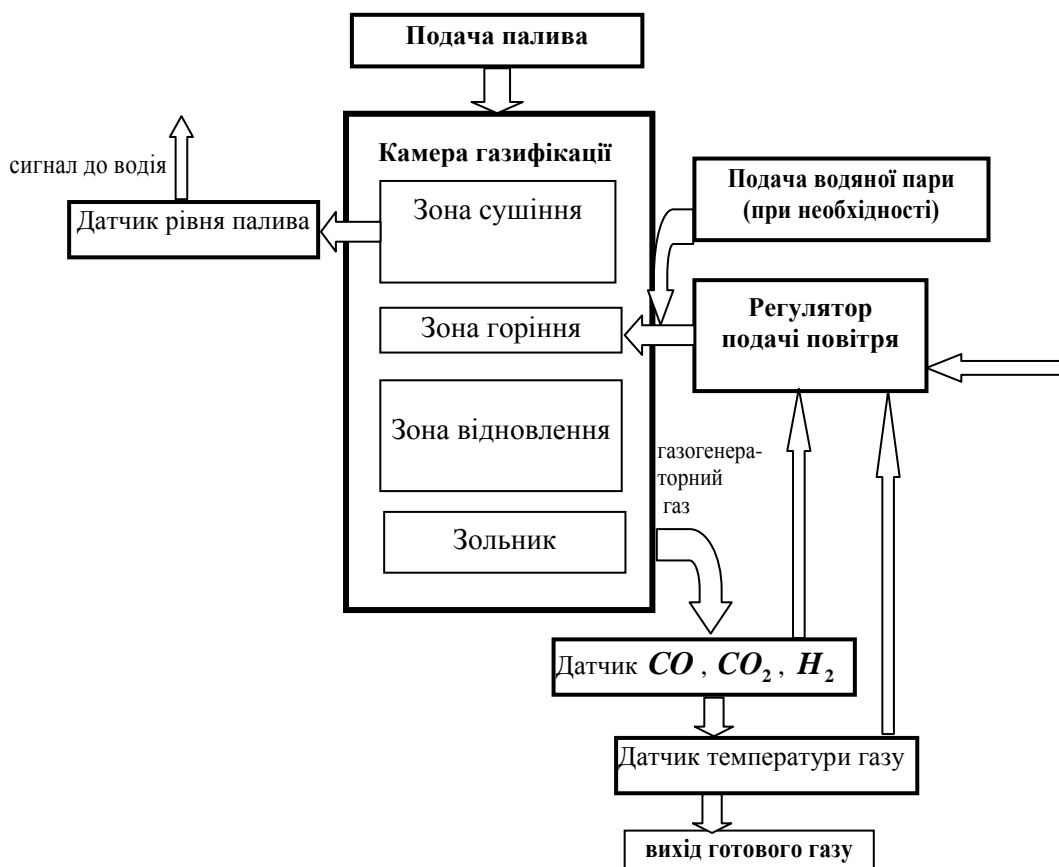
Об'єктом досліджень є газогенераторна установка, яка потребує оптимізації роботи шляхом встановлення в ній автоматизованої системи керування.

У процесі дослідження використовувались теоретичні і експериментальні методи.

### **Результати досліджень**

Система «газогенератор-двигун» – це доволі складна система, якісна робота якої залежить від узгодженої роботи усіх вузлів і чіткого дотримання заданих параметрів. Відмова або відхилення від оптимального одного із параметрів порушує роботу усієї системи в цілому. Спрощена функціональна схема газогенератора з вказівкою параметрів, інформацію про які потрібно знати і, по можливості, регулювати, показана на рис. 1.

При проектуванні автоматизованих систем у газогенераторі, у першу чергу, слід провести його обстеження, визначити тип, вимоги до роботи генератора і усієї паливної системи (якщо газогенератор транспортного типу), виявити параметри, які необхідно контролювати і підтримувати, а також перелік критичних та небезпечних значень. Нормальне протікання процесу роботи системи «газогенератор-двигун» має ряд вимог, невиконання хоча б однієї з яких може викликати аварійну ситуацію або негативно відобразитися на механічних характеристиках самого двигуна.



**Рис.1. Спрощена функціональна схема газогенератора з вказівкою зон, де розміщені засоби автоматизації і реєстрації**

Аналіз показав, що найбільш складним, щодо керування, є режим з динамічною зміною навантаження. Газогенераторні двигуни показують досить непогані результати роботи на рівній трасі – там, де не змінюється динамічне навантаження. Але робота подібного двигуна в змінному режимі навантажень потребує вдосконалення [4,9]. Це пов'язано з тим, що усі теплові установки – інерційні об'єкти, тобто всі процеси теплообміну, протікають з відносно невеликою швидкістю, тому при швидкій зміні навантажень виникають так звані явища перерегулювання (рис. 2). Звичайно, таке регулювання не є якісним. При автоматизації таких об'єктів основною проблемою є зменшення інерційності і перерегулювання. Це можливо через зменшення періоду стабілізації (на рис. 2 – це період  $\tau_1 - \tau_2$ ), або через зменшення амплітуди коливань параметра, що регулюється. У нашому випадку це відповідає зменшенню перевитрати палива і впливає на ходові характеристики автотракторних двигунів.

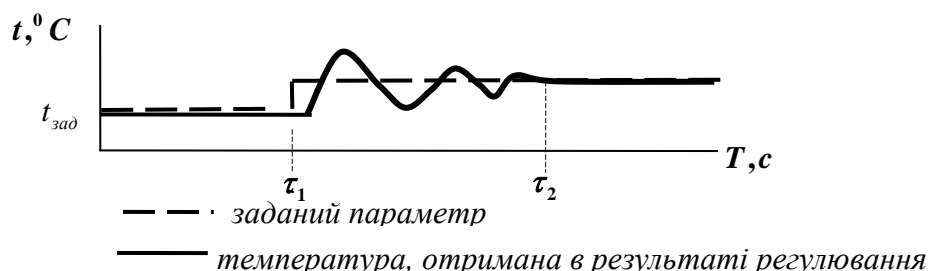


Рис. 2. Характеристика зміни за часом температури об'єкта керування

У такому випадку доцільним є застосування багатоконтурних систем керування (рис. 3), в яких замість безпосереднього контролю заданого параметра можна здійснити контроль відповідно до підібраних допоміжних змінних, які характеризуватимуть стан об'єкта [7].

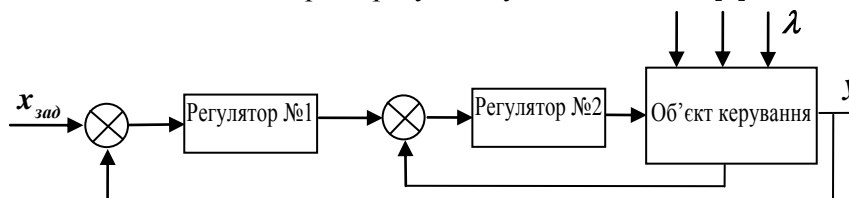


Рис. 3. Двоконтурна система автоматичного керування

Модульний принцип побудови автоматизованих систем є пріоритетним. Він дозволяє укомплектувати систему під конкретну ситуацію і технологічний процес, а також підключати додаткові контури керування і контролювати їх роботу за допомогою установки відповідного модуля – без заміни командного модуля в цілому.

Як було уже зазначено, на робочі характеристики системи впливає ряд чинників. Так, наприклад, ККД системи «газогенератор–двигун» у значній мірі залежить від складу газу, який, у свою чергу, визначається такими параметрами, як температура в різних шарах камери газифікації, подача повітря шляхом дуття, вміст у повітрі  $H_2O$ . На рис. 4 показано, що чим вища інтенсивність горіння, тим кращою буде якість газу, бо при цьому буде збільшуватися температура в активній зоні газогенератора. У результаті підвищення температури врівноважений склад газу зміщується в бік вмісту більшої кількості горючих компонентів  $CO$  і  $H_2$ .

На ефективність роботи газогенератора в значній мірі впливає пароповітряний наддув у середовище інтенсивного горіння. Подача водяної пари, по-перше, забезпечує зміну структури шлаку (шлак стає більш пористим, таким чином зменшується опір проходу повітря крізь шар

шлаку), по-друге – відбувається збагачення газу воднем  $H_2$ , який утворюється при розкладанні  $H_2O$ . Це сприятиме кращому згорянню газів у циліндрах двигуна і зменшенню забруднення атмосфери [9]. Подача у газогенератор пари повинна відбуватися пропорційно кількості палива, яке спалюється в газогенераторі. Відповідно числу обертів і навантаженню двигуна, витрата пари повинна автоматично змінюватися [9].

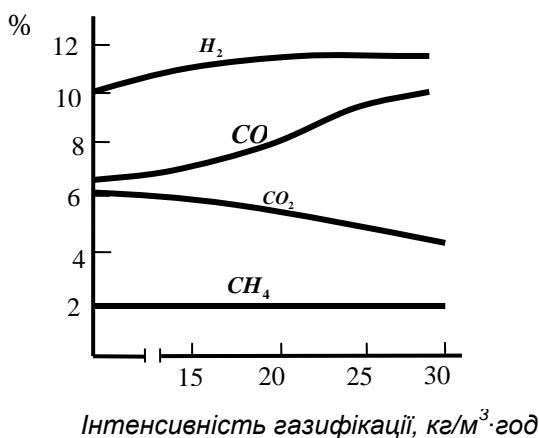


Рис. 4. Залежність складу газу від інтенсивності газифікації

Існують наступні способи автоматичного регулювання подачі водяної пари в камеру газифікації [9]:

- механічний спосіб – коли вода подається у випаровувач насосом, який засобом перепускнуго крану пов'язаний із дросельною заслінкою двигуна;
- термічний спосіб – коли у випаровувачі утримується необхідний рівень води поплавковим пристроєм, а кількість пари змінюється у відповідності до температури нагріву випаровувача (від температури в зоні горіння);
- гідравлічний спосіб – коли витрата води регулюється голкою, яка перекриває перетин жиклера і пов'язаний із мембраною, на яку діє різниця тисків до і після діафрагми, що встановлена в газопроводі «газогенератор–двигун»;
- пневматичний спосіб, при якому вода подається у випаровувач газогенератора разом із повітрям, яке всмоктується через карбюратор.

Недоліком всіх перелічених пристроїв є низька надійність, викликана корозією деталей, працюючих у воді, тому доцільним є переведення системи автоматичної подачі водяної пари до безконтактних методів управління.

Ще одним дуже важливим моментом роботи газогенератора є вплив температури паро-повітряної суміші на потужність двигуна. Експерименти свідчать про те, що найбільш оптимальною є температура паро-повітряної суміші у межах  $150^{\circ}\text{--}170^{\circ}\text{C}$ . При цих значеннях температури забезпечується найбільше підвищення потужності двигуна внутрішнього згоряння. Тому при побудові автоматизованої системи керування газогенераторів транспортного типу до параметрів, які повинні контролюватись обов'язково, потрібно віднести температуру паро-повітряної суміші.

Для надійної і стійкої роботи газогенератора необхідною умовою є підтримка вищезазначених параметрів у заданих діапазонах. Від цього залежить як якість роботи систем і вузлів самого автомобіля, так і синхронна і узгоджена робота водія з машиною (можливість оператора отримувати інформацію про роботу кожного з вузлів окремо).

Наразі існує велика кількість приладів і пристроїв, призначених для індикації і контролю окремих параметрів. Незважаючи на достатню кількість на ринку електронних реєструючих приладів, все ж таки, серед автотракторних приладів сільськогосподарського призначення чільне місце посідають прилади магнітоелектричної системи вимірювання, до яких належать покажчики тиску в маслопневмосистемах і температури охолоджуючої рідини. Кожен з них складається з приймача, датчика і джерела постійного струму. Приймач містить в собі нерухому трисекційну обмотку і термокомпенсаційний резистор, який має відносно малий температурний коефіцієнт опору і тим самим зменшує вплив температури зовнішнього середовища на показання приладів.

Автори пропонують замінити одноконтурні схеми у подібних приладах двоконтурними [5]. Двоконтурна схема дозволяє ліквідувати додатковий опір, який є в одноконтурній схемі. Потреба в додатковому опорі відпала в приладах з двоконтурною електричною схемою, в яких секція(ї) одного з вікон обмотки запаралелена(і) датчиком, а секція(я) другого вікна обмотки – термокомпенсаційним резистором (рис. 5).

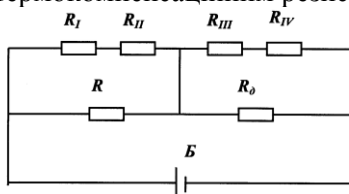


Рис. 5. Універсальна двоконтурна електрична схема заміщення приладів

$R_I$ – $R_{IV}$  – електричний опір секції обмотки,  $R$  – електричний опір термокомпенсаційного резистора,  $R_0$  – електричний опір датчика (у покажчиках рівня тиску датчик реостатного типу, у покажчиках температури – терморезистивного),  $B$  – джерело постійного струму

Належність резистивних елементів схеми до того чи іншого приладу в залежності від призначення та особливості розміщення секцій обмотки на каркасі наведені в таблиці.

Таблиця

Назва приладу	Належність резистивних елементів				Розміщення секцій обмотки на	
	R <sub>I</sub>	R <sub>II</sub>	R <sub>III</sub>	R <sub>IV</sub>	1-е (початкове) вікно обмотки	2-е вікно обмотки
Показчик температури охолоджуючої рідини	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	-	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub> , R <sub>3</sub>
Показчик тиску в маслопневмосистемах	R <sub>1</sub>	-	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>1</sub> , R <sub>3</sub>	R <sub>2</sub>

Секції обмотки з опорами  $R_2, R_3$  у показчику температури і  $R_1, R_3$  у показчику тиску містяться в одному вікні обмотки і протилежно намотані, секції обмотки  $R_1$  в показчику температури,  $R_2$  у показчиках тиску зміщені у просторі на  $90^\circ$  відносно двох перших.

Кут відхилення стрілки приладу визначається за формулою:

$$\alpha = \arctg \frac{H_3 - H_1}{H_2}, \quad (1)$$

де  $H_1, H_2, H_3$  – напруженість магнітних полів, утворених обмотками  $W_1, W_2, W_3$  із опорами  $R_1, R_2, R_3$  відповідно.

Позначивши струм у секції  $W_1$  через  $I_1$ , струм у секціях  $W_2, W_3$  –  $I_2$  і врахувавши, що напруженість магнітного поля пропорційна ампер-виткам, тобто в загальному вигляді  $H = \kappa IW$ , формула (1) матиме вигляд:

$$\alpha = \arctg \left( \frac{W_3}{W_2} - \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{I_1}{I_2} \right). \quad (2)$$

Беручи до уваги, що відношення струмів гілок контурів обернено пропорційне їх опорам (коли струми у датчику  $I_d$  і термокомпенсаційному резисторі  $I_R$  можна представити як  $I_d = I_3 R_3 / R_0$ ,  $I_R = I_2 (R_1 + R_2) / R$ ) і врахувавши, що сума струмів гілок кожного з контурів однакова (справедлива рівність  $I_3 + I_d = I_2 + I_R$ ), виразимо відношення струмів  $I_1 / I_2$  через відношення відповідних опорів і підставимо у формулу (2). Для показчика тиску маслопневмосистеми формула матиме вигляд:



$$\alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{W_3}{W_2} - \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{1 + \frac{R_2 + R_3}{R_d}}{1 + \frac{R_1}{R}} \right) \quad (3)$$

а для показчика температури охолоджуючої рідини формула матиме такий вигляд:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{W_3}{W_1} \cdot \frac{1 + \frac{R_1 + R_2}{R}}{1 + \frac{R_3}{R_d}} - \frac{W_2}{W_1} \right) \quad (4)$$

Формули (3),(4) свідчать, що покази приладів залежать не тільки від моткових даних обмотки, а і від електричного опору елементів схеми. Якщо датчики реостатного типу і термокомпенсаційні резистори практично не змінюють електричного опору від коливань температури  $t$  зовнішнього середовища, бо вони виготовлені з термостабільних матеріалів, то мідний тепловолостійкий дріт, з якого намотуються секції обмотки, має досить великий температурний коефіцієнт ( $K_t=0,04$  на  $10^\circ\text{C}$ ). З урахуванням того, що зміною електричного опору датчиків реостатного типу і термокомпенсаційних резисторів від зміни температури можна знехтувати і що при зміні температури зовнішнього середовища електричний опір  $R_1, R_2, R_3$  кожної з секцій обмотки змінюється відповідно до залежності:

$$R_t = R(1 + K_t \cdot t) , \quad (5)$$

формули (3),(4) матимуть вигляд:

$$\alpha_t = \operatorname{arctg} \left( \frac{W_3}{W_2} - \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{1 + (R_2 + R_3)(1 + K_t \cdot t) / R_d}{1 + R_1(1 + K_t \cdot t) / R} \right) , \quad (6)$$

$$\alpha_t = \operatorname{arctg} \left( \frac{W_3}{W_2} \cdot \frac{1 + (R_1 + R_2)(1 + K_t \cdot t) / R}{1 + R_3(1 + K_t \cdot t) / R_d} - \frac{W_2}{W_1} \right) . \quad (7)$$

Вплив температури зовнішнього середовища на відхилення рухомої системи  $\alpha_t$  мінімальним, якщо похідні від виразів (6),(7) прирівняти до нуля. Для формули (6) ця умова буде матиме вигляд:

$$\frac{\partial \alpha_t}{\partial t} = \frac{1}{1 + \left[ \frac{W_3}{W_2} - \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{1 + (R_2 + R_3)(1 + K_t \cdot t) / R_d}{1 + R_1(1 + K_t \cdot t) / R} \right]^2} \cdot \left( -\frac{W_1}{W_2} \right) \times$$

$$\times \frac{K_t \cdot 1 + (1 + K_t \cdot t) R_1 / R \cdot (R_2 + R_3) / R_d - K_t \cdot 1 + (1 + K_t \cdot t)(R_2 + R_3) / R_d \cdot R_1 / R}{1 + (1 + K_t \cdot t) R_1 / R^2} = 0,$$

для формули (7):

$$\frac{\partial \alpha_t}{\partial t} = \frac{W_3 / W_1}{1 + \left[ \frac{W_3}{W_1} \cdot \frac{1 + (R_1 + R_2)(1 + K_t \cdot t) / R}{1 + R_3(1 + K_t \cdot t) / R_d} - \frac{W_2}{W_1} \right]^2} \times$$

$$\times \frac{K_t \cdot 1 + R_3(1 + K_t \cdot t) R_1 / R_d \cdot (R_1 + R_2) / R - K_t \cdot 1 + (1 + K_t \cdot t)(R_1 + R_2) / R \cdot R_3 / R_d}{1 + (1 + K_t \cdot t) R_3 / R_d^2} = 0.$$

Прирівняти до нуля можна тільки чисельники другого множника, бо решта складових не можуть бути рівними нулю. Після відповідних перетворень одержимо рівності, при дотримуванні яких досягається мінімальний вплив температури оточуючого середовища на покази приладів; для показчика тиску в маслопневмосистемах:

$$R_1 R_d = (R_2 + R_3) R, \quad (8)$$

для показчика температури охолоджуючої рідини:

$$R_3 \cdot R = (R_1 + R_2) \cdot R_d. \quad (9)$$

Повністю усунути температурну похибку у всьому діапазоні вимірювання у межах розхилу шкали неможливо, бо опір датчиків – величина змінна. Проте шляхом підбору опорів  $R$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  можна звести до мінімуму температурну похибку, а на найбільш важливих ділянках шкали – взагалі ліквідувати.

Пошук оптимальних співвідношень резистивних параметрів пов'язаний зі зміною електричних опорів секцій обмотки  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , а отже, зі зміною моткових даних обмотки  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  і характеру шкали приладів.

Аналіз показав, що оснащення газогенераторів надійними системами автоматичного (автоматизованого) керування – це значний крок уперед по впровадженню даних установок у виробництво. Застосування вищезазначених методів наблизить зручність використання газогенераторних двигунів до традиційних бензинових і надасть можливість використовувати їх у господарській діяльності із значним зменшенням витрат на паливо-мастильні матеріали.

## Висновки

1. Використання газогенераторних установок, особливо в сільській місцевості, дає можливість вирішення економічних і екологічних проблем в Україні.

2. Покращення експлуатаційних властивостей газогенераторного автомобіля досягається використанням засобів автоматизації з максимальним охопленням всієї системи.

3. Впровадження в систему автоматизованого керування газогенераторною установкою безконтактних пристроїв сприятиме підвищенню надійності таких систем.

4. Вираз електричних опорів секцій обмоток через їх моткові дані забезпечує можливість прискореного визначення оптимального співвідношення резистивних параметрів електричної схеми для зведення до мінімуму впливу температури на показати приладів з одночасним здійсненням контролю за зміною характеру шкали від зміни моткових даних.

**Подальші дослідження** слід зосередити на створенні системи автоматизованого управління газогенераторною установкою транспортного типу з максимальним використанням надійних реєструючих і управляючих елементів і пристроїв.

### Література

1. *Бойлс Д.* Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки /Д.Бойлс; под ред. Е.А.Бирюковой; пер. с англ. М.Ф.Пушкарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 152 с.
2. *Лось Л.В.* Априорна оптимізація вибору параметрів магнітоелектричних автотракторних приладів /Л.В.Лось, А.В.Куницький //Вісник ДАУ. – 2004. – №2. – С.21–29.
3. *Лось Л.В.* Проблема енергоносіїв та її вирішення в сільському господарстві України біоенергетичними газогенераторами /Л.В.Лось, Н.М. Цивенкова //Вісник ДАУ. – 2004. – №2. – С. 3–21.
4. *Павловский Н.П.* Автомобильно-тракторные газогенераторные установки /Н.П.Павловский, С.Ф.Орлов. – М.: Гостехиздат, 1939. – 384 с.
5. *Попов В.А.* Автотракторные приборы /В.А.Попов.– М.: Машиностроение, 1960. – 260 с.
6. Про схвалення енергетичної стратегії України до 2030 року: розпорядження КМУ від 15.03.06 №145-р. [Електронний ресурс]. – режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua>.
7. *Ротач В.Я.* Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами /В.Я.Ротач. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.
8. Теория топочных процессов /под ред. Г.Ф.Кнорре, И.И.Палеева. – М.; Л.: Энергия, 1966. – 491 с.
9. *Токарев Г.Т.* Газогенераторные автомобили /Г.Т.Токарев. – М.: ГНТИМЛ, 1955. – 210 с.
10. Downdraft Gasification [Електронний ресурс]. – режим доступу: <http://www.inetlink.ca/a31ford/cgcmb/old-default.htm>.