

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ  
МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ  
*Таврійський державний агротехнологічний університет*  
*Науково-дослідний інститут механізації землеробства півдня України*  
*Рада молодих учених та студентів*



*Імус*

## Матеріали

*II Всеукраїнської науково-технічної  
Інтернет-конференції студентів та магістрантів  
за підсумками наукових досліджень 2014 року  
«ПРОБЛЕМИ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ АПК»*

### Випуск II



УДК 631  
М34

Матеріали II Всеукраїнської науково-технічної  
Інтернет-конференції студентів та магістрантів  
за підсумками наукових досліджень 2014 року  
«ПРОБЛЕМИ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ АПК»

Мелітополь: ТДАТУ, 2015. - Випуск II. - 312 с.

До збірки ввійшли матеріали учасників науково-технічної Інтернет-конференції студентів та магістрантів за підсумками наукових досліджень 2014 року.

Представлені результати досліджень у галузі механізації АПК, енергетики, електропостачання, електротехнології, автоматизації сільськогосподарського виробництва, електромеханізації та переробки продукції сільського господарства.

Збірник призначений для викладачів, аспірантів, магістрантів, студентів, фахівців, які працюють за даним напрямом.

**ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:**

1. *Надикто Володимир Трохимович* – чл.-кор. НААНУ, д.т.н., професор, директор НДІ механізації землеробства півдня України (проректор з наукової роботи ТДАТУ);
2. *Куценко Юрій Миколайович* – д.т.н., професор (керівник відділу електрифікації та автоматизації АПК, декан Енергетичного факультету, завідувач кафедри автоматизованого електроприводу, ТДАТУ);
3. *Діордієв Володимир Трифонович* – д.т.н., професор (завідувач кафедри автотмаизації сільськогосподарського виробництва, ТДАТУ);
4. *Дідур Володимир Аксентійович* – д.т.н., професор (завідувач кафедри гідраліки і теплотехніки, ТДАТУ);
5. *Овчаров Володимир Васильович* – д.т.н., професор (завідувач кафедри теоретичної і загальної електротехніки, ТДАТУ);
6. *Федюшко Юрій Михайлович* – д.т.н., професор (завідувач кафедри електрифікованих технологій АПК, ТДАТУ)
7. *Назаренко Ігор Петрович* – к.т.н., доцент (завідувач кафедри електропостачання сільського господарства, ТДАТУ).
8. *Кашкаръов Антон Олександрович* – к.т.н. (голова Ради молодих учених та студентів ТДАТУ, кафедра автоматизації сільськогосподарського виробництва).

**РОБОЧА ГРУПА:**

- Кашкаръов А.О.* - голова Ради молодих учених та студентів ТДАТУ, кафедра автоматизації сільськогосподарського виробництва;
- Ігнатъев Є.І.* - кафедра машиновикористання в землеробстві.

Матеріали розміщено на сайтах

<http://rmus.tsatu.edu.ua/> ⇒ Офіційна сторінка Ради молодих учених та студентів ТДАТУ

<http://nauka.tsatu.edu.ua/> ⇒ сторінка наукової роботи ТДАТУ

Адреса редакції:

ТДАТУ, Рада молодих учених та студентів  
Просп. Б. Хмельницького 18,  
м. Мелітополь, Запорізька обл.,  
72312 Україна

# **Секція 1**

## **Процеси, машини та обладнання в АПК**

УДК 631.316.022

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСЕРВУЮЧОЇ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

**Рябов В.О., магістрант**

*Науковий керівник*

**Кувачов В.П., к.т.н., доцент**

**kuvachoff@mail.ru**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**e-mail:**

*В роботі обґрунтована схема долотоподібного робочого органа з розімкнутим кільцевим елементом для основного обробітку ґрунту в консервуючій системі.*

**Постановка проблеми.** Досвід розвинутих країн показує, що впровадження інноваційних технологій у сільське господарство є запорукою вискоєфективного та прибуткового виробничого процесу. Розвиток вітчизняної галузі рослинництва йде шляхом залучення до господарського обігу нових видів рослин, техніки, технології, економії праці та витрат на енергоносії, що підвищує її якість та конкурентоспроможність на світовому ринку.

**Аналіз останніх досліджень.** Активізація інноваційних процесів у сучасному сільськогосподарському виробництві породила значну кількість дискусій серед науковців та керівників підприємств з приводу переходу від інтенсивних до екстенсивних методів обробітку ґрунту. Вектор наукового прогресу сьогодні направлений на зменшення механічного впливу на ґрунт. Сьогодні відрізняють такі різновиди систем обробітку ґрунту: традиційна, мульчуюча, консервуюча та мінімальна [1].

В світі спостерігається тенденція розширення області застосування консервуючих технологій обробітку ґрунту та посіву. Суттєві ознаки консервувальної системи обробітку ґрунту (рис.1): відмова від плугу; залишки органічних решток попередніх або проміжних культур на поверхні поля; зниження інтенсивності основного обробітку ґрунту залежно від глибини і типу механічного втручання; по можливості покриття ґрунту протягом всього року; відновлення структури ґрунту.



### **КОНСЕРВУЮЧА СИСТЕМА ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА БАЗІ ГЛИБОКОГО РОЗПУШУВАННЯ**

- мульчування ґрунту подрібненими рослинними рештками;
- розпушування верхнього шару з перемішуванням рослинних решток та безполицевим основним обробітком на глибину 20-35 см;
- збереження до 50 % рослинних решток на поверхні ґрунту;
  - повне підрізання бур'янів;
- загортання насіння на задану глибину за умов сівби із значною кількістю рослинних решток на поверхні ґрунту;
- можливе додаткове накопичення продуктивної вологи в метровому шарі.

Рисунок 1 - Характерні ознаки та агровимоги до консервуючої системи обробітку ґрунту

Ефективність технологічної операції обумовлена наступним (рис. 2):

- безполицевий основним обробіток з розпушуванням переуцільненого нижнього кореневмісного шару;
- збереження рослинних решток на поверхні ґрунту для захисту ґрунту від вітрової і водної ерозії;
- можливе додаткове накопичення продуктивної вологи в метровому шарі.

З позиції ідеалізації механічної системи для поживного консервуючого обробітку ґрунту, знаряддя повинне мати чотири характерні функціональні ознаки в робочих органах (рис. 3).

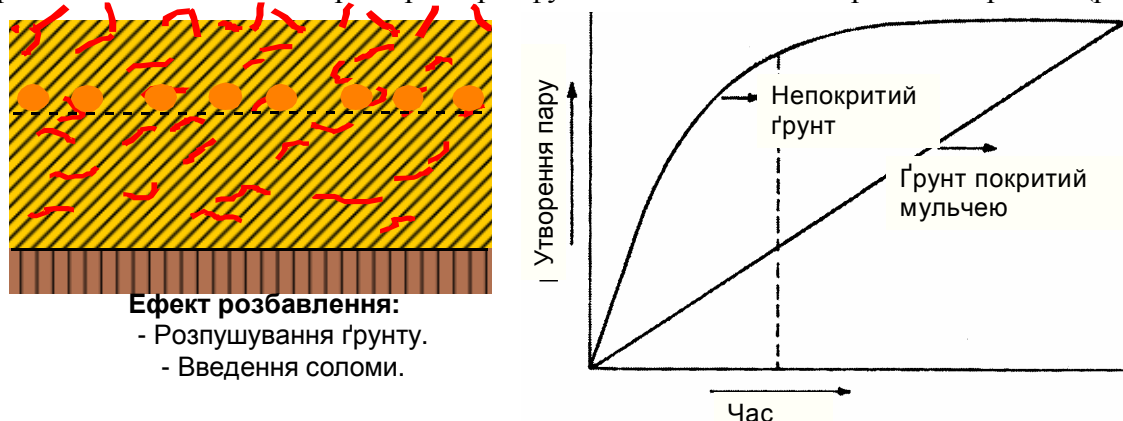


Рисунок 2 – Схема формування консервуючого шару (а) та залежність інтенсивності випаровування вологі із ґрунту (%) в часі (б)

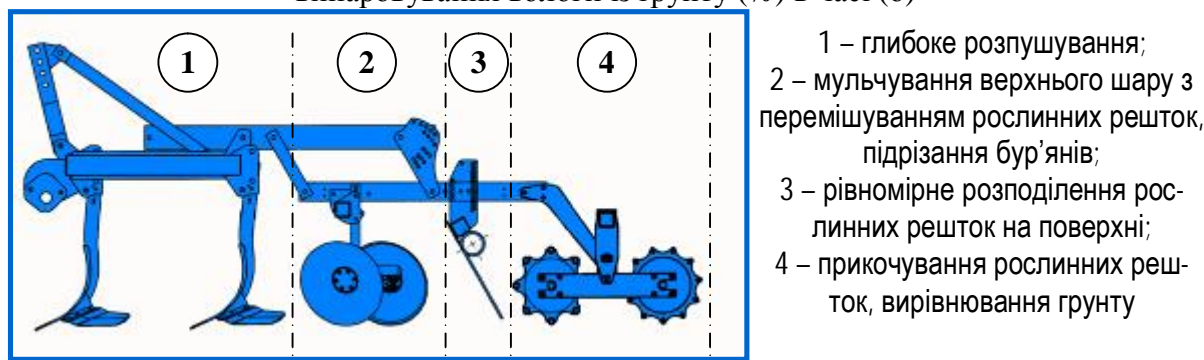


Рисунок 3 - Ідеалізації засобів механізації для основного обробітку в консервуючій системі

Сьогодні відома величезна кількість безполицевих робочих органів різної конструкції для глибокого розпушування ґрунту.

ґрунтообробні знаряддя з робочими органами чизельного типу широко використовуються в різних кліматичних умовах, у тому числі для сухого і зрошуваного землеробства півдня України. Чизелювання ріллі ефективніше традиційної лемешно-полицевої оранки. Основна перевага чизелювання ґрунту полягає в економії енергоресурсів при її обробітку, часткове запобігання водної та вітрової ерозії на еродованих і похилих землях, поліпшення реологічних властивостей ґрунту, підвищення родючості.

**Мета статті.** Метою досліджень є підвищення ефективності глибокого розпушування ґрунту при основному обробітку в консервуючій системі, шляхом використання робочого органу, який забезпечить пошарове безполицеве розпушування з одночасною мілкою і глибокою обробкою, що створює мульчуючий шар з рослинних залишків на поверхні поля.

**Основні матеріали дослідження.** Запропонований робочий орган (рис. 4) містить у собі стійку, із установленим на ній долотом. У передній частині стійки встановлений напрямник, під кутом щодо горизонтальної площини, на якому змонтований розімкнутий кільцевий елемент, що забезпечує необхідне кришення шару.

Застосування вказаного робочого органу з розімкнутим кільцевим елементом дозволить поліпшити безполицеву обробку ґрунту безпосередньо в зоні рослинних залишків, здійсненням пошарової дрібної (до 16 см) обробки у вище зазначеній зоні і глибокому розпушуванні долотом (25 - 35 см). Пошарове розпушування забезпечує різні по щільності і структурному складу шари ґрунту, що дозволяє волозі в посушливих умовах накопичуватися усередині шару і переміщатися під впливом термодифузійних процесів в зону залягання кореневої системи рослин.

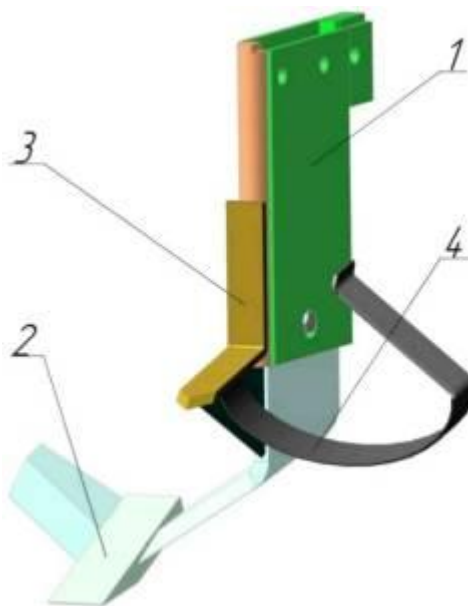


Рисунок 4 – Схема робочого органу для глибокого розпушування ґрунту при основному обробітку в консервуючій системі: 1 - стійка; 2 - долото; 3 - напрямник; 4 – розімкнутий кільцевий елемент

При розпушуванні ґрунту пропонованим робочим органом за рахунок малої товщини кожного оброблюваного шару, тріщини усередині шару спостерігаються як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках, що дозволяє одержати необхідну якість кришення.

Принцип роботи агрегату в складі вказаного робочого органу полягає в наступному: при русі знаряддя на заданій глибині долото, яке установлене на стійці, робить розколювання і глибоке розпушування ґрунтового шару на 25 – 35 см. Направник, що установлений у передній частині стійки, робить сколювання ґрунту завдяки куту заточення леза, що дозволяє уникати, так званої, «мертвої зони», безпосередньо в передній частині стійки. Розімкнутий кільцевий елемент, змонтований на напрямнику, здійснює мілку обробку верхніх шарів ґрунту, з одночасним підрізанням рослинних залишків. Діапазон мілкої обробки ґрунту заданий параметрами розімкнутого кільцевого елемента, виконаного у формі напівеліпсу. Підрізання рослинних залишків здійснюється за рахунок двостороннього заточення робочої крайки напівеліпсу, як із зовнішньої так і із внутрішньої сторони. Кут заточення для зовнішньої робочої частини становить  $20^{\circ}$  -  $25^{\circ}$ ; для внутрішньої робочої частини становить  $30^{\circ}$ -  $35^{\circ}$ .

З погляду фізичної математики, еліпс є найкращою кривою, що володіє властивістю мінімуму. Відома властивість еліпса про сходимість променів після відбиття з одного фокуса в інший, за аналогією, можна застосувати до обробки ґрунту [2]. Так, потік ґрунту при русі агрегату, відштовхуючись при зіткненні об поверхню робочого органу, переміщується з одного фокуса еліпса в інший. При цьому спостерігається додаткове кришення і, деяка, сепарація шарів з винесенням на поверхню більш міцних макроагрегатів ґрунту і просипанням у щілині між ними ерозійно-небезпечних часток, які залишаються усередині шару.

**Висновок.** Використання долотоподібного робочого органу з розімкнутим кільцевим елементом при основному обробітку ґрунту в консервуючій системі дозволить забезпечити пошарове безполицеве розпушування з одночасною мілкою і глибокою обробкою ґрунту, що створює мульчуючий шар з рослинних залишків на поверхні поля.

#### Список використаних джерел.

1. *Кравчук В.* Новітні техніко-технологічні рішення для різних систем обробітку ґрунту і сівби при вирощуванні зернових культур / Кравчук В., Погорілий В., Шустік Л. // *Техніка і технології АПК.* – 2010. – №7(10).–С. 9-14.
2. *Пархоменко Г.Г.* Снижение тягового сопротивления глубокорыхлителей / Г.Г. Пархоменко, В.А. Максименко, В.Н. Щиров // *Сельский механизатор.* – 2010. - №28, - С.10 – 11.



УДК 631.3.03

## УДОСКОНАЛЕННЯ МУЛЬЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Данченко О.А., магістрант,  
Науковий керівник

Кувачов В.П., к.т.н., доцент  
Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: kuvachoff@mail.ru

*В роботі, з позиції ідеалізації та мінімізації енерговитрат, проведений аналіз засобів механізації для поживного мульчування ґрунту.*

**Постановка проблеми.** Удосконалення обробітку ґрунту є важливою рушійною силою в підвищенні ефективності землеробства. Ситуація, що склалася в країні, спонукає аграріїв до впровадження мінімального обробітку ґрунту, який забезпечує зниження енергетичних затрат шляхом зменшення кількості і глибини обробітку, поєднання кількох операцій в одному робочому процесі.

**Аналіз останніх досліджень.** Одним із різновидів мінімального обробітку ґрунту є мульчуюча система на базі м'якого розпушування (рис. 1).



### МУЛЬЧУЮЧА СИСТЕМА ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА БАЗІ М'ЯКОГО РОЗПУШУВАННЯ

- мульчування ґрунту подрібненими рослинними рештками;
- розпушування з перемішуванням рослинних решток верхнього шару ґрунту на глибину до 10 см;
- збереження не менше 30 % рослинних решток на поверхні ґрунту;
  - повне підрізання бур'янів;
  - загортання насіння на задану глибину за умов сівби із незначною кількістю рослинних решток на поверхні ґрунту;
- можливе додаткове збереження продуктивної вологи в кореневмісному шарі ґрунту.

Рисунок 1 – Характерні ознаки та агроформи до мульчуючої системи обробітку ґрунту

Оскільки на поверхні поля за вказаною системою обробітку передбачається залишати 30% стерні, а інші 70% заробляти в ґрунт на глибину посіву, то такий мульчувальний шар буде перешкоджати випаровуванню вологи (рис. 2). В результаті чого створюються сприятливі умови для проростання насіння сільськогосподарських культур.



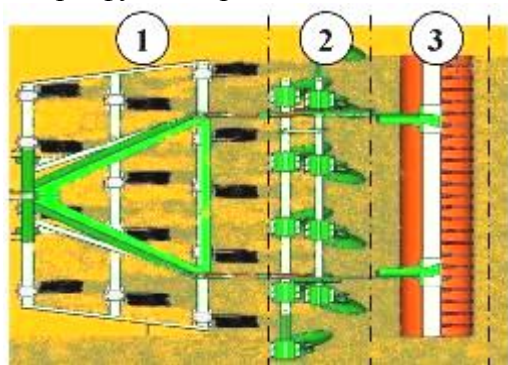
Рисунок 2 – Схема формування мульчувального шару для мульчуючої сівби с.-г. культур (а) та залежність інтенсивності випаровування вологи із ґрунту (%) в залежності від висоти покриття її мульчею (б)

Ефективність технологічної операції мілкого розпушування ґрунту в мульчуючій системі полягає в наступному:

- розпушування з перемішуванням рослинних решток верхнього шару ґрунту;
- збереження рослинних решток на поверхні ґрунту для захисту ґрунту від вітрової і водної ерозії;

- можливе додаткове збереження продуктивної вологи в кореневмісному шарі ґрунту.

Для забезпечення ефективного використання представлені системи обробки ґрунту необхідно визначитися із засобами механізації. Нами встановлено, що для забезпечення вказаних агрономів в ідеальному випадку робочі органи сільськогосподарської машини повинні виконувати три функції (рис. 3):



- 1 – суцільне підрізання, розпушування та інтенсивне перемішування рослинних решток та бур'янів у верхньому шарі;
- 2 – вирівнювання і повторне перемішування ґрунту з рослинними рештками;
- 3 – вирівнювання та прикочування рослинних решток на поверхні

Рисунок 3 - Ідеалізації засобів механізації для пожнивного мульчування ґрунту

Вітчизняні та закордонні сільгоспвиробники пропонують комбіновані машини-знаряддя для пожнивного мульчування ґрунту в системі мінімального обробітку. Переважна більшість робочих органів таких машин – це стрічаті лапи або дискові. Комбінація робочих органів в одній с.-г машині викликає великі енерговитрати при роботі. До того ж, дискові робочі органи, сприяють погіршенню агротехнічних властивостей ґрунту, інтенсивному проявленню вітрової ерозії, що ставить під загрозу ґрунтозахисну систему землеробства і т.п.

**Мета статті.** Метою досліджень є зменшення енергоємності пожнивного мульчування ґрунту шляхом використання фрезерних робочих органів із змінним кутом різання ножів в залежності від різних режимів роботи.

**Основні матеріали дослідження.** Нами пропонується для пожнивного мульчування ґрунту використовувати знаряддя із фрезерними робочими органами, які забезпечать агрономів до мульчуючої системи обробки ґрунту із значно меншою енергоємністю процесу, в порівнянні із традиційними комбінованими машинами.

Сьогодні фрези з обертовими робочими елементами застосовують для інтенсивного кришення ґрунту, знищення бур'янів, подрібнювання рослинних решток, перемішування шарів ґрунту, закладення добрив і вирівнювання оброблюваної поверхні, екскавації ґрунту та інших цілей.

В табл. 1 представлені конкретні конструкції фрезерних машин, як використовуваних сьогодні в практиці, так і перспективні. Наприклад, другий рядок в таблиці займає фреза з постійним кутом різання, що випускається серійно і добре зарекомендувала себе при обробці обмежених ділянок ґрунту.

Для забезпечення постійного кута різання науковцями пропонується важільний пристрій (№3, табл. 1). У ньому, при обертанні фрез барабана, стійка ножа, виконана у вигляді коромисла, на одному кінці якого встановлений ролик, а на іншому - ніж. Ролик, обкатуючись по поверхні ексцентрика, змушує повертатися коромисло, змінюючи при цьому кут різання ножа. Але конструкція таких фрезерних барабанів виявилася значно складніше звичайного, що перешкоджає їхньому практичному використанню.

З метою зменшення енергоємності процесу іншими науковцями пропонується конструкції фрез із змінним кутом атаки ножів (№4, табл. 1). Вказана конструкція складається із трьох фрез барабанів, на яких установлені ножі по гвинтовій лінії з рівним кроком. Кожний

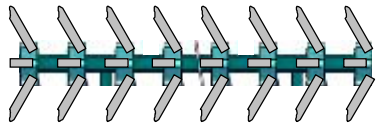

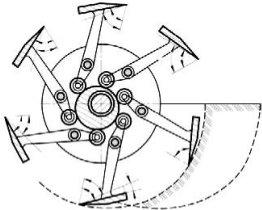
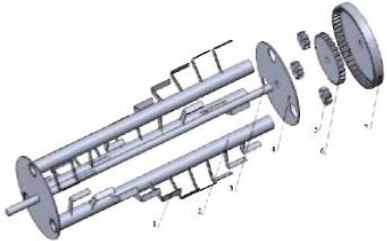
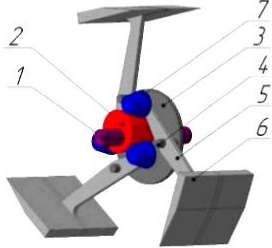


ніж має індивідуальну довжину та кут установки ріжучої кромки. Для спрощення конструкції, можливо, використати фрези зі спіралевидним ножем. Недоліком такої фрези є складність конструкції, більша металоємність, складність виготовлення і як наслідок - малий ресурс, крім того, вона має свої переваги тільки при одному режимі роботи.

Для усунення недоліків вказаної фрези запропонована її удосконалена конструкція зі змінним кутом різання ножів при різних режимах роботи (№5, табл. 1), що зберігає постійним кут різання не залежно від поступальної швидкості знаряддя. Це досягається за рахунок конічного роликів, який при зміні режимів роботи переміщує конічний ексцентрик у бік збільшення або зменшення діаметра, забезпечуючи тим самим необхідний кут різання.

Основними перевагами такої конструкції є: зменшення потужності на фрезерування ґрунту за рахунок зменшення тертя ґрунту об ніж; збільшення продуктивності за рахунок підвищення поступальної швидкості фрези і відсутності тертя об потиличну частину ножа (застосування для начіпних фрез); підвищення курсової стійкості фрези; зменшення висоти гребенів; збереження постійного кута різання не залежно від поступальної швидкості фрези.

Таблиця 1 – Моделі ґрунтообробних фрез для поживного мульчування ґрунту

№	Найменування	Конструкція знаряддя	Переваги та недоліки
1	Самопривідні роторні робочі органи споряджені плоскими ножами, встановленими по колу в площині, яка проходить через їх ось обертання		Переваги: - зменшення питомого опору робочих органів за рахунок використання ефекту різання з ковзанням. Недоліки: - однорежимність роботи.
2	Фреза із жорстко встановленим ножем		Переваги: - простота конструкції; - надійність; - не висока вартість. Недоліки: - висока енергоємність.
3	Фреза з постійним кутом різання		Переваги: - низька енергоємність. Недоліки: - складність конструкції; - однорежимність роботи.
4	Фреза планетарна із змінним кутом атаки ножів		Переваги: - низька енергоємність; - велика ступінь кришення ґрунту. Недоліки: - складність конструкції; - однорежимність роботи.
5	Фреза багаторежимна з постійним кутом різання		Переваги: - можливість забезпечення заданого кута різання при різних режимах роботи; - низька енергоємність. Недоліки: - складність конструкції.

**Висновок.** Використання багаторежимних ґрунтообробних знарядь із ротаційними робочими органами, які мають постійний кут різання їх ножів, дозволить скоротити енергетичні витрати на процес поживного мульчування ґрунту та забезпечить необхідну якість розпушування ґрунту.

УДК 361.31

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО АДАПТЕРА ДЛЯ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

**Зінченко М.В.**, магістрант,

*Науковий керівник*

**Кувачов В.П.**, к.т.н., доцент

**e-mail: kuvachoff@mail.ru**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*В роботі обґрунтована конструктивно-технологічна схема вертикально-фрезерного адаптера та його основні параметри для Strip-till технології обробітку ґрунту.*

**Постановка проблеми.** Одним з різновидів мінімальної обробки ґрунту при вирощуванні с.-г. культур є спосіб прямого посіву, що дозволяє досягти зниження енерговитрат при підготовці ґрунту і посіву просапних культур, локальної підготовки ґрунту стрічково-смуговим способом на глибину посіву без обробки міжряддя. Така обробка називається стрічково-смуговою (Strip-till), яка відноситься до консервуючої системи обробки ґрунту. Особливість її полягає в обробці ґрунту смугами, між якими ґрунт залишається недоторканим, і природна структура залишається неушкодженою, як при прямому посіві.

Концептуально конструкція машин для Strip-till складається з безлічі секційних елементів на кожний оброблюваний ряд, які, у свою чергу, залежно від умов застосування, скомплектовані з різних складових. Останні, як правило, націлені на виконання п'яти функціональних завдань: розрізування ґрунту; очищення рядка; розпушування; заглиблення в ґрунт; подрібнення. Ефективне застосування технології стрічково-смугової обробітку ґрунту (Strip-till) при значному зниженні енерговитрат можливо за умови раціонального використання робочих органів, що залежить від безлічі факторів (попередника, структури ґрунту, вологості, вирощуваної культури тощо).

За результатами аналізу відомих знарядь для передпосівного обробітку ґрунту встановлено, що активні робочі органи з вертикальною віссю обертання забезпечують якісне фрезування ґрунту та дозволяє йому довше зберігати оптимальну структуру. При цьому, виконується подрібнення рослинних решток та їх рівномірне розміщення у кореневмісному шарі ґрунту, що позитивно впливає на режим живлення культурних рослин. Але питання, щодо використання активних робочих органів з вертикальною віссю обертання в Strip-till технології обробітку ґрунту, вивчено недостатньо. Таким чином, перспективними та актуальними є дослідження, щодо вдосконалення конструкції вертикально-фрезерного адаптера для Strip-till технології обробітку ґрунту.

**Аналіз останніх досліджень.** Вивчення процесу взаємодії робочих органів із ґрунтом лежить в основі землеробської механіки, основоположником якої є В.П. Горячкін. Вчений відмічає перспективність застосування ротаційних робочих органів для обробки ґрунту. Теоретичні обґрунтування щодо проектування ротаційних робочих органів розробили Г. Н. Синєков, Ф. М. Канарьов, Ю. І. Матяшин, І. М. Панов. Механіко-технологічні основи обробки ґрунту заклали А. С. Кушнарєв, продовжили В. І. Ветохін, В.П. Ковбаса.

За результатами аналізу відомих знарядь для передпосівного обробітку ґрунту, встановлено що активні робочі органи з вертикальною віссю обертання забезпечують якісне фрезування ґрунту, що дозволяє йому довше зберігати оптимальну структуру. При цьому, виконується подрібнення рослинних решток та їх рівномірне розміщення у кореневмісному шарі ґрунту, що позитивно впливає на режим живлення культурних рослин.

Схема технологічного процесу роботи ґрунтообробних робочих органів з вертикальною віссю обертання представлена на рис. 1 а. В якості прототипу запропонованого знаряддя обрано вертикально-фрезерний культиватор Amazone моделі Kreisel Grubber 301 (рис. 2 б).

Таким чином, перспективним є дослідження роботи та вдосконалення конструкції вертикально-фрезерного адаптера для передпосівного обробітку ґрунту за ресурсозберігаючою технологією.

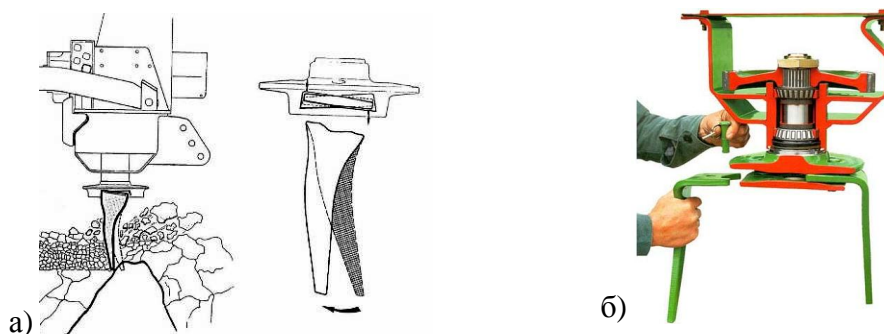


Рисунок 1 - Принципова схема роботи ґрунтообробних робочих органів з вертикальною віссю обертання (а) та будова вертикально-фрезерного культиватора Amazone моделі Kreisel Grubber 301 (б)

**Мета статті.** Метою досліджень є підвищення ефективності використання вертикально-фрезерного ґрунтообробного знаряддя для смугового обробіток ґрунту, шляхом обґрунтування його оптимальних конструктивно-технологічних параметрів.

**Основні матеріали дослідження.** На основі аналізу патентної та науково-технічної інформації були визначені переваги та недоліки відомих знарядь аналогічного призначення та запропоноване технічне рішення (рис. 2), що забезпечує рівномірність обробітку робочої зони; ефективне рихлення ґрунту, мульчування рослинних решток та їх перемішування; вирівняний профіль дна борозни та обробленої поверхні; стійкість руху машинно-тракторного агрегату та зниження енерговитрат технологічного процесу обробки ґрунту.

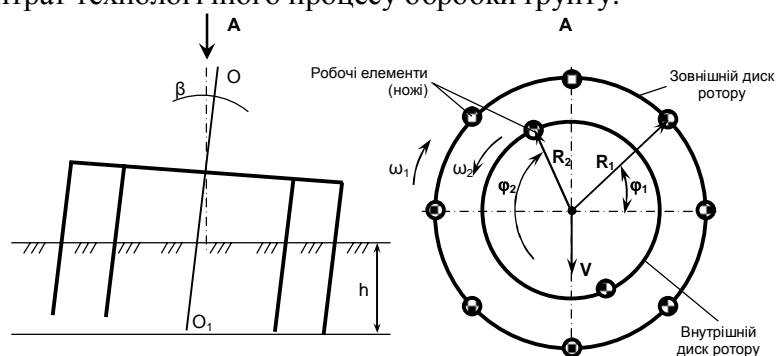


Рисунок 2 – Конструктивно-технологічна схема вертикально-фрезерного адаптера

Положимо, що в загальному випадку кут нахилу осі обертання ротора до вертикалі  $\beta > 0$  (рис. 2). Адаптер складається з двох дисків, які обертаються в різних напрямках і мають відповідно радіуси  $R_1$  (зовнішній) та  $R_2$  (внутрішній).

Ширину оброблюваного ґрунту  $b_i$  (м) одним робочим елементом можна обчислити за формулою:

$$b = 2R_i + h \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (1)$$

де  $R_i$  – радіус  $i$ -го диску ротора, м;  
 $h$  – глибина обробки ґрунту, м.

Розглянемо диск на якому розміщені рівномірно  $N$  робочих елементів. Кожен робочий елемент описує трохойду віддалену від попередньої на відстань  $L_i$  (м) рівну:

$$L_i = \frac{2\pi \cdot R_i}{N_i \cdot \lambda_i}, \quad (2)$$

де  $\lambda_i$  – кінематичний показник роботи  $i$ -го диску ротора адаптера, що характеризується співвідношенням колової та поступальної швидкостей:

$$\lambda_i = \omega_i \cdot R_i / V,$$

де  $\omega_i$  – колова швидкість  $i$ -го диску ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;

$V$  – поступальна швидкість руху робочого органу знаряддя, м/с.

Для якісного обробітку ґрунту потрібно, щоб величина ширини оброблюваного ґрунту одним робочим елементом була більшою за  $L$ :

$$b_i \geq L_i. \quad (3)$$

Після підстановки (1) та (2) в (3) отримуємо рівняння, що дозволяє обчислити мінімальну кількість робочих елементів  $N_i$  розміщених на  $i$ -му диску адаптеру:

$$N_i \geq \frac{2\pi \cdot R_1}{(2R_1 + h \cdot \operatorname{tg}\beta) \cdot \lambda_i}.$$

На рис. 3 побудована залежність кількості робочих елементів  $N$ , розміщених на адаптері від радіусів  $R_1$  та  $R_2$  зовнішнього та внутрішнього диску ротору. При цьому прийнято глибину обробітку  $h = 0,1\text{ м}$ ; кут нахилу осі обертання ротора до вертикалі  $\beta = 15^\circ$ , а  $R_1 = 0,5R_2$ .

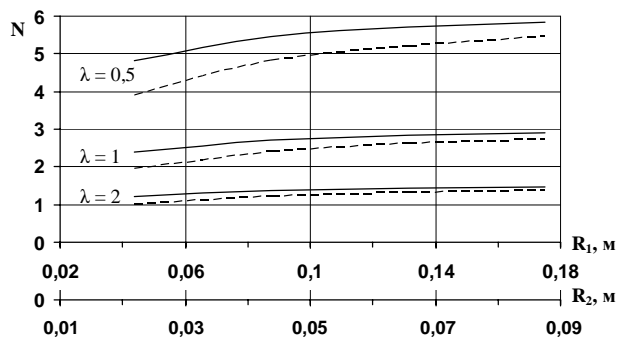


Рисунок 3 - Залежність кількості робочих елементів  $N$ , розміщених на адаптері від радіусів  $R_1$  та  $R_2$  зовнішнього (—) та внутрішнього (----) диску ротору

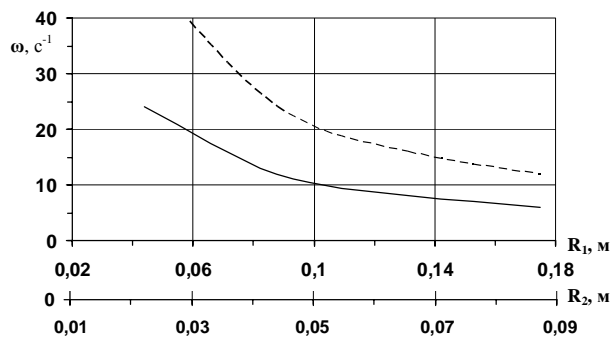


Рисунок 4 - Залежність кулової швидкості  $\omega$  від радіусів  $R_1$  та  $R_2$  зовнішнього (—) та внутрішнього (----) диску ротору адаптеру

Із аналізу рис. 3 випливає, що із збільшенням радіусу дії вертикально-фрезерного адаптеру від 4 до 17,5 см потрібна кількість робочих елементів для кінематичного показника роботи  $\lambda$  на рівні 1 та 2 майже не змінюється. Це добра ознака того, що оброблення ґрунту смугами під різні культури з різною шириною міжряддя не потребує зміни кількості ножів у ротора. Дещо інша картина спостерігається на рівні  $\lambda=0,5$ , де в розглянутому діапазоні радіусу ротора потрібна кількість ножів відрізняється на 1. Збільшення кінематичного показника роботи  $\lambda$  говорить про те, що при агротехнічно-допустимих швидкостях поступального руху знаряддя необхідно збільшувати кулову швидкість ротору. А це, як відомо, в квадратичній залежності збільшить опір різання ґрунту, що є не бажаним. Але ж, при цьому необхідно і менша кількість робочих елементів ротору адаптера, що є бажаним. Тому прийнято величину  $\lambda=0,7$ , що відповідає кількості робочих елементів  $N=4$  на розглянутому діапазоні радіусу зовнішнього та внутрішнього диску роторів адаптеру. Це забезпечить якісний обробіток ґрунту без пропусків та багатократного рихлення однієї і тієї ж ділянки.

Для прийнятого рівня кінематичного показника роботи  $\lambda=0,7$  та поступальної швидкості руху знаряддя  $V = 1,5\text{ м/с}$  на рис. 4 побудована залежність кулової швидкості  $\omega$  від радіусів  $R_1$  та  $R_2$  зовнішнього та внутрішнього диску ротору.

Із аналізу рис. 4 випливає, що із збільшенням радіусу дії вертикально-фрезерного адаптеру необхідна кулова швидкість зовнішнього та внутрішнього роторів дисків зменшується зворотньопропорційно. Причому, швидкість обертання внутрішнього диску ротору повинна бути в 2 рази більшою за зовнішній. Такий результат свідчить про те, що при проектуванні розглянутого знаряддя необхідно передбачити регулювання його кулової швидкості для зовнішнього диску ротору в діапазоні  $\omega_1 = 6 \dots 24\text{ с}^{-1}$ , для внутрішнього –  $\omega_2 = 12 \dots 48\text{ с}^{-1}$  відповідно.

**Висновок.** Для запропонованої конструктивно-технологічної схеми вертикально-фрезерного адаптеру для Strip-till технології обробки ґрунту встановлено, що для обраного рівня кінематичного показника роботи  $\lambda=0,7$  кількість робочих елементів на кожному з дисків становить  $N=4$  в діапазоні зміни радіусу зовнішнього диску від 4 до 17,5 см. При поступальній швидкості руху знаряддя  $V = 1,5\text{ м/с}$  кулова швидкість для зовнішнього диску ротору дорівнює  $\omega_1 = 6 \dots 24\text{ с}^{-1}$ , для внутрішнього –  $\omega_2 = 12 \dots 48\text{ с}^{-1}$  відповідно.

УДК 631.331

## МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД В ОБҐРУНТУВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ПОЗИЦІЇ «ЧОРНОЇ СКРИНЬКИ»

Курбатов К.Б., магістрант,

Конюхов Р.Д., магістрант

Науковий керівник

Кувачов В.П., к.т.н., доцент

e-mail: kuvachoff@mail.ru

Таврійський державний агротехнологічний університет

В роботі проведений аналіз систем та знарядь для підготовки ґрунту під посів за енергозберігаючих технологіях і визначений напрямок подальших досліджень.

**Постановка проблеми.** Урожайність вирощуваних культур значною мірою залежить від якості виконання передпосівної обробки ґрунту, яка повинна, згідно ГОСТ 26244, забезпечувати: утворення дрібно-грудкуватої структури кореневмісного шару для забезпечення оптимальних умов розвитку культурних рослин; отримання рівного профілю обробленої поверхні для збереження вологи у ґрунті; видалення сходів бур'янів; заробляння мінеральних добрив і пестицидів (за необхідності) із рівномірним розміщенням їх у ґрунті; утворення ущільненого насінневого ложа для рівномірності глибини заробляння насіння та оптимального водно-повітряного режиму ґрунту.

### Аналіз останніх досліджень.

Вивчення взаємодії робочих органів із ґрунтом лежить в основі землеробської механіки, основоположником якої є В.П.Горячкін. На ряду із розробкою фундаментальних теоретичних засад, видатний вчений відмічає перспективність застосування ротаційних робочих органів для обробки ґрунту [1]. Теоретичні обґрунтування по проектуванню ротаційних робочих органів розробили Г.Н. Синеоков, Ф.М. Канарьов, Ю.І. Матяшин, І.М. Панов [2]. Механіко-технологічні основи обробки ґрунту заклали А.С. Кушнар'єв, В.І. Кочев, продовжили В.І. Ветохін, В.П. Ковбаса [2].

Таким чином, нині існує широка база результатів теоретичних та експериментальних досліджень, яка дозволяє продовжити вдосконалення конструктивних та технологічних параметрів робочих органів для передпосівної обробки ґрунту.

**Мета статті.** Виконати аналіз систем та знарядь для підготовки ґрунту при різних технологіях передпосівної обробки із використанням науково-технічної літератури, виробничого досвіду та патентної інформації.

**Основні матеріали дослідження.** Велика кількість наукових тлумачень про «правильність» виконання передпосівної обробки ґрунту та вибору сільськогосподарського знаряддя для цього дозволило нам представити цей процес у вигляді чорної скриньки (рис. 1).



Рисунок 1 – Технологічний процес передпосівної обробки ґрунту, як об'єкт чорної скриньки



Згідно рис. 1 вхідними факторами, які обумовлюють процес, є фізико-механічні властивості ґрунту; кліматичні умови регіону; культура-попереднику та біологічні особливості вирощуваної рослини. Проте, вирішальним фактором для сучасного сільськогосподарського виробника є економічна доцільність технології.

Далі процес забезпечується за умови раціонального вибору технології передпосівної обробки. Яку, з позиції останніх наукових досягнень, слід відокремити на: традиційну (на базі оранки); консервувальну, мульчувальну та мінімальну (рис. 2).

 <b>ТРАДИЦІЙНА НА БАЗІ ОРАНКИ</b>	 <b>КОНСЕРВУЮЧА НА БАЗІ ГЛИБОКОГО РОЗПУШУВАННЯ</b>	 <b>МУЛЬЧУЮЧА НА БАЗІ МІЛКОГО РОЗПУШУВАННЯ</b>	 <b>З ЕЛЕМЕНТАМИ MINI-TILL НА БАЗІ ПОВЕРХНЕВОГО РОЗПУШУВАННЯ НА ГЛИБИНУ ЗАГОРТАННЯ НАСІННЯ</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- провокація проростання насіння бур'янів і падалиці, руйнування каліфорів і підірвання бур'янів;</li> <li>- розпушування ґрунту на глибину 20-32 см з повним обертанням сніжби;</li> <li>- новіе загортання рослинних решток на глибину 8-12 см;</li> <li>- підготовка рівномірного за глибиною насінного ложа і дрібно грудочкуватої структури посівного шару ґрунту;</li> <li>- загортання насіння на задану глибину за умов сівби в яскро підготовлений ґрунт.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- мульчування ґрунту подрібненими рослинними рештками;</li> <li>- розпушування верхнього шару з перемішуванням рослинних решток із безпосереднім основним обробітком на глибину 25-40 см;</li> <li>- збереження до 50 % рослинних решток на поверхні ґрунту;</li> <li>- новіе підірвання бур'янів;</li> <li>- загортання насіння на задану глибину за умов сівби із значною кількістю рослинних решток на поверхні ґрунту;</li> <li>- можливе додаткове накопичення продуктивної вологи в метровому шарі.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- мульчування ґрунту подрібненими рослинними рештками;</li> <li>- розпушування з перемішуванням рослинних решток верхнього шару ґрунту на глибину до 10 см;</li> <li>- збереження не менше 30 % рослинних решток на поверхні ґрунту;</li> <li>- новіе підірвання бур'янів;</li> <li>- загортання насіння на задану глибину за умов сівби із незначною кількістю рослинних решток на поверхні ґрунту;</li> <li>- можливе додаткове збереження продуктивної вологи в кореневій частині шару ґрунту.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- мульчування ґрунту подрібненими рослинними рештками;</li> <li>- максимальне збереження рослинних решток на поверхні;</li> <li>- збільшене проростання бур'янів;</li> <li>- поверхневий обробіток ґрунту на глибину загортання насіння;</li> <li>- сівба із значною кількістю рослинних решток на поверхні ґрунту;</li> <li>- можливе додаткове збереження продуктивної вологи в кореневій частині шару ґрунту.</li> </ul>

Рисунок 2 – Системи передпосівного обробітку ґрунту

При обранні відповідної системи обробітку ґрунту процес забезпечується раціональним вибором знарядь для її виконання. Виходячи із аналізу відомих конструкцій робочих органів для підготовки ґрунту під посів запропонована їх класифікація (рис. 3).

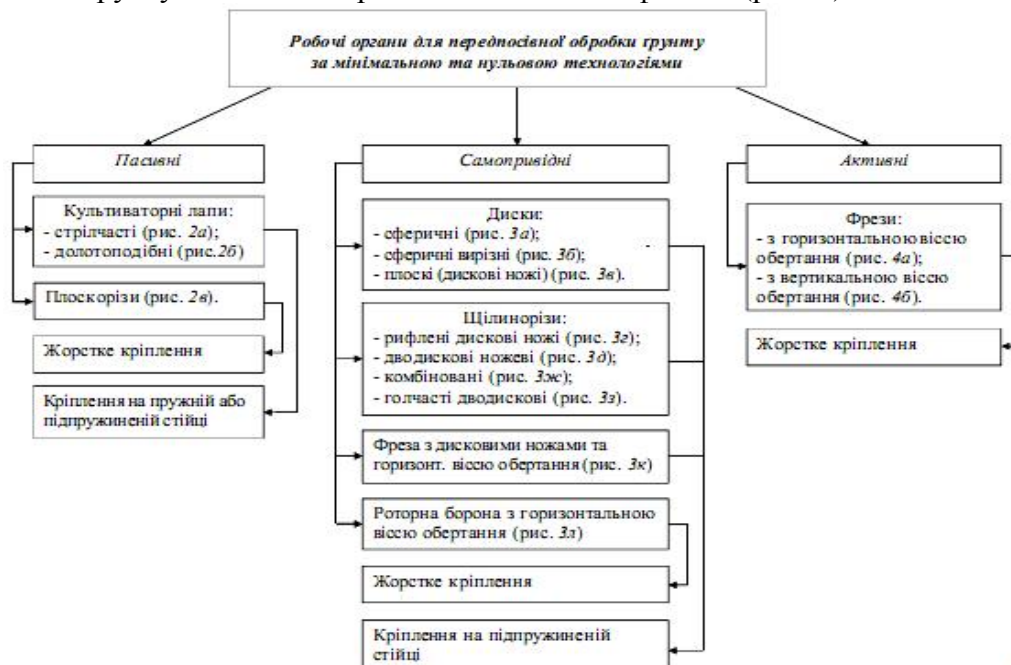


Рисунок 3 - Класифікація робочих органів передпосівної обробки ґрунту за мінімальною та нульовою технологіями

У стерньових посівних комплексах використовуються пасивні робочі органи, такі як культиваторні лапи та плоскорізи (рис. 4). Виконуючи операцію культивації, відбувається деформація ґрунту подібно до традиційної технології обробки. Однак, при цьому не забезпечується оптимальний фракційний склад кореневмісного шару та рівний профіль отриманої поверхні. Використання таких робочих органів не забезпечує оптимальних умов розвитку кореневої системи культурних рослин і призводить до підвищення випаровування вологи і ерозійних явищ, що значно знижує ефективність вибраної технології.

Тому, поширеним є використання ротаційних робочих органів, які діляться за типом приводу (самопривідні – від зачеплення з ґрунтом та активні, які приводяться в рух від валу відбору потужності енергетичного засобу, гідромотора або електромотора), а також за розміщенням вісі обертання в просторі (у горизонтальній площині та у вертикальній площині).

Самопривідні ротаційні робочі органи переважно мають горизонтальну вісь обертання і виконують рихлення ґрунту на задану глибину із одночасним подрібненням та зароблянням рослинних решток. Залежно від необхідної ширини робочої зони їх можуть встановлювати

попарно, використовувати їх комбінації або об'єднувати у секції (рис. 5). Проте, характер обертання у вертикальній площині зумовлює недостатньо високий коефіцієнт корисної дії, через те що з ґрунтом контактує від 1/3...1/2 площі поверхні робочого органу. Крім того, значна частина енергії втрачається на відкидання фракцій ґрунту на значну відстань, що є негативними явищем.

Використання активних робочих органів на відміну від самопривідних дозволяє регулювати ступінь кришення ґрунту та подрібнення рослинних решток для забезпечення оптимальних умов розвитку культурних рослин. Крім того, відбувається більш ефективно завантаження енергетичного засобу.

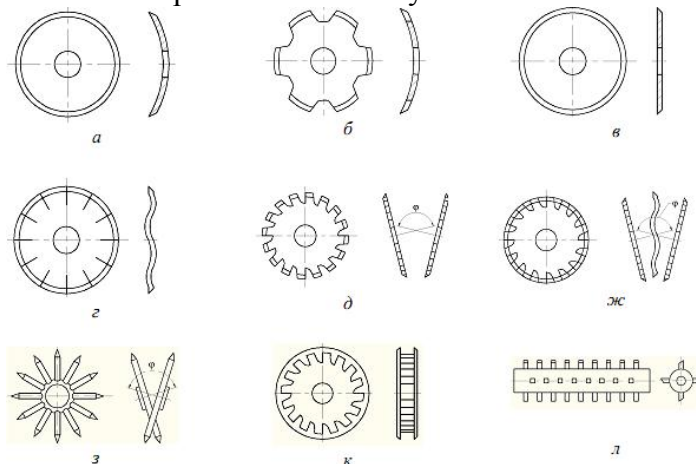


Рисунок 5 - Самопривідні робочі органи:

а – сферичний диск; б – сферичний вирізний диск; в – плоский диск; г – рифлений дисковий ніж;  
д – дисковий ножовий щілиноріз; ж – комбінований щілиноріз; з – голчастий дисковий щілиноріз; к – фреза з дисковим ножами; л – роторна борона

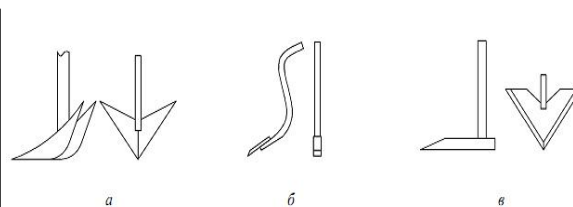


Рисунок 4 - Пасивні робочі органи:  
а – стрілочаста лапа; б – долотоподібна лапа; в – плоскоріз

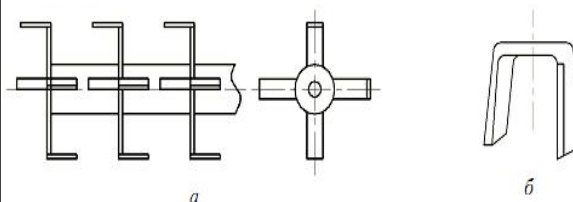


Рисунок 6 - Активні робочі органи:  
а – з вертикальною віссю обертання;  
б – з горизонтальною віссю обертання

Активні робочі органи можуть мати вертикальну і горизонтальну вісь обертання, але з горизонтальною віссю обертання найчастіше об'єднуються в секції (рис. 6), для максимальної ефективності їх використання та використовуються для мінімальної обробки ґрунту.

Активні робочі органи з вертикальною віссю обертання (рис. 6) забезпечують якісне фрезерування ґрунту, що дозволяє йому довше зберігати оптимальну структуру. При цьому виконується подрібнення рослинних решток та їх рівномірне розміщення у кореневмісному шарі ґрунту. Це позитивно впливає на режим живлення культурних рослин.

І в результаті – вихідними критеріями процесу є агрономію до передпосівного обробітку, які обґрунтовані науково-практичним досвідом.

На сучасному етапі залишається недостатньо дослідженим використання стерньових посівних комплексів для вирощування просапних культур. Коренева система просапних культур є розгалуженою і вимагає багато вологи та поживних речовин, тому потрібно підготувати ґрунт на глибину 6...12 см і на ширину 20...30 см. Це досягається мінімальною обробкою. Однак, вона залишає «відкрите» міжряддя, що призводить до погіршення температурного режиму ґрунту та втрати вологи, що за посушливих умов недопустимо.

**Висновок.** Згідно поставленої мети були проаналізовані технології передпосівної обробки ґрунту та конструкції знарядь для підготовки ґрунту під посів у стерньових посівних комплексах, визначені їх переваги та недоліки та обраний напрямок подальших досліджень.

#### Список використаних джерел.

1. Панов И.М. Современное состояние и перспективы развития земледельческой механики в свете трудов В.П. Горячкина / И.М. Панов, В.И. Ветохин // Вестник МГАУ. Серия: Агроинженерия. – 2008. - № 2(27). - С. 9 – 14.
2. Ларюшин Н.П. Структурная оценка энергосберегающей технологии возделывания зерновых культур и рабочих органов посевных машин / Н.П.Ларюшин, А.В. Манчев, М.А. Ларин // Нива Поволжья: Технические науки . – 2011. - № 2(19). - С. 72 – 79.

УДК 664.72+621.3

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА НА ЕЛЕВАТОРІ

Білоус І., 4 курс

Науковий керівник

Ковальов О.В., ст. викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: vanobilous@mail.ru

e-mail: aleks\_tdaty@mail.ru

*У статті розглянуто особливості технологічного процесу очищення зерна на елеваторі та запропоновано набір сучасного технологічного обладнання*

**Постановка проблеми.** Одним з важливих завдань підготовки круп'яних культур є очищення зерна від домішок, його гідротермічне оброблення і розподіл зерна на фракції. Від ефективності підготовки залежать вихід і якість крупи, техніко-економічні показники роботи елеватору.

**Аналіз останніх досліджень.** Очищення зернового матеріалу на сучасних зерноочисних машинах здійснюється на основі різниці у фізико-механічних ознаках складових частин зернового вороху - аеродинамічні властивості, властивості поверхні, щільність, форма, електричні властивості [1,2].

**Мета статті.** Розглянути особливості технологічного процесу очищення зерна на елеватор та розробити просту, надійну та ефективну технологію очищення зерна.

**Основні матеріали дослідження.** Повітроочисні машини (пневмосепаратори) призначені для попереднього очищення зернових, зернобобових, круп'яних та інших культур від домішок за аеродинамічними властивостями. До таких машин відносять сепаратори пневматичні СП-5, зерноочисні колонки типу ОПС-2, сепаратор гравітаційний СГ-25, барабанні сепаратори типу КБС, барабанний скальператор А1-Б32-0, машини для попереднього очищення зернового матеріалу МПО-50, МПО-100 та ін. Сепаратори пневматичні СП-5 і ОГІС-2 призначені для очищення зернового матеріалу за аеродинамічними властивостями у вертикальних каналах з напірним потоком повітря [3].

У пневматичному сепараторі СП-5 зерновий матеріал із приймального бункера самотпливом через вхідне вікно надходить на похилу сітку робочого каналу. Повітряний потік, створений вентилятором, спрямовується під сітку, піднімає легку фракцію, що має меншу критичну швидкість; легке насіння бур'янів, легке і щупле насіння основної культури та інші легкі домішки), переміщує її в камеру осідання домішок, а з неї, через випускний патрубок, у мішок. Пил осідає у фільтрі. Важка фракція (важке насіння основної культури), що має більшу критичну швидкість, скочується сіткою і через випускний патрубок потрапляє у мішок. Продуктивність машини залежить від подачі зернового матеріалу на сітку, регулюється заслінкою. Якість очищення визначається швидкістю повітряного потоку (3...16 м/с) у каналі. Вона залежить від величини відкриття вхідного вікна кожуха вентилятора [3].

Сепаратор гравітаційний СГ-25 призначений для попереднього очищення зернового вороху від легких, дрібних і великих домішок. Він складається із вертикальної колонки, яка має у верхній частині приймальну камеру. В середній частині колонки встановлені похилі нерухомі решета для виділення великих домішок, а в нижній - решета для виділення дрібних домішок. Блок аспірації має вентилятор і камеру осідання легких домішок. Зерновий матеріал із приймальної камери потрапляє на похилі решета. Повітряним потоком відокремлюються легкі домішки і спрямовуються в камеру осідання (циклон). Під дією сил тяжіння зерновий потік рухається вниз по решетах. Тут великі домішки затримуються і виводяться назовні, а зерно і дрібні домішки рухаються далі вниз, на підсвінні решета. На цих решетах виділяються дрібні домішки. Очищене зерно виводиться з

нижньої частини колонки. Продуктивність сепаратора - до 25 т/год. Потужність електро-двигуна - 3 кВт [3].

Машина попереднього очищення зернового матеріалу МПО-50 складається з приймальної камери і пневмосепарувальної системи. У верхній частині приймальної камери встановлений розподільний шнек, сітчастий транспортер, підбивальники і трубопровід. Пневмосепарувальна система складається із діаметрального вентилятора, напірного: всмоктувального каналів, камери осідання, шнека домішок і дросельної заслінки. Зерновий ворох розподільним шнеком подається на верхню частину сітчастого транспортера. Тут зерно, легкі і дрібні домішки проходять через отвори в сітці вниз, а великі домішки (частинки соломи, колосків та ін.) транспортером спрямовуються у канал і виводяться із машини. Підбивальник, що діє на транспортер, забезпечує кращу сепарацію і прохід зерна двома потоками до повітряного каналу. При взаємодії з повітряним потоком від зернового матеріалу виділяються легкі домішки, які попадають в камеру осідання і далі шнеком виводяться назовні. Очищене зерно спрямовується вниз і виводиться із машини. Швидкість повітряного потоку в повітряних каналах пневмосепарувальної системи регулюють частотою обертання вентилятора і дросельною заслінкою. При очищенні зернових культур застосовують сітчастий транспортер з отворами 12×12 мм, а для великого насіння - 15×15 мм [3].

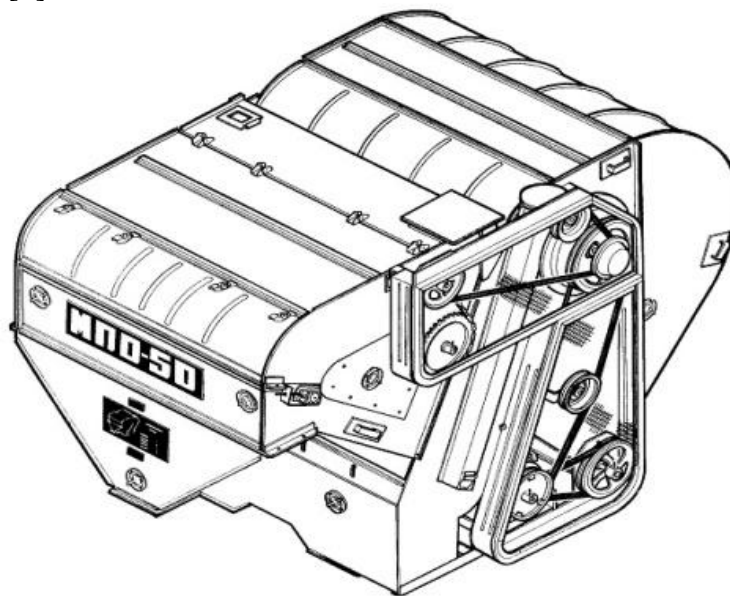


Рисунок 1 - Зовнішній вигляд зерноочисної машини МПО-50

Продуктивність машини - до 50 т/год. Використовують машину в потокових лініях агрегатів і комплексів.

**Висновок.** В статті розглянуто особливості технологічного процесу очищення зерна на елеваторі та запропоновано сучасну систему машин, що забезпечують виконання вимог до технологічного процесу з мінімальними енергетичними витратами.

#### **Список використаних джерел**

1. Мачихина Л.И. Научные основы продовольственной безопасности зерна (хранение и переработка) / Л.И. Мачихина. - М.: ДеЛипринт, 2007. - 382 с.
2. Вобликов Е. М. Послеуборочная обработка и хранение зерна / Е.М. Вобликов, В.А. Буханцов, Б.К. Маратов, А.С. Прокопец. - М.: МарТ, 2001. - 229 с.
3. Дацишин О.В. Машини та обладнання переробних виробництв: Навч. посібник / О. В. Дацишин, А. І. Ткачук та ін.; За ред. О.В. Дацишина. – К.: Вища освіта, 2005. –159 с.

УДК 634.1.11:631.674

## ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ВИКОРИСТАННЯ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ ФРУКТОВОГО САДУ

Сафонова Ю.В., магістрант

e-mail: yulias\_4@mail.ru

Науковий керівник

Федюшко Ю. М. д.т.н., професор

Таврійський державний агротехнологічний університет

*У статті розглядається переваги та недоліки використання  
крапельного зрошення фруктових садів.*

**Постановка проблеми.** В наш час однією з проблем є недосконалість класичних видів поливу рослин, так як при таких методах поливу витрачається велика кількість води, а як відомо одна з проблем сучасності це її недолік і як наслідок висока ціна. Одним з рішень даних проблем є використання крапельного зрошення.

**Формулювання цілей.** Можливість вживання системи крапельного зрошення, яка дає змогу вирішити низку проблемних питань. Таких як, зменшення витрат води та рідких добрив, підвищення врожайності, зниження виробничих та трудових витрат.

**Основні матеріали досліджень.** Крапельне зрошення застосовується в промислових масштабах на півдні України з 1997 року. Позитивні результати на всіх сільськогосподарських культурах і на всіх типах ґрунтів сприяли динамічному розвитку цього способу зрошення.

Існує два основних види крапельного поливу: дискретний і лінійний. При дискретному поливі окремі крапельниці з допомогою спеціальних перехідників встановлюються на м'яку трубку. Отвір у трубці проколюється з допомогою діркопробивача. Дискретний полив застосовується в основному при краплинному зрошенні в теплицях. При лінійному поливі крапельниця вбудована в крапельну лінію; цей спосіб поливу застосовується на відкритому ґрунті [3].

Системи крапельного зрошення - дієвий фактор розкриття потенціалу плодкових культур. З усіх способів зрошення технологічно найбільш виправданими для садівництва є системи крапельного зрошення. Перевагою цього способу стали більш широкі можливості регуляції водного режиму ґрунту. Практично коренева система рослин постійно перебуває в максимально сприятливих умовах. У ґрунті достатньо води і повітря. Структура ґрунту не порушується. Волога поширюється в прикореневій зоні по капілярах ґрунту.

Основні елементи системи крапельного зрошення:

- джерело водопостачання;
- вузол підготовки і внесення добрив;
- фільтрова станція;
- магістральний трубопровід;
- регулятор тиску;
- розвідний трубопровід;
- сполучна фурнітура;
- заглибний відцентрований насос;

Основні переваги крапельного зрошення для садів [1] :

- Підвищення врожайності на - 25-40%.
- Збільшення виходу товарних плодів - до 90%.
- Висока приживлюваність саджанців після посадки - 95-98%.
- Прискорення вступу в товарне плодоношення - на 1-й рік.
- Економія води й добрив у порівнянні з дощуванням - на 40-50%.
- Зниження виробничих і трудових витрат на зрошення 1 га - на 300-400%.



- Підвищення морозостійкості дерев при проведенні влагозарядкових поливів з внесенням фосфорно-калійних добрив.
- Зниження витрат на захист рослин в порівнянні з надкоронового зрошенням.
- Збільшення ступеня керованості саду (закладка плодкових бруньок, сила вегетативного росту, вирішення проблеми періодичності плодоношення).
- Скорочення терміну окупності саду - до 3-4 років.
- Швидка окупність крапельної системи.

Вартість систем крапельного зрошення досить висока, тому дуже важливо правильно спланувати всі роботи по експлуатації системи. Якщо планування буде здійснено невірно, це спричинить за собою неправильну експлуатацію системи, витрати не окупляться, оскільки прибуток буде низьким. Система крапельного зрошення не захищена від неправильної обробки ґрунту та догляду за рослинами, тому всі роботи необхідно виконувати своєчасно і якісно. Існують дві різні системи крапельного зрошення - трубка краплинного зрошення і стрічка крапельного зрошення. Якість кожної з систем залежить від товщини (щільності) трубки або стрічки. Термін використання найбільш тонкої стрічки становить один рік.

Дуже важливо відразу ж після укладання стрічки внести в ґрунт з поливною водою інсектициди в такій пропорції [3]:

Децис форте - 0,1 л/га;

Базудин -1,5 л/га;

Золон - 1,5 л/га.

На жаль досить ефективних препаратів по боротьбі з ґрунтовими шкідниками ще немає. Поряд з цим тонка стрічка може пошкоджуватися воронами.

По завершенню поливного сезону проводиться демонтаж і закладка всіх елементів на зберігання. При використанні однорічної краплинної трубки або стрічки, вона демонтується і забирається з поля з подальшою утилізацією. Попередньо необхідно витягти ремонтну фурнітуру, яка застосовувалася протягом сезону для поточного ремонту, з метою подальшого використання. Важливим екологічним фактором є зачистка поля від залишків краплинної стрічки та інших полімерних відходів. Пластик в ґрунті не розкладається, тому у багатьох фермерів поля, де застосовувалося крапельне зрошення, забруднені залишками цієї системи. Для нормальної експлуатації таких ґрунтів в майбутньому, вкрай важливо очищати поля від пластику будь-якого виду.

**Висновок.** Система крапельного зрошення дозволяє різко скоротити витрату води на полив саду, підвищує ефективність поливу. Процес повинен бути продуманий до дрібниць, наприклад, воду в першу чергу подають до високих частинах саду, а використання мульчі допоможе запобігти втрати вологи. Для утримання води в кореневій зоні дерева навколо нього викопують невелику траншею.

Крапельне зрошення досить складно влаштувати на великих площах, а для середньої ділянки з невеликим садом - це прийнятний і економічний варіант поливу, що дозволяє істотно знизити витрату води.

#### **Список використаних джерел.**

1. Системы орошения. Капельное орошение садов [Електронний ресурс]. - Режим доступа: <http://irrigation.com.ua/category/капельное-орошение/>. - Название с экрана.
2. АГРО стимул. Капельное орошение. Экономия воды при применении технологии капельного орошения [Електронний ресурс]. - Режим доступа: <http://agrostimul.com.ua/help/item/21-drip-irrigation-save-water.html> - Название с экрана.
3. Методика расчета и эксплуатация систем капельного орошения: статья " Химия Агрономия Сервис" №47-50 / В.Д. Алба, А.С. Кушнарев, Г.И. Иванов.-Киев

**УДК 621.923**

## **ВИКОРИСТАННЯ ЗМАЩУВАЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ РІДИН ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ШЛІФУВАННЯ**

**Яременко О.С., магістрант**

*Науковий керівник*

**Гулевський В.Б., к.т.н., доцент**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*Розглянуто сучасний стан та проблеми застосування змащувально-охолоджувальних рідин у процесах шліфування.*

Найважливішим завданням, яке стоїть перед машинобудівним комплексом, є підвищення конкурентоспроможності продукції за умови високої продуктивності і низької собівартості її виготовлення із забезпеченням заданих параметрів якості. Виконання завдань, направлених на розвиток ресурсозберігаючих і екологічно чистих технологій, передбачає значне підвищення якості продукції при значній економії ресурсів на її виробництво з поліпшенням екологічних чинників.

Завершальною технологічною операцією, що визначає якість оброблених заготовок, є шліфування. Реальному зростанню його ефективності сприяє раціональне застосування змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР). При шліфуванні з великими швидкостями, глибинами різання і подачами (для збільшення продуктивності) можливе надмірне підвищення температури і, як наслідок, поява термодфектів, мікротріщин, небезпечних розтягуючих напруг в поверхневому шарі. Це зумовлює необхідність розроблення і застосування засобів зниження теплонапруженості процесу, серед яких найбільш істотним і традиційним є використання ЗОР.

**Проблема** полягає в тому, що на цей час відсутня загальна методологія використання систем застосування ЗОР при шліфуванні, недостатньо розроблені наукові основи створення таких систем, підвищення їх працездатності і енергозбереження. Відомі рішення зі створення систем застосування ЗОР, що працюють у комплексі з шліфувальними верстатами, не завжди враховують конкретні умови їх використання.

Актуальність проблеми зумовлена недостатньо високою продуктивністю шліфування, значними витратами на інструмент і ЗОР і, як наслідок, високою собівартістю обробки. З урахуванням різноманітності моделей та типорозмірів шліфувальних верстатів і оброблених на них матеріалів питання розробки систем застосування ЗОР для управління технологічним процесом на базі шліфування постало з великою гостротою.

**Висновок.** Розробка наукових основ забезпечення високого рівня вихідних технологічних параметрів процесу шліфування за рахунок раціонального застосування ЗОР є важливим технологічним завданням і має велике народногосподарське значення.

УДК 631.3.02-585.2.006.26

## РОЗРОБКА СТЕНДУ ЗНОСНИХ ВИПРОБУВАНЬ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ ПРИВОДІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Леліков В.О., магістр

Наукові керівники

Мушкевич О.І., аспірант

Дідур В.А., д.т.н., професор

Таврійський державний агротехнологічний університет

E-mail: john\_wein@mail.ru

E-mail: mushkevicho@gmail.com

E-mail: didurva@mail.ru

*Робота присвячена розробці стенду для випробування ресурсу гідророзподільників при змодельованих реальних режимах роботи розподільника.*

**Постановка проблеми.** В енергетичних засобах сільськогосподарської техніки (тракторах, комбайнах, вантажівках тощо) для передачі зусилля до силових агрегатів широко використовують рідину (масло). Для керування напрямком потоку робочої рідини від насоса до виконуючих елементів, гідравлічна система обладнана гідророзподільником.

Одним з найбільш важливих елементів надійності є золотникова пара, її знос визначає роботоздатність та функціональність гідророзподільника в цілому. Отже головним завданням при ремонті гідророзподільника є забезпечення герметичності в золотниковій парі, за рахунок заміни або відновлення золотників.

**Аналіз останніх досліджень.** Враховуючи важливість проблеми, розроблено ряд сучасних технологій для відновлення золотникової пари, основні серед них [2, 3, 4, 7]:

1. Метод електроіскрової обробки;
2. Нанесення хімічно інертних, температуростійких, діелектричних та зносостійких покриттів;
3. Процес фінішного плазмового зміцнення;
4. Гальванічне покриття;
5. Фінішна антифрикційна безабразивна обробка (ФАБО);
6. Полімерне покриття.

Необхідним етапом є етап проведення експериментальних випробувань при впровадженні нового способу відновлення, який відрізняється від загальноприйнятого. Золотникові пари випробують на зносостійкість для встановлення ресурсу.

В ході аналізу характеристик стендів КИ-4200, КИ-4815М та КИ-4896М [5], які дозволяють проводити зносні випробування гідроагрегатів, і гідророзподільників зокрема. Було виявлено, що немає таких стендів, які б дозволяли проводити випробування двох агрегатів одночасно, в однакових умовах та моделювати реальні режими роботи розподільника, також проводити діагностику під час проведення випробувань.

Тому є доцільною розробка стенду для проведення зносних випробувань гідророзподільників з системою активної пневматичної діагностики. А для спрощення процесу випробувань та зниження трудомісткості є доцільним впровадження засобів автоматизації.

**Мета статті.** Розробити стенд для проведення ресурсних випробувань та діагностування гідророзподільників.

**Основні матеріали досліджень.** Методика проведення випробувань полягає в забезпеченні автоматичного перемикачання золотника гідророзподільника в робочі положення. Технічний результат досягається тим, що пристрій вмикає стенд, імітуючий роботу гідросистеми замкненого циклу автотракторної техніки, та який має заливну горловину, фільтр грубої очистки, двопозиційний кран, фільтр тонкої очистки, насос, секції гідророзподільника, манометр, радіатор, електродвигун, мішалку, бак, компресор, датчик перепаду тиску на фільтрі, датчик контролю золотниками в залежності від градієнту тиску, датчик наявності/відсутності тиску (для запису від сухого ходу).

Стенд додатково оснащений приводом циклічної дії автоматичного перемикання золотника гідророзподільника в робочі положення, який містить електрокотушки зворотно-поступальної дії, які з'єднані з важелями гідророзподільника (рис. 1).

Стенд для проведення ресурсних випробувань гідророзподільників має три режими роботи:

- проведення натурних випробувань на чистому маслі;
- проведення прискорених зносних випробувань з додаванням абразивних домішок;
- режим пневматичної діагностики золотникової пари на гідравлічну щільність.

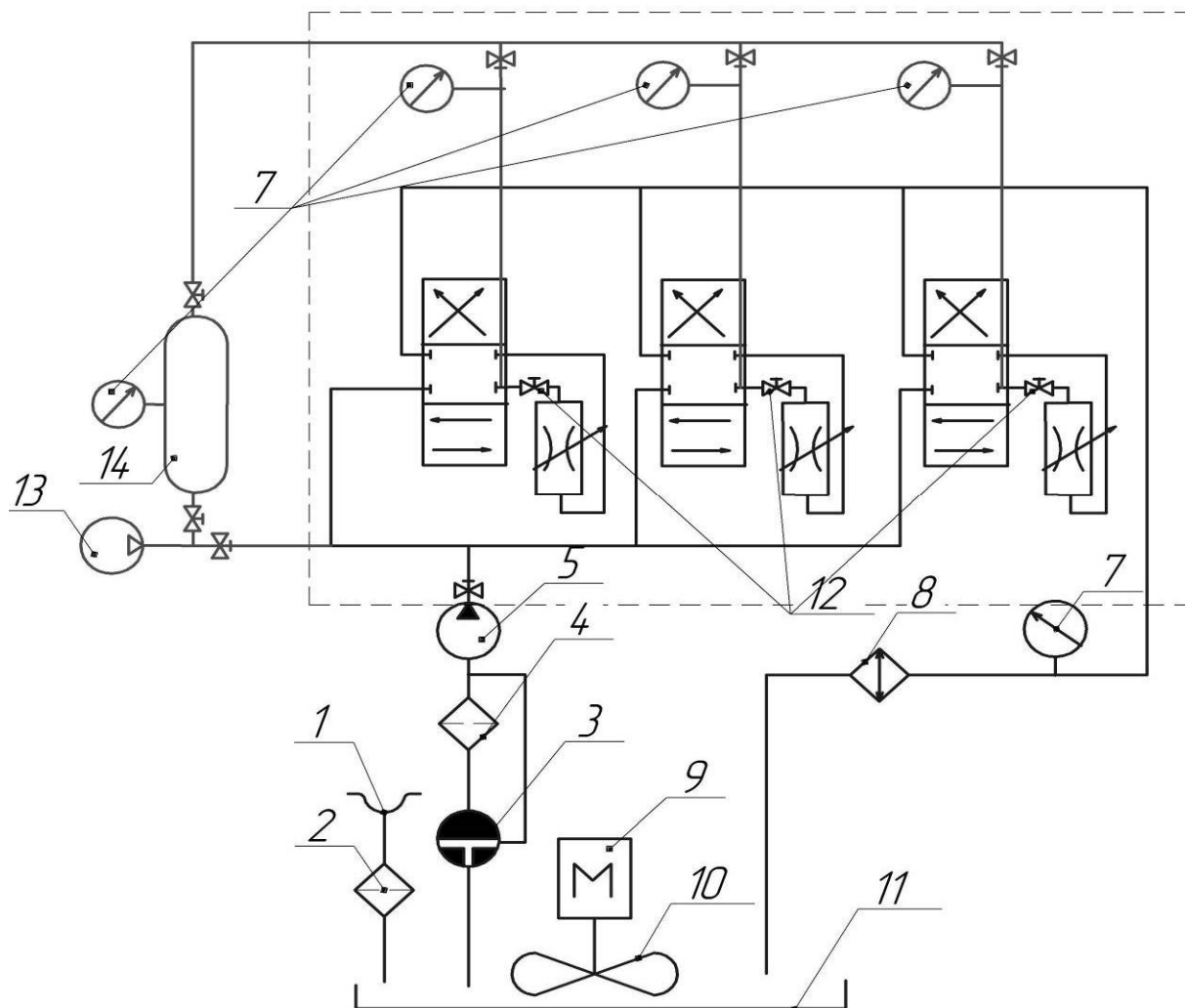


Рисунок 1 – Схема стенда для проведення ресурсних випробувань гідророзподільників: 1 – заливна горловина, 2 – фільтр грубої очистки, 3 – двопозиційний кран, 4 – фільтр тонкої очистки, 5 – насос, 6 – секції гідророзподільника, 7 – манометр, 8 – радіатор, 9 – електродвигун, 10 – мішалка, 11 – бак, 12 – крани, 13 – компресор, 14 – ресивер.

Принцип роботи стенду полягає в наступному:

Гідророзподільник, який підлягає випробуванню підключається до системи стенду кожною з секцій відповідно до схеми.

1. В режимі проведення натурних випробувань насос подає масло через фільтр до нагнітальних порожнин гідророзподільника, за допомогою автоматичного перемикання положень золотника – через дросель масло проходить на злив, охолоджується в радіаторі та потрапляє в бак.

2. В режимі проведення прискорених зносних випробувань з додаванням абразивних домішок, до баку додають необхідну кількість абразиву за допомогою автоматичного дозатора, мішалка в баку підтримує абразивні домішки у зваженому стані, масло проходить від

насоса до напірної магістралі гідророзподільника в обхід фільтра, далі за допомогою автоматичного перемикачання положень золотника – через дросель масло проходить на злив, охолоджується в радіаторі та потрапляє в бак.

3. В режимі пневматичної діагностики золотникової пари на гідравлічну щільність, роботу гідравлічної системи зупиняють та перекривають підключення від насосу за допомогою крана. По перше виконується продувка системи стислим повітрям від компресора, далі контрольним тиском який налаштований в ресивері виконується діагностика кожної золотникової пари та фіксується час падіння контрольного тиску.

**Висновок:** В ході аналізу та проведеної роботи було розроблено стенд для проведення ресурсних випробувань та діагностування гідророзподільників.

### **Список використаних джерел**

- 1) Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. / Гаркунов Д. Н. – М., 2001. 616 с.
- 2) Грилихес С. Я. Электролитические и химические покрытия. / Грилихес С.Я., Тихонов К.И. – Л.: Химия, 1990. – 288 с.
- 3) Дидур В. А. Способ ускоренных эксплуатационных испытаний гидроагрегатов / Дидур В. А., Шипов В. В. // Ваш надежный партнер в обеспечении качества ремонта гидроаппаратуры. – Запорожье-Мелитополь, 1991. с. 9-10.
- 4) Лепешкин А. В. Гидравлика и гидропневмопривод: Учебник, ч.2. Гидравлические машины и гидропневмопривод. / Лепешкин А. В., Михайлин А. А., Шейпак А. А., под ред. А. А. Шейпака. – М. : МГИУ, 2003. – 352 с.
- 5) Молодык Н. В. Восстановление деталей машин. / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин. – М. : Машиностроение, 1989. 480 с.
- 6) Патент МПК (2012) F15B 19/00.
- 7) Черкун В. Е. Ремонт тракторных гидравлических систем / В. Е. Черкун – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 253 с., ил.



УДК: 637.146.32

## ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА РЯЖАНКИ

Селіванова О. М., магістрант

e-mail: o.selyvanka@gmail.com

Науковий керівник

Федюшко Ю. М., д.т.н., професор

Таврійський державний агротехнологічний університет

*У статті розглядається питання підвищення ефективності виготовлення ряжанки за рахунок удосконалення технології її виробництва.*

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день молокопереробні підприємства як продуктивний підкомплекс агропромислового комплексу України знаходиться в стані кризи. В результаті обсяги виробництва та споживання продукції молока з року в рік скорочуються та, як наслідок, знижується ефективність та конкурентоспроможність вітчизняного молочного скотарства.

**Аналіз останніх досліджень.** Молоко і молочні продукти становлять основу повноцінного харчування населення. Кисломолочні продукти, які містять бифідо- і молочнокислі бактерії, користуються величезним попитом. Головною перевагою кисломолочних продуктів є те, що це - «живі продукти», вони містять біфідобактерії, які пригнічують розвиток і ріст хвороботворних мікроорганізмів, що населяють наш кишковик. Вони дуже добре засвоюються в людському організмі - за годину на 100%, в цей час коли молоко засвоюється лише на 32 %.

**Мета статті.** Розглянути питання підвищення ефективності виготовлення ряжанки за рахунок удосконалення технології її виробництва.

**Основні матеріали досліджень.** Кисломолочні продукти забезпечують потрібними корисними біологічно активними продуктами (амінокислотами, вітамінами, пептидами і іншими модулінами). Одним з переваг цих продуктів є стимулювання імунітету, підвищення проти інфекційної стійкості, їх проти алергенна дія.

Ряжанка - продукт здорового харчування. Кисломолочні бактерії ряжанки розщеплюють казеїн (основний білок молока) на амінокислоти і пептиди, які є менш алергенними і набагато легше засвоюються організмом.

Виготовляється ряжанка квашенням топленого молока з додаванням молочних продуктів або без їх додавання, але за допомогою заквашених мікроорганізмів – молочнокислих стрептококів. При цьому загальний вміст заквашених мікроорганізмів у готовому продукті в кінці терміну придатності становить не менше  $10^7$  КУО в 1 г продукту. В ДСТУ 4565:2006 від 01.01.2088 р. в 100 г ряжанки знаходиться не менше ніж 2,7 г білків, 4 г углеводів, от 2,5 до 8,0 г жирів, калорійність от 58 до 82 ккал.

У залежності від ступеня жирності ряжанку підрозділяють на:

- знежирену (0,1%);
- нежирну (0,3%, 0,5%, 1%);
- мало жирну (1,2%, 1,5%, 2%, 2,5%);
- класичну (2,7%, 3%, 3,2%, 3,5%, 4%, 4,5%);
- жирну (4,7%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%);
- високо жирну (7,2%, 7,5%, 8%, 8,5%, 9%, 9,5%).

При збагаченні біологічно активними речовинами і добавками ряжанку підрозділяють на:

- вітамінізовану;
- збагачену мікроелементами;
- збагачену мікроелементами;
- збагачену пробіотиками.

Сучасні молочні виробництва використовують два основні методи виробництва: термостатний і резервуарний. Термостатна технологія є класичною і використовувалася повсюдно до початку стрімкого переходу на резервуарну.

За резервуарної технології заквашування і дозрівання продукту відбувається в окремій ємності – резервуарі. Приготування займає всього кілька годин. За цей час продукт знає тільки часткову закваску. На фасування продукт подається по трубах, що остаточно руйнує згусток, так що консистенція такого напою виявляється значно нижче, а смак – невиразним.

За термостатною технологією фасування продукту передує його заквашуванню і дозріванню. Ряжанка формується в тій же ємності, в якій вона буде реалізована. У плящі утворюється згусток, що містить характерну для напою мікрофлору. Навколо цього згустку і поширюється процес заквашування. Приготування за термостатною технологією займає кілька діб і вимагає спеціальної камери - термостата. Продукт при цьому виходить густим по консистенції і насиченим на смак.

В даній статті розглядається резервуарний спосіб виготовлення ряжанки, технологічна схема якого представлена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва ряжанки

Молоко натуральне коров'яче та інші продукти приймають за масою і якістю. Відібране молоко нормалізують за масовою часткою жиру.

Нормалізацію молока проводять у резервуарі для нормалізації змішанням компонентів: молока, вершків або знежиреного молока. Маса компонентів нормалізації встановлюють розрахунковим шляхом за формулами.

Нормалізовану суміш за допомогою відцентрового насоса через зрівняльний бачок направляють на пастеризаційно-охолоджувальну установку в першу секцію регенерації, де вона нагрівається до  $t = (40 \pm 5) \text{ } ^\circ\text{C}$ . Далі нормалізована суміш йде на очистку на сепаратор-молокоочишувач. Потім суміш надходить у гомогенізатор, де здійснюється гомогенізація при  $t = (55-60) \text{ } ^\circ\text{C}$  і  $P = (15 \pm 2,5) \text{ МПа}$ .

Очищену і гомогенізовану суміш пастеризують при  $t = (94-96) \text{ }^\circ\text{C}$  у ванні тривалої пастеризації. Після чого суміш охолоджують до температури заквашування  $t = (40\pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ .

Далі охолоджену суміш за допомогою насоса направляють у ємність для сквашування молока. З ємності для зберігання закваски насосом заливається суміш для заквашування в ємність з молоком, де саме і відбувається процес сквашування. Заквашену суміш перемішують протягом 10 - 15 хвилин і залишають у спокої для сквашування. Суміш квасять 4 - 5 годин до утворення молочно-білкового згустку кислотністю 65 – 70 °Т.

По закінченні сквашування в змійовик резервуара подають крижану воду протягом  $(45\pm 15)$  хвилин, потім згусток перемішують протягом  $(15\pm 5)$  хвилин. Перемішаний згусток охолоджується до температури  $t = (4\pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  і подається на розлив.

Потім проводять упаковку і маркування продукту. Упакований продукт поміщають в холодильну камеру. Кислотність готового продукту 70 – 100 °Т.

**Висновок.** У статті було детально розглянуто удосконалення технологічної лінії виготовлення ряжанки. Це дозволить підвищити якість випущеної продукції та знизити споживання електроенергії.

#### **Список використаних джерел.**

1. Крись Г.Н. Технологія молочних продуктів / Г.Н. Крись, А.В. Чекулаєва, Г.А. Шальшна. – М. : Агропромиздат, 1988. – 367 с.
2. Машкін М.І. Технологія виробництва молока і молочних продуктів / М.І. Машкін, Н.М. Париш. – К.: Вища освіта, 2006. – 351 с.
3. Власенко В.В. Технологія виробництва і переробки молока та молочних продуктів / В.В. Власенко, М.І. Машкін, П.П. Бігун. – Вінниця: ГПАНІС, 2000. – 306 с.
4. Ряжанка: корисні властивості кисломолочних продуктів. [Електронний ресурс]. – режим доступу: <http://hls.in.ua/ryazhanka-korisni-vlastivosti-kislomolochnix-produktiv/> – Назва з екрану.

УДК 674.6

## УДОСКОНАЛЕННЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА КАРТОННОЇ ТАРИ

Яременко О.С., магістрант

e-mail: alena.yaremenko.93@mail.ru

Науковий керівник

Федюшко Ю. М., д.т.н., професор

Таврійський державний агротехнологічний університет

*У статті розглядається модернізація устаткування підготовки паперової маси*

**Постановка проблеми.** Настала необхідність відродження сировинної бази для консервної промисловості, відновлення зв'язків в АПК, виправлення ситуації, що склалася, коли плодоовочеві консерви завозяться з інших регіонів України.

**Формування цілей.** В основу даної статті поставлена мета удосконалення лінії виробництва картонної тари за рахунок модернізації устаткування для підготовки паперової маси.

**Основні матеріали дослідження.** Використання макулатури як джерела волокон целюлози також є дуже важливим напрямом у виробництві паперу.

Технології з використанням паперових відходів дозволяють отримувати папір високої якості, не зачіпаючи при цьому природних джерел. Папери такого типу широко використовуються для виробництва газет, упаковки і так далі.

Незважаючи на велику кількість видів паперу, що випускаються, і різноманітність її властивостей технологічна схема виготовлення паперу може бути представлена узагальненій в найспрощенішому виді. Лише обмежена кількість спеціальних видів паперу у відносно малій кількості виробляється сухим способом. При цьому способі формування (освіта) паперового полотна здійснюється не з водної суспензії, а з повітряного потоку з наступним склеюванням волокон. Згідно із загальною технологічною схемою початкові волокнисті матеріали у водному середовищі піддаються помелу і, якщо їх декілька, змішенню в необхідному співвідношенні. У розмолоту паперову масу залежно від призначення паперу вводять мінеральних наповнювачів, проклеюючи і забарвлюючи речовини. Паперова маса з відрегульованою концентрацією акумулюється в мішалному басейні. Далі здійснюють дозоване розбавлення паперової маси оборотною водою, тобто водою, яка повертається в технологічний процес і узятую з-під сітки, на якій здійснювалося обезводнення і формування паперового полотна.

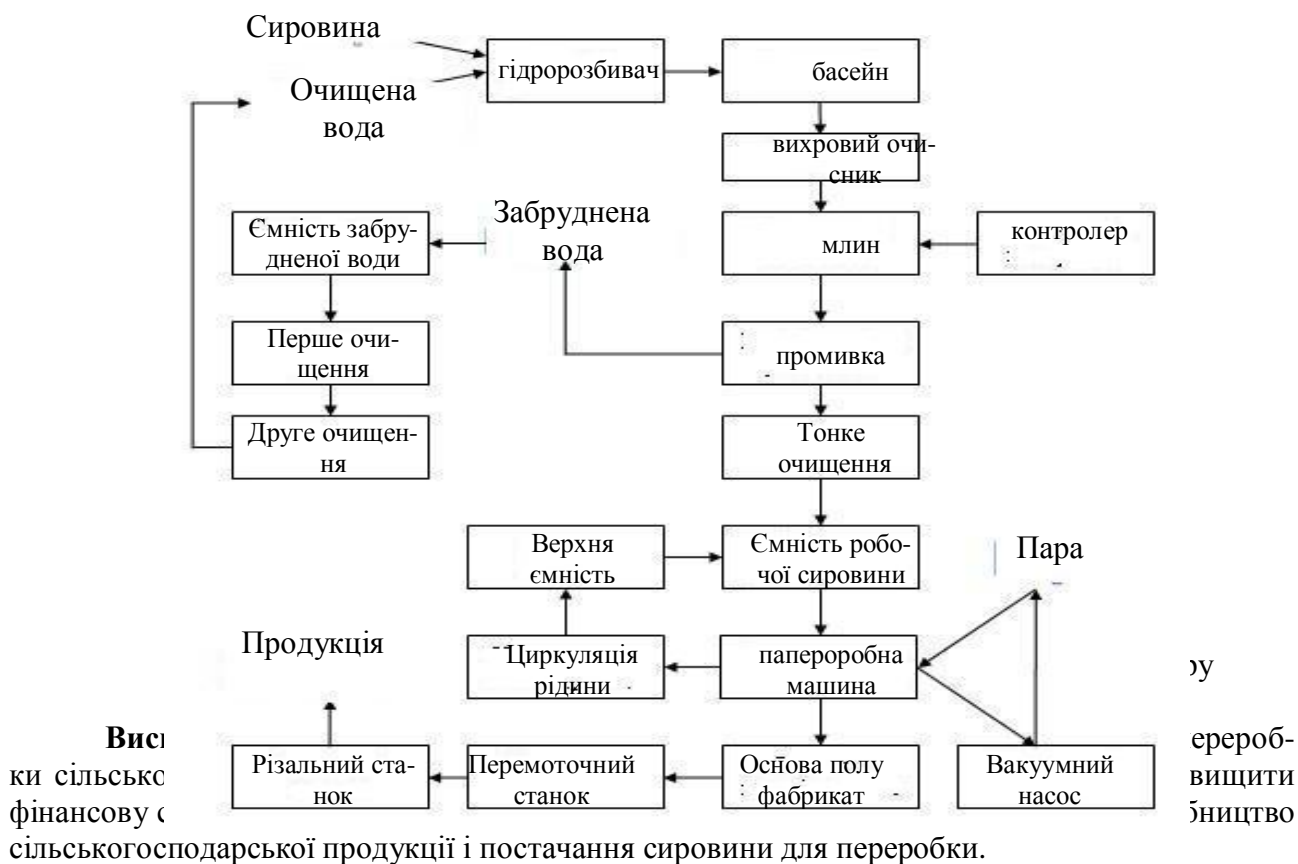
Таке використання оборотної води дозволяє понизити витрату свіжої води, а також зменшити втрати в стік (промий) волокон і наповнювачів, оскільки оборотна вода містить деяку кількість дрібних волокон і часток наповнювача, що пройшли з водою через сітку. Розбавлену паперову масу піддають очищенню від сторонніх включень (забруднень) на очисній апаратурі, після чого вона поступає на папероробну машину. Тут відбувається формування паперового полотна, що супроводжується його обезводненням на сітці, пресування, сушка, охолодження полотна, зволоження перед тим, що машинним каландрує і намотування в рулон на накаті. Якщо вимагається підвищене ущільнення структури паперу (наприклад, для конденсаторного паперу), збільшення її прозорості (креслярська калька), підвищення гладкості або лиску (блиску) поверхні (деякі види паперу для друку, крейдований папір), то папір після додаткового зволоження пропускають через суперкаландр.

Готовий папір розрізають на рулони або листи. Останні вважають і упаковують. Рулони також упаковують і відправляють на склад. Деякі види паперу (конденсаторна, мундштучна, для телеграфної і каси стрічок та ін.) розрізають на вузькі стрічки і намотують в бобіни (вузькі рулони). Надлишок оборотної води направляють в уловлюючу апаратуру, звідки уловлені волокна використовуються у виробництві, а освітлена вода йде в стік. Паперовий брак з папероробної машини, суперкаландра, верстатів, що розрізають папір, її перемотують

і упаковують, йде на переробку і у вигляді волокнистої маси використовується для виготовлення паперу.

Загальна схема виготовлення паперу уточнюється залежно від її виду. При цьому встановлюється композиція паперу, від використовуваного устаткування, кількість східців помелу і очищення маси і інші специфічні для цього виду паперу особливості виробництва (наявність або відсутність наповнення, проклеювання, забарвлення, поверхневого покриття і ін.). За уточненою схемою виробництва з урахуванням заданої продуктивності папероробної машини і, користуючись даними концентрації паперової маси і вологості (сухості) паперу по стадіях технологічного процесу, складають баланси води, волокон і наповнювача (якщо він в цьому папері присутній). Отримані при цьому дані є відправними для виконання усіх основних технологічних розрахунків устаткування і визначення техніко-економічних показників: питомої витрати волокнистих матеріалів, наповнювача, хімікатів і води, промивання волокон і наповнювачів.

Загальна технологічна схема виробництва паперу представлена на рисунку 1.



### Список використаних джерел

1. Жудро С.Г. Технологическое проектирование целлюлозно-бумажных предприятий./ С. М. Жудро - М.: Лесн. пром-сть, 1970. - 456 с.
2. Фляте Д. М. Технология бумаги. Учебник для вузов. / Д. М. Фляте - М.: Лесн. пром-сть, 1988- 440 с.

УДК 631.153

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОГЛЯДУ ЗА ПАРОМ

Дурман Н.М., 5 курс

Науковий керівник

Ігнат'єв Є.І.

Таврійський державний агротехнологічний університет

*У статті наведено обґрунтування конструкції МТА для догляду за паром, використання якої покращить технологію його утримання*

**Постановка проблеми.** Для того щоб врожайність підняти є напрямок пов'язаний з підтримкою пару і висів зернових чи соняшника на пару, але проблема складається з того що в останні роки, роботи ці робились, але робились вони за допомогою звичайних культиваторів, використання яких давало достатньо високі витрати на пальне, витрати на людську працю та інше. Наша робота якраз в першу чергу пов'язана з зменшенням витрат коштів на підтримку пару.

Аналізуючи всі напрямки пов'язані з цим процесом, ми прийшли до висновку, що не потрібно робити глибоку культивування до 10-12 см немає сенсу тому що таким чином висушуємо шар ґрунту. Ми пропонуємо робити обробку на такій глибині щоб не пересушувала ґрунт, така глибина не повинна перевищувати 5-6 см, а це можна дозволити тільки за допомогою барони, а борона убиває бур'яни, тому нами і була запропонована така конструктивна розробка кафедрою МВЗ на базі зчипки С11-У і агрегується такий агрегат з МТЗ-80. Обов'язково на здвоєних шинах.

Такий підхід дозволяє в першу чергу отримати наступну річ, коли ми оброблюємо поверхневий шар не більше 5 см. в період коли велика спека до 40°C, а на поверхні поля вона може досягати до 60°C, виникає різниця температур призводить до того, що виникає точка роси, це коли між шарами тим який висох і який ще не висох виникає волога і звідки починають рости бур'яни, якщо ми будемо проводити такі культивування тоді і пар залишиться і волога збережеться на те щоб восени посіяти пшеницю, врожайність на цих полях значно вища, ніж на тих які не застосовували пар.

Конструкторська розробка проекту передбачала розробку БП-9 з сучасною зчипкою С11-У нами був названий цей агрегат, він складався із причепних засобів для борін в яких було зроблено при варення елементів під кутом 7 градусів, що дозволяє йти йому стійко і підрізати бур'яни на невеликій глибині і отримувати тим самим питомі опори і тим самим з економити витрати палива.

Це приклад існуючої технології підтримки пару та пропозиції удосконалення безпеки життєдіяльності працівників та отримати економічний ефект ми можемо порівняв існуючу технологію підтримки пару, різниця між ними дає отримати приблизно 10-15 грн/га.

В результаті проведення досліджень доведено, що прикочування парових площ з метою збереження вологи недоцільне. Цей захід не сприяє накопиченню вологи та поживних речовин у ґрунті. Він може дати позитивний результат у дуже посушливих умовах за зниження вологості орного шару нижче вологості розриву капілярних зв'язків та пухкого верхнього шару зі щільністю його будови менше 1,0 г/см<sup>3</sup>.

Значного ефекту досягають, коли поверхня поля на 80–85% вкрита післяжнивними рештками. При цьому втрати вологи з ґрунту зменшуються на 20–25%. Це спостерігається за застосування прямої сівби в попередньо необроблений ґрунт. Так, за спостереженнями у навчальному центрі ТДАТУ, запаси продуктивної вологи в паровому полі за п'ятирічного застосування системи становили 105,8 мм, тоді як за традиційної системи — 77,7 мм.

Пар істотно впливає не лише на гідрологічний режим ґрунту, а й на його фіто санітарний стан. Отже, у посівах пшениці озимої найменшу кількість бур'янів спостерігають по па-



ру, у 1,3–1,6 рази більша їхня кількість після гороху і в 2,5–3,4 рази — після інших попередників. Подібно до цього змінювалась забур'яненість і в посівах наступних за пшеницею озимою культур - ячменю та соняшнику.

Попередники також впливають і на видовий склад бур'янів. Так, у наших дослідах у посівах пшениці озимої по пару найбільшу частку - 40–42% становили зимуючі бур'яни, втім після інших попередників їхня частка зменшувалась до 20–32%.

За інтенсивного обробітку ґрунту весною в полі чорного пару швидко активізуються біологічні процеси, нагромаджується велика кількість нітратного азоту внаслідок мінералізації органічних речовин. Це значно покращує поживний режим пшениці озимої.

**Мета роботи.** Розробка сучасного ґрунтообробного знаряддя для поверхневого обробітку.

**Основна частина.** Культиватор БП-9 для суцільного обробітку та міжрядного обробітку ґрунту. Він використовується з метою зниження бур'янів і розпушування ґрунту при її підготовці до посіву, а також для догляду за парами, підрізання бур'янів з одночасним боронуванням на швидкості до 12 км/год.

Агрегатується з тракторами МТЗ-80/82; Т-40С.

У процесі підготовки до роботи здійснюють перевірку справності культиватора, розстановку його робочих органів та встановлення їх на задану глибину ходу, підготовку трактора і з'єднання його з культиватором.

Конструкторська розробка проекту передбачала розробку БП-9 з сучасною зчіпкою С11-У нами був названий цей агрегат, він складався із причепних засобів для борін в яких було зроблено при варення елементів під кутом 7 градусів, що дозволяє йти йому стійко і підрізати бур'яни на невеликій глибині і отримувати тим самим питомі опори і тим самим з економити витрати палива.

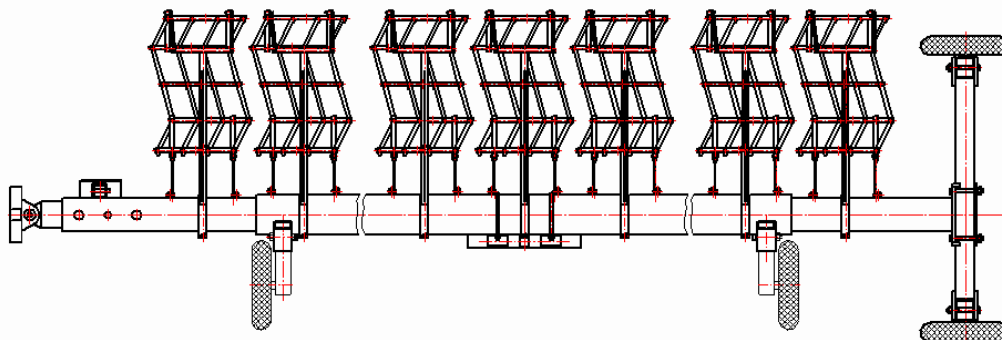


Рис. 1. Загальний вид БП-9

Культиватор БП- 8 призначений для ранньовесняного закриття вологи і культивації ґрунту на полях з рівним і хвилястим рельєфом і ґрунтах, засмічених камінням. Є широкозахватною шарнірно-секційною навісною машиною.

Основні вузли: рама, механізм підйому бічних секцій рами , механізм регулювання глибини ходу робочих органів, змінні розпушуючі робочі органи і пристосування.

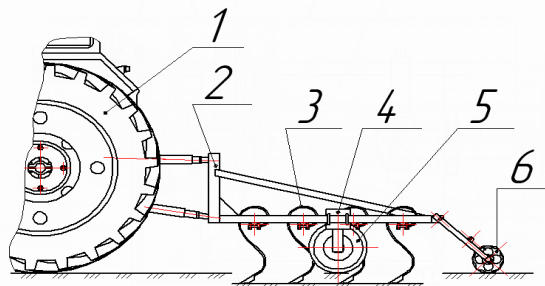


Рис. 2. Культиватор БП-8

Рама звареної конструкції складається з основної, двох проміжних і двох крайніх секцій. Проміжні секції жорстко з'єднані попарно з крайніми, забезпечуючи ширину захвату 8,4 м.

У передній частині основної рами є замок для з'єднання борони з трактором за допомогою автоматичної зчіпки СА- 2 ( СА- 1 ), упори для фіксації бічних секцій в положенні далекого транспорту та механізм підйому секцій рами. Замість бічних секцій до основної рами можна приєднувати надставки, збільшують її ширину захвату на 0,6 м.

Механізм підйому бічних секцій рами , шарнірно закріплений на основній рамі і бічних секціях , складається з розкосів , гідроциліндрів і гвинтових стяжок. Для оберігання секцій від різких ударів при підйомі і опусканні в гідросистемі з боку штока гідроциліндра ставлять дросель.

Механізм регулювання глибини ходу робочих органів складається з опорного колеса з кронштейном , осі кронштейна , закріпленого на рамі скобою , і гвинтової пари , що зв'язує обидва кронштейна.

Глибину ходу робочих органів регулюють обертанням гвинта , який переміщує кронштейн осі колеса щодо рами .

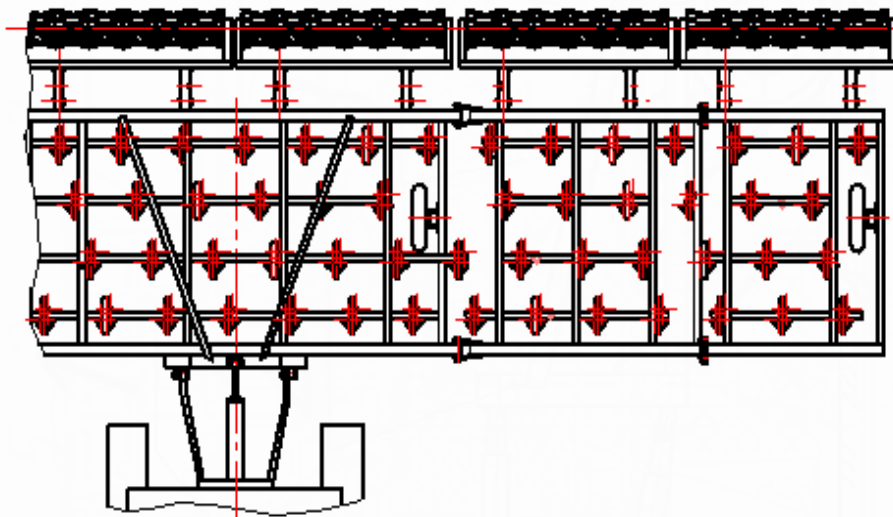


Рис. 3. Культиватор БП-8

Змінні рихлячі робочі органи складаються з S -подібною пружинною стійки , верхній кінець якої за допомогою кронштейна і скоби закріплений на поперечних брусах рами. На нижній кінець стійки кріплять рихлячі лапи з різною шириною захвату . Стійки розташовані на рамі машини в чотири ряди.

Пружинні борінки призначені для вичісування бур'янів і вирівнювання мікрорельєфу ґрунту. Агрегатуються з тракторами Т- 150К, МТЗ-50/52, МТЗ-80/82, ЮМЗ- 6Л/М, ДТ- 75, ДТ- 75М або Т-74, забезпеченими автоматичними зчіпками СА- 2 або СА- 1.

**Висновок:** Дану розробку можна включити до нової технології догляду за парами та оновлення комплексу машин.

#### Список використаних джерел

1. Машиновикористання в землеробстві / В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, П.А.Джолос та ін.; За ред. В.Ю.Ільченко і Ю.П.Нагірного. – К.: Урожай,1996. – 384 с.
2. Практикум із машиновикористання в рослинництві / Навч. посібник // За ред. І.І.Мельника – К.: Кондр.-2004.-284 с.
3. Павлівський В.М. Проектування технологічних систем в рослинництві / Павлівський В.М., Нагірний Ю.П. , Мельник І.І. – Тернопіль: Збруч, 2003.- 264 с.
4. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій , О.М.Погорілець, І.І.Ревенко та ін.; За редакцією В.Д.Гречкосія.- К.:Урожай, 1991.- 400 с.

УДК 631.54

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ДОГЛЯДУ ЗА ВИНОГРАДНИКАМИ В УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АГРОТІС» ПРИАЗОВСЬКОГО РАЙОНУ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Зуєв О.С., 5 курс**

*Науковий керівник*

**Ігнат'єв Є.І.,**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*В результаті проведеної роботи була розроблено та запропонована модернізація обприскувача вентиляторного ОПВ-2000.*

### **Постановка проблеми.**

Виноградарство для півдня України завжди було важливою галуззю агропромислового комплексу. Основні виноградарські регіони України це - АР Крим, Одеська, Херсонська, Миколаївська, Закарпатська і Запорізька області. В Україні найбільшу площу виноградних насаджень налічує Одеська область – 39 тис. га. (46 % від загальної по Україні), Автономна Республіка Крим займає 31,0 тис. га. (37 %), а решта (17,4 %) зосереджена в Миколаївській, Закарпатській та Запорізькій областях.

Втрати, що їх зазнає виноградарство від шкідників і хвороб, дуже великі. По Україні вони обчислюються десятками тисяч тонн щорічного недобору врожаю. Недобір урожаю насаджень винограду від шкідливих організмів може становити до 60%, з них від хвороб – 34%, шкідників – 26%.

Внаслідок пошкоджень винограду знижується якість урожаю: зменшується кількість цукру в ягодах, втрачаються їх смакові якості, транспортабельність, лежкість, а через спотворення знижується і його товарна цінність. Крім того, такі шкідники і хвороби, як філоксера, хрущі, плямистий некроз та ін., призводять до зрідженості насаджень, а іноді до цілковитої загибелі масивів виноградних насаджень у шкілках, на молодих та плодоносних виноградниках. Наприклад, В одній тільки Франції, за тридцятирічний період у другій половині XIX століття філоксера цілком знищила півтора мільйона гектарів виноградників. Величезної шкоди винограду завдають також мільдю, гниль ягід, павутинний кліщик, листокрутки та ін.

Високі врожаї винограду повинні бути отримані не за всяку ціну, а при найменших витратах трудових, енергетичних і матеріальних ресурсів.

Аналіз вирощування винограду в ТОВ «Агротіс» показує, що за останні три роки його площа склала 64 га, а середня врожайність 50 ц/га. Що є досить не поганим показником в нашій місцевості але в цілому біологічна врожайність перевищує позначку 70 ц/га.

**Мета роботи.** Підвищення якості внесення та зменшення витрат робочої рідини шляхом модернізації обприскувача вентиляторного ОПВ-2000.

### **Результати роботи.**

Аналізуючи конструкцію та технічні характеристики обприскувача вентиляторного ОПВ-2000, який застосовується в господарстві для хімічного захисту винограднику від шкідників та хвороб. Було з'ясовано що, дана конструкція обпилювача більш орієнтована на обробку багаторічних високорослих насаджень, тобто садів. За рахунок цього при використанні його на міжряддях винограду відбуваються збільшені затрати робочої рідини, що в свою чергу призводить до збільшення економічних затрат на захист рослин, та в свою чергу впливає не в кращу сторону на навколишнє середовище.

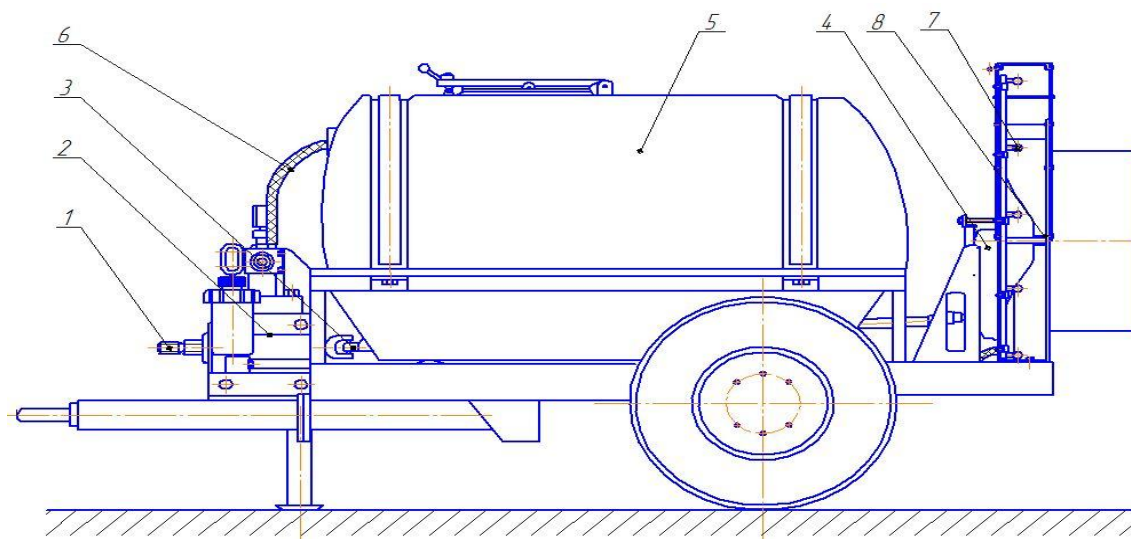
Запропонована модернізація виконана з метою спрямування потоку гербіцидів виключно на листя винограду і тим самим призводить до зменшення витрат робочої рідини на 1 га. Та збільшення робочої швидкості без втрати якості обробітку листви винограду.

Завданням модернізованого обприскувача є підвищення якості обробки насаджень, зниження витрати отрутохімікатів і енергоємності технологічного процесу обприскування.

Розроблена конструкція сільськогосподарського знаряддя для хімічного захисту винограду

Привідний вал (1) приводиться в дію за допомогою ВВП трактора і передає обертальний момент на поршневий насос (2). Далі через другу карданну передачу (3) обертовий момент передається на двоступеневий редуктор (4) приводу вентилятора.

Під час роботи поршневий насос з цистерни (5) через трубопровід (6) подає робочу рідину під тиском до розпилюючого пристрою (7). Де вона потоком повітря який створює вентилятор (8) потрапляє на листя винограду.



1 – привідний вал; 2 – поршневий насос; 3 – карданна передача; 4 – редуктор; 5 – цистерна; 6 – трубопровід; 7 – розпилюючий пристрій; 8 – вентилятор.

Рис. 1. Схема агрегату для хімічного захисту винограду

**Висновок:** Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему агрегату і розташування розпилюючих робочих органів для обприскування винограду.

#### Список використаних джерел

- 1 Гербициды и экологические аспекты их применения: Учебное пособие. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. — 152 с.
- 2 Агротехнические требования на опрыскиватель прицепной. М.: Сельхозиздат, 1985. – 3 с.
- 3 Машини для хімічного захисту рослин/За ред. Кравчука В.І., Войтюка Д.Г. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2010. – с. 184
- 4 Рекомендації щодо побудови системи управління охороною праці на виробництві. Затв. наказом МНС України № 398 від 27.06.2006 р.
- 5 Механизация химической защиты растений П.А. Догода, С.С. Воложинин, Н.П. Догода. - Симферополь.: «Таврия», 2000. - 140 с.

УДК 631.316

## РОЗРОБКА РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ПІДГРУНТОВОГО ВНЕСЕННЯ ГЕРБІЦИДІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СОНЯШНИКУ

**Овчаренко А.Г., студент 4 курсу**

*Науковий керівник*

**Ігнат'єв Є.І., інженер**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*В результаті проведеного аналізу існуючих сучасних машин для внесення гербіцидів обґрунтовано конструкцію робочого органу для підґрунтового внесення робочої рідини під час сівби соняшнику.*

### **Постановка проблеми.**

Соняшник є основною олійною культурою як в Україні, так і у більшості країн Європи. Соняшникова олія – цінний продукт харчової промисловості. Вона відрізняється високими смаковими якостями, використовується у їжу, для виробництва кондитерських виробів, консервів, маргарину. Із соняшникової олії виробляють оліфу та олеїнову кислоту, яка використовується у шерстяній промисловості.

Для отримання високих врожаїв та насіння відмінної якості потрібно весь час слідкувати за досягненнями науки і техніки в даній галузі.

Сучасна технологія включає застосування районованих гібридів, зональної агротехніки, оптимальних доз добрив та засобів захисту рослин, сучасного комплексу машин, високої технологічної дисципліни [1].

Одним з способів підвищення якісних та економічних показників при проведенні операцій по захисту рослин є підґрунтове внесення гербіциду одночасно з посівом.

**Мета досліджень.** Обґрунтувати конструктивно-технологічну схему робочого органу для підґрунтового внесення гербіцидів з метою мінімізації внесення хімічних засобів боротьби з бур'янами.

### **Основні результати досліджень.**

Для ґрунтових гербіцидів, в залежності від їх властивостей, існує три способи внесення [3]:

- обприскування поверхні ґрунту без заробки. Препарат під дією опадів проникає у нижні шари ґрунту;
- внесення гербіцидів на поверхню ґрунту з послідуною їх заробкою ґрунтообробними знаряддями;
- внесення препарату в ґрунт на визначену глибину у вигляді горизонтального екрану (підґрунтове внесення).

В ролі машин для внесення гербіцидів при індустріальних технологіях вирощування сільськогосподарських культур в теперішній час використовується підживлювач-обприскувач ПОМ-630, обприскувач малооб'ємний причіпний штанговий ОП-2000-2-01, обприскувач малооб'ємний монтуємий штанговий ОМ-630-2 та інші. Крім того використовуються обприскувачі зарубіжних фірм “Харді”, “Холдер” та інші. Вказані машини обладнані різними типами робпилювачів: щільовими, плоскофакельними, центробіжними з конічним факелом та дефлекторними [2].

Суцільне поверхнєве обприскування гербіцидами з послідуною заробкою їх ґрунтообробними знаряддями є найбільш розповсюдженим, однак цей спосіб не позбавлений недоліків. До них відносяться: недостатня рівномірність розподілу препарату на оброблювану поверхню, велика полідисперсність розпилу робочої рідини, знесення розпилюваної рідини вітром, погіршення стану навколишнього середовища. Істотне зниження несприятливих факторів, які стосуються поверхневого внесення, можна отримати, застосовуючи підґрунтове внесення гербіцидів. Сутність цього полягає у внесенні гербіциду на задану глибину у ґрунт. Ця

операція проводиться, як правило, з передпосівною обробкою ґрунту чи з посівом. При цьому уся кількість препарату заробляється у ґрунт, краще зберігається волога у верхніх шарах ґрунту.

Для виконання цієї роботи існує декілька типів робочих органів – стрілочасті лапи, плоскорізні та інші.

Ці робочі органи мають ряд негативних моментів. Вони сильно перемішують ґрунт, заважають працювати на глибині 6...8 см та інші.

Одним з найбільш прийнятних робочих органів є стрілочаста лапа-бритва. Вона достатньо стійко йде на заданій глибині, мінімально переміщує ґрунт, є можливість вільного розміщення в потрібній зоні розпилюючого приладу.

Пристрій в комплекті з сівалкою та підживлювачем-обприскувачем агрегується з трактором 1,4...3 класу в залежності від варіанту використовуваної технології і комплектується у відповідності до рис.1.

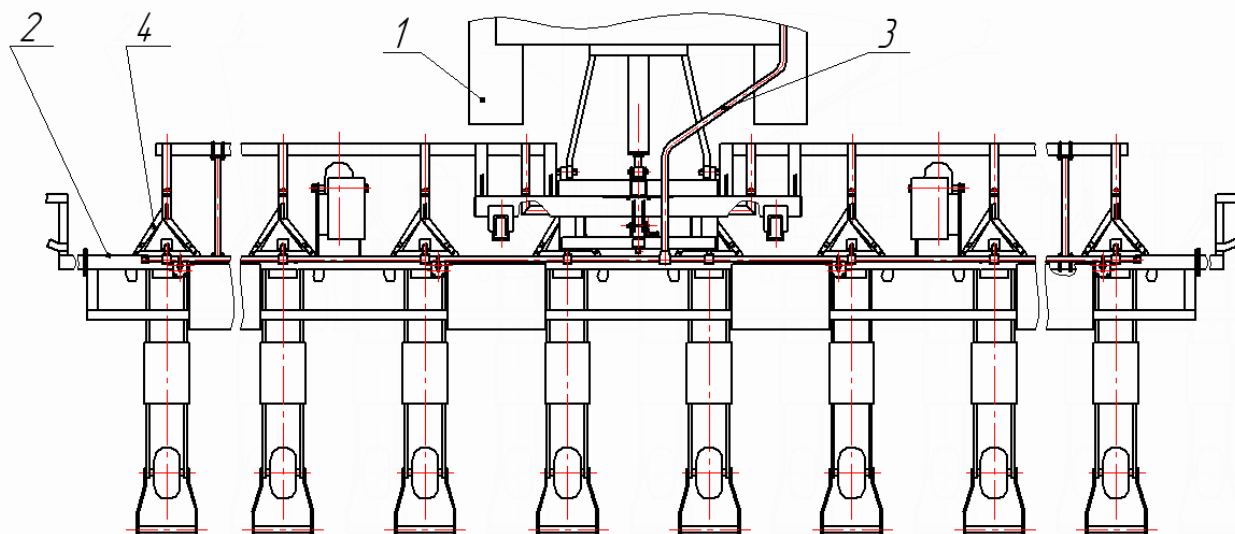


Рис. 1 – Схема комбінованого агрегату для внесення гербіцидів одночасно з посівом: 1 – трактор класу 1,4; 2 – сівалка СУПН-8; 3 – трубопровід для подачі робочої рідини; 4 – лапа для підґрунтового внесення гербіцидів

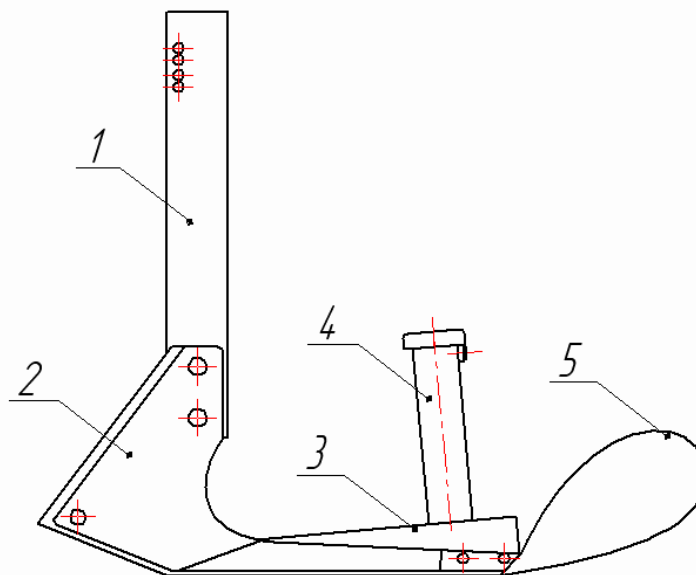


Рис. 2 – Конструкція робочого органу для підґрунтового внесення гербіцидів: 1 – стійка; 2 – лапа-бритва; 3 – кожух; 4 – тримач розпилювача; 5 – підгортач



Конструкція робочого органу (рис.2) складається зі стійки 1 до якої приклепані ліва та права лапи бритви 2, простір між якими закритий кожухом 3, який забезпечує утворення камери для розпилу гербіцидів. До кожуха 3 приварено тримач 4 для монтування розпилювачів різної конструкції. Гербіцид, що розпилюється під кожухом 3 присипається землею, що сходить з нього та додатково прикривається ґрунтом який подається за допомогою підгортачів 5.

**Висновок:** Розроблено просту у виготовленні конструкцію робочого органу для підґрунтового стрічкового внесення гербіцидів під час посіву соняшнику. Це рішення дозволяє знизити витрати праці і засобів захисту рослин та підвищити ефективність дії гербіцидів. Комбінований агрегат для одночасного посіву, внесення і заробки гербіцидів забезпечує продуктивність 1,92 га за годину змінного часу і витрати пального 3,7 кг/га.

#### **Список використаних джерел**

1. Дробот В. І. Економічний довідник аграрника. /В. І. Дробот, Г. І. Зуб, М. П. Кононенко та ін. / За ред. Ю. Я. Лузана, П. Т. Саблука. – К.: "Преса України", 2003. – 800 с.
2. Черевко Г. В. Економіка природокористування / Г. В. Черевко, М. І. Яцків - Львів: Світ, 1995 - 208 с.
3. Никитчин Д.И. Сорные растения и меры борьбы с ними в посевах подсолнечника и клещевина в степи Украины /Д.И. Никитчин. – Запорожье, 1991.

УДК 631.

## ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ КУЛЬТИВАТОРА-РОСЛИНОПІДЖИВЛЮВАЧА

**Осенін Є.А., студент 4 курсу**

*Науковий керівник*

**Чорна Т.С., к.т.н., доцент**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*В результаті проведеного аналізу обґрунтовано конструктивно-технологічну схему культиватора-рослинопідживлювача.*

### **Постановка проблеми.**

Сучасна аграрна наука вчить, що перевагу у виборі засобів і способу боротьби з бур'янистою рослинністю потрібно віддавати механічному перед хімічним. Але успішне рішення задачі по збільшенню валових зборів і підвищенню якості зерна в значній мірі залежить не тільки від боротьби з бур'янами, а й від втрат врожаю від шкідливих організмів. Так за даними досліджень на посівах сільськогосподарських культур «працюють» понад 300 видів шкідників, біля 400 видів збудників хвороб і більш 100 видів бур'янистих рослин. Щорічні втрати від шкідників, хвороб та бур'янів досягають 20...30 % валового урожаю, а по деяким культурам і більше [1,2].

Проведені численні дослідження щодо ефективності і фіто токсичності використовуваних гербіцидів, про вплив їх на мікробіологічні процеси в ґрунті, здійснювалися за двома напрямками: вплив гербіцидів на біологічні процеси в ґрунті, а також метаболізм і детоксикацію їх ґрунтовими мікроорганізмами. Питання актуальне, оскільки необхідно знати, якою мірою застосування гербіцидів чинять на життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів і як це, в свою чергу, впливає на родючість ґрунту та живлення рослин [3,4,5,6,7].

Так, внесення високих доз деяких гербіцидів може призвести до більш тривалого затримання активності ґрунтової мікрофлори. Значні площі ріллі вибувають з господарського використання через різні форми псування землі. Значні витрати на меліорацію часто вже не можуть зупинити цей процес.

Основними причинами втрати частини земельних ресурсів сільського господарства є: - ерозія ґрунту; втрата гумусу і зниження родючості внаслідок неправильної агротехніки; підтоплення і вторинне засолення ґрунту; машинна деградація ґрунту; хімічне і радіаційне забруднення ґрунту [3,4,5,6,7].

Хімічні способи боротьби з бур'янистою рослинністю в сільському господарстві приносять такі негативні явища, як, порушення біологічної рівноваги, зменшення видової різноманітності спільнот тваринного світу та ґрунтових організмів, зниження біохімічних процесів, зміна фізико-хімічних властивостей ґрунту, зниження стійкості ґрунтової екосистеми до несприятливих факторів зовнішнього середовища.

При сучасному рівні хімізації сільського господарства виникає питання про охорону ґрунтів, і в першу чергу в отриманні екологічно чистої продукції.

Серед основних принципів ЕЧП і ведення органічного сільського господарства на етапі виробництва продукції є [8,9,10]:

- обробка земельних угідь, як мінімум, протягом трьох років повинна здійснюватися без застосування хімічних добрив;
- проведення заходів, що запобігають ерозійний процес;
- заборонено використання пестицидів, азот містких та інших хімічних добрив.

Нові умови господарювання, розширення асортименту хімічних засобів, якими обробляються рослини на різних фазах розвитку, високі ціни на них і паливно-мастильні матеріали зумовлюють жорсткі вимоги до технічного рівня машин, їх універсальності, безпечної ек-

платуації з мінімальною собівартістю робіт. Враховуючи такі вимоги, конструкції обприскувачів з року в рік удосконалюються. Тому в останніх конструкціях вітчизняних обприскувачів приділено увагу дистанційному керуванню технологічним процесом, системі ефективної фільтрації, маркерам, міксерам, системі очистки гідросистеми від залишків пестицидів та іншому.

**Мета досліджень.** Обґрунтувати конструктивно-технологічну схему культиватора – рослинопідживлювача з метою мінімізації внесення хімічних засобів боротьби з шкідниками, хворобами та бур'янами.

**Основні результати досліджень.**

Особлива увага приділяється тим робочим органам, від яких найбільше залежить ефективне використання пестицидів, техніка безпеки, екологія навколишнього середовища тощо.

Дослідженнями встановлена залежність прибавки врожайності  $\Delta Q, \%$ , від коефіцієнту  $K_p, \%$ , що характеризує відсоток покриття поверхні оброблюваних рослин (рис. 1). Ця залежність виведена спеціалістами німецької фірми RAU, що вже багато років спеціалізується на машинах хімічного захисту рослин, та якнайкраще зарекомендувала себе на ринках Європи, а також у країнах СНД.

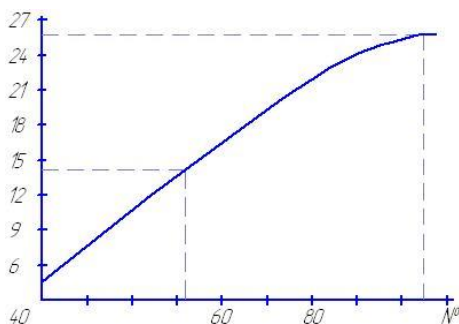


Рис. 1 - Залежність прибавки урожайності від коефіцієнту покриття поверхні рослин

При звичайній схемі розташування розпилювачів на штанзі або на пристосуваннях у вітчизняних обприскувачів коефіцієнт покриття становить близько 70...85% зовнішньої поверхні листової маси та 15...25% внутрішньої (нижньої) поверхні, що в сумі середньо дає коефіцієнт покриття рослини близько 45...55% [11].

З рисунку 1 видно, що збільшення коефіцієнта покриття  $K_p$  з 50%, що є в реальних умовах обприскування, до максимально досяжного, близько  $99^{\pm 0,5}\%$ , дає прибавку врожайності у межах 10...12%. Чого і слід прагнути.

Згідно з технічними умовами на вітчизняні обприскувачі нерівномірність розподілу по ширині захвату, яка виражена коефіцієнтом варіації, не повинна перевищувати 25%. Якщо вона становить 40% (що є в реальних умовах експлуатації машин), то для забезпечення належної якості роботи гектарну норму внесення треба збільшувати на 30%, а при нерівномірності 60% (що буває у випадку невідрегульованої або неправильно відрегульованої машини) - на 70%. Отже, зовсім небажана і екологічно небезпечна перевитрата рідини становить відповідно 30 і 70%. Зменшення ж нерівномірності розподілу рідини на 15...20%, що досягти цілком реально, дає змогу зекономити від 10 до 20% пестицидів, або у грошовому виразі від 30 до 70 грн./га залежно від вартості пестицидів.

*Конструктивно-технологічне рішення культиватора-рослинопідживлювача з пристосуванням для внесення пестицидів.* Заощадити до 50% пестицидів на просапних культурах можна, якщо застосувати їх стрічкове внесення в зону рядка. А для цього необхідно змінити схему розподільчої системи, або внести деякі конструктивні рішення до вже існуючої штангової розподільчої системи, модернізувавши її. В якості аналога візьмемо підживлювач – обприскувач ПОМ-630

Для цього пропонуємо дві конструкції:

- перша - схема культиватора для стрічкового внесення гербіцидів в ґрунт (Рис 2);
- друга - схема культиватора для внесення засобів боротьби з шкідниками та хворобами сільсько-господарських культур (Рис 3).

Представлені схеми (рис. 2 та 3) дозволяють здійснити ці рішення і одночасно збільшити відсоток покриття до максимально можливого, що в свою чергу дозволить виконати умову значного збільшення врожайності.

Перша схема складається із стійки з універсальною стрічковою лапою. Позаду за стійкою встановлено два щілинних розпилювача. Перший - робить сприск хімікату в зону "А" безпосереднього підняття ґрунту, а точніше в зону насінневого ложа. Другий - робить сприск хімікату в ґрунт (зона "Б") який опускається і прикриває насінневе ложа. Таким чином, дуже важливими факторами є відстань між щілинними розпилювачами як по горизонталі так і вертикалі, а також кут розташування розпилювачів по відношенню до ґрунту.

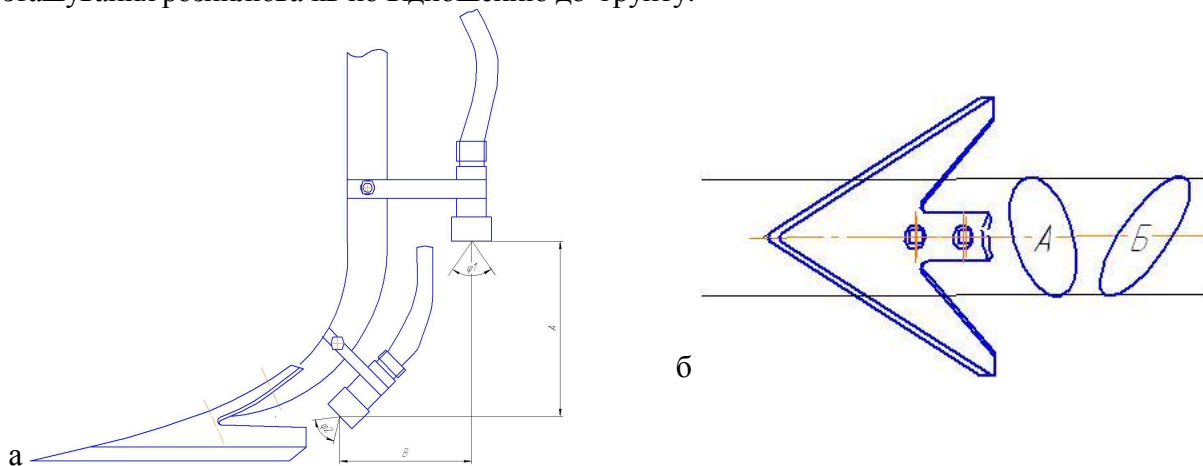


Рис 2 - Технологічно схема культиватора для стрічкового внесення гербіцидів в ґрунт: а - схема розташування щілинних розпилювачів на стійки культиваторної лапи; б - зони внесення гербіцидів: -А - першим розпилювачем; - Б - другим розпилювачем.

Друга схема складається з стійок одnobічних полільних лап до яких кріпляться два щілинних розпилювача. Зони розпилювання хімікату представлено на рис. 3.б. Першим в роботу вступає лівий розпилювач, який під дією тиску відхиляє стебла значно полегшуючи дії другого щілинного розпилювача. Як і першому разі, дуже важливими факторами є відстань між щілинними розпилювачами як по горизонталі так і вертикалі, а також кут розташування розпилювачів по відношенню до рослин.

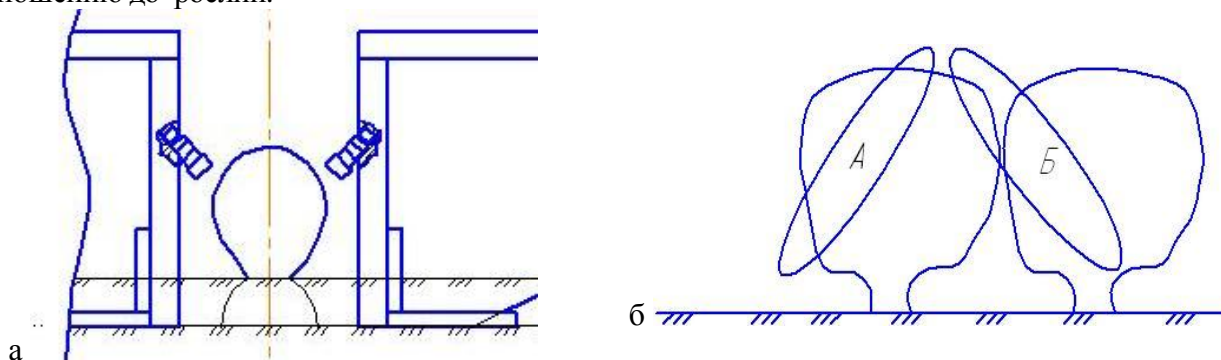


Рис. 3 - Технологічно схема культиватора для внесення засобів боротьби з шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур: а - схема розташування щілинних розпилювачів на стійках культиваторних лап; б - зони внесення гербіцидів: -А - першим розпилювачем; - Б - другим розпилювачем

Робоча рідина до обприскувачів підводиться по напірним шлангам, що з'єднуються у верхнього розпилювача за допомогою хрестоподібного перехідника, який в свою чергу, також напірним шлангом, з'єднується за допомогою скоби-кріплення до колектора (трубопроводу) штанги в місцях, де встановлюються кріплення при звичайній схемі розташування розпилювачів при суцільному обприскуванні посівів. Тобто при застосуванні даної розподільчої конструкції не потрібно ніяких конструктивних змін базової машини. А її потрібно лише до-

обладнати монтуванням розподільчого пристрою двохярусного типу (ПРД) запропонованої схеми, і ми отримаємо машину з дещо кращими показниками якості обприскування при застосуванні даної конструкції на просапних культурах за певних умов. Запропонований пристрій за такою схемою доцільно застосовувати на посівах з шириною міжрядь (А) більше 50см, а так як на практиці сільськогосподарські просапні культури висіваються з максимальною шириною не більше 75см, то ці значення і приймаються за границі діапазону варіювання (А = 50...70см). Відстань розпилювача від оброблюваної поверхні повинна вибиватися таким чином, щоб факел розпилу повністю захоплював цю поверхню, але не перебільшував її границь, щоб уникнути зайвих витрат робочої рідини. Так як величина рослин оброблюваних культур різна, то щоб забезпечити ці умови, вертикальну проекцію кута факелу розпила, а регулюють поворотом розпилювача вздовж його повздовжньої вісі змінюючи кут нахилу факела  $\alpha$ .

Але розміри оброблюваних рослин, як правило, не перевищують: по ширині крони  $b = 20...30\text{см}$  та висоті  $h = 50...70\text{см}$ . А виходячи з цього необхідно такі технологічні розміри даної конструкції, що зможуть задовольнити вищевказаним вимогам та проводити обприскування будь-яких культур, лише застосувавши настройку конструкції на певно задану культуру (враховуючи її форми та розміри).

Отже, враховуючи всі вищевказані умови та кінематичні параметри приймаємо: довжину поперечної планки  $B_1 = 500\text{мм}$ , довжину крайніх планок  $B_2 = 500\text{мм}$ , довжину проміжних фіксуючих планок  $B_3 = 146\text{мм}$ .

**Висновок:** Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему агрегату і розташування розпилюючих робочих органів для передпосівного обробітку ґрунту і уходу за просапними культурами.

#### Список використаних джерел

1. Черевко Г. В. Економіка природокористування / Г. В. Черевко, М. І. Яцків - Львів: Світ, 1995 - 208 с.
2. Правове регулювання захисту сільськогосподарських рослин [http://pidruchniki.com/1589031557515/pravo/pravove\\_regulyuvannya\\_zahistu\\_silskogospodarskih\\_roslin](http://pidruchniki.com/1589031557515/pravo/pravove_regulyuvannya_zahistu_silskogospodarskih_roslin)
3. Константинов В.М. Охрана природы / В.М. Константинов. – М.: Издательство: Академия, 2010. – 240 с.
4. Константинов, В.М. Рациональное использование природных ресурсов и охрана природы // В.М. Константинов [и др.]. – М.: Академия, 2009. – 272 с.
5. Воронков Н.А. Экология : Общая, социальная, прикладная: (Общеобразоват. курс): Учеб. пособие для студентов вузов и учителей / Н.А. Воронков. – М. : Агар: Рандеву – АМ, 1999. – 422 с.
6. Боков, В.А. Геоэкология [Текст]: науч.-метод. книга по экологии / В.А. Боков, А.В. Ена. Симферополь: Таврия, 1996. 384 с.
7. Акимова, Т.А. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник для студентов вузов/ Т.А. Акимова. В.В. Хаскин. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 495 с.
8. Григорьян Б.Р., Николаева Т.Г. и др. Концепция создания системы производства, сертификации и оборота экологически чистой продукции в республике Татарстан. <http://shmain.ru/nauchnye-stati/grigoryan-b-r-nikolaeva-t-g-i-dr-konceptiya-sozdaniya-sistemy-proizvodstva-sertifikacii-i-oborota-ekologicheskii-chistoj-produkcii-v-respublike-tatarstan.html>
9. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др.; под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. - М.: Колос, 2000. - 536 с.
10. Уразаев Н.А. Сельскохозяйственная экология/Н.А. Уразаев, А.А. Вакулин, А.В. Никитин и др. М.: Колос, 2000. - 304 с.
11. Рекомендации по борьбе с сорняками на семенных посевах многолетних трав. – М., Агропромиздат, 1985, -31с. 111111

УДК 637.171

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Мартиненко І.М., 3 курс

Науковий керівник

Коломієць С.М., к.т.н., доцент

E-mail: ksm\_63@mail.ru

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Робота присвячена дослідженню сучасних технологій отримання деталей машин з титану способом тривимірного друку з метою визначення напрямків вдосконалення технології.*

**Постановка проблеми.** Більшість пристроїв тривимірного друку здатні створювати об'єкти самої складної форми з пластмаси і інших полімерних матеріалів. Але останнім часом кількість матеріалів, що використовуються для тривимірного друку, неухильно зростає і включає на сьогоднішній день скло, нержавіючу сталь і лід. Широке поширення цифрових технологій в області проектування (CAD), моделювання і розрахунків (CAE) та механообробки (CAM) стимулювало проривний характер розвитку технологій тривимірного друку. Сьогодні 3D-принтери використовуються в тій або іншій степені практично у більшості областей матеріального виробництва [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Останнім часом технологіям тривимірного друку присвячено багато досліджень. Але залишилося багато питань, пов'язаних із забезпеченням виготовлення деталі саме з того матеріалу, який потрібний замовнику, врахуванням впливу певних технологічних обмежень устаткування для виробництва порошків на хімічний склад матеріалу, забезпеченням достатньої міцності деталей у порівнянні з міцністю деталей, одержуваних традиційними способами і т. і. Отримана тривимірним друком деталь повинна бути не тільки не гіршою, а кращою за традиційно виготовлену або при аналогічних функціональних якостях дешевшою, чим традиційно виготовлена. На даний час на ці питання немає однозначної відповіді [2,3].

**Мета статті.** На сьогоднішній день в провідних країнах Європи, США відбувається стрімкий розвиток технологій одержання деталей машин за допомогою тривимірного друку. В Україні ці технології тільки починають поширюватися, тому мета статті - дослідження сучасних технологій отримання деталей машин з титану способом тривимірного друку з метою визначення напрямків вдосконалення технології.

**Основні матеріали досліджень.** 3D-принтер – пристрій, що використовує метод створення фізичного об'єкта на основі віртуальної 3D-моделі і є однією з форм технології адитивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу. 3D-принтери, як правило, швидші, більш доступні і прості у використанні, ніж інші технології адитивного виробництва. 3D-принтери пропонують розробникам продуктів можливість друку деталей і механізмів з декількох матеріалів та з різними механічними і фізичними властивостями за один процес складання.

Основними технологіями 3D-друку є: лазерна та струменева. Лазерна включає в себе лазерний друк, лазерне спікання, ламінування. Струменева технологія – застигання матеріалу при охолодженні, полімеризація, склеювання або спікання порошкоподібного матеріалу. Тривимірний принтер наносить шар за шаром титановий порошок, а промінь потужного лазера спікає цей порошок у монолітний метал. Спікання – це досить поширений процес перетворення порошку в цільний матеріал з використанням високої температури, але без розплавлення самого матеріалу.

Нові технології завжди викликають зміни в житті людей, причому ці зміни як хороші, так і спірні. Вхідження тривимірного друку в наше життя вирішить купу труднощів але і створить нові проблеми: висока вартість принтерів, зміна ринку, доступність виготовлення зброї.



Тепер став можливим друк виробів складної геометрії, зі спеціальних матеріалів, яких досить багато в авіаційній промисловості, космічній індустрії, енергетичному машинобудуванні і ряді інших галузей. Для цього використовують Ам-технології, «безпосереднього вирощування» виробів, у якості альтернативи традиційним технологічним методам, для виробництва не прототипів або дослідних зразків, а цілком товарної продукції. Причому мотивацією тут є не можливість створити щось унікальне, з незвичайними властивостями, а економічна доцільність. У ряді випадків при об'єктивних розрахунках реальних витрат адитивні технології виявляються менш дорогими, ніж традиційні.

Одним з перспективних напрямків застосування Ам-технологій є виготовлення технологічного оснащення – пристосувань і інструментів для серійного виробництва. Зокрема, виготовлення об'єктів з титану (рисунок 1). Сучасне постіндустріальне виробництво характеризується відносно швидкою зміною продуктів, причому часто міняються не основні компоненти, що визначають функціональні якості продукту, а дизайн – корпусні деталі, елементи декору, що звичайно виготовляються литтям.

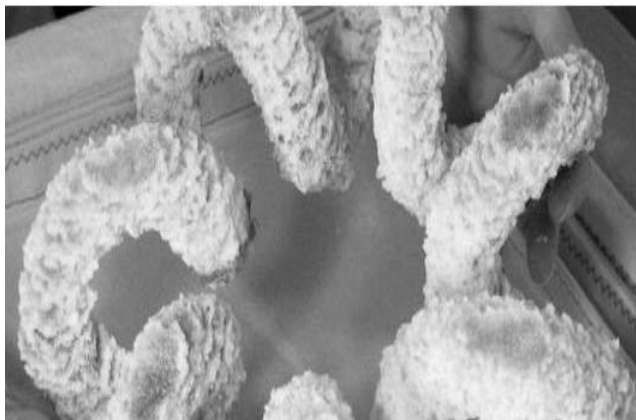


Рисунок 1 – Виріб з титану [3]

Та 3D-друк має ряд позитивних переваг:

- Зміна конструкції багатьох вузлів техніки, так як складність виготовлення не здорожує вузол. Створення деталей з будь-якою внутрішньою структурою. Зміна логістики та постачання, так як деталь будь-якої форми виготовляється на одному принтері замість відправки деталі зі складу.
- Зниження кількості відходів - не буде великої кількості витраченого матеріалу у вигляді стружки.
- Здешевлення створення прототипів і можливості дрібносерійного випуску виробів за прийнятною ціною.

**Висновок.** Нові 3D-принтери з'являються все частіше і технологія удосконалюється. Не виключено, що вже дуже скоро у домашніх умовах можна буде друкувати все, що завгодно. Більш того, вже зараз йде робота над проектом принтера, який сам зможе відтворювати деталі своєї конструкції (RepRap: Replicating Rapid Prototyper – самореplikуючий механізм для швидкого виготовлення прототипів). Технологія 3D-друку в майбутньому обіцяє кардинально змінити всю структуру сучасної промисловості. Фактично мова йде про смерть звичної індустріальної моделі, про смерть фабричного виробництва як такого. Але це стосується лише сфери споживчих товарів. Тому такі галузі промисловості, як добувна та обробна не втраять свого значення, а розробка нових сучасних матеріалів отримає ще більший розвиток. І одним з найважливіших матеріалів майбутнього залишиться титан, чудові якості якого вже добре відомі.

#### **Список використаних джерел.**

- 1 <http://uk.wikipedia.org/wiki/3D-друк>
- 2 <http://news.ukrhome.net/content/1641304/>
- 3 <http://stomaster.livejournal.com/2947611.html>

УДК 637.168

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РАДІАЛЬНОГО КУВАННЯ

Гаврилюк Д.В., 3 курс

Науковий керівник

Коломієць С.М., к.т.н., доцент

E-mail: ksm\_63@mail.ru

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Робота присвячена підвищенню ефективності і економічності технологічного процесу при куванні поковок методом радіального кування на чотирибойковому кувальному пристрої.*

**Постановка проблеми.** Друга половина XIX століття була ознаменована появою гідравлічних кувальних пресів, які стали поступово витісняти молоти з ковальського виробництва. Кування на кувальних пресах здійснюється двома бойками. Але кування мало пластичних і важко деформованих сталей і сплавів двома бойками за традиційною технологією пов'язане з великими труднощами деформації.

У 70-х роках XX століття для багатосерійного виробництва поковок з подовженою віссю стали широко використовуватися радіально-обтискні машини (РОМ) з механічним приводом. Але, невеликі поодинокі обтискування заготовки, обумовлені конструкцією таких машин, є причиною локалізації деформацій переважно в поверхневих зонах заготівлі, а метал в осевій зоні залишається не опрацьованим.

Задачу одержання високоякісних поковок з подовженою віссю методом радіального кування на універсальних кувальних пресах вдалося вирішити за допомогою багатобойкових кувальних пристроїв. Перші подібні пристрої, різні за конструкцією і принципом дії, з'явилися в 80-х роках минулого століття. Найбільшого поширення набув чотирибойковий кувальний пристрій вище описаної конструкції, розроблений українськими та російськими вченими. На сьогоднішній день чотирибойкові кувальні пристрої вітчизняного виробництва не мають аналогів у світі. Вони успішно працюють на промислових підприємствах в Росії, Україні, Іспанії та Китаї [1].

**Мета статті.** Завдяки радіальному куванню на чотирибойкових кувальних машинах, в порівнянні з традиційним куванням двома бойками, зменшуються енерговитрати за рахунок більш економічного способу ведення кування, при якому практично відсутнє бічне розширення металу, а весь деформуємий обсяг металу переміщується при кожному одиничному обтисненні в напрямку поздовжньої осі заготовки. Кількість проходів кування при цьому зменшується в кілька разів.

**Основні матеріали досліджень.** Чотирибойковий кувальний блок - це унікальний кувальний інструмент, який поєднує в собі переваги радіального кування на радіально-кувальних машинах і традиційного кування двома бойками на кувальних пресах (рис. 1) [2]. Він може встановлюватися і закріплюватися на столі будь-якого гідравлічного кувального преса замість звичайних бойків і дозволяє здійснювати чотиристороннє кування злитків і заготовок [3].

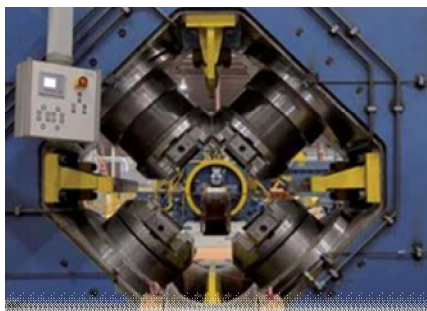


Рисунок 1 - Чотирибойковий кувальний блок

Чотирибойкові кувальні блоки можуть бути оснащені водяною системою охолодження бойків. Крім того, кувальний блок має автоматизовану систему подачі мастила у вузли тертя, управління якою здійснюють з пульта кувального преса. Системи охолодження і мастила дозволяють чотирибойковому кувальному блоку працювати тривалий час (наприклад, при тризмінній роботі преса) без перегріву вузлів тертя і з мінімальним зносом робочих поверхонь бойків. Втрати на тертя при робочих навантаженнях в кувальному блоці становлять не більше 5%.

У них можна кувати злитки і заготовки круглого, квадратного і багатогранного поперечного перерізу. При цьому заготовки можуть бути постійного і змінного по довжині поперечного перерізу. Можуть використовуватися злитки, отримані різними способами, а також попередньо деформовані заготовки (злитки і заготовки можуть бути суцільні і порожнисті, наприклад, труби).

Злитки і заготовки можуть бути з вуглецевих, середньолегованих, інструментальних і високолегованих сталей і сплавів, а також з будь-яких інших ковких металів і сплавів (чорних і кольорових). Отримувані поковки можуть бути круглого, квадратного і прямокутного поперечного перерізу, а також поковки змінного круглого поперечного перерізу.

Радіальне кування має суттєві переваги не тільки в порівнянні з вільною ковкою, але і з процесом прокатки. Якщо уявити поздовжні перерізи по осередках деформації однакових заготовок, то можна помітити, що при радіальному куванні вогнище деформації формується на суттєво більшій поверхні контакту інструмента з заготівлею і охоплює її центральну зону. У порівнянні з валиком прокатного стану бойок РКМ має більш велику довжину контакту із заготівлею і тому її зона формозміни істотно глибша, ніж при прокатці.

**Висновок.** Використання чотирибойкових кувальних пристроїв на гідравлічних кувальних пресах забезпечує наступні переваги в порівнянні з традиційними технологіями кування двома бойками:

- можливість кування мало пластичних і важко деформованих сталей і сплавів обумовлена сприятливим напружено-деформованим станом металу в осередку деформації;
- збільшення продуктивності процесу кування в середньому в 2 рази, завдяки відсутності бокового розширення, а значить меншій кількості ходів преса, яке потрібне для отримання поковки заданого розміру і форми;
- зниження питомих витрат електроенергії на кування, а також витрат енергоносіїв на підігрів металу і зменшення витрат металу в угар;
- підвищена розмірна точність поковок, що дозволяє зменшити в 2-2,5 рази допуски і в 1,5 рази припуски на наступну механічну обробку;
- збільшення виходу придатного металу на 10-12%;
- висока гнучкість в роботі та швидке налаштування обладнання;
- відносно невисока вартість, низькі експлуатаційні витрати і висока надійність кувального пристрою.

#### **Список використаних джерел.**

- 1 [http://metchiv.ru/radialnaya\\_kovka.html](http://metchiv.ru/radialnaya_kovka.html).
- 2 <http://fdforging.com/products/2/video>.
- 3 <http://www.ruscastings.ru/work/168/5618/5657/7678>.

УДК 637.171

## СУЧАСНІ МЕХАНІЧНІ ПЕРЕДАЧІ

Кривцун В.Ю., 3 курс

Науковий керівник

Коломієць С.М., к.т.н., доцент

E-mail: ksm\_63@mail.ru

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Стаття присвячена вивченню сучасних механічних передач, принципу їх роботи, застосування в механізмах, переваг і недоліків поміж інших та ефективності їхнього використання.*

**Постановка проблеми.** Технічний рівень усіх галузей народного господарства в значній мірі визначається рівнем розвитку вітчизняного машинобудування.

Побудова сучасних механізмів, які будуть лідируючими на ринку, обумовлюється використанням високоефективних передач. Проте, розвиток цього напрямку залежить від фінансування. На сьогодні, в Україні не виділяється достатньо коштів для активного розвитку в цьому напрямку, але навіть при цьому, за обсягом валової продукції, машинобудування є провідною галуззю держави [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Йдеться, зокрема, про вагоме значення механічних передач та їхнє вдосконалення для раціонального використання в машинобудуванні, промислових роботах чи побуті.

І сьогодні створюються нові механічні передачі, які мають свої більш вигідні конструктивні особливості і базуються на певному принципі дії, проте основним призначенням механічних передач є узгодження параметрів руху робочих органів машини з параметрами руху вала двигуна [2].

*Мета статті.* Розглянути параметри запропонованих сучасних механічних передач, їх конструктивні особливості, принцип дії, а також механізми з використанням цих передач.

**Основні матеріали досліджень.** Розглянемо механічні пристрої, що перетворюють і передають крутний момент; підвищують кутову швидкість вихідного вала, знижуючи при цьому його обертаючий момент, - мультиплікатори. Поділяються вони на: ручні, пневматичні та гідравлічні.

Прикладом ручного мультиплікатора є гайковий ключ з обмеженням по обертаючому моменту. Мультиплікатори крутного моменту з пневматичним приводом призначені для затягування і відкручування різьбових з'єднань з великим контрольованим крутним моментом в умовах, де застосування електропривода неприпустимо, а використання інструменту з ручним приводом нераціонально. Гідравлічний мультиплікатор – пристрій для підвищення тиску рідини, який складається із двох з'єднаних між собою циліндрів.

Хвильова передача - механічна передача, що передає рух за рахунок циклічного порушення хвиль деформації в гнучкому елементі. Була винайдена в 1959 році американським інженером Массером.

Застосовують хвильові передачі в авіаційній і космічній техніці, в промислових роботах і маніпуляторах, в приводах вантажопідйомних машин, верстатів, конвеєрів та ін., при великих передавальних відношеннях, коли потрібна підвищена кінематична точність і низький рівень шуму. Оптимальне передавальне відношення, яке залежить від матеріалу гнучкого елемента, становить 75...320. Коефіцієнт корисної дії (при передаточному відношенні, рівному 100) становить 0,9.

Цікавим також є те, що існують герметичні хвильові передачі, які можуть передавати обертання в герметизованій порожнині, що знаходиться в хімічно агресивному або радіоактивному середовищі, або в глибокому вакуумі.

Ексцентрово-циклоїдальне зачеплення – зубчасте зачеплення, альтернативне евольвентному, запропоноване російськими інженерами в 2007 році (рисунки 1).

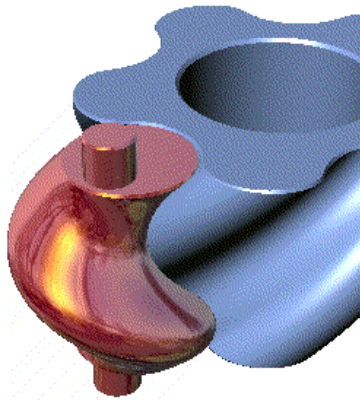


Рис. 1. Ексцентрово-циклоїдальне зачеплення

Зуби ведучого колеса (шестерні) в торцевому перерізі являють собою ексцентрики (повні або усічені), а зуби веденого колеса мають профіль у вигляді циклоїдальної кривої. Виконуються ексцентрово-циклоїдальні зачеплення як: дискове (однозахідне) і гладке (багатозахідне)

До переваг цього зачеплення відносяться:

- висока норма ресурсозбереження – до 7-ми разів можна зменшити масу редукторів при тих же характеристиках;
- пропорційно зниженню металоємності зменшуються і габарити редукторів;
- висока питома потужність – до 5-ти разів в порівнянні з аналогами на ринку;
- мінімізація витрат на ремонт, так як ексцентрово-циклоїдальні редуктори стійкі до перенавантажень;
- редуктори з таким зачепленням можуть замінювати будь-які циліндричні, конічні, черв'ячні і рейкові зубчасті передачі; до 4-х разів знижуються витрати у виробництві.

Цівочний механізм - зубчастий механізм для передачі обертання між паралельними валами, в якому одне з коліс (цівочне колесо) має зуби у вигляді кругових циліндрів - цівок. Перевагою цівочного механізму є те, що цівки можна зробити обертовими щодо своїх осей, при цьому зменшуються втрати в зубчастому зачепленні і знижується знос поверхонь зубів. Можна сказати, що цівочне зачеплення є окремим випадком циклоїдного зачеплення.

У редукторах з елементами планетарно-цівочної передачі дана передача має безліч контактних точок, які забезпечують одночасний розподіл всього робочого навантаження приблизно на половину всіх зубів, тому вона може витримувати миттєве пікове ударне навантаження, яке в 5 разів перевищує розрахунковий крутний момент.

**Висновок.** Враховуючи вищесказане, механічні передачі – це механізми для передачі механічної енергії на відстань, як правило, з перетворенням швидкостей та моментів, якщо це потрібно. Конструктивні особливості механізмів(редукторів) з використанням механічних передач можуть бути різними, в залежності від умов роботи чи поставлених для нього задач.

#### Список використаних джерел

1. *Иванов Н.Н.* Детали машин: учебник для машиностроительных специальностей вузов. -5 изд перераб. / *Н.Н. Иванов.*- М.: Высшая школа, 1991.- 336с.
2. *Решетов Д.Н.* Детали машин.- 4-е изд. перераб. и доп. / *Д.Н. Решетов.*- М.: Машиностроение,1989. - 496 с
3. <http://eenu.edu.ua/uk/vimogi-do-oformlennya-statey>.

УДК. 620.170.3

## УМОВИ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДОВООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Саржан А.С., 4 курс,

Науковий керівник

Дереза О.О., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

**Summary:** are provided in the storage of fresh fruits and vegetables.

Свіжі плоди й овочі належать до найважливіших продовольчих ресурсів, оскільки є одними з основних постачальників в організм людини природних вітамінів, цукру, органічних кислот, харчових волокон, мінеральних та інших цінних речовин, що забезпечують повноцінне харчування й розвиток.

Вітаміни мають винятково високу біологічну активність і потрібні організму в досить невеликих кількостях - від декількох мікрограмів до декількох десятків міліграмів у день. Кожному вітаміну властива специфічна функція в організмі. Все це робить вітаміни незамінними в життєдіяльності клітин.

Овочі і фрукти, які були вирощені в інтенсивних умовах, менш багаті на вітаміни, ніж ті, що вирощуються у звичайних умовах. Якщо прослідити змінення вмісту вітамінів в плодовоовочевій продукції, ми бачимо невтішний результат (таблиця 1).

Таблиця 1 - Поживна цінність продуктів

Погіршення поживної цінності						
Продукти	Мг на 100 г	1985	1996	2002	1985-1996	1985-2002
Шпинат	Магній	62	19	15	-68%	-74%
	Вітамін С	51	21	18	-58%	-65%
Яблука	Вітамін С	5	1	2	-80%	-60%
Банани	Вітамін В6	330	22	18	-92%	-95%
	Кальцій	8	7	7	-12%	-12%
Полуниця	Вітамін С	60	13	8	-67%	-87%
	Кальцій	21	18	12	-14%	-43%
Броколі	Кальцій	103	33	28	-68%	-73%
Боби	Кальцій	56	34	22	-38%	-51%
Картопля	Кальцій	14	4	3	-70%	-78%
Морква	Кальцій	37	31	28	-17%	-24%
	Магній	21	9	6	-57%	-75%

Як ми бачимо з цих таблиць, вміст вітамінів майже скрізь зменшується. Тому для забезпечення населення і переробних підприємств якісною свіжою плодовоовочеву продукцією необхідне крім її виробництва в потрібних обсягах, ефективне збереження.

Основні способи збереження вітамінів в продукції – це сушіння, консервування, замороження, зацукрування.

Зберігають овочі різними способами – від найпростіших стародавніх народних методів (траншеї, підвали, бурти тощо) до найсучасніших сховищ з регулюванням температури, вологості і газового середовища.

Зберігати плодовоовочеву продукцію найкраще у спеціалізованих сховищах (капусто-, коренеплодо- та цибулесховищах), де забезпечено всі умови для підтримання належного режиму. Плоди зерняткових і кісточкових та ягоди краще зберігати у сховищах-холодильниках з газовим режимом. Режими зберігання визначаються фізіологічними особливостями того чи іншого об'єкта зберігання.



Сучасним напрямком удосконалення способів зберігання є обробка плодів та овочів плівкоутворюючими композиціями. Перспективність даного напрямку визнана вченими усього світу.

Одним із способів зберігання та транспортування плодів, ягід та овочів є використання препарату «Фітомаг». Суть нової технології полягає в обробці плодів і овочів газоподібним інгібітором біосинтезу етилену (активний компонент препарату «Фітомаг») в нікчемно низьких концентраціях (0.5 – 1 частина на мільйон). Після обробки плоди і овочі набувають ефективного захисту від негативної дії етилену і здатні тривалий час зберігатися і транспортуватися без втрати якості.

**Висновки.** На практиці треба зберігати партії овочів та плодів різної якості, цільового призначення, терміну зберігання. Для цього використовують багато способів, які підбирають диференційовано. Найкраща на сьогоднішній день технологія зберігання плодів з використанням регульованої атмосфери дозволяє скоротити втрати вітамінів та мінералів у свіжій плодовоовочевій продукції.

#### **Література**

1. Новый метод хранения овощей и фруктов / [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.dengi-v-biznes.ru/proekt-hraninie>.
2. Овощи и фрукты: сохраняем витамины: / [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.greenmama.ua/nid/461671/>.
3. Борисов А.М. и др. Механизация погрузочно-разгрузочных работ в сельском хозяйстве / А.М. Борисов, Г.Т. Мягков, Ю.Н. Липов, М.Н.Фатеев. – М.: Колос, 1974. – 272 с.

УДК 62. 567.1

## СУЧАСНІ МЕХАНІЧНІ НАКОПУВАЧІ ЕНЕРГІЇ

Шрамко Є., 3 курс

Науковий керівник

Михайленко Е.Ю., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

*The comparison results of typical characteristics and properties of different ways  
of energy storing are lighted in the article.*

**Постановка проблеми.** Зараз ми використовуємо переважну кількість енергії в момент її вироблення. А якби людство володіло ефективним накопичувачем енергії, то можна було б запасати енергію про запас, як би передавати її в часі.

**Основні матеріали дослідження.** Сучасні тенденції розвитку багатьох галузей науки і техніки, таких як електроенергетика, електротранспорт, а також поновлювані джерела енергії, ставлять нові завдання запасання електроенергії для поліпшення показників ефективності, якості та стабільності джерел електроенергії. Методи запасання енергії розрізняються по багатьом параметрам, таким як вихідна потужність, кількість енергії, що запасасться, час зберігання, кількість циклів заряд / розряд, вартість, масогабаритні показники, а також за специфікою впровадження. Все це обмежує області їх застосування, а також вимагає уваги при проектуванні енергосистем на їх основі.

Сучасний енергоефективний і високотехнологічний спосіб зберігання енергії є пристрій запасання кінетичної енергії - супермаховик.

Маховик служить для забезпечення виведення поршнів з мертвих точок, більш рівномірного обертання колінчастого валу багатоциліндрового двигуна при його роботі в режимі холостого ходу, полегшення пуску двигуна, зниження короточасних перевантажень при зрушенні автомобіля з місця і передачі крутного моменту агрегатів трансмісії у всіх режимах роботи двигуна.

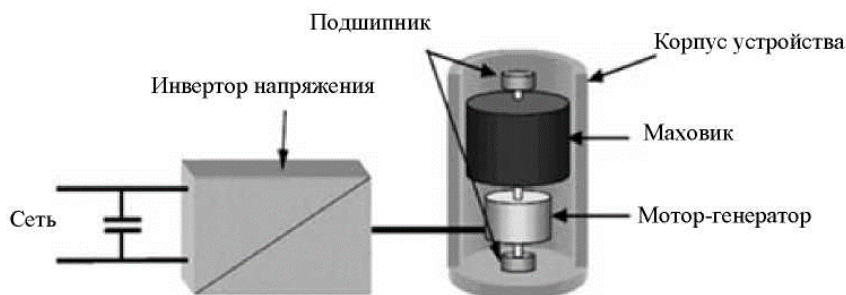


Рис.1. Загальна схема супермаховика

Використовується в машинах, що мають нерівномірне надходження або використання енергії, накопичуючи енергію, коли надходження енергії вище ніж витрата, і віддаючи її, коли споживання перевищує надходження енергії. Також використовується в гібридному двигуні як накопичувач енергії і для рекуперативного гальмування.

Для порівняння супермаховиків з іншими способами запасання енергії необхідно розглянути характерні параметри і особливості сучасних способів зберігання енергії, що використовуються на практиці в різних областях. Розгляд специфічних особливостей супермаховиків, їх переваг і недоліків в порівнянні з іншими способами запасання енергії дозволяє дати деякі рекомендації щодо їх застосування.

Висока ефективність і великий життєвий цикл супермаховика в поєднанні з екологічністю роблять його відмінним компліментарним пристроєм для поновлюваних джерел енергії, таких як вітрогенератори і сонячні батареї. Нерегулярність генерації таких джерел, залежна від зовнішніх факторів, може бути ефективно скомпенсована супермаховиком. Хоро-

ша масштабованість дозволяє створювати пристрої зберігання енергії як для локальних джерел відновлюваної енергії невеликої потужності, так і для великих електростанцій.

Таблиця 1 - Порівняння типових характеристик і властивостей різних способів накопичування та зберігання енергії

Параметри	Система					
	Акумулятор	Супер конденсатор	ГАЕС	Стисле повітря	!!!Понад провідна котушка	Супер маховик
Ефективність, %	70	95	75	85	95	90
Енергоємність, Вт*год/кг	150	15	-	-	200	300
Кількість циклів	103	106	104	104	106	105
Життєвий цикл, лет	3-5	10	20	20	10	20+
Час заряду	рік	сек	рік	рік	хв	хв
Вихідна потужність	середня	висока	дуже висока	дуже висока	висока	висока
Вартість	низька	середня	дуже висока	дуже висока	дуже висока	висока
Масштабованість	висока	середня	низька	низька	середня	висока
Екологічні проблеми	середні	низькі	високі	середні	низькі	низькі

Ще однією рекомендованою областю застосування супермаховиків є електротранспорт та транспортні засоби з гібридними електроустановками. Підвищення ефективності за рахунок рекуперативного гальмування вимагає пристрій для збереження енергії, що здатний часто працювати в режимі заряд / розряд і при цьому підтримувати необхідний рівень енергоємності, надійності та ефективності. Супермаховики можуть успішно використовуватися для цієї мети на сучасних електромобілях, електропоїздах, громадському транспорті, тощо.

Малий час реакції на зміни в мережі і висока вихідна потужність можуть використовуватися для підтримки необхідної якості електроенергії та загальної надійності мережі одночасно з виконанням завдання накопичення енергії.

Розвиток галузей науки і техніки, які стали основною причиною розвитку і поширення супермаховиків, буде сприяти подальшому поліпшенню характеристик і прогресу в даній галузі. Екологічна нейтральність супермаховиків також є важливою перевагою і в майбутньому буде все більше сприяти їх поширенню, разом з поновлюваними джерелами енергії.

**Висновки.** Супермаховики є перспективним способом як запасання енергії, так і поліпшення якості та надійності електророзподільних мереж.

Проходячи через накопичувач, енергія стає ніби екологічніше, безпечніше для навколишнього середовища. Двигуни транспортних машин працюють в цьому випадку набагато рівномірніше, а шкідливість від відпрацьованих вихлопних газів в кілька разів менше, ніж зазвичай.

#### Література:

1. [Електронний ресурс] Сравнительным анализ систем запасания энергии //http://ntv.ifmo.ru/file/article/10359.pdf// Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics 2014, No 4 (92)
2. Артоболевский И.И.– Теория механизмов и машин. – 1988г., 639 стор.
3. Теория механизмов и машин под редакцией Прологов. – 1987г., Москва, ВШ, 450 стор.;
4. А.С. Кореняко Курсовое проектирование по Теория механизмов и машин Москва, Машиностроение – 357 стор..

## **Секція 2**

# **Розробка засобів по підвищенню надійності та ефективності енергозабезпечення вироб- ничих процесів в агровиробництві**

УДК 621.316.933

## ЗАХИСТ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ВІД ПЕРЕНАПРУГ

Костюк М., магістрант

Науковий керівник

Коваленко Л.Р. к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

E-mail: rita.kostyuk.92@mail.ru

E-mail: buffon97@yandex.ru

У статті розглядається пристрій для захисту від перенапруг.

**Постановка проблеми:** Неможливість збереження постійної величини іскрового проміжку в складних погодних умовах, наприклад при «танці проводів», поривах вітру і т.д. через те, що один з електродів (лінійний) закріплюють на схильному коливанням дроті.

**Аналіз останніх досліджень:** Було розглянуто відомі пристрої. Кожен з них має свої переваги та недоліки. [1, 2].

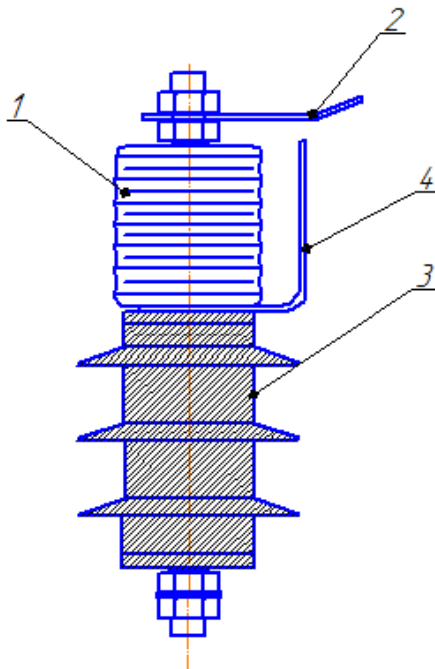
**Мета статті:** Рекомендація більш ефективнішого пристрою для захисту від перенапруг.

**Основні матеріали дослідження.** Наведений нижче прилад (Фіг. 1, 2) дозволяє захистити ВЛ від перенапруг [3].

Пристрій містить обмежувач перенапруг з нелінійним оксид-цинковими резисторами, фарфоровий ізолятор і два електроди для формування іскрового проміжку, один з яких лінійний, згідно запропонованої корисної моделі в активній частині розрядника встановлено притискні пластини та петлі, послідовно і співвісно з фарфоровим ізолятором встановлені варисторні елементи, а також сполучні та перехідні деталі.

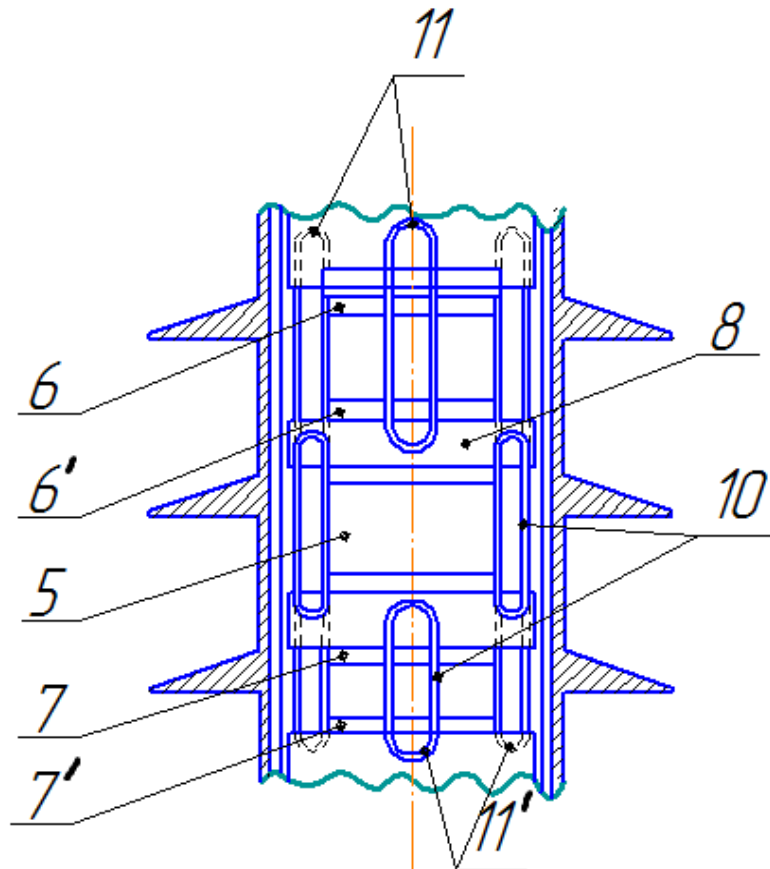
Збірку пристрою здійснюється таким чином.

Пристрій для захисту від перенапруг (Фіг.1) містить фарфоровий ізолятор 1 на якому закріплений лінійний електрод 2, активна частина розрядника 3 послідовно сполучений з фарфоровим ізолятором 1, між ними закріплений другий електрод 4.



Фігура 1- Загальний вид пристрою для захисту від перенапруг.

Активна частина розрядника (Фіг.2) містить циліндричні варисторні елементи 5, притискні пластини 6, 6', 7, 7', сполучні елементи 8, перехідні елементи 9 у вигляді шайб, петлі 10, пази 11, 11'.



Фігура 2- Активна частина розрядника.

**Висновок:** Застосування запропонованого пристрою дозволяє підвищити надійність приладу, а також знижує загальну собівартість, який можна виготовляти простим та економічним способом також при великій габаритній висоті, що складає єдину цілісно зібрану конструкцію, яку в зборі монтують на опорі лінії електропередачі, що знижує трудомісткість установки пристрою на опорах ПЛ.

#### Список використаних джерел

- 1 Авторское свидетельство СССР № 640281, МПК G05F1/22 // H02P13/06, Опубл. Бюл.№48, 1978 р.
2. Патент на корисну модель України № 34995, кл. H02H3/20, 26.08.2008, Бюл. №16, 2008 р
3. Заявка на корисну модель, кл. H02 H 3/20.

УДК 621.315.175

## РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ СКИДАННЯ ОЖЕЛЕДЯНИХ ВІДКЛАДЕНЬ З ЛЕП

Вялкова А. О., магістрант

Науковий керівник

Коваленко Л.Р., к.т.н. доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

E-mail: alena\_vyalkova@mail.ru

E-mail: buffon97@yandex.ru

У статті розглядаються пристрій для скидання ожеледяних відкладень з ЛЕП.

**Постановка проблеми:** Проблема боротьби з обмерзанням проводів ліній електропередач загальновідома і особливо актуальна в регіонах з високою вологістю і низькими температурами, так як висока вологість, вітри, різкі перепади температури повітря сприяють інтенсивному льодоутворенню на проводах повітряних ліній з відповідними небажаними наслідками у вигляді обривів проводів, тросів, руйнування арматури, ізоляторів і навіть опор повітряних ліній. Це призводить до значних економічних збитків.

**Аналіз останніх досліджень:** Відкладення ожеледі становлять велику небезпеку для стабільного енергопостачання та нормальної експлуатації повітряних ліній електропередачі. Як для попередження відкладень так і для боротьби з ними існує декілька відомих пристроїв та приладів. Кожен з них має свої переваги та недоліки. [1, 2].

**Мета статті:** Рекомендація більш ефективнішого пристрою для автоматичного скидання ожеледяних відкладень з ліній електропередач (ЛЕП).

**Основні матеріали дослідження.** Наведений нижче прилад (Рис.1, 2) дозволяє скидати ожеледяні відкладення з ліній електропередач (ЛЕП), має просту конструкцію, може встановлюватись на проміжних та кінцевих опорах [3].

Пристрій має траверсу, до якої приварена труба прямокутного перерізу, штирьовий ізолятор з гаком, виконаним прямокутним перерізом та з круговою різьбою наприкінці гаку, елемент для імпульсного струшування, який закріплений на траверсі фіксуючою гайкою та виконаний у вигляді сферичної віброуючої мембрани з осьовим отвором, розміщеним між гайкою й траверсою і зверненої до траверси увігнутою стороною.

Пристрій працює наступним чином:

Спочатку провід 1 просто закріплюється на ізоляторі 3, і механічний ланцюг складається з елементів 3, 4, 7, 8, 9 збирається за недеформованою мембрані 7. Далі, загортанням гайки 8 здійснюється деформація мембрани 7 на початкове, монотонне її положення, в результаті чого здійснюється номінальне значення натягу проводів 1, обумовлений для лінії електропередачі за необхідної стрілі провисання за допомогою монтажних таблиць, після чого гайка 8 фіксується.

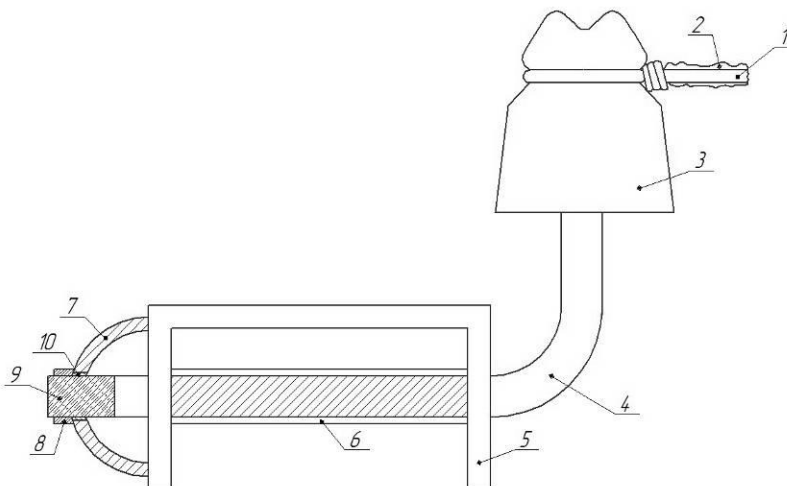


Рисунок 1 - Вид збоку пристрою для скидання ожеледяних відкладень з ЛЕП



При наростанні ваги ожеледяних відкладень 2 на проводі 1 збільшується його натяг і, відповідно, тиск ліворуч з опуклої сторони на мембрану 7, супроводжується збільшенням монотонної деформації останньої. При досягненні вагою відкладень 2 максимально допустимих значень, що визначається гранично з релейним збільшення прогину. Такий удар призводить до імпульсного струшування проводу 1 і, відповідно, до повного або часткового скиду ожеледяних відкладень 2 з проводу 1. Навантаження на мембрану 7 при цьому різко зменшується, і вона також ударом повертається у вихідний опуклий стан. При цьому пристрій знову готовий до роботи при повторному появі відкладень 2 на проводах 1.

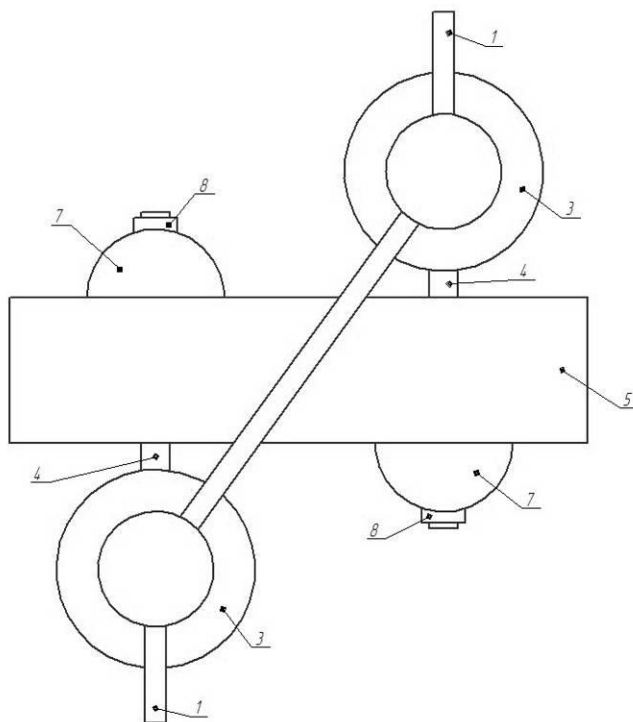


Рисунок 2 - Вигляд зверху пристрою

У разі виникнення відкладень 2 і вітрових збурень, тобто, небезпечних коливальних режимів проводів, який при ударі мембрани 7 забезпечує практично миттєвий зрив коливального режиму. Підбір конструктивно-технологічних параметрів мембрани 7 досить простий, так, як кордони монотонного положення характеристики і зусилля удару не критичне, тобто, їх величини можуть бути обрані досить приблизно.

Для надійного скидання ожеледяних відкладень з ЛЕП треба встановити по два пристрої на одну фазу, пристрої з'єднуються за допомогою проводу, який трохи провисає, але не торкається траверси.

**Висновок.** Застосування запропонованого пристрою дозволяє автоматично скидати ожеледяні відкладення з ліній електропередач, дозволяє уникнути руйнуванню опор, має просту конструкцію.

#### Список використаних джерел

1. Патент №2504880 Пристрій для скидання ожеледних відкладень з проводів ліній електропередачі/ Білий Д.М. (RU).
2. Заявка на корисну модель № у 2014 15003 подана 25.11.2014 Пристрій для скидання ожеледних відкладень з ЛЕП / Л.Р. Коваленко, О.І. Коваленко. А.О. Вялкова.

УДК 628.12:621.3

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С АВТОНОМНЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Ревуненков А.В., магистрант

e-mail: Rabish123@mail.ru

Научный руководитель

Журавель Д.П., к.т.н., доцент

Таврический государственный агротехнологический университет

В работе представлен метод повышения эффективности функционирования системы водоснабжения с автономным источником электроснабжения.

**Постановка проблемы.** Работа дизель-генератора в пусковом режиме с соизмеримыми по мощности электроприводами водяных насосов требует большого запаса мощности дизельного двигателя. Решить проблему запуска привода пытаются на основе применения устройств плавного пуска двигателя и преобразователей частоты. Более эффективным является применение частотного управления электроприводом на основе синхронизации управления частотой вращения двигателя и током возбуждения генератора, что позволит не только стабилизировать давление в водопроводной сети, но и значительно снизить расход топлива и необходимую мощность энергетической установки. На сегодняшний день подобные устройства для электроснабжения насосных установок от АИЭ отсутствуют. Поэтому их разработка является актуальной задачей.

**Формулировка целей.** Целью данной статьи является повышение эффективности функционирования системы водоснабжения с автономным источником электроснабжения на основе стабилизации давления путем совершенствования системы регулирования топливоподачи дизельного двигателя.

**Основные материалы исследования.** Экспериментальная установка предназначена для автоматизированного исследования, оптимизации режимов работы и параметров разработанного макетного образца регулятора.

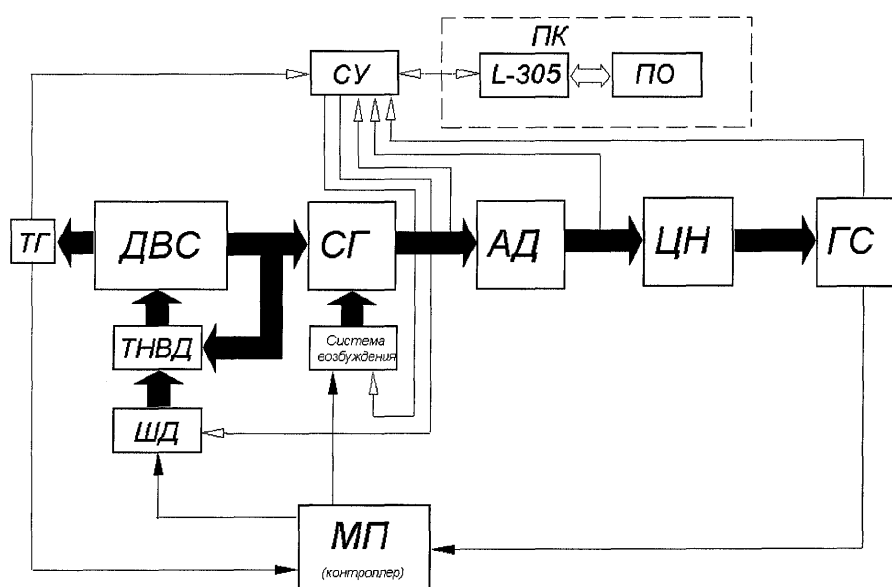


Рис.1. Структурная схема экспериментальной установки

В список задач, решаемых с помощью экспериментальной установки, входит подтверждение адекватности разработанной математической модели; оптимизация алгоритма стабилизации частоты вращения дизеля; оптимизация алгоритма стабилизации давления в системе

водоснабження; оптимізація параметрів регулятора; дослідження впливу параметрів регулятора на динаміку системи; оцінка якості регулювання; дослідження затрат палива на перехідних режимах.

На структурній схемі можна виділити наступні основні об'єкти:

- мікропроцесорне пристрій МП (контролер);
- дизель ДВ С марки Д21;
- паливний насос високого тиску ТНВД марки НД-2112;
- виконавчий механізм - шаговий двигач ШД типу ДШИ-200-1- 1 с редуктором;
- погоджуючий пристрій СУ (використовується при управлінні від ПК);
- синхронний генератор СГ марки ОС-71-У2.1М2001 з блоком регулювання напруги;
- асинхронний електродвигач АД марки А02-52-2У3;
- центробежний насос ЦН марки К90/35;
- гідравлічну мережу ГС, що дозволяє моделювати зміну витрати води у споживача;
- первинні перетворювачі (частоти обертання, тиску, струму, напруги, витрати);
- персональний комп'ютер ПК, до складу якого входить програмне забезпечення ПО і плата аналогово-цифрового і цифро-аналогового перетворення Б-305.

Установка працює наступним чином. Дизель ДВС за допомогою карданного з'єднання приводить до обертання синхронний генератор СГ. Параметри напруги СГ визначаються частотою обертання вала ДВС і струмом збудження, задаваними системою збудження. Роль навантаження СГ грає АД, що приводить до обертання ЦН. Відповідно до прийнятого закону частотного управління робоче колесо ЦН обертається з певною швидкістю. У зв'язі з цим у гідравлічній мережі ГС створюється той чи інший напір. При зміні витрати в ГС змінюється тиск, сигнал про який надходить на МП. МП, виконуючи задану програму, виробляє два керуючі впливи: на систему збудження СГ і на ТНВД системи паливоподачі ДВС. Відповідно до керуючого впливу від МП ШД змінює положення відсічної муфти ТНВД. Це тягне за собою зміну частоти обертання ДВС і робочий цикл повторюється.

Мікропроцесорний регулятор представляє собою сукупність таких основних блоків, як мікропроцесор, багатоканальний пристрій введення даних від різних датчиків, підсилювач для управління шаговим двигачем і підсилювач системи збудження генератора.

Таблиця 1 - Основні параметри порівнюваних мікропроцесорів

Мікропроцесор	Виробник	ПЗУ, Кб	ОЗУ, б	АЦП	ЦАП/ШИМ	F, МГц	Пит, В	Примітка
PIC16F877-20I/P	MicroCHIP	8	368	8x10 бит	ШИМ	20	4-5,5	Корпус 40 виводів
AT90S/LS4433	ATMEL	4	128	6x10 бит	ШИМ	8	2,7-6,0	Корпус 28 виводів
M3Q6NOFCTFP	MITSUBISHI ELECTRIC	256	10240	-	-	16	5,0	Корпус 100 виводів

Як видно, за технічними параметрами мікропроцесори порівнювані. Була обрана модель PIC 16F877-20I/P, як маюча наступні переваги:

1. Цей мікропроцесор дешевше аналогів за порівнюваними параметрами.

2. Данная линия микропроцессоров развивается, т.е. фирма выпускает новые модели с улучшенными характеристиками, что позволит в будущем решать на данной платформе более сложные задачи.

3. Фирма «MicroCHIP» имеет представительство в Украине.

4. Имеется достаточно полная документация по микропроцессору и его программированию; в настоящее время продолжается перевод документации на русский язык.

Микропроцессор PIC16F877-20I/P - быстродействующий flash микроконтроллер, обеспечивающий возможность высокой гибкости настройки оборудования при проектировании, содержит 8192x14 слов программной flash памяти; 256 байтов памяти данных; 368 байтов пользовательской RAM. PIC16F877 также характеризуется встроенным 8-канальным 10-битовым аналого-цифровым преобразователем. Периферийные устройства включают два 8-битовых таймера, один 16-битовый таймер, Watchdog таймер, Brown-Out- Reset (BOR), In-Circuit-Serial Programming™, USART типа RS-485 для передачи данных приложениям, и I2C™ или SPI™ шины для расширения периферии. Многоканальное устройство ввода данных от различных датчиков предназначено для передачи информации микропроцессору от датчика частоты вращения коленчатого вала дизель-генератора и от датчика давления в водопроводной сети. Помимо этого данное устройство позволяет передавать микропроцессору управляющие сигналы: на включение/выключение системы, переключение режимов работы регулятора и др. Усилитель для управления шаговым двигателем предназначен для согласования слабых выходных цепей микропроцессора и сильноточных (до 2 А при напряжении 24 В) цепей шагового двигателя. В соответствии с выработанным микропроцессором управляющим воздействием данное устройство коммутирует фазы шагового двигателя, подавая на них управляющие напряжения, что приводит к перемещению топливodoзирующего органа топливного насоса.

Усилитель системы возбуждения генератора предназначен для согласования слабых выходных цепей микропроцессора и сильноточной цепи обмотки возбуждения генератора. Микропроцессор подает на вход усилителя напряжение, пропорциональное требуемому заданным законом частотного управления току возбуждения. По этому напряжению усилитель выставляет требуемый ток в обмотке возбуждения генератора.

**Выводы.** Анализ состояния вопроса показал, что одним из перспективных направлений повышения эффективности функционирования систем водоснабжения сельскохозяйственных предприятий с автономными источниками электроснабжения является применение новых принципиальных схем регулирования топливopодачи дизель-генераторов в зависимости от изменения давления в водопроводной сети.

#### **Список использованных источников**

1. Гельфейнбейн С.П. Основы автоматизации сельскохозяйственных агрегатов / С.П. Гельфейнбейн. - М.: Колос, 1975.-383 с.

2. Насосы и насосные станции / В.Ф. Чебаевский, К.П. Вишневский, Н.Н. Накладов, В.В. Кондратьев. - М.: Агропромиздат, 1989.-416 с.

3. Турк В.И. Насосы и насосные станции / В.И. Турк, Минаев А.В., Карелин В.Я.. Учебник для вузов. - М.: Стройиздат, 1976. - 304 с.

4. Аракелян А.К. К динамике режимов пуска и останова электропривода турбомеханизмов / А.К. Аракелян, А.В. Шепелин. – М.: Электричество - 1998. - №8-С.35-42.

УДК 621.313.333.2:62-97

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПЕРЕГРУЗОЧНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Минза Д.В., магистрант

e-mail: stones@ukr.net

Научный руководитель

Курашкин С.Ф., к.т.н., доцент

Таврический государственный агротехнологический университет

*В статье рассмотрен вопрос влияния температуры окружающей среды на допустимое время работы асинхронного электродвигателя при перегрузке и рекомендации при выборе уставки срабатывания устройств защиты и диагностирования аномальных режимов работы электродвигателей.*

**Постановка проблемы.** В качестве приводов технологического оборудования, как правило, используются асинхронные электродвигатели с к.з. ротором. Поэтому надежность рабочей машины в большей мере зависит от надежности электродвигателя. Надежность представляет собой важный технико-экономический показатель качества электрической машины и определяет ее свойство безотказно выполнять возложенные на нее функции с неизменными техническими характеристиками на протяжении заданного промежутка времени при определенных условиях эксплуатации. Асинхронный электродвигатель имеет достаточно высокую надежность, однако, из-за специфических условий эксплуатации, режимов работы, неверного выбора или скрытых дефектов случается выход их из строя. Как следствие – отказ электродвигателя приносит ощутимый материальный убыток.

Температура окружающей среды является важным фактором воздействия на эксплуатационную надежность асинхронного электродвигателя, поскольку влияет на тепловой износ изоляции обмотки статора двигателя. Расчетной температурой относительно которой принято считать превышение температуры окружающей среды принято значение  $\vartheta_p = 40$  °С. Как правило, при номинальной нагрузке электродвигателя и температуре окружающей среды до величины  $\vartheta_p$  допустимый тепловой износ изоляции не превышает нормативного значения. Однако в сочетании с возникающими по разным причинам токовыми перегрузками электродвигателя возможен повышенный тепловой износ изоляции даже при температурах значительно ниже значения 40 °С, что приводит к его преждевременному выходу из строя.

Для предотвращения выхода электродвигателя из строя применяются устройства защиты и функциональной диагностики. В основе принципа их работы лежат различные методы, однако устройство защиты должно отключить электродвигатель раньше чем превышение температуры обмотки статора достигнет допустимого значения  $\tau_{дон}$  независимо от кратности нагрузки  $k$ . Эта зависимость  $\tau_{дон} = f(k)$  представляет собой перегрузочную характеристику [1]. Важно установить влияние на нее температуры окружающей среды для обеспечения правильной работы устройств защиты, повышающих надежность асинхронных электродвигателей.

**Постановка задания.** Задачей исследования является установление влияния температуры окружающей среды на перегрузочную характеристику асинхронного электродвигателя с формулировкой последующих рекомендаций требований к устройствам, обеспечивающим их защиту.

### Основные материалы исследования.

Значительная часть процессов, влияющих на надежность электродвигателя, ведет к превышению температуры его изоляции, что, в свою очередь приводит к ее старению. Температура обмотки влияет на состояние сопротивления изоляции электрической машины и определяет срок ее службы.

Уравнение нагрева электродвигателя [2] имеет вид:

$$\tau = \tau_y \left( 1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \tau_0 e^{-\frac{t}{T}}, \quad (1)$$

где  $\tau_y$  – установившееся превышение температуры электродвигателя, °С;  
 $t$  – текущее время, с;  
 $T$  – постоянная времени электродвигателя, с;  
 $\tau_0$  – начальное превышение температуры электродвигателя, °С.

Если задаться допустимым значением превышения температуры обмотки электродвигателя  $\tau_{don}$ , то при большей кратности тока нагрузки, превышение температуры достигнет за меньшее время.

Найдем выражение для расчета этой зависимости, для чего в (1) подставим значения  $\tau = \tau_{don}$ ,  $t = t_{don}$ ,  $\tau_0 = 0$ :

$$\tau_{don} = \tau_y \left( 1 - e^{-\frac{t_{don}}{T}} \right), \quad (2)$$

откуда

$$t_{don} = T \ln \frac{\tau_y}{\tau_y - \tau_{don}}. \quad (3)$$

Установившееся превышение температуры электродвигателя с учетом влияния температуры окружающей среды [2]:

$$\tau_y = \tau_n \frac{a + k^2(1 + \alpha(\vartheta_{cp} - \vartheta_p))}{a + 1 - \alpha\tau_n k^2}, \quad (4)$$

где  $a$  – коэффициент потерь электродвигателя;  
 $k$  – кратность нагрузки;  
 $\alpha$  – температурный коэффициент, 1/°С;  
 $\vartheta_{cp}$  – температура окружающей среды, °С;  
 $\vartheta_p$  – расчетная температура проводников, °С;  
 $\tau_n$  – номинальное превышение температуры электродвигателя, °С.

В свою очередь, коэффициент потерь электродвигателя

$$a = \frac{\Delta P_n}{3\gamma_{1n} I_n^2} - 1, \quad (5)$$

где  $\Delta P_n$  – потери активной мощности в электродвигателе в номинальном режиме [3], Вт;

$\gamma$  – коэффициент, учитывающий потери активной мощности в обмотке ротора;

$r_{1n}$  – активное сопротивление фазы обмотки статора, Ом;

$I_n$  – номинальная сила тока электродвигателя, А.

Потери активной мощности в электродвигателе в номинальном режиме

$$\Delta P_n = \frac{P_{2n}}{\eta_n} - P_{2n}, \quad (6)$$

где  $P_{2n}$  – номинальная мощность электродвигателе, Вт;

$\eta_n$  – номинальный к.п.д. электродвигателе.

Кратность действующего значения силы тока нагрузки электродвигателя

$$k = \frac{I}{I_n}, \quad (7)$$

где  $I$  – текущее действующее значения силы электрического тока, А;

$I_n$  – номинальное действующее значения силы тока двигателя, А.

Допустимое превышение температуры обмотки электродвигателя

$$\tau_{don} = 1,05 \cdot \tau_n. \quad (8)$$

С учетом изложенного выше алгоритма рассчитываются перегрузочные характеристики электродвигателя  $\tau_{don} = f(k)$  при различных значениях температуры окружающей среды  $\vartheta_{cp}$ . В качестве примера на рис. 1 приводятся перегрузочные характеристики двигателя АИР180М4УЗ, номинальная мощность которого составляет  $P_{2n} = 30$  кВт.

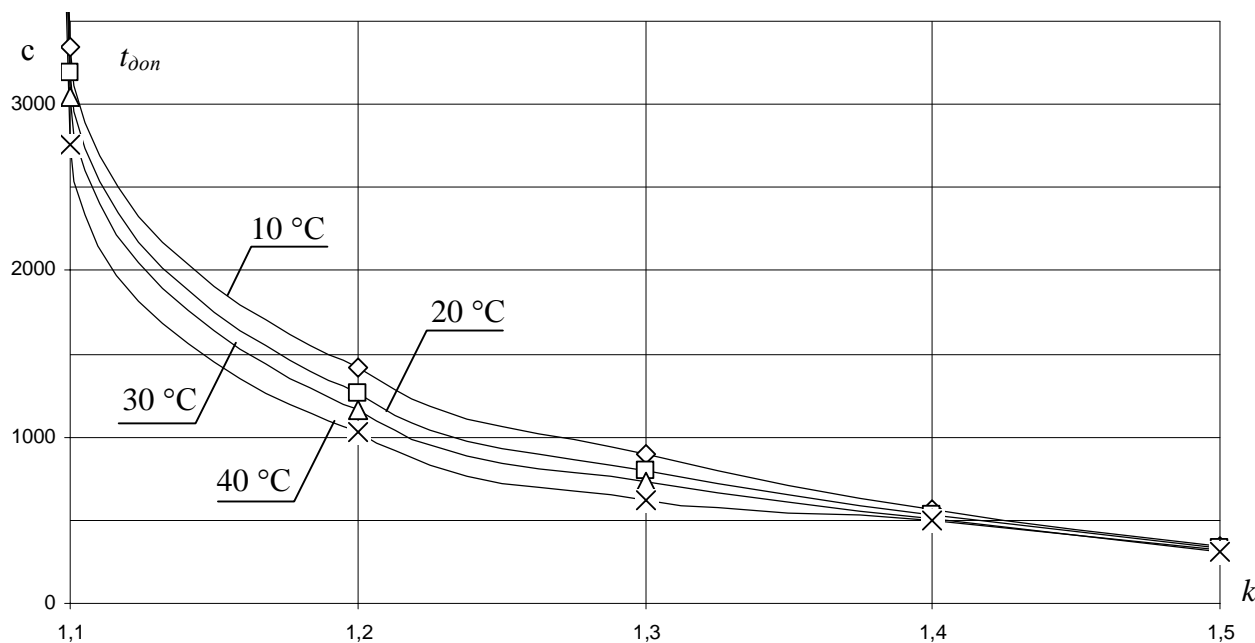


Рис. 1. Перегрузочные характеристики электродвигателя при различной температуре окружающей среды ( $\vartheta_{cp} = 10, 20, 30, 40\text{ °C}$ )

**Вывод.** Как видно из полученных зависимостей  $\tau_{don} = f(k, \vartheta_{cp})$  при меньшей температуре окружающей среды допускаются большие перегрузки. Так, разница допустимого времени работы  $t_{don}$  при  $\vartheta_{cp} = 10\text{ °C}$  и  $\vartheta_{cp} = 40\text{ °C}$  и кратности не выше  $k = 1,25$  достигает 200-300 с. Т.о. можно допустить 5% перегрузку на каждые  $10\text{ °C}$  при температурах окружающей среды ниже  $40\text{ °C}$  и ввести данную коррекцию при расчете времени срабатывания устройства защиты и диагностирования режимов работы электродвигателей. При больших перегрузках разница практически отсутствует и коррекция по температуре может не вводиться.

#### Список использованных источников.

1. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В. Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168 с.
2. Мусин А.М. Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты / А.М. Мусин. – М.: Колос, 1979. – 112 с.
3. Асинхронные двигатели серии 4А; Справочник / [А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская]. – М.: Агропромиздат, 1982. – 504 с.



УДК 621.316.99

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСТУ ВІД ОДНОФАЗНИХ ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ

Костюк М. О., магістрант

Науковий керівник

Адамова С.В., асистент

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: Semya-315@mail.ru

e-mail: adamova\_sv@ukr.net

У статті розглядається один із пристроїв захисту мережі з ізольованою нейтраллю з метою захисту від однофазних замикань на землю.

**Постановка проблеми.** В Україні всі мережі напругою вище ніж 1000 В до 35 кВ включно працюють з ізольованою або компенсованою нейтраллю. Як показує досвід експлуатації, в таких мережах дуже важко виконати селективний з достатньою чутливістю струмовий захист від однофазних замикань на землю (ОЗЗ). Але такі мережі, як показує досвід експлуатації, мають деякі недоліки, основними з них є: виникнення істотних перенапруг під час ОЗЗ, особливо, коли однофазні замикання на землю супроводжуються горінням дуги; велика імовірність виникнення ферорезонансних процесів, які супроводжуються перенапругами як на субгармоніках, так і на вищих частотах. Це приводить до виникнення однофазних замикань та подвійних замикань; прискорення старіння ізоляції внаслідок виникнення перенапруг; погіршення умов електробезпеки людей та тварин через можливе існування недопустимо великих напруг дотику під час ОЗЗ, а також існування небезпечних крокових напруг, особливо під час обривів провідників ліній електропостачання [1].

**Формулювання цілей.** Розглянути і проаналізувати ефективність пристроїв для захисту від однофазних замикань на землю.

**Основні матеріали дослідження.** Для налагодження роботи захистів від ОЗЗ розглянемо фізичну модель типового фрагменту міської мережі з ізольованою нейтраллю, принципова схема якої наведена на рисунку 1.

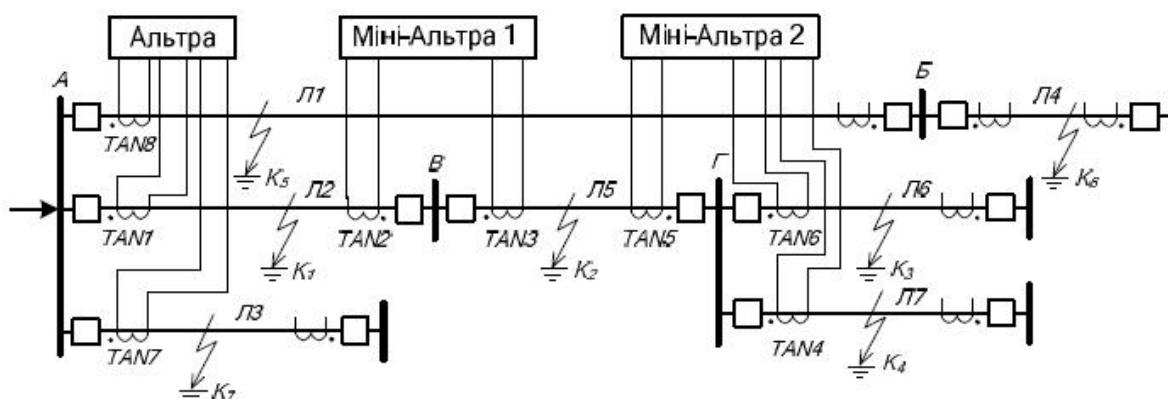


Рис. 1. - Схема електричної мережі

Як видно зі схеми, в мережі використовується один пристрій "Альтра", який встановлений на підстанції А, та два пристрої "Міні Альтра", встановлені на РП В та Г відповідно. У сукупності ці захисти забезпечують селективне визначення лінії, на якій відбулося ОЗЗ, за винятком лінії Л4 (ОЗЗ на лінії Л4 ідентифікуватиметься пристроєм "Альтра" як замикання на лінії Л1, оскільки на РП Б не встановлений пристрій "Міні Альтра") [2].

Використовуючи особливості, які характерні для ОЗЗ, розглядаємо схему мережі лише для струмів нульової послідовності. Відповідна їй схема фізичної моделі наведена на рисунку 2.

Для моделювання ОЗЗ на лініях мережі джерело напруги нульової послідовності необхідно увімкнути у вибраному місці. У схемі фізичної моделі відсутні поздовжні параметри ліній – активні та індуктивні опори, адже вони є значно меншими за поперечні (ємнісні) опори ліній.

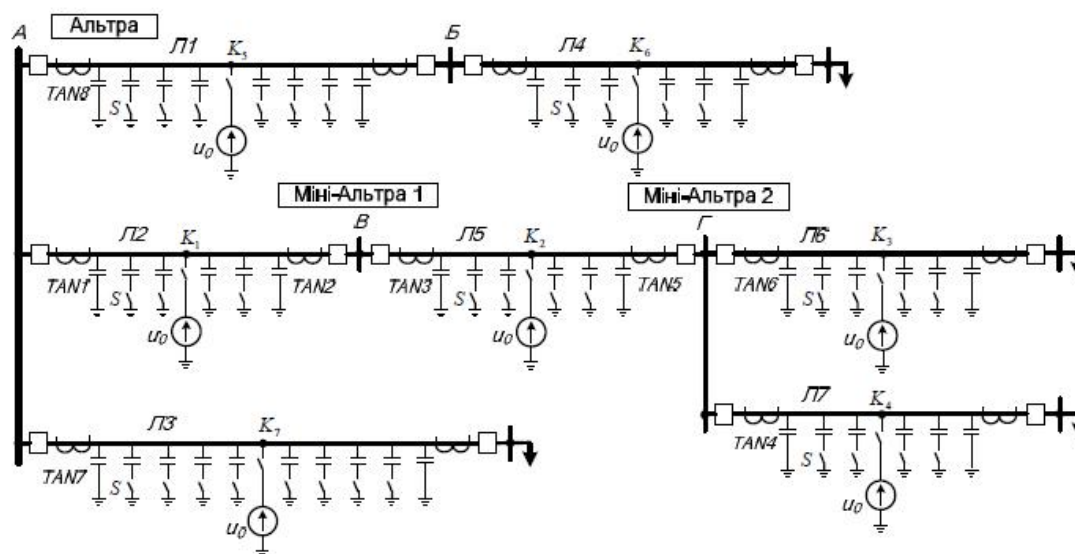


Рис. 2. - Схема фізичної моделі мережі для моделювання однофазних замикань на землю

Для забезпечення подібності процесів фізичної моделі реальній мережі необхідно розрахувати масштабні коефіцієнти для напруги, ємності та струму. Нижче наведено розрахунок масштабних коефіцієнтів для випадку виконання всіх ліній мережі 6 кВ однаковим кабелем з перерізом  $150 \text{ мм}^2$  та питомим ємнісним струмом однофазного замикання на землю  $I_{033} = 11 \text{ А/км}$ . Довжини ліній мережі прийняті такими: Л1 – 800 м, Л2 – 600 м, Л3 – 1000 м, Л4 – Л7 – 600 м.

*Масштабний коефіцієнт для напруги*

Номінальна фазна напруга електричної мережі розраховується:

$$U_{\text{ном.ф}} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3}}, \quad (1)$$

Для фізичної моделі приймається  $U_{\text{фМ}} = 27 \text{ В}$ . Тоді масштабний коефіцієнт для напруги визначається як:

$$m_U = \frac{U_{\text{ном.ф}}}{U_{\text{фМ}}}, \quad (2)$$

*Масштабні коефіцієнти для ємності та опору*

Питомий ємнісний опір лінії для нульової послідовності визначається як:

$$\chi_{C0} = \frac{3 \cdot U_{\text{ном.ф}}}{I_{033}}, \quad (3)$$

а ємність лінії для нульової послідовності як:

$$C_0 = \frac{1}{\omega \cdot \chi_{C0}}, \quad (4)$$

Ємність конденсатора фізичної моделі, який відображає ємність нульової послідовності ділянки лінії мережі довжиною  $l_d$  (км), становить  $C_{кф}=14,1$  мкФ. Тоді масштабний коефіцієнт для ємності обчислюється за виразом:

$$m_C = \frac{C_0}{C_{кф}/l_d} = \frac{C_0 \cdot l_d}{C_{кф}}, \quad (5)$$

Для зазначених вище довжин ліній мережі доцільно прийняти  $l_d=100$  м = 0,1 км. Тоді масштабні коефіцієнти для ємності й опору (за однакової частоти змінного струму мережі та моделі) визначаються:

$$m_Z = \frac{1}{m_C}, \quad (6)$$

*Масштабний коефіцієнт для струму*

За масштабними коефіцієнтами для напруги й опору визначаємо масштабний коефіцієнт для струму:

$$m_I = \frac{m_U}{m_Z}, \quad (7)$$

Для фізичної моделі мережі здійснюємо розрахунок еквівалентних ємностей нульової послідовності кожної лінії, враховуючи значення масштабного коефіцієнта  $m_C$ , та виставляємо їх значення за допомогою перемикачів  $S$ . Кожен перемикач комутує ємність 14,1 мкФ.

Почергово для кожної лінії моделюється однофазне замикання на землю подаванням напруги  $U_0$  в місці ОЗЗ, тобто на клему  $K_i$ , де  $i$  номер точки ОЗЗ на лініях. Визначення пошкодженої лінії мережі здійснюється за показами пристроїв "Альтра" та "Міні-Альтра" шляхом аналізу напрямів струмів нульової послідовності в лініях мережі [3].

Під час під'єднання пристроїв "Альтра" та "Міні-Альтра" до трансформаторів струму нульової послідовності необхідно враховувати їхню полярність. За даними роботи пристроїв "Альтра" та "Міні-Альтра" формується таблиця, в якій записуються зафіксовані цими пристроями напрями струмів нульової послідовності в контрольованих приєднаннях під час ОЗЗ в різних точках мережі.

**Висновок.** Розглянута модель з достатньою точністю дозволяє моделювати процеси під час ОЗЗ в електричних мережах 6 (10) кВ з ізольованою нейтраллю.

На фізичній моделі можна перевірити уставки спрацювання вимірних органів захистів від ОЗЗ.

За результатами перевірки селективності роботи цифрових пристроїв "Альтра" та "Міні-Альтра" під час ОЗЗ в різних точках мережі можлива висока ефективність функціонування пристрою.

**Список використаних джерел.**

1. Сабадаш І.О. Новітні мікропроцесорні технології в експлуатації мереж 6–35 кВ // Электрические сети и системы. – 2011. – № 6.
2. Базилевич М.В. Мікропроцесорна інформаційно-діагностувальна система "Альтра" для селективного визначення приєднання з уземленою фазою / М.В. Базилевич, Р.С. Божик, І.О. Сабадаш // Энергетика і електрифікація. – К.: 2003 – № 7. – С. 91-95.
3. Керувально-діагностувальна система "Альтра" – "Міні-Альтра"[Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://svitovyr.com.ua/?page\\_id=566](http://svitovyr.com.ua/?page_id=566)- Назва з екрану

УДК 621.316.9

## АНАЛІЗ СПОСІБ ВИДАЛЕННЯ ОЖЕЛЕДІ З ПРОВОДІВ ЛЕП

Костюк М.О., магістрант

Науковий керівник

Адамова С.В., асистент

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: Semya-315@mail.ru

e-mail: adamova\_sv@ukr.net

У статті розглядається спосіб видалення ожеледяних відкладень з ЛЕП

**Постановка проблеми.** Проблема боротьби з обмерзанням проводів ліній електропередач загальновідома і особливо актуальна в регіонах з високою вологістю і низькими температурами, так як висока вологість, вітри, різкі перепади температури повітря сприяють інтенсивному льодоутворенню на проводах повітряних ліній з відповідними небажаними наслідками у вигляді обривів проводів, тросів, руйнування арматури, ізоляторів і навіть опор повітряних ліній. Це призводить до значних економічних збитків.

Відкладення ожеледі становлять велику небезпеку для стабільного енергопостачання та нормальної експлуатації повітряних ліній електропередачі. Як для попередження відкладень так і для боротьби з ними існує декілька відомих пристроїв та приладів. Кожен з них має свої переваги та недоліки. [1].

**Формулювання цілей.** Рекомендація більш ефективнішого способу скидання ожеледяних відкладень з ліній електропередач (ЛЕП).

**Основні матеріали дослідження.** Ожеледяні відкладення на проводах і тросах високовольтних ліній виникають при температурі повітря близько  $-5^{\circ}\text{C}$  і швидкості вітру  $5 \dots 10 \text{ м / с}$ . Повна маса ожеледно-ізморосевих відкладень наводиться до форми полого циліндра льоду з товщиною стінки рівний  $b$  (рис. 1) [2].

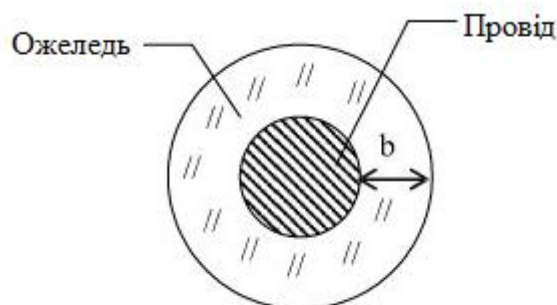


Рис. 1. - Ідеалізоване уявлення ожеледиці на проводах

Допустима товщина стінки ожеледі для ліній з різним номінальним напругою залежить від кліматичного району.

Основними заходами боротьби з ожеледицею на лініях електропередач є: видалення ожеледі з проводів і тросів електричним струмом; механічні способи; профілактичний прогрів проводів.

Механічний спосіб вимагає дуже багато часу і значних працезатрат, через що в більшості випадків визнається недоцільним. Тому в даний час найбільш поширеним способом боротьби з ожеледицею на проводах ЛЕП є плавка ожеледі змінним або постійним струмом великої величини (залежно від перетину дроту) протягом тривалого періоду часу (час плавки досягає 100 хвилин) [2]. При цьому витрачається значна кількість енергії і потрібно відключення лінії від споживачів на тривалий термін.

Для усунення зазначених недоліків нами був розроблений спосіб видалення крижаних утворень з проводів ліній електропередач за допомогою створення коливальних струмів [3] за

рахунок використання сили Ампера, що виникає при протіканні по паралельних дротах електричного струму (рис. 2).

Пропонована розробка повинна зменшити енерговитрати на очищення проводів. Для досягнення максимальної ефективності процесу очищення необхідно, щоб частота вимушених коливань була кратною одній з власних частот проводів з намерзлий на них льодом. Тоді при виникненні резонансу видалення крижаних відкладень відбуватиметься більш ефективно і менш енерговитратно [3].

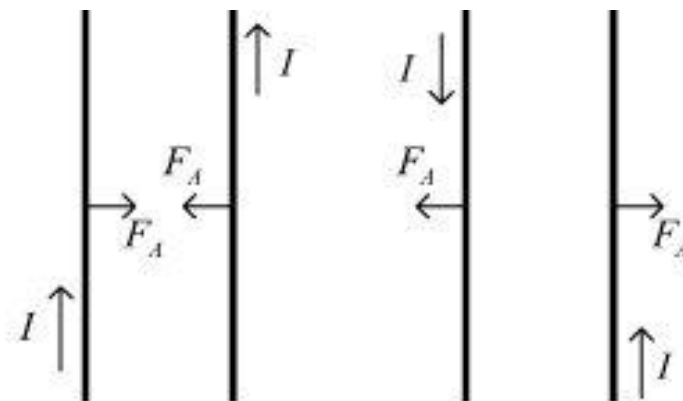


Рис. 2. - Дія сили Ампера на дроти при різних напрямках струму

При виникненні небезпеки обриву проводів ЛЕП через їх обмерзання відключають високовольтну змінну напругу. Після чого до двох проводів ЛЕП підключають імпульсне джерело постійного електричного струму, що виробляє струм величиною, достатньою для порушення коливань проводів з амплітудою, мінімально достатньою для видалення зледеніння. Його значення попередньо визначається експериментально-теоретичним шляхом. Для зменшення енерговитрат струм на проводах в одному і протилежних напрямках пропускають періодично з частотою, кратною частоті власних коливань обледенілих проводів, закріплених на двох сусідніх опорах, тобто прольотах ЛЕП. Виникає при цьому резонанс, він дозволить розгойдати дроти до необхідних амплітуд з найменшими енерговитратами. Крім цього, тривалість пропускання струмів повинна бути кратною половині періоду власних коливань проводів, що зменшить вплив їх сил інерції на розвиток коливального процесу.

З метою створення в шарах льоду більш високих знакозмінних напруг, що розтягують і стискають і виникають від вигину обледенілих проводів, постійний струм необхідно пропускати по проводам, які не у горизонтальній площині. Це також дозволить більш ефективно використовувати сили тяжіння обледенілих проводів для підвищення інтенсивності їх коливань.

В даний час розроблений макет пристрою, що моделює лінію електропередач в масштабі 1: 100 (рис. 3а) і генератор імпульсів, виконаний на базі програмованого логічного контролера (рис. 3б);

Схема кінцевого пристрою приведена на рис. 4.

Пристрій працює наступним чином:

- трансформатор перетворює напругу живлення до потрібної величини;
- блок силової електроніки випрямляє отримане від трансформатора напругу і формує імпульси струму необхідної величини, форми і частоти;
- система управління, що представляє собою програмований логічний контролер, обробляє інформацію з зовнішніх датчиків, задає необхідну форму і частоту імпульсів струму для блоку силової електроніки і управляє роботою системи в цілому (здійснює розрахунки всіх необхідних параметрів, виробляє включення і відключення пристрою);

- в пристрої передбачається можливість підключення до системи моніторингу стану мережі, з метою забезпечення централізованого управління роботою декількох пристроїв всередині однієї мережі.

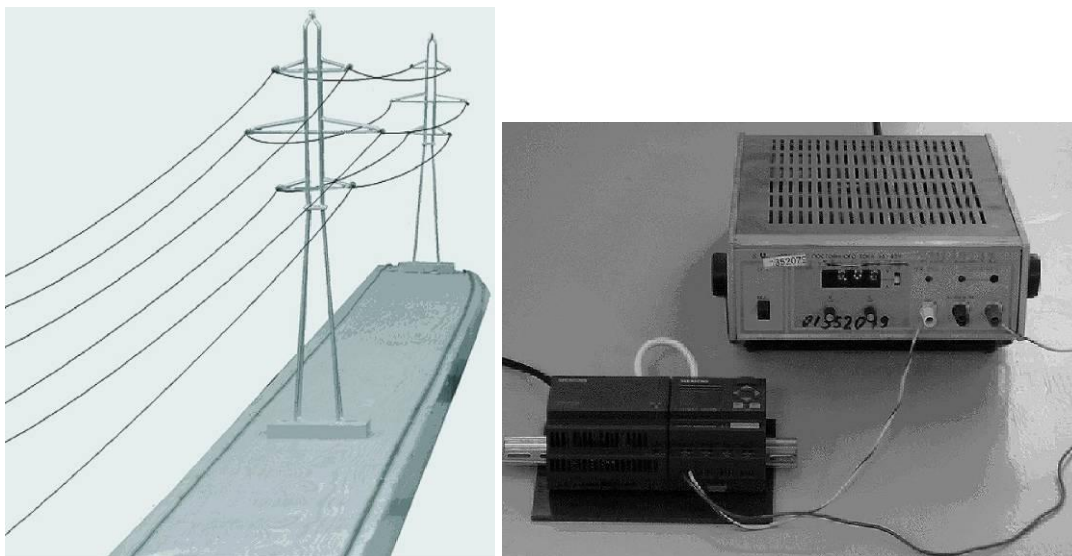


Рис. 3. - Макет пристрою: а - макет ЛЕП; б - генератор імпульсів

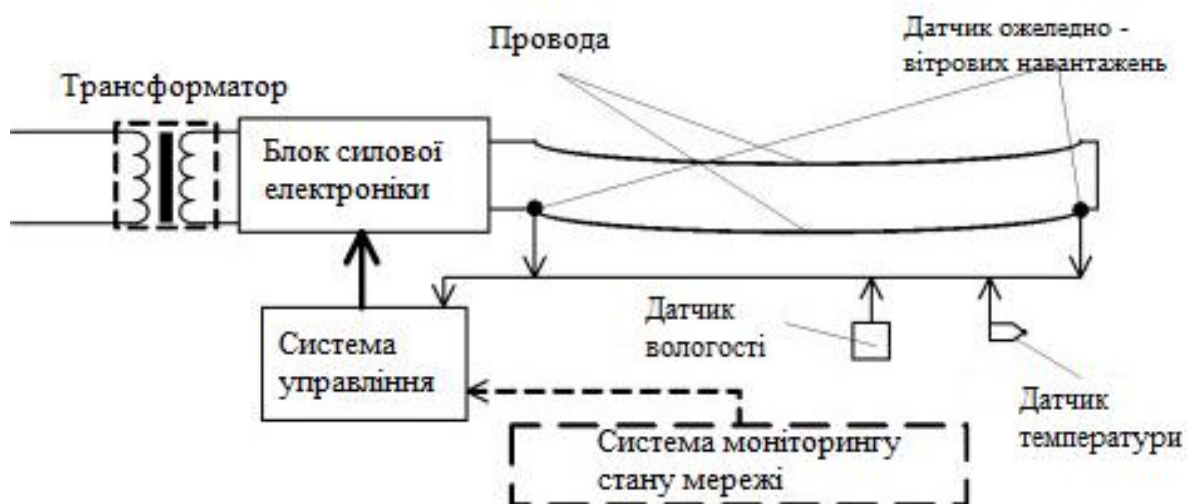


Рис. 4. - Планована схема пристрою для видалення крижаних утворень з проводів ЛЕП

**Висновок.** Використання механічних коливань для руйнування льоду, а не нагрівання, як це робиться в даний час, дозволить істотно зменшити час, необхідний для очищення лінії від льоду, і енергію, що витрачається на очистку.

**Список використаних джерел**

1. Патент RU Российской Федерации №2504880 С1, кл. Н 02 G 7/16, Опубл. 2014 Бюл. №2.

2. Борьба с гололедом - Эксплуатация воздушных линий электропередачи // Энергети-ка: оборудование, документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://forca.ru/instrukcii-po-ekspluatacii-elektroperedachi\\_4.html](http://forca.ru/instrukcii-po-ekspluatacii-elektroperedachi_4.html) Назва з екрану

3. Решение о выдаче патента РФ на изобретение по заявке № 2010144485/07(064108) от 29.10.2010. Способ удаления обледенения с проводов линий электропередач / В.М. Козин, В.А. Соловьев, Д.А. Орлов, С.И. Сухоруков, К.С. Малых.



УДК 621.315.175

## СУЧАСНІ ЗАХОДИ ПО БОРОТБІ З ОЖЕЛЕДДЮ НА ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЯХ

Вялкова А. О., магістрант

e-mail: alena\_vyalkova@mail.ru

Науковий керівник

Лисенко О.В., к.т.н., доцент

e-mail: helga\_vl@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Розглядаються основні сучасні заходи по боротьбі з ожеледдю на ЛЕП*

**Постановка проблеми.** Проблема боротьби з обмерзанням проводів ліній електропередач загальновідома і особливо актуальна в регіонах з високою вологістю і низькими температурами, так як висока вологість, вітри, різкі перепади температури повітря сприяють інтенсивному льодоутворенню на проводах повітряних ліній з відповідними небажаними наслідками у вигляді обривів проводів, тросів, руйнування арматури, ізоляторів і навіть опор повітряних ліній. Це призводить до значних економічних збитків.

**Формулювання цілей.** Визначити основні сучасні заходи по боротьбі з ожеледдю на ЛЕП.

**Основні матеріали дослідження.** До проблем, пов'язаних з ожеледдю проводів контактної мережі та ЛЕП слід віднести порушення цілісності системи електропостачання, автоколивання, танець проводів, пережог контактних проводів внаслідок збільшення стріли провисання.

В наш час для видалення ожеледі з ЛЕП застосовують: плавку ожеледі, профілактичний підігрів, вібропантографи, спеціальні ожеледь оббивні барабани, антиожеледдяне мастило, ручне видалення ожеледі за допомогою ізольованих штанг і жердин.

Плавка ожеледі здійснюється за рахунок нагрівання проводів протіканням по ним струмом. Існує досить велика кількість схем плавки ожеледі, визначених схемою електричної мережі, навантаженням споживачів, можливістю відключення ліній та іншими факторами [1].

Схема плавки ожеледі змінним струмом штучного короткого замикання показана на рис. 1.

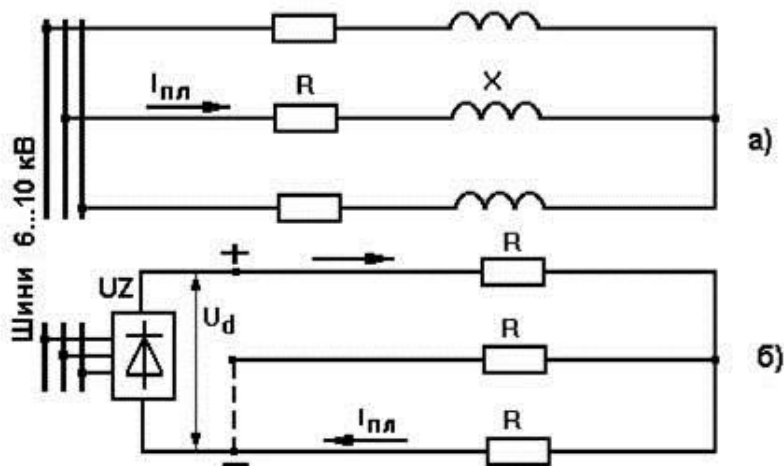


Рис. 1. - Принципові схеми плавки ожеледі змінним (а) і випрямленим (б) струмом

ВЛ одним кінцем підключається до джерела живлення, яким, як правило, служать шини 6 - 10 кВ підстанцій або окремих трансформаторів, проводи на іншому кінці ВЛ замикаються. Напряга і потужність джерела вибираються таким чином, щоб забезпечити протікання по проводах ВЛ струму в 1,5 ... 2 рази перевищує тривало допустимий струм. Таке перевищення допустимого тривалого струму виправдано короткочасністю процесу плавки (~ 1 година), а також більш інтенсивним охолодженням проводу в зимовий період.



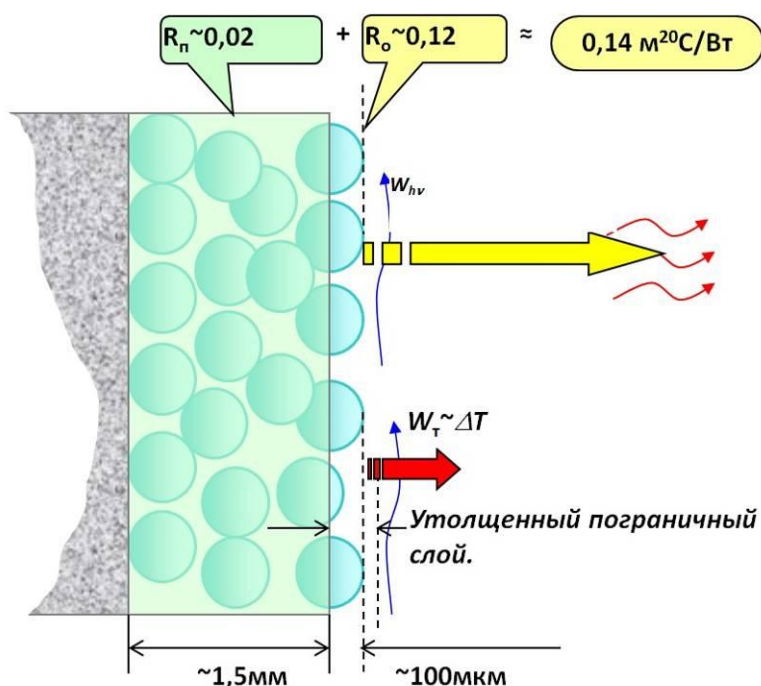
При профілактичному підігріві короткого замикання не влаштовують, по підвісці тривало пропускають струм підігріву, який не дає утворитися ожеледі. Профілактичний підігрів для проводів є більш щадним режимом, але повинен відбуватися протягом всього ожеледного періоду. Тривалість підігріву викликає значні витрати електричної енергії, тому на практиці такий спосіб знаходить дуже обмежене застосування [2].

Вібропантографами видаляють ожеледь локально, а тому маю низьку продуктивність. Крім того, при русі локомотива в режимі тяги не виключається небезпека перепалу проводів через неповне видалення ожеледі. Можна як локомотива використовувати локомотив з автономною тягою, але це також пов'язане з додатковими витратами [3].

Ожеледь оббивні барабани розміщують на спеціально обладнаних дрезинах, їх швидкість і швидкодія обмежені, крім того, існує небезпека пошкодження та деформації КП.

Антиожеледне мастило, через її безперервного видалення рухомими струмоприймачами не знайшла широкого застосування.

Антиожеледне покриття - це композиційний продукт, що зарекомендував себе як антикорозійне, антиконденсатне і антиожеледдяних покриття. Покриття наноситься на проводи контактної мережі та ЛЕП [4].



Переваги покриття:

- легкість при високій міцності
- еластичність
- відмінна адгезія до металу
- стійкість до ультрафіолетового випромінювання
- довше витримує релаксаційний період різкого похолодання
- антикорозійний і антиконденсатний
- простота нанесення
- висока температура деструкції

Проводяться випробування з дослідженням властивостей антиожеледдяного покриття в лабораторних умовах на проводах контактної мережі та ЛЕП. Випробування проводяться у випробувальному центрі УрГУПС в кліматичній камері типу THV710. Ця камера дозволяє створити відповідні кліматичні умови: знижену температуру повітря і підвищену вологість.

Як зразки були обрані: два дроти марки МФ-100 і три дроти марок ПБСМ-70, А-95 і А-120. Всі зразки на 50% покриваються антиожеледними матеріалом, крім одного контактного проводу, який залишається без покриття (для порівняння).

Покриття наносилося після підготовки зразків, а саме: візуального огляду цілісності зразків, видалення дрібних частинок і вологи.

Таблиця 1 - Данні лабораторних вимірювань

Момент часу вимірювання, хв.	0	1	2	3	4	5	18	60	67	68	69	70	71	72	73
Температура, °С	19,5	28,3	24,3	21,2	19,9	19,5	20	20	17,4	10,7	6,8	4,5	2,4	-1,2	-5,7
Вологість, %	28,8	28,8	28,8	15,01	15,01	10,2	34,2	95,9	98,6	98,6	98,6	98,6	98,6	98,6	98,6

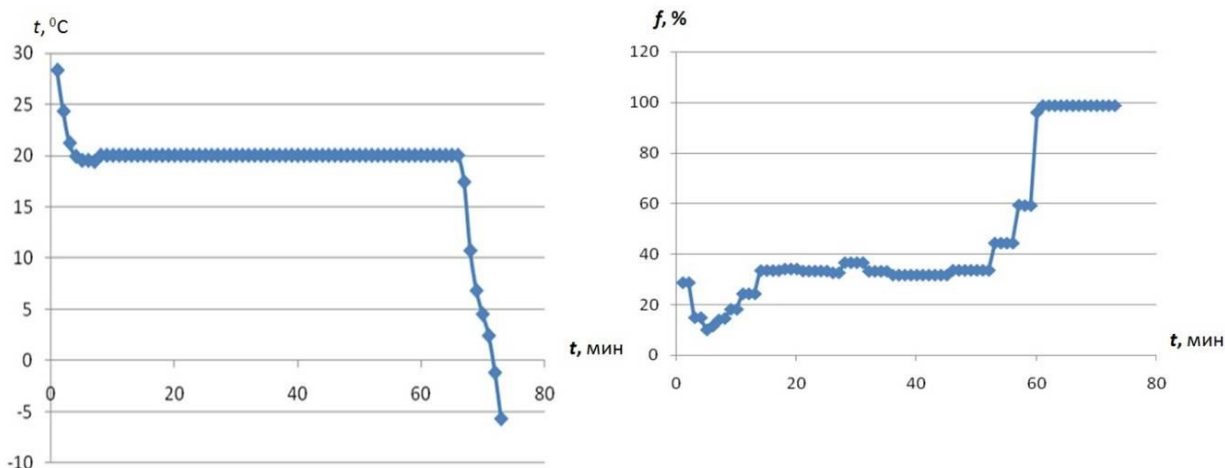


Рис. 3. Криві залежностей температури від часу і вологості від часу/

Ручні способи видалення ожеледі обслуговуючим персоналом за допомогою жердин і ізольованих штанг мають вкрай низьку продуктивність [3].

**Висновок.** Провели аналіз сучасних засобів боротьби з ожеледдю на повітряних лініях та з'ясували, що плавка ожеледі є найпоширенішим засобом, профілактичний підігрів в порівнянні з ним потребує великих витрат електричної енергії, тому його не часто застосовують. Антиожеледяне покриття - інноваційний засіб боротьби з ожеледдю, але він потребує доопрацювання і в недалекому майбутньому займе лідируючі позиції серед засобів по боротьбі з ожеледдю.

#### Список використаних джерел.

1. Борьба с гололедом - Эксплуатация воздушных линий электропередачи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://forca.ru/instrukcii-po-ekspluatacii/vl/ekspluatsiya-vozdushnyh-linii-elektroperedachi\\_4.html](http://forca.ru/instrukcii-po-ekspluatacii/vl/ekspluatsiya-vozdushnyh-linii-elektroperedachi_4.html) - - Назва з екрану
2. Марквардт К.Г. Контактная сеть. - М.: Транспорт, 1994. - 335 с.
3. Разработка устройства удаления гололеда с двойного контактного провода импульсно-резонансным методом на основе управляемого преобразователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://dis.podelise.ru/text/index-8358.html> - - Назва з екрану
4. О пользе и вреде антигололедных средств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.o8ode.ru/article/krie/noice/article.htm> - - Назва з екрану

УДК 621.315.175

## ПРОБЛЕМА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ ОЖЕЛЕДЯНИХ АВАРІЙ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

**Коропацький Д., магістрант**

*Науковий керівник*

**Коваленко О.І., к.т.н., доцент**

**E-mail: buffon97@yandex.ru**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*У статті розглядаються основні проблеми попередження та ліквідації ожеледяно-паморозевих аварій, що відбуваються в повітряних лініях електропередач.*

**Постановка проблеми:** Відомо, що основною задачею електропостачання як сільських районів так і міст та промислових об'єктів є досягнення та підтримання заданого рівня надійності, тобто забезпечення безперебійного електропостачання об'єктів якісною електроенергією.

Порушення режимів електропостачання особливо характерне для електричних мереж, що зазнають впливу ожеледі. Аварії в мережах внаслідок відкладення на їх елементах ожеледі відносяться до найбільш тяжких, що можуть дезорганізувати електропостачання цілих районів.

Надійність електропостачання споживачів в значній мірі залежить від стабільної роботи повітряних ліній електропередачі. Наявність схем для плавки ожеледі на проводах повітряних ліній без досконалих засобів сигналізації про утворення ожеледі і без можливості проведення своєчасної плавки не забезпечує необхідної надійності.

**Аналіз останніх досліджень:** Сьогодні є багато матеріалу та напрацьовані практичні рекомендації із попередження аварій та ліквідації їх наслідків. Ці рекомендації ґрунтуються на великій кількості факторів, але вони не достатньо враховують взаємозв'язок між ними. Задача полягає в знаходженні можливих зв'язків поміж зовнішніми факторами, що впливають на систему та критерієм її надійності, дотримання якого гарантує, із певною ймовірністю, безперебійне електропостачання при будь-якому впливі зовнішнього середовища в умовах ожеледяної ситуації [1].

**Мета статті:** Проаналізувати застосування системного підходу до вирішення проблеми підвищення надійності електропостачання.

**Основні матеріали дослідження.** Електричні мережі під час ожеледяно-вітрової ситуації представляють собою систему, яка піддається впливу випадкових збурень. Виникає необхідність застосування системного підходу до вирішення проблеми підвищення надійності електропостачання.

При системному підході до вирішення задач із підвищення надійності електропостачання передбачається:

- розвиток методів економічного аналізу з метою визначення норм надійності при ожеледяно-вітровій ситуації в районі електропостачання;
- розробка математичних моделей діяльності персоналу, який повинен запобігати або ліквідувати ожеледяно-вітрову ситуацію в мережах;
- вдосконалення методів прогнозування ожеледяних та вітрових навантажень та механічного розрахунку повітряних ліній;
- розробка обладнання для сигналізації при виникненні ожеледяних ситуацій;
- розробка методів оперативних розрахунків надійності та управляючих впливів.

Ефективність плавки ожеледі в значній мірі визначається своєчасністю її проведення. Плавку ожеледі необхідно розпочинати своєчасно і з таким розрахунком, щоб при продовженні утворення ожеледі вона була завершена на усіх лініях, що пов'язані за режимом плавки [2].

Попередження пошкоджень від ожеледі на повітряних лініях залежить від одержання своєчасної інформації про початок та протікання утворення ожеледі на проводах ліній на всій території енергосистеми.

На сьогодні контроль за утворенням ожеледі ведеться спостерігачами із спеціальних постів. Одержана ними візуальна інформація передається існуючими засобами зв'язку на диспетчерський пункт. Одержання необхідної інформації про ожеледяну ситуацію на лініях ускладнюється також малою тривалістю світлового дня в зимовий період та відсутністю під'їзних шляхів [1].

Відсутність вказаної інформації не дозволяє черговому персоналу своєчасно прийняти рішення про плавку ожеледі і провести її до виникнення аварій в мережі.

Для усунення вказаних недоліків розроблялося ряд систем сигналізації ожеледі на проводах повітряних ліній. Наявність таких систем є першим кроком у створенні повної автоматизації плавлення ожеледі [3].

Досить ефективною і дієвою є інформаційна система сигналізації ожеледі розроблена Київським політехнічним інститутом.

В основу інформаційної системи покладена вимога забезпечити фіксацію утворення ожеледі в характерних ділянках мережі і передачу інформації в пункт керування плавкою. Як канал зв'язку використовується тракт нульової послідовності з передачею інформації сигналами постійного струму за схемою фаза-земля з часоімпульсним кодуванням. Структурна схема ділянки мережі із системою сигналізації ожеледі зображена на Рис. 1.

На схемі ділянки мережі із системою сигналізації показані лінії 10 кВ, приєднані до підстанції 35/10 кВ. У найбільш характерних з точки зору утворення ожеледі точках мережі 10 кВ встановлені датчики ожеледі ВР1 – ВРН, інформація від яких (сигнали  $x_1-x_N$ ) надходить у відповідні блоки синхронізації на контрольованих пунктах СО-КП1 – СО-КПН.

Сигнали  $V_1-V_N$ , що виробляються вказаними блоками надходять у блок синхронізації на диспетчерському пункті (СО-ДП), що знаходиться на підстанції. У безпосередній близькості від блоків СО-ДП, СО-КП1 – СО-КПН встановлені однофазні трансформатори Т1 – ТN типу ОМ-10/0,66, що беруть участь разом з розділовими конденсаторами С1-СN в утворенні каналів нульової послідовності фаза – земля, якими здійснюється передача сигналів  $V_1-V_N$ . Сигнали представляють собою прямокутні імпульси постійного струму заданої тривалості ( $\Delta t_1-\Delta t_N$ ) різної для кожного блоку. Каналом передачі інформації є канал постійного струму.

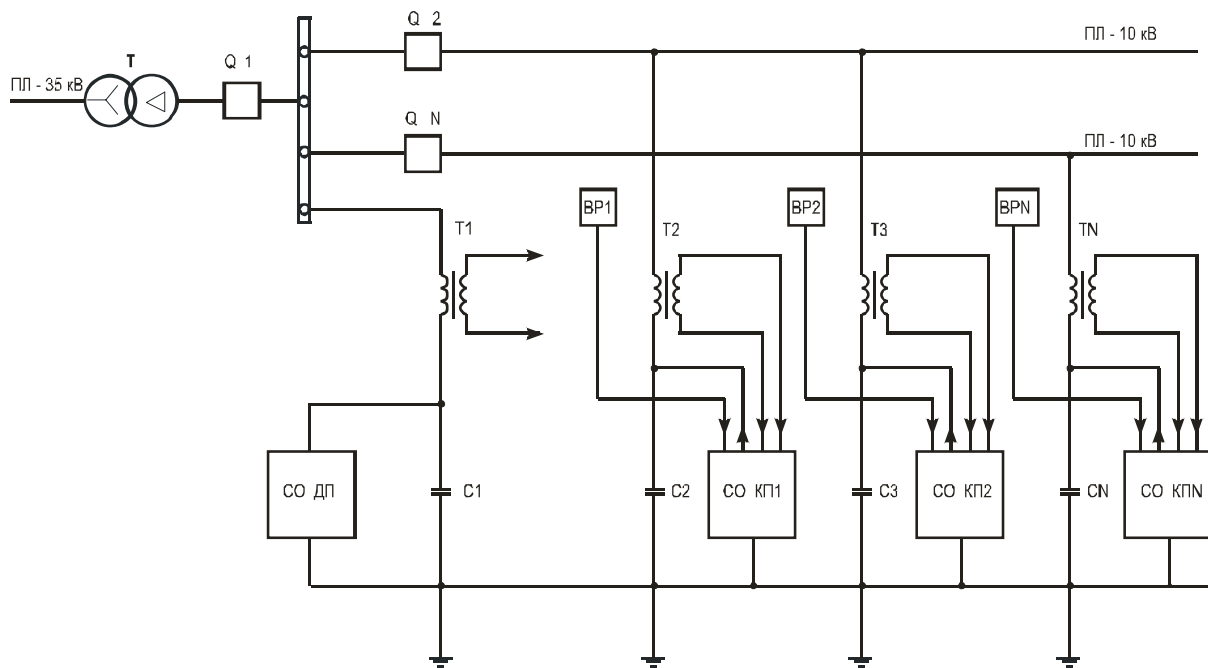


Рисунок 1 – Схема ділянки мережі з системою сигналізації ожеледі

Для сигналу  $U_N$  передача здійснюється колом  $CO-KПN - TN$  — лінія 10кВ-Т1-СО-ДП — земля —  $CO-KПN$ .

Система сигналізації ожеледі працює в такий спосіб: при досягненні ожеледдю заданої величини замикається контакт датчика ожеледі  $BP$ , внаслідок чого блок  $CO-KП$  виробляє сигнал  $U$ , що надходить на диспетчерський пункт. Розшифровка сигналів здійснюється блоком  $CO-ДП$  за допомогою найпростіших часокодових дешифраторів.

**Висновок.** Для вдосконалення представленої системи сигналізації пропонується замінити датчики ожеледі прямої дії  $BP - VN$  на електронні сигналізатори ожеледі, які мають підвищену точність контролю утворення ожеледі і крім цього дозволяють передбачати можливе утворення ожеледі. Узгодження параметрів системи та сигналізатора, вибір оптимальних параметрів схеми та режимі роботи є метою подальших досліджень.

### Список використаних джерел

1. Дьяков А.Ф. Системный подход к проблеме предотвращения и ликвидации гололедных аварий в энергосистемах. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 160 с.
2. Будзко И.А. Автоматизация контроля за гололедообразованием в сельских электрических сетях / И.А. Будзко, М.И. Пронникова, А.И. Селивахин и др. // Материалы II Всесоюзного совещания. Уфа, 1975. С.147 – 150.
3. Дьяков А.Ф. Опыт борьбы с гололедом на линиях электропередачи // Дьяков А.Ф., Левченко И.И. Электрические станции. 1982. №1. – С.50 – 54.

**УДК 621. 3. 066. 5**

**ПРО ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНИХ ТА  
ЕРОЗІЄ-СТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ КОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ  
ВІДНОВЛЕННЯ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ**

**Гребенюк О.В., магістрант**

*Науковий керівник*

**Радько І. П., к.т.н., доцент**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Запропоновано удосконалення конструкції типових магнітних пускачів  
шляхом заміни матеріалу контактів.*

Одним із розповсюджених видів комутаційних апаратів є контактори та пускачі, особливістю роботи яких є велика частота комутацій – до 1200 комутацій на годину.

В магнітних пускачах типу ПМЕ, ПМА, ПМЛ, ПМ-12 застосовується металокерамічні контакти марки КМК-А10м, які в своєму складі містять оксид кадмію (CdO), завдяки якому суттєво підвищується зносостійкість контактів.

При цьому слід враховувати, що оксид кадмію, який є токсичним компонентом, під дією електричної дуги, що виникає у між контактному проміжку електричного апарату, вже при температурі 900°C розкладається на кадмій і кисень і при температурі 1559°C сублимує і потрапляє в навколишнє середовище.

Державні санітарні правила та норми України відносять кадмій та його сполуки до 1-го класу токсично небезпечних речовин, які небезпечні для здоров'я людини, негативно впливає на бронхолегеневу систему, на шкіру та підшкірну клітковину, на нервову систему, обмін речовин, кровотворну систему.

Таким чином проблема заміни оксиду кадмію в комутаційних апаратах на матеріали, які не є токсичними, безумовно є актуальною для України.

Численні дослідження науковцями у різних країнах, показали можливість застосування в електричних контактах замість оксиду кадмію оксидів інших металів, серед яких особливу увагу дослідників привертає оксид олова.

Оксид олова – не токсичний, підвищує твердість композиційного матеріалу порівняно з контактами типу КМК-А10м, за рахунок розташування дрібних частинок (SnO<sub>2</sub>) в середині зерен срібла.

На кафедрі електричних машин та експлуатації електричного обладнання НУБіП України розроблені нові типи матеріалів з екологічною безпечністю та підвищеною зносостійкістю на які отримані патенти України.

Відновлення зношених поверхонь контакт-деталей новими композиційними матеріалами, які підтверджені патентами України №18931, 47346, 49215 та 93778 дозволило підвищити електроерозійну стійкість в 1,6-2,0 рази в порівнянні із серійними типу КМК-А10м.

УДК 631.171:621.311

## ЗАХИСТ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ВІД ПЕРЕНАПРУГ

**Костюк М., магістрант**

*Науковий керівник*

**Коваленко О.І. к.н.т., доцент**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**E-mail: Semya-315@mail.ru**

**E-mail: buffon97@yandex.ru**

*У статті розглядається пристрій для захисту від перенапруг.*

**Постановка проблеми:** Надійність електропостачання споживачів в значній мірі залежить від стабільної роботи повітряних ліній електропередачі. Неможливість збереження постійної величини іскрового проміжку в складних погодних умовах, наприклад при «танці проводів», поривах вітру і т.д. через те, що один з електродів (лінійний) закріплюють на схильному колюванню проводі.

**Аналіз останніх досліджень:** Сьогодні є багато матеріалу та напрацьовані практичні рекомендації із попередження аварій та ліквідації їх наслідків. в статті було розглянуто відомі пристрої для захисту від атмосферних перенапруг. Кожен з них має свої переваги та недоліки. [1, 2].

**Мета статті:** Розробка більш ефективнішого пристрою для захисту від перенапруг.

**Основні матеріали дослідження.** Наведений нижче прилад (Рис.1,2) дозволяє захистити повітряну лінію від перенапруг [3].

Пристрій містить обмежувач перенапруг з нелінійним оксид-цинковими резисторами, фарфоровий ізолятор і два електроди для формування іскрового проміжку, один з яких лінійний, згідно запропонованої корисної моделі в активній частині розрядника встановлено притискні пластини та петлі, послідовно і співвісно з фарфоровим ізолятором встановлені варисторні елементи, а також сполучні та перехідні деталі.

Збірку пристрою здійснюється таким чином.

Пристрій для захисту від перенапруг (Рис.1) містить фарфоровий ізолятор 1 на якому закріплений лінійний електрод 2, активна частина розрядника 3 послідовно сполучений з фарфоровим ізолятором 1, між ними закріплений другий електрод 4.

Рисунок 1- Загальний вид пристрою для захисту від перенапруг.  
Активна частина розрядника (Рис.2) містить циліндричні варисторні елементи 5, при-



тискні пластини 6, 6', 7, 7', сполучні елементи 8, перехідні елементи 9 у вигляді шайб, петлі 10, пази 11, 11'.

Рисунок 2- Активна частина розрядника.

**Висновки:** Застосування запропонованого пристрою дозволяє підвищити надійність приладу, а також знижує загальну собівартість, який можна виготовляти простим та економічним способом також при великій габаритній висоті, що складає єдину цілісно зібрану конструкцію, яку в зборі монтують на опорі лінії електропередачі, що знижує трудомісткість установки пристрою на опорах ПЛ.

#### **Список використаних джерел**

1. Авторское свидетельство СССР № 640281, МПК G05F1/22 // H02P13/06, Опубл. Бюл.№48, 1978 р.
2. Патент на корисну модель України № 34995, кл. H02H3/20, 26.08.2008, Бюл. №16, 2008 р.
3. Заявка на корисну модель, кл. H02 H 3/20.

УДК 628.977.4

## ШЛЯХИ ЕНЕРГООЩАДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ НЕВИРОБНИЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Гоц О.К., 4 курс  
Саплін С.В., 4 курс

e-mail: gotz\_tdatu@ukrnet

Науковий керівник

Богатирьов Ю.О., асистент

Таврійський агротехнологічний університет

*Розглянуто шляхи енергоощадження в об'єктах невиробничого призначення, на прикладі студентського гуртожитку.*

**Постановка проблеми.** Актуальність підвищення енергоефективності в останній час настільки очевидна, що це питання обговорюється як на всіх рівнях державної влади, так, і в багатьох підприємствах і організаціях. Особливо важливе це питання в організаціях бюджетної сфери, яким є наш ВНЗ – Таврійський державний агротехнологічний університет.

Для більшості ВНЗ, питання енергоефективності, особливо в умовах безперервного росту вартості енергоресурсів, становиться питанням виживання організації. Значна частина витрат організації припадає на електроенергію, тому більшість організацій веде пошук і впровадження енергоощадних технологій.

В теперішній час енергоощадження є однією з пріоритетних завдань, що обумовлено дефіцитом основних енергоресурсів, вартістю, що постійно підвищується, екологічними проблемами. Крупними споживачами енергоресурсів є освітні заклади, до яких відносяться ВНЗ. Питоме споживання енергоресурсів (на 1 м<sup>2</sup>) в ВНЗ України в 2-4 рази вище, ніж в країнах Західної Європи, США і Канади. По статистичним даним, питомі витрати на комунальні послуги (на 1 м<sup>2</sup>) в ВНЗ щорічно підвищуються на 25-30% і за період з 2002 р. по 2012 р. підвищились у 3,5 рази, а на одного студента – в 3,1 рази. При цьому розділення затрат має наступне співвідношення теплової енергії – до 70%, електроенергії – до 40%, водопостачання і водовідведення – до 20%.

Аналіз функціонування ВНЗ показує, що в них нераціонально використовуються енергоресурси, фактичні втрати теплової і електричної енергії, води, як правило, не визначаються. Близько 25% затрат на оплату комунальних послуг – наслідок неефективного використання енергетичних ресурсів і неефективного керування ними.

Ці негативні наслідки обумовлюють об'єктивну необхідність економії енергоресурсів і актуальність проведення цілеспрямованої політики енергозбереження в ВНЗ.

**Формулювання мети (постановка завдання).** Підвищення тарифів на енергоносії та комунальні послуги ще більше потребує додаткових шляхів енергоощадження.

**Основні матеріали дослідження.** За основу дослідження з енергоощадження взято порівняльний аналіз споживання теплової і електричної енергії гуртожитками №1 і №3 ТДАТУ.

В структуру споживаної електричної енергії входять п'ять груп споживачів електроенергії:

- освітлення: 50-70%;
- споживачі з електродвигунами (пральні машини) електродвигунами: 10-30%;
- різні нагрівальні установки (кип'ятильники, електричні плити) : 10%-20%;
- комп'ютери: до 10%;

Річне споживання електричної енергії в гуртожитках №1 та 3 показано на рисунку 1а [1].

Аналіз споживання електричної енергії дозволяє визначити місяці максимального і мінімального споживання, але для об'єктивного аналізу потрібно це споживання привести до кількості проживаючих (рисунок 1, б).

Так з рисунку 1а виходить, що максимальне споживання електричної енергії приходить на місяці опалювального сезону і особливо на місяці (березень) початку і закінчення опалювального сезону, коли температура середовища вже знизилась (жовтні-листопаді) а опалювальний сезон ще розпочався, і навпаки – температура ще не підвищилась (а температура теплоносія в системі недостатня для ефективного опалення приміщення).

кВт· год

кВт· год/людину

Рисунок 1 – Абсолютне (а) і питоме (б) річне споживання електричної енергії, кВт·год

Причини цього (згідно даних [2] на рисунку 2):

- затримка початку опалювального сезону та фактичне зниження температури приміщення нижче комфортної;
- передчасне закінчення опалювального сезону і як наслідок зниження температури в приміщенні;
- низька ефективність опалювальної системи.

ГКалл

ГКалл/людину

Рисунок 2 – Абсолютне (а) і питоме (б) річне споживання теплової енергії.

Як наслідок це впливає на використання мешканцями гуртожитків електроопалювальних приладів.

Але виходячи з рисунку 1а і 1б і після початку опалювального сезону споживання електричної енергії тільки починає зростати і набуває максимуму на лютий – березень. Це може бути пов'язане з

- низькою температурою теплоносія в системі;
- високими втратами теплової енергії в будівлі в цілому;

І як наслідок це теж призводить до використання електроопалювальних приладів.

Для виділення рівня споживання електричної енергії яку можливо знизити визначено різницю між поточним і мінімальним значеннями споживання електричної енергії (рисунок 3)

Рисунок 3 – Різниця питомого споживання електричної енергії, тис. кВт·год/людину по відношенню до мінімального

**Висновки.** Таким чином аналіз статистичних даних по споживанню електричної енергії гуртожитками №1 і №3 дозволяє визначити шляхи енергоощадження:

- енергоощадження при освітленні приміщень;
- енергоощадження в електричних мережах (зниження втрат та загального споживання)

Заходи направлені на енергоощадження при освітленні приміщень:

- скорочення використання ламп розжарювання і заміна їх на КЛЛ або світлодіодні
- заміна електромагнітних ПРА люмінесцентних світильників на електронні;
- покраска стін приміщень в світлі тона;

Енергоощадження в живильних мережах і електрообладнанні:

- встановлення компенсаторів реактивної енергії;
- оснащення сучасними приладами обліку електричної енергії;
- оснащення кімнат гуртожитків обмежувачами потужності.

#### Список використаних джерел

1. Журнал обліку електричної енергії підрозділів ТДАТУ. – Мелітополь : [б.в.], 2015. – 25 с.
2. Щиренко В. В. Энергосбережение в освещении / В. В. Щиренко, Р. В. Пилипчук [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www.vatra.te.ua](http://www.vatra.te.ua). – Название с экрана.

## **Секція 3. Електротехнології та електрифікація об'єктів і технологічних процесів АПК**

УДК 621.312/313.001.5

## АНАЛІЗ РЕЖИМІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ З НАПІВПРОВІДНИКОВИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

Кононенко Є.В., магістрант

e-mail: kona\_26.04.1993@mail.ru

Наукові керівники

Сухін В.В., асистент

e-mail: vitaly.suhin@yandex.ru

Міленін Д.М., асистент

e-mail: milenin@fromru.com

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

В статті проведено аналіз існуючих режимів енергозбереження в електроприводах змінного струму з використанням напівпровідникових перетворювачів

**Постановка проблеми.** Деякі сучасні напівпровідникові перетворювачі у вигляді додаткової функції містять так званий режим енергозбереження. Розглянемо можливості цього режиму на прикладі перетворювача частоти зі скалярним керуванням.

**Аналіз останніх досліджень.** Засобом додаткового енергозбереження при частотному керуванні асинхронним двигуном є розробка алгоритму управління, який оптимізував би магнітний потік [1]. Оптимізація магнітного потоку дозволяє дещо понизити споживану потужність шляхом зниження рівня напруги при роботі в усталеному режимі. У перехідних режимах слід використовувати регулювання з номінальним потоком, так як робота з оптимальним за умовами енергозбереження магнітним потоком пов'язана з істотним зменшенням перевантажувальної здатності двигуна, що не дозволяє досягти необхідного динамічного моменту.

**Мета статті.** Аналіз можливості вивчення, проектування і дослідження елементів автоматизованого електроприводу постійного і змінного струму і електроприводів в цілому із застосуванням різних програмних пакетів для моделювання [2].

**Основні матеріали дослідження.** Для того щоб оцінити ефективність оптимізації магнітного потоку, можна скористатися схемою заміщення асинхронного двигуна для аналізу усталених режимів роботи АД, яка представлена на (рис.1).

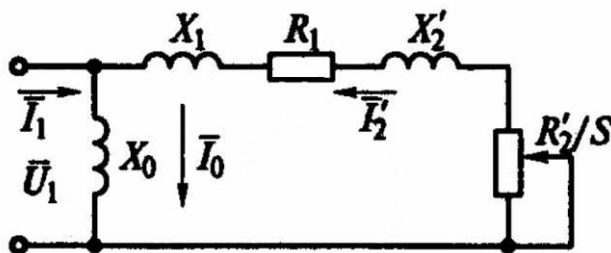


Рисунок 1 – Г-подібна схема заміщення асинхронного двигуна в статичних режимах

Завдання полягає в тому, щоб при заданому моменті навантаження і заданій швидкості, ротора визначити такі значення частоти і амплітуди напруги, при яких забезпечується мінімум втрат у двигуні. Так як при фіксованих моменті і швидкості механічна потужність не змінюється, то мінімум втрат відповідає мінімуму споживаної потужності і максимуму ККД двигуна. Отримання аналітичного виразу для амплітуди і частоти напруги ускладнено через складності системи рівнянь асинхронного електропривода, яка включає векторні величини і комплексні опоры, залежні від ковзання і швидкості обертання магнітного поля. Замість цього наведемо результати чисельного розв'язання цих рівнянь без урахування можливої зміни параметрів схеми заміщення. Алгоритм рішення виглядає наступним чином [3]:

- задається момент навантаження  $M_c$  і кутова швидкість  $\omega$ ;
- задається діюче значення напруги  $U_1$  прикладеного до двигуна;
- чисельно знаходиться така швидкість  $\omega_0$  яка при розрахунку електромагнітного моменту  $M$  дає результат  $M = M_c$ ;

• розраховуються сумарні втрати енергії в двигуні; • в процесі розрахунку визначається точка із мінімумом втрат енергії і всі параметри, що відповідають цій точці.

Проаналізуємо деякі результати моделювання за вказаною алгоритму для двигуна типу 4A160S2, що має  $P_{ном} = 15 \text{ кВт}$ . На рис. 2 показані залежності втрат від амплітуди напруги і моментів навантаження при  $\omega = \omega_0$  та  $\omega = 0,5 \omega_0$

Можливість зниження втрат є лише при моментах опору  $M_c < 0,6 M_{ном}$ . Очевидно, що при зниженні швидкості діапазон моментів навантаження, в якому доцільно знижувати напругу, зменшується (рис. 2, б). У цьому випадку не розглядається можливість збільшення напруги, так як він приведе до насичення магнітного ланцюга.

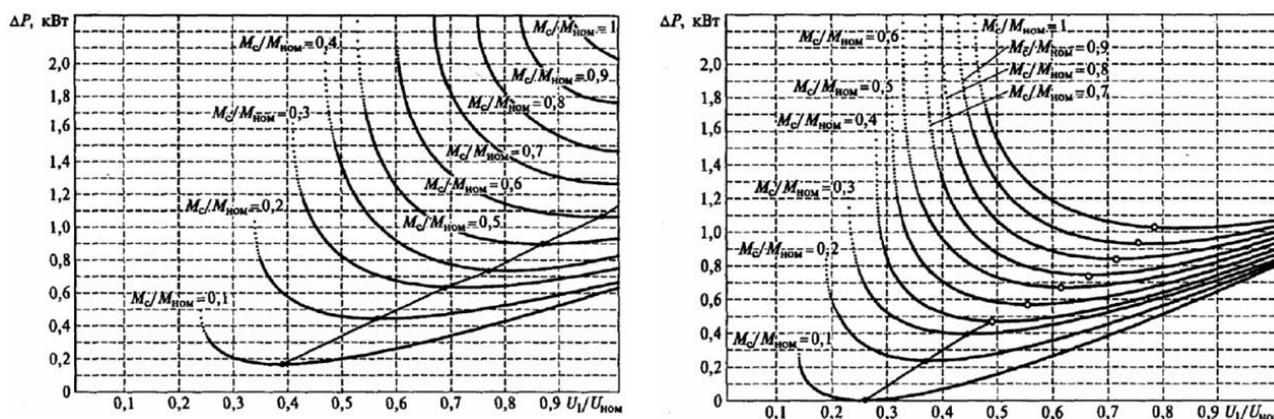


Рисунок 2 – Залежності втрат  $\Delta P$  в АЕД типу 4A160S2 від амплітуди напруги при постійній швидкості і різних моментах навантаження при  $\omega = \omega_{ном}$  і  $\omega = 0,5 \omega_{ном}$

Можливості економії споживаної потужності при різних швидкостях і моментах двигуна типу 4A160S2 зведені в табл. 1, а на рис. 3 показана діаграма, що наочно ілюструє економію споживаної потужності в залежності від швидкості і моменту статичного навантаження двигуна типу 4A160S2. Очевидно, що можливості економії знижуються при збільшенні моменту навантаження і зменшенні швидкості. У точці  $M_c = 0,05 M_{ном}$ ,  $\omega = \omega_{ном}$  можна додатково зберегти 3,6% номінальної потужності. Якщо порівняти потужність, споживану в даному режимі до і після введення оптимізації, то отримана економія складе 40%. Проте вираз економії споживаної потужності у відсотках від номінальної потужності дає більш наочне, не залежне від робочої точки, уявлення про можливий ефект.

Таблиця 1 – Економія споживання потужності двигуном типу 4A160S2 в залежності від швидкості і моменту статичного навантаження

$M_c/M_{ном}, \%$	$\omega/\omega_{ном}, \%$									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	0,26	0,36	0,52	0,75	1,05	1,41	1,85	2,37	2,96	3,61
10	0,12	0,2	0,34	0,53	0,78	1,1	1,49	1,95	2,47	3,07
15	0,03	0,09	0,19	0,34	0,55	0,82	1,16	1,56	2,03	2,57
20	0	0,02	0,08	0,18	0,35	0,58	0,86	1,21	1,63	2,11
25	0	0	0,01	0,08	0,2	0,38	0,61	0,91	1,26	1,69
30	0	0	0	0,01	0,08	0,21	0,4	0,64	0,94	1,31
35	0	0	0	0	0,02	0,09	0,23	0,42	0,67	0,98
40	0	0	0	0	0	0,02	0,1	0,25	0,43	0,69
45	0	0	0	0	0	0	0,02	0,11	0,25	0,43
50	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,12	0,26
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,12
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02



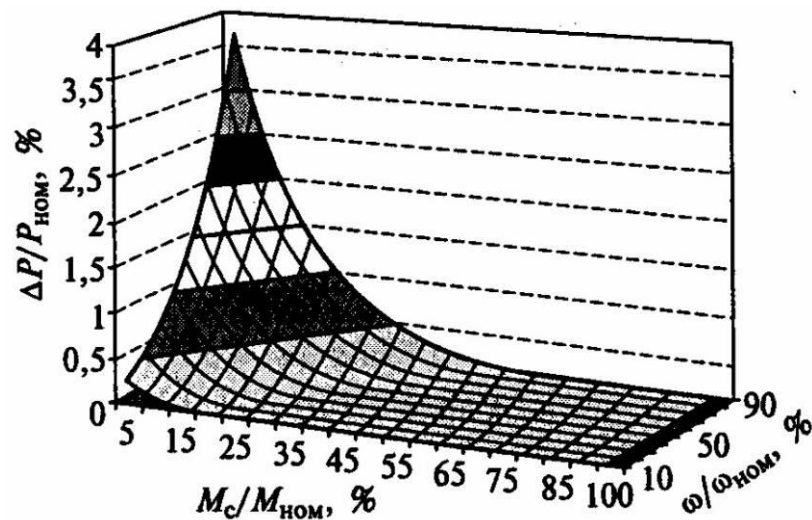


Рисунок 3 – Діаграма економії споживаної енергії двигуном типу 4A160S2 в залежності від швидкості і моменту статичного навантаження.

Енергозберігаючий режим може бути здійснений наступними способами [4]:

- 1) підтриманням сталості;
- 2) підтримкою постійного ковзання;
- 3) управлінням з використанням моделі двигуна;
- 4) за допомогою пошукових алгоритмів.

Перераховані способи оптимізації, крім останнього, використовують інформацію про параметри двигуна, яка, як правило, невідома. Завантажувати систему скалярного керування завданнями ідентифікації не представляється доцільним. Тому найбільш надійним і незалежним від властивостей конкретного об'єкта управління методом оптимізації є пошукові алгоритми, які при розрахунку використовують тільки значення струмів і напруг.

**Висновок.** Турбомеханізми характеризуються суттєвим зменшенням моменту навантаження зі зниженням швидкості, що, з одного боку, є перевагою з точки зору стійкості до зниження перевантажувальної здатності, а з іншого - не дозволяє отримати високу ефективність енергозберігаючого режиму, так як максимум економії досягається при максимальній швидкості і мінімумі моменту ТПН-АД.

#### Список використаних джерел.

1. Электромагнитные переходные процессы в асинхронном электроприводе / М.М. Соколов, Л.П. Петров, Л.Б. Масандилов, В.А. Ладензон. – М.: Энергия, 1967. — 200 с.
2. Сорокін М.С., Вітренко М.М. Використання математичного моделювання як засобу аналізу та діагностування режимів роботи електродвигунів // «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – 2014. – №2. – С 112 –113.
3. Поздеев А. Д. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно-регулируемых асинхронных электроприводах. — Чебоксары: Изд-во Чуваш, ун-та, 1998. — 172 с.
4. Браславский И.Я Энергосберегающий асинхронный электропривод / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков, – М.: АСАДЕМА 2004. – 202 с.

УДК 621.385 : 631.234

## УДОСКОНАЛЕННЯ СВІТЛОДІОДНОЇ СИСТЕМИ ОПРОМІНЕННЯ РОЗСАДИ У ТЕПЛИЦІ

Піхтарь О., магістрант,  
Селіванова Н., 4 курс

Науковий керівник

Жарков В.Я., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

E-mail: olenkapihtar17@yandex.ua

*Робота присвячена удосконаленню світлодіодної системи опромінення розсади за рахунок зменшення її масо-габаритних розмірів і вартості.*

**Постановка проблеми.** В даний час витрати на енергоресурси складають значну частину в собівартості сільськогосподарської продукції. Штучне освітлення є одним з енергоємних і важливих факторів при вирощуванні рослин. На сьогодні в освітлювальних установках України витрачається приблизно 25% спожитої електричної енергії, тобто близько 50 млрд.кВт.год. [1]. Тому важливо зменшити використання електроенергії.

**Аналіз останніх досліджень.** Існує два способи застосування електроопромінювальних установок в рослинництві захищеного ґрунту: для подовження природного світлового дня (електроопромінення) і електросвітокультура, тобто вирощування рослин тільки під електроопромінювальними установками. Економічно вигідно опромінювати тільки розсаду, так як період вегетації у розсади 25 ... 50 днів, і опроміненню піддається відразу велика кількість рослин. При цьому продукцію отримують на 20 ... 30 днів раніше, і врожайність розсадних культур підвищується на 20 ... 25% [2].

**Мета статті.** Обґрунтувати використання генератора синусоїдальних коливань з двотактним підсилювачем на основі моста Віна для зменшення масо-габаритних розмірів і вартості системи опромінення розсади.

**Основні матеріали дослідження.** Відсутність у випромінювальних ламп окремих ділянок спектра може привести до порушення нормального росту рослин при тривалому вирощуванні їх під цими джерелами. Вплив спектра випромінювання на формування рослин показано в таблиці [1].

Таблиця 1 – Довжина хвиль та їх вплив на рослини

Діапазон довжин хвиль, нм	Вплив на рослини
400...500 (синій колір)	Формування низькорослих рослин з низькою продуктивністю внаслідок накопичення у листях інгібітору росту. При цьому стебла укорочені, листя стовщені, але дрібні.
500...600 (зелений колір)	Формування рослин з витягнутими формами і тонким листям, з низькою продуктивністю.
600...780 (червоний колір) особливо важлива зона на 640...680 нм	Формування у рослин високого ростового ефекту. При нестачі цього випромінювання у рослин формуються неповноцінні генеративні органи, що призводить до зменшення врожайності.

В основу винаходу [3] поставлена задача вдосконалення регульованої системи освітлення рослин в теплиці шляхом виготовлення перетворювача напруги у вигляді електронного генератора синусоїдальних коливань, за рахунок чого зменшуються масо-габаритні ро-

зміри системи, і використання джерела живлення системи TNS з захисним РЕ провідником забезпечує електробезпеку.

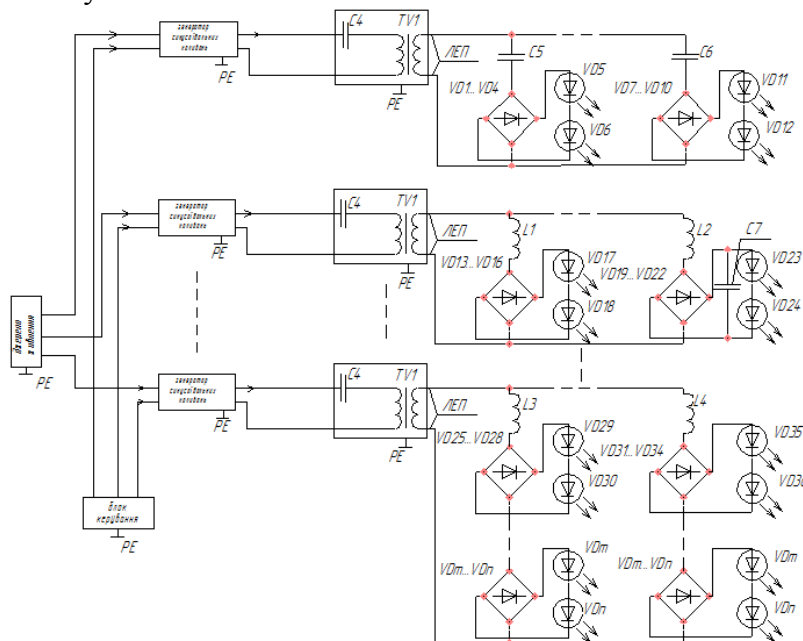


Рисунок 1 - Принципова схема світлодіодної системи освітлення рослин в теплиці

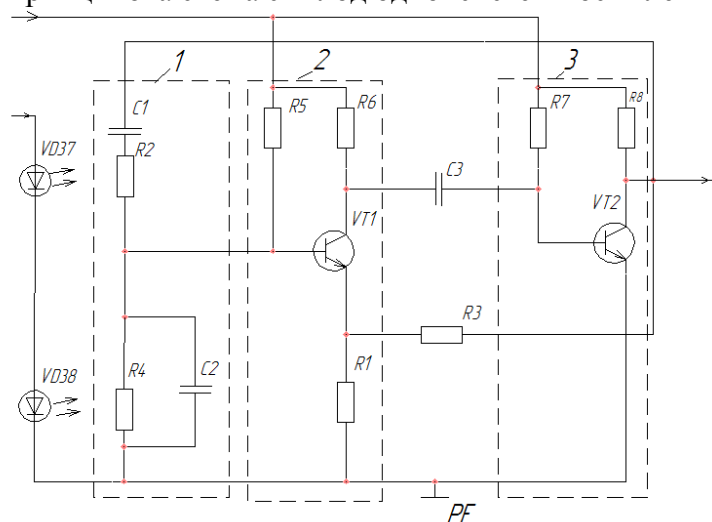


Рисунок 2 – Генератор синусоїдальних коливань на базі моста Віна

Пристрій працює наступним чином. При зміні величини напруги, що поступає від блоку керування на вхід електронного генератора синусоїдальних коливань, змінюється частота генерації синусоїдальних коливань на його виході. Електронний генератор синусоїдальних коливань містить перший підсилювач 2 на базі транзистора VT1 і резисторів R1, R5, R7 і другий підсилювач 3 на базі транзистора VT2 і резисторів R7, R8. Вихідний сигнал першого підсилювача 2 з колектора транзистора VT1 через конденсатор зв'язку C3 поступає на базу транзистора VT2 другого підсилювача 3. Використання двохкаскадного підсилювача 2,3, охваченого частотнозалежним позитивним зворотним зв'язком через міст Віна 2 на конденсаторах C1, C2 і фоторезисторах R2, R4, який поступає на базу транзистора VT1, дозволяє змінювати фазу вихідного сигналу на 360°, тобто не змінювати фазу сигналу на частоті генерації. При подачі напруги від блоку керування на вхід електронного генератора яскравість світлодіодів VD37, VD38 збільшується, а опір фоторезисторів R2, R4 моста Віна зменшується. Відповідно збільшується і частота генерації за формулою

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

де R – опір резисторів R2, R4; C – ємність конденсаторів C1, C2.

Збільшена частота  $f$  поступає через відповідний резонансний трансформатор TV1 на світильники VD11...VDn. При цьому ємнісний опір  $X_c$  за відомою формулою

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} \quad (2)$$

де  $C$  - ємність елемента C5, C6, зменшується.

А індуктивний опір елемента L1...L4 за формулою

$$X_L = 2\pi fL, \quad (3)$$

де  $L$  - індуктивність елемента L1...L4, збільшується.

Приєднання виходу моста Віна через послідовно з'єднані транзисторні підсилювачі 2,3 до первинної обмотки резонансного трансформатора TV1 забезпечує подачу регульованих високочастотних коливань в лінію електропередачі. В результаті змінюється напруга, що поступає через випрямляч VD1...VD4 - VDm...VDn на відповідні світильники VD11...VDn, що призводить до зміни їхньої яскравості і спектру, якщо світлодіоди входять до одного світильника. Емітер транзистора VT1 першого підсилювача 2 через резисторний дільник напруги із резисторів R1, R3 приєднаний до колектора транзистора VT2 другого підсилювача 3 для утворення негативного зворотного зв'язку, який забезпечує заданий коефіцієнт підсилення ( $K_n \geq 3$ ) першого підсилювача 2.



Рисунок 3 - Функціональна схема світлодіодної опромінювальної установки

Сигнал з датчика освітленості і колірної температури, розміщеного в зоні розташування вирощуваних рослин, надходить на блок керування ТМ «Zelio logic», отримане значення порівнюється з заданим, і при розбіжності пропорційно корегується. З «Zelio logic» заданий сигнал подається на блок живлення, який виробляє керуючий вплив на світлодіодний світильник, підтримуючи тим самим заданий спектральний склад в зоні вирощування рослин.

**Висновок.** Розроблена система опромінення, яка дозволяє встановлювати визначені параметри процесу функціонування системи і вибрати найбільш ефективний спектральний склад випромінювання джерела опромінення, скоротити споживання електричної енергії на 50% і підвищити продуктивність розсади на 20%.

#### Список використаних джерел

1. Вовденко К.П. Исследование изменения спектрального излучения аграрного светодиодного светильника в зависимости от изменения температуры окружающей среды / Вовденко К.П. // Аспекты современной науки. - 2012. - № 2. - С.6-10.
2. Гладин Д.В. Использование светодиодных технологий в сельском хозяйстве / Д.В. Гладин // Полупроводниковая светотехника. - 2012. - № 2. - С.60-65.
3. Пат. Україна по заявці u201412840, МПК A01G9/00, F21S2/00, H05B37/02. Регульована світлодіодна система освітлення рослин в теплиці/ В.Я. Жарков, В.Т. Діордієв, О.В. Піхтарь, А.Я. Чураков, 2014.
4. Мост Віна. - Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki>

УДК 621.38

## РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЕНЕРАТОРА СИНУСОЇДАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ НА ОСНОВІ МОСТА ВІНА

Піхтарь О., магістрант

Науковий керівник

Чураков А.Я., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

E-mail: olenkapihtar17@yandex.ua

*Робота присвячена дослідженню розрахунку основних параметрів генератора синусоїдальних коливань на основі моста Віна.*

**Постановка проблеми.** Невід'ємною частиною майже будь-якого пристрою є генератори. У залежності від області застосування генератора, до нього можуть бути пред'явлені різні вимоги, такі як: висока монохроматичність і стабільність заданої частоти, точність [1]. Тому необхідно знати розрахунок основних параметрів генератора синусоїдальних коливань, щоб проаналізувати їх працездатність.

**Аналіз останніх досліджень.** На низьких і середніх частотах джерелом синусоїдальних коливань з малим рівнем спотворень служить мостовий генератор Віна. Ідея його полягає в тому, щоб створити підсилювач зі зворотним зв'язком, що має зсув фази  $180^{\circ}$  на потрібній частоті, а потім відрегулювати петльові посилення таким чином, щоб виникли автоколивання. Створюється позитивний зворотний зв'язок операційного підсилювача на RC-колі. Для однакових значень R і C коефіцієнт посилення за напругою вихідного сигналу по відношенню до сигналу на інвертуючому вході операційного підсилювача повинен дорівнювати 3. При меншому посиленні коливання згасають, при більшому – вихідний сигнал буде досягати насичення.

**Мета статті.** Дослідити розрахунок основних параметрів генератора синусоїдальних коливань на основі моста Віна.

**Основні матеріали дослідження.** Генератором синусоїдальних коливань називається пристрій, за допомогою якого енергія джерела постійного струму перетворюється в енергію змінного струму, що змінюється в часі за гармонійним законом. Міст Віна побудований на інтегральному операційному підсилювачі, використання якого дозволяє побудувати стабільні генератори з відтворенням форми вихідного сигналу [1].

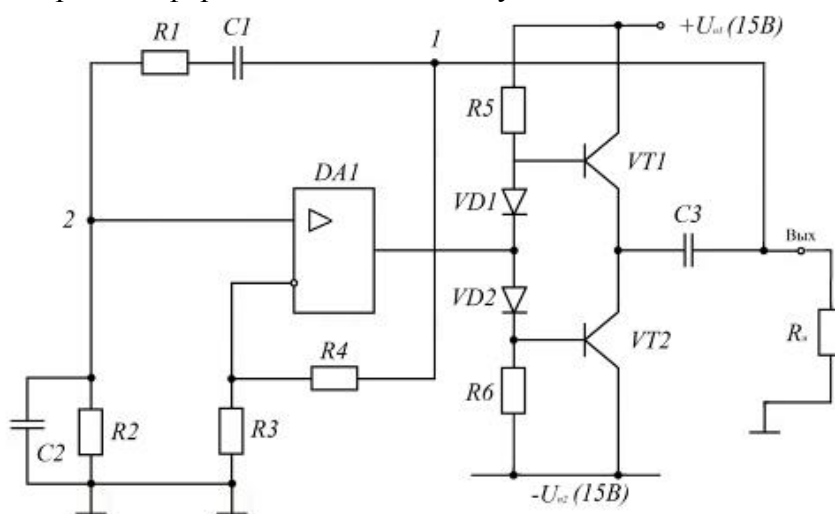


Рисунок 1 – Принципова схема генератора з системою автоматичного регулювання підсилення та мостом Віна

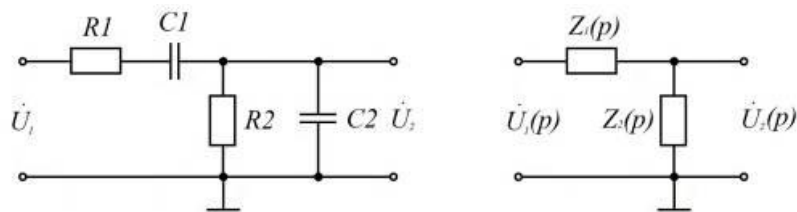


Рисунок 2 – RC-коло: електрична схема і схема заміщення

Визначаємо номінали ємкостей та опорів, які складають міст Віна [2].

Потенціал  $U_p$  дорівнює напрузі, яка падає на паралельно з'єднаних елементах  $R_5$  і  $C_2$ . Нехай  $R_5=R_6=R$  і  $C_1=C_2=C$ , тоді коефіцієнт передачі визначається як [2]:

$$\beta_{33}(P) = \frac{Z_2(P)}{Z_1(P) + Z_2(P)} = \frac{R_2 \parallel R_{C_2}}{R_2 \parallel R_{C_2} + R_2 + R_{C_1}} = \frac{R \cdot \frac{1}{j\omega C}}{R \cdot \frac{1}{j\omega C} + R + \frac{1}{j\omega C}} \quad (1)$$

$$\text{де } Z_1(P) = R_1 + \frac{1}{P \cdot C_1}; Z_2(P) = R_2 \parallel \frac{1}{P \cdot C_2}; P = j\omega = j2\pi f,$$

$$\text{тоді } \beta_{33}(P) = \frac{1}{R_2 C_2 P + \frac{1}{R_2 C_1} + \frac{R_1 + C_2 + 1}{R_2 + C_1}} \quad (2)$$

Робимо заміну [2]:

$$W(\omega) = U(\omega) + jV(\omega) \quad (3)$$

$$\text{де } U(\omega) = \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} + 1; V(\omega) = R_1 C_2 \omega - \frac{1}{\omega R_2 C_1} \quad (4)$$

$$\beta_{33}(P) = \frac{1}{U(\omega)}, \varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)} \quad (5)$$

Позитивний обернений зв'язок виникає при  $\varphi(\omega) = 0$ , що можливо при  $V(\omega) = 0$ , тоді  $R_1 C_2 \omega_0 - \frac{1}{R_2 C_1 \omega_0} = 0$ , що дозволяє знайти частоту [3]:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \text{ або } f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

На цій частоті коефіцієнт передачі кола позитивного оберненого зв'язку буде дорівнювати:

$$\beta_{33}(P) = \frac{1}{\frac{R_1 + C_2 + 1}{R_2 + C_1}} \quad (6)$$

$$\text{Так як } R_1=R_2=R \text{ і } C_1=C_2=C, \text{ то } f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \text{ та } \beta_{33}(P) = \frac{1}{3}.$$

Умова балансу амплітуди  $k\beta_{33} \geq 1$  виконується при  $k \geq 3$ .

**Висновок.** Використання синусоїдального генератора на базі моста Віна в запатентованій нами регульованій світлодіодній системі освітлення рослин у теплиці дозволяє зменшити масо-габаритні розміри і збільшити електробезпеку системи [3].

Використовуючи описану методику розрахунку можна визначити показники працездатності генератора синусоїдальних коливань.

#### Список використаних джерел

1. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. -М.: Высшая школа, 2004.-787с.
2. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств / Г.И. Волович. -М.: Додека-XXI, 2005.-528с.
3. Пат. Україна по заявці u201412840, МПК A01G9/00, F21S2/00, H05B37/02. Регульована світлодіодна система освітлення рослин в теплиці/ В.Я. Жарков, В.Т. Діордієв, О.В. Піхтарь, А.Я. Чураков, 2014.

УДК 621.316.97

## ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ В ОДНОФАЗНІЙ МЕРЕЖІ ПРИ ВЕКТОРНО-АЛГОРИТМІЧНІЙ КОМУТАЦІЇ

Бельська Ю. І., 3 курс,

Ворвуть О. В., 3 курс.

Наукові керівники

Савченко П. І., д.т.н., професор

Гузенко В. В., аспірант

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка

E-mail: juliasuper@ukr.net

E-mail: Aleg\_vorvul@mail.ru

*Проведено аналіз пристроїв для переробки кормосумішей грубих кормів у сільському господарстві. Проаналізована робота електропривода в однофазній мережі при векторно-алгоритмічній комутації статорних обмоток. Обґрунтована доцільність використання розрахунку алгоритмічних параметрів поряд з імітацією зміни навантаження в розробленій спеціалізованій програмі.*

**Постановка проблеми.** Як відомо, на сьогоднішній день сільське господарство характеризується широким спектром застосування машин і механізмів, що відрізняються видами і параметрами руху виконавчого органу, режимами і умовами роботи, приводними характеристиками. Так наприклад, різноманітність машин в аграрно-промисловому комплексі (АПК) багато в чому визначає і типи приводів: гідравлічний, пневматичний, механічний та електричний. При цьому, як показує практика, використання електроприводу, регульованого та автоматизованого, неухильно розширюється із-за цілого ряду переваг вже з кожним наступним роком [1].

Як показує аналіз, за рахунок того що у сучасному господарстві пріоритетним та перспективним напрямком є розвиток саме сільськогосподарського тваринництва, воно займає надійну ланку в забезпеченні продукцією не тільки міста але й всієї нашої держави.

Так, у великих спеціалізованих господарствах, як показує практика, та на фермах ефективніше використовуються машини, спрощуються організація годівлі та утримання тварин різних виробничих груп, підвищується продуктивність праці. Це становиться можливим за рахунок того, що сучасний стан розвитку будь-якого виробництва характеризується все більшим використанням трифазних асинхронних двигунів (АД). Найбільш енергонасичені у системі електроприводу застосовуються в тваринництві [2]. Тому до них, з кожним роком, висувають все більше вимог, як із сторони енергозабезпечення так і із сторони якісної переробки кормосумішей з використанням біодобавок та мінеральних домішок.

**Аналіз останніх досліджень.** Як показують дослідження ефективність використання кормової сировини залежить від способів їх обробки та від використання тих чи інших пристроїв для переробки. Для приготування кормосумішей застосовують широку гаму робочих машин: Волгарь-5, ИГК-30Б, ИРТ-165, ИРТ-Ф-80, подрібнювач-змішувач ИСК-3А, агрегат АПК-10А, лінія ЛИС-10, кормодробарка КДУ-2-1, ДБУ-Ф-20 та ін. Але у сільській місцевості електропостачання фермерський господарств, дуже часто, виконується завдяки однофазній лінії електропередач.

В результаті досліджень вчених (Прудков А.В., Мадисон В.М. (1981 р.) Шевченко В.И., Ладан П.С. 1982 р.) на основі статистичних даних сформовані технічні вимоги до електроприводу робочих машин для переробки кормосумішей в тваринництві. В роботах вчених було зазначено, що основним напрямком у розвитку тваринництва є його інтенсифікація [3]. Але поряд з інтенсифікацією, як зазначено вищенаведеними вченими у цієї області стоять не менш важливі питання, які пов'язані з проблемами використання пристроїв для переробки грубих кормів у сільськогосподарському тваринництві. Саме першочерговий момент включення двигунів займає важливу ланку. Так, як показали дослідження, що в процесі кормоп-



риготування на тваринницьких фермах використовується ціла гама різних машин, які здійснюють свої функції виключно завдяки застосуванню в них електроприводів. Трифазні асинхронні короткозамкнені електродвигуни, завдяки простоті конструкції і порівняно невеликій вартості порівняно з електродвигунами інших типів, використовуються в приводах переважної більшості сільськогосподарських електрифікованих машин і механізмів [1]. У сільській місцевості електропостачання окремих споживачів часто виконується завдяки однофазній лінії електропередач. Доказано, що при живленні від однофазної мережі для запуску, роботи та регулювання швидкості трифазного асинхронного двигуна необхідно використовувати схеми на основі векторно-алгоритмічної комутації.

В даний час найбільшого поширення набув конденсаторний запуск трифазного електродвигуна від однофазної мережі [3,4]. У даного способу запуску і роботи трифазного електродвигуна від однофазної мережі є цілий ряд істотних недоліків:

- При роботі електродвигуна вхолосту по обмотці, яка живиться через конденсатор, протікає струм на 20-40% більше струму холостого ходу; з цієї причини при роботі двигуна виникають додаткові втрати;

- Невелика потужність, яка розвивається електродвигуном;

- Нестабільна робота електроприводу, що використовує даний спосіб живлення внаслідок еліптичності поля статора;

- Низька надійність і підвищена вартість зважаючи на наявність у схемі конденсаторів;

- Великі габарити зважаючи на необхідність використання в схемі паперових конденсаторів.

У даного методу запуску трифазного двигуна від однофазної мережі мають такі недоліки:

1) корисна потужність, що розвивається при цьому електродвигуном, становить 40 - 50% його потужності в трифазному режимі;

2) низька надійність і підвищена вартість зважаючи на наявність у схемі конденсаторів;

3) великі габарити зважаючи на необхідність використання в схемі паперових конденсаторів;

Однак використовуючи пристрій безконденсаторного запуску трифазного електродвигуна від однофазної мережі, вище зазначені недоліки можуть бути скасовані.

**Мета статті.** Проаналізувати існуючі машини для переробки кормо сумішей в умовах фермерського господарства та провести оцінку ефективності їх використання в однофазній мережі при векторно-алгоритмічній комутації.

**Основні матеріали дослідження.** Необхідно використовувати розроблені пристрої безконденсаторного запуску трифазного короткозамкнутого електродвигуна від однофазної мережі, при з'єднанні обмоток статора по схемі трикутник та зірка.

Пристрій безконденсаторного запуску трифазного електродвигуна від однофазної мережі має в собі напівпровідниковий ключ, в якості якого використані диністори, які використані зустрічно-паралельно.

Враховавши всі досліджені проблеми і моменти, отримані показники свідчать про недостатність даних для ефективного аналізу автоматизації технологічного процесу переробки кормосумішей з використанням біодобавок та мінеральних домішок. Але з метою автоматизації, поряд з дослідом векторного аналізу на підставі алгоритму розрахунку середнього значення векторів напруги статорних обмоток електродвигуна, розроблена спеціалізована програма розрахунку в середі пакету Visual Basic.

Дослід показав, що при живленні від однофазної мережі для запуску, роботи та регулювання швидкості двигуна необхідно використовувати схеми на основі векторно-алгоритмічної комутації.

На кафедрі автоматизованих електромеханічних систем ХНТУСГ розроблена програма (рис.1,2), яка дозволяє розрахувати механічні характеристики, та визначити енергетичні показники, що дозволяє обґрунтувати режими його роботи та оптимізувати енерговитрати, ін.

Так, задавши вихідними даними електродвигуна та схемою підключення до однофазної мережі можна отримати його пускові та робочі параметри.

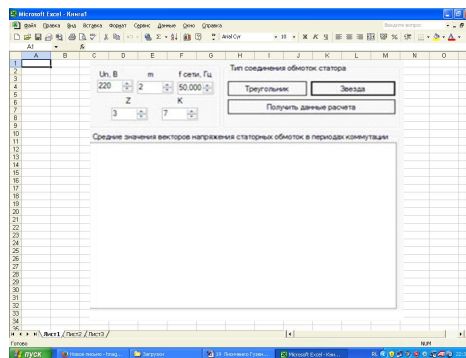


Рисунок 1 – Головне меню програми Visual Basic розрахунків середнього значення векторів напруги статорних обмоток електродвигуна при векторно-алгоритмічній комутації

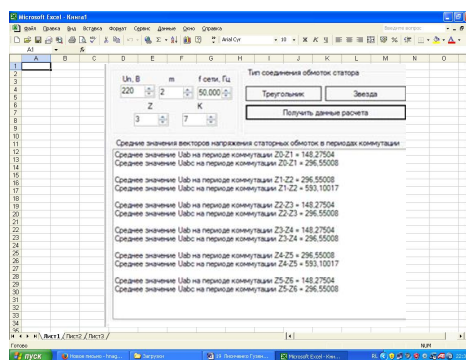


Рисунок 2 – Головне меню програми Visual Basic з розрахунком середнього значення вектору напруги у кожному з проміжків комутації

**Висновок.** В результаті проведених досліджень, можна зробити висновок, що для одержання кондиційних грубих кормів різних видів необхідно його подрібнювати таким чином, щоб мучна фракція склала не більше 5...7% від загальної кількості подрібненого корму. Виконання цієї вимоги можливо за рахунок правильного співвідношення таких параметрів, як вологість зерна  $\gamma$ , темп подачі  $t_p$ , частота обертання подрібнюючого барабана. У зв'язку з цим для кожного виду зерна необхідна відповідна частота обертання подрібнюючого барабана, яку можливо змінити різними методами. А для окремих споживачів доцільно перед цим використати пакет програмного комплексу, щоб отримати результати розрахунків для імітаційного більш детального дослідження.

Таким чином, розроблена програма дозволяє оптимізувати умови роботи електроприводу робочих машин в умовах живлення від однофазної мережі при векторно-алгоритмічній комутації.

#### Список використаних джерел.

1. Савченко П.І., Електропривод у питаннях і відповідях / Лисиченко М.Л., Савченко П.І., Тищенко О.К., Гузенко В.В. // Харків 2012. – с. 102-182
2. Венедиктов А.М. и др. Кормление сельскохозяйственных животных. Справочник. М.: - Росагропромиздат, 1988 - 323 с.
3. Резник Е.И., Добрянцов Н. К. Переработка грубых кормов. М.: - Сельский механизатор, 1983 №2 - 20 - 22 с.
4. Белянчиков Н. Н., Смирнов А. И. Механизация животноводства и кормоприготовления. М.: ВО Агропромиздат, 1990. 189 – 195 с.

УДК 621.362.7

## АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПІДЙОМНИХ МЕХАНІЗМІВ В АПК

Замніус В. Ю., 3 курс,

Заїкін В. О., 3 курс

Наукові керівники

Савченко П. І., д.т.н., професор

Гузенко В. В. аспірант

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка

E-mail: tribe94@ukr.net

*Проведені порівняння втрат електроенергії за певну кількість умовних циклів при роботі асинхронного електропривода з перетворювачем напруги і з частотним регулюванням. Проаналізовані енергетичні показники електроприводу виробничого механізму (механізму підйому крана).*

**Постановка проблеми.** Розглядаючи все різноманіття сучасних виробничих процесів, в кожному конкретному виробництві можна виділити ряд операцій, характери яких є загальними для різних галузей народного господарства. До їх числа відносяться доставка сировини та напівфабрикатів до витоків технологічних процесів та між операційного переміщення виробів у процесі обробки, вантажно-розвантажувальні роботи на складах, залізничних станціях і т. д. На сьогоднішній день в сільському господарстві використовуються різноманітні підйомні крани на базі асинхронного електропривода, до якого з кожним роком висувають жорсткі вимоги. Тому виникає задача правильного вибору системи керування асинхронних двигунів (АД) з врахуванням всіх енергетичних показників, що дає можливість не тільки покращити пускові характеристики але й з економити електроенергію [1]. Електропривод розглядається як загальнопромислова установка, в якості якої виступає підйомний механізм крана.

**Аналіз останніх досліджень.** Як відомо, що в основному підйомні механізми кранів весь свій цикл працюють з номінальними швидкостями, лише перед зупинкою, як правило, переводяться на знижені швидкості. У кожному робочому циклі мають місце несталі режими роботи електроприводу: пуски, реверси, гальмування, що роблять істотний вплив на продуктивність механізму, на ККД установки і на ряд інших факторів [1]. Всі ці умови висувають до електроприводу складні вимоги щодо надійності і безпеки [2]. Від технічної досконалості електроприводів в значній мірі залежать продуктивність, надійність роботи, простота обслуговування [3]. Різноманітними вченими, було доведено, що для вибору системи електропривода необхідно чітко уявляти собі технологічні вимоги до привода механізму, для якого він вибирається. А встановлення таких вимог полегшує вибір оптимальної системи електропривода, тобто такою, що найбільш проста і дешева з усіх систем, що забезпечують бажані експлуатаційні показники механізму [4,5].

**Мета статті.** Порівняння втрат електроенергії за певну кількість умовних циклів при роботі асинхронного електропривода з перетворювачем напруги і з частотним регулюванням. Також, метою є закріплення, поглиблення і узагальнення знань у галузі теорії електроприводу шляхом вирішення комплексної задачі проектування електроприводу конкретного виробничого механізму (механізму підйому крана).

**Основні матеріали дослідження.** Для прикладу використовувався асинхронний двигун (АД) типу МТКФ 311-6. Електродвигун призначений для живлення від мережі 380 В, 50 Гц з трьома виведеними кінцями від обмотки статора, а також може бути виготовлений на напругу 220/380 і 380/660 В з шістьма виведеними кінцями для з'єднання фаз в зірку або трикутник. Електродвигун МТКФ призначений для помірного клімату (виконання У1), Паспортні дані двигуна:  $P_n=11,0$  кВт,  $U_n=220/380$  В,  $n_n = 945$  об/хв. ( $\omega_n = 95,25$  с<sup>-1</sup>),  $I_{1n} = 32$  А,  $I_{2n} = 41$  А. В науковій роботі оцінено різницю у витратах електроенергії при роботі електроприво-

дів ПН – АД і ПЧ – АД за 1 годину (36 циклів). В нашому випадку системи ПЧ-АД, характеризується широким діапазоном регулювання швидкості, а отримані характеристики мають високу жорсткість. Сучасні перетворювачі частоти дозволяють значно підвищити ефективність технологічного процесу і реалізувати найбільш економічний алгоритм керування приводним двигуном, а також – зекономити від 20 до 50% електроенергії порівняно з іншими системами регулювання. При роботі в системі ПН – АД у ланцюг ротора треба ввести додаткові резистори для виводу більшої частини втрат за межі електричної машини, щоб зменшити її нагрівання. Робимо це так, щоб штучна характеристика проходила через вісь абсцис при  $M = 1,5M_n$ . Тоді  $R_{дод} = 0,43 \text{ Ом}$ ,  $R_{дод}' = 1,873 \text{ Ом}$ .

Задані робочі точки циклу. Але врахував, що підйомні механізми кранів весь свій цикл працюють з номінальними швидкостями, а лише перед зупинкою, як правило, переводяться на знижені швидкості. Використавши програмний пакет побудували осцилограми струму та кутової швидкості АД у режимі роботи при номінальному навантаженні (рис.1).

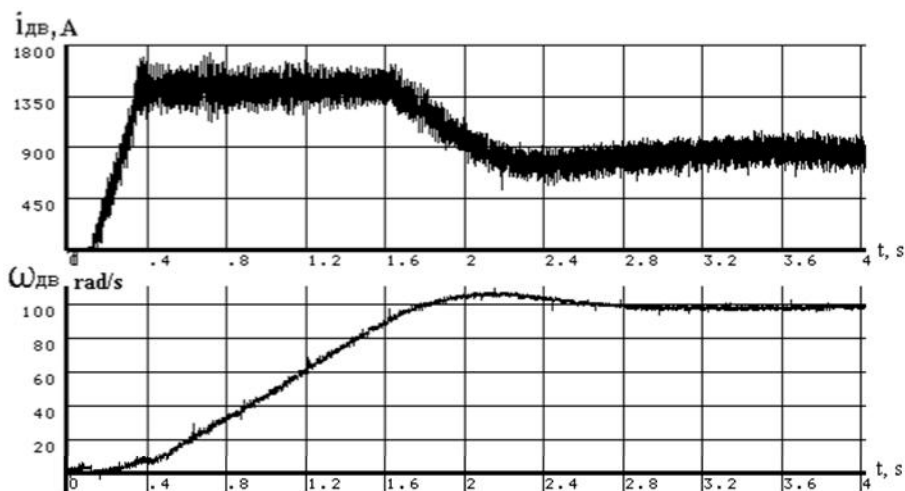


Рисунок 1 – Підйом номінального вантажу

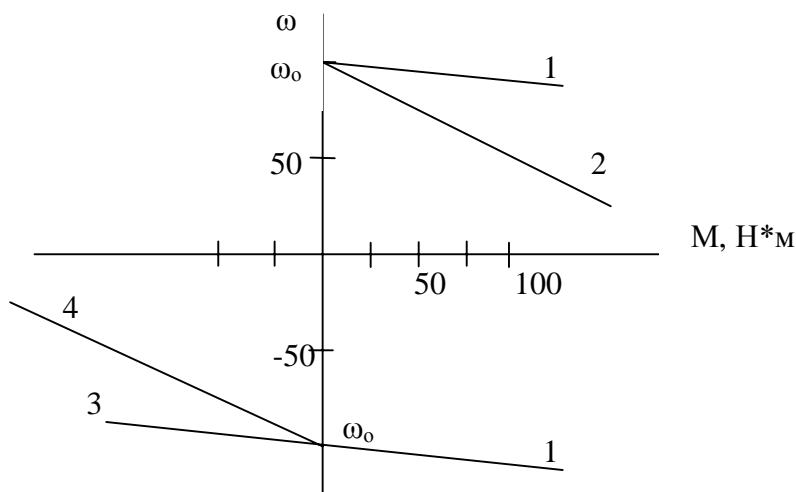


Рисунок 2 – Природні (1) та реостатні (4,2) механічні характеристики АД

На рисунку 2 представлені робочі характеристики з режимами: підйом і спуск номінального вантажу або без вантажу. Вважаємо, що кожна з операцій підйому і спуску займає 10с. Отже робочий час циклу 40 с. Аналіз порівняння втрат електроенергії за певну кількість умовних циклів при роботі асинхронного електропривода з перетворювачем напруги і з частотним регулюванням дозволив отримати показники. Проаналізовані енергетичні показники електроприводу виробничого механізму (механізму підйому крана) дозволили зробити висновки.

**Висновок.** Отже, можна зробити висновок, що, як і очікувалось, використання електропривода ПЧ – АД є більш економічним, бо втрати електроенергії за годину є меншими, ніж при регулюванні електропривода ПН – АД, на 1,12 кВт·год, або на 16,7 %. Якщо відносний час роботи на зниженій швидкості буде більше 10 %, адже коли відносний час роботи на зниженій швидкості становить 20 % різниця втрат електроенергії вже дорівнює 2,21 кВт·год, або 29,6 %. Таким чином, середній ККД електропривода ПЧ – АД у заданому режимі суттєво вище за ККД електропривода ПН – АД. Порівняємо змінні втрати в двигуні, визначимо, що різниця не перевищує 5 %. Таким чином, в деяких випадках, коли проводиться модернізація кранів, доцільно, залишивши двигун з фазним ротором, додати лише перетворювач напруги і зворотний зв'язок за швидкістю; в цьому разі можна отримати стабільні низькі швидкості майже без перегріву двигуна, але за менші кошти.

#### **Список використаних джерел.**

1. Савченко П.І., Електропривод у питаннях і відповідях/ Лисиченко М.Л., Савченко П.І., Тищенко О.К., Гузенко В.В.. // Харків 2012. – с. 200-220
2. Братерский Ф.Д., Карабанов С.А. Технология хранения и переработке зерна. М.: АНО «Издательство МСХА», 2002. – 302с.
3. Анискин В.И., Верцман И.И., Еркинбаева Р.К., Окунь Т.С. Оптимизация режимов сушки зерна в слое с использованием ПЭВМ. Научно-техн. бюллетень ВИМ вып. 89., -М., 1994.- 80с.
4. Варжапетян А.Г., Глущенко В.В. Системы управления. М.: Вузовская книга, 2000. - 328 с.
5. Харин Ю.С. и др. Основы имитационного и статистического моделирования. Минск: Ди-зайн ПРО, 1997. - 287 с.

УДК 621.314.26

## ЧАСТОТНИЙ СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Індерович С. Р., 4 курс,  
Ульянченко С. В., 4 курс,  
Наукові керівники

Савченко П.І., д.т.н., професор,  
Гузенко В.В., аспірант

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

E-mail: [Eltis@i.ua](mailto:Eltis@i.ua)

E-mail: [Ulyanchenko92@inbox.ru](mailto:Ulyanchenko92@inbox.ru)

*В статті розглянуті питання ефективності використання частотного способу регулювання швидкості обертання АД в АПК. Приводиться обґрунтування економічної енергоефективності законів керування для окремих сільськогосподарських агрегатів.*

**Постановка проблеми.** В даній час асинхронні машини використовуються в основному в режимі двигуна. Машини потужністю більше 0,5 кВт зазвичай виконуються трифазними, а при меншій потужності – однофазними. За минулі роки асинхронні двигуни (АД) знайшли дуже широке вживання в різних галузях промисловості і сільського господарства. Їх використовують в електроприводі металорізючих верстатів, підйомно-транспортних машин, транспортерів, насосів, вентиляторів. Основною ж перевагою АД є простота його конструкції і невисока вартість [1]. Проте за принципом своєї дії асинхронний двигун в звичайній схемі включення не допускає регулювання швидкості його обертання. Особливу увагу слід звернути на те, що щоб уникнути значних втрат енергії, а, також, для регулювання короткозамкнених АД щоб уникнути перегріву його ротора, двигун повинен працювати в тривалому режимі з близьким до номінального значеннями ковзання [2]. Це дає підставу вважати, що напрямок теми дослідження є на сьогоднішній день актуальною проблемою.

**Аналіз останніх досліджень.** На даній момент відомі такі способи регулювання швидкості обертання АД: частотне регулювання (змінюю  $f$ ); перемикання числа пар полюсів (зміна  $p$ ); зміна величини напруги живлення  $U$  та введення додаткового опору в коло ротора  $R$ , асинхронний вентильний каскад; двигун подвійного живлення.

Швидкість двигуна визначається двома параметрами: швидкістю обертання електромагнітного поля статора  $\omega_0$  і ковзанням  $s$ :

$$\omega = \omega_0 - s_{abc} \quad (1)$$

$$\omega = \omega_0 - \omega_0 s \quad (2)$$

Виходячи з цих виразів принципово можливі два способи регулювання швидкості: регулювання швидкості обертання поля статора і регулювання ковзання при постійній величині  $\omega_0$ .

**Мета статті.** Показати доцільність використання частотного способу регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна, та його переваги в аграрно-промисловому комплексі.

**Основні матеріали досліджень.** В даній час завдяки розвитку силової перетворювальної техніки створені і серійно випускаються різні види напівпровідникових перетворювачів частоти, що визначило випереджаючий розвиток і широке вживання частотно-регульованого асинхронного електроприводу [3]. Принцип частотного методу регулювання швидкості асинхронного двигуна полягає в тому, що, змінюючи частоту  $f$  живлячої напруги, незмінному числі пар полюсів ( $p$ ) змінювати кутову швидкість магнітного поля статора. Цей спосіб забезпечує плавне регулювання швидкості в широкому діапазоні, а механічні характеристики будуть мати високу жорсткість.

Регулювання швидкості при цьому не супроводжується збільшенням ковзання асинхронного двигуна, тому втрати потужності при регулюванні невеликі. Для здобуття високих

енергетичних показників асинхронного двигуна – коефіцієнтів потужності, корисної дії, перевантажувальній здатності – необхідно одночасно з частотою змінювати і напругу, що підводиться [4].

Результати проведених досліджень показали, що закон зміни напруги залежить від характеру моменту навантаження  $M_c$ . При постійному моменті навантаження  $M_c = \text{const}$  напруга на статорі повинна регулюватися пропорційно частоті.

Другий вираз означає, що при частотному регулюванні частота живлячої напруги  $f$  і його значення  $U$  повинні змінюватися пропорційно. Використовується для вентиляторного моменту навантаження.

Та третій закон при моменті навантаження, обернено пропорційному до швидкості:

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const} \quad ; \quad \frac{U_1}{f_1^2} = \text{const} \quad ; \quad \frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \text{const} \quad (3)$$

Необхідно відзначити, що ці співвідношення отримані для деякого двигуна, що ідеалізується, в якого опір статора приймався рівним нулю ( $r_1=0$ ). Тому на практиці вони виявляються придатними лише в тих випадках, коли частота обертання двигуна регулюється в невеликих межах ( $D < 2:1$ ).

При значних змінах частоти обертання двигуна, викликаних відповідною зміною частоти живлячої напруги, виконання цих співвідношень вже не забезпечує постійності перевантажувальної здатності і коефіцієнта потужності двигуна  $\cos \varphi$ .

Для прикладу на рис.1, а показано сімейство експериментальних механічних характеристик частотного асинхронного приводу при виконанні співвідношення  $U/f = \text{const}$ .

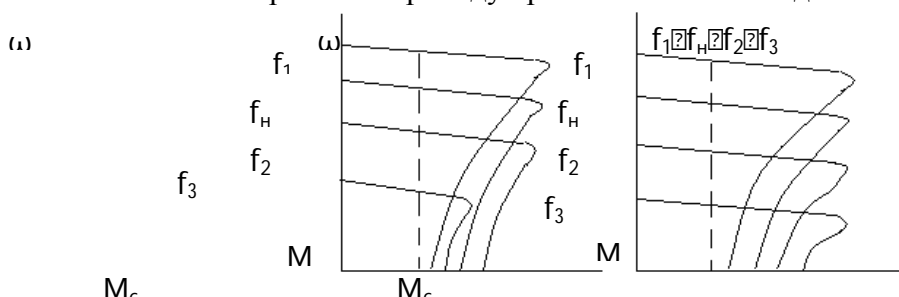


Рисунок 1 – Механічні характеристики двигуна при різних частотах живлячої напруги

Розгляд цих характеристик показує, що при малих частотах живлячої напруги сталося зменшення перевантажувальної здатності електродвигуна і деяке зниження жорсткості його механічних характеристик. Причина цього явища полягає в зменшенні магнітного потоку двигуна унаслідок впливу активного опору статора, особливо помітного при низьких частотах. Щоб компенсувати якоюсь мірою це вплив, слідує із зменшенням частоти напруга знижувати в декілька меншої міри, чим це визначається співвідношенням  $U/f = \text{const}$ .

Таким чином, рекомендується, для плавного безступінчатого регулювання частоти обертання валу АД, перетворювач частоти повинен забезпечувати одночасне регулювання частоти і напруги на статорі АД.

Значна економія електроенергії забезпечується за рахунок регулювання якого-небудь технологічного параметра. Якщо це транспортер або конвеєр, то можна регулювати швидкість його руху. Якщо це насос або вентилятор – можна підтримувати тиск або регулювати продуктивність. Якщо це верстат, то можна плавно регулювати швидкість подачі або головного руху.

Особливий економічний ефект від використання перетворювачів частоти дає вживання частотного регулювання на об'єктах, що забезпечують, наприклад, транспортування рідин. Перспективність частотного регулювання наочно видно з рисунка 2

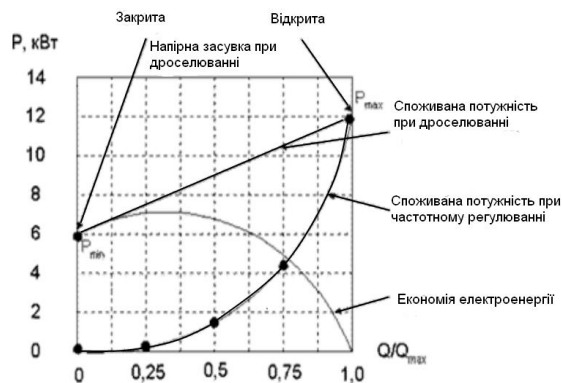


Рисунок 2 – Перспективність частотного регулювання.

Таким чином, при дроселюванні потік речовини, що стримується засувкою або клапаном, не здійснює корисної роботи. Вживання регульованого електроприводу насоса або вентилятора дозволяє задати необхідний тиск або витрату, що забезпечить не лише економію електроенергії, але і понизить втрати речовини, що транспортується.

Але, як показав аналіз на основі сучасної науково-технічної літератури, що різні типи перетворювачів частоти можуть бути розділені на дві групи. Першу групу складають так звані машинні або такі, що обертаються перетворювачі, в яких для здобуття змінної частоти використовуються звичайні або спеціальні електричні машини. Відомі також і інші схеми перетворювачів частоти, що обертаються, використовують як звичайні, так і деякі спеціальні електричні машини. Найбільшого поширення серед них набули асинхронний перетворювач частоти, перетворювачі частоти з використанням колекторного генератора змінної частоти (системи М.П. Костенко) і одноякірних перетворювачів.

Друга група перетворювачів частоти – так звані статичні перетворювачі. Розвиток статичних перетворювачів частоти особливо прискорився у зв'язку з появою нових потужних напівпровідникових приладів.

У силову частину ПЧ, яка здійснює перетворення електричної енергії змінного струму з постійною напругою  $U_c$  і частотою  $f_c$  в енергію змінного струму з регульованою напругою і частотою  $f_{рег}$ , входять тиристори і в деяких випадках узгоджувальні трансформатори. Схема керування забезпечує управління тиристорами силової частини ПЧ за допомогою імпульсів напруги, тиристорів, що подаються на електроди, що управляють, в потрібний момент часу. Тривалі дослідження дозволили отримати дві важливі властивості ПЧ цього типа: регульована частота  $f_{рег}$  завжди менше частоти мережі  $f_m$ , а змінна напруга на навантаженні не є синусоїдальною, хоча і складається з частин синусоїди напруги мережі. Якісніша крива напруга на навантаженні виходить в трифазних схемах ПЧ.

**Висновок.** Основними перевагами закону частотного способу регульованого електроприводу є:

- плавність регулювання і висока жорсткість механічних характеристик, що дозволяє регулювати швидкість в широкому діапазоні;
- економічність регулювання, визначувана тим, що двигун працює з малими величинами абсолютного ковзання, і втрати в двигуні не перевищують номінальних. Недоліками частотного регулювання є складність і висока вартість (особливо для приводів великої потужності) перетворювачів частоти і складність реалізації в більшості схем режиму рекуперативного гальмування.

#### Список використаних джерел.

1. Л.Б. Масандилов, В.В. Москаленко. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. - М.: Энергия, 1978. — 96 с
2. Савченко П.І., Електропривод у питаннях і відповідях/ Лисиченко М.Л., Савченко П.І., Тищенко О.К., Гузенко В.В. // Харків 2012. – с. 230-280
3. Були використані матеріали сайту [www.edulib.ru](http://www.edulib.ru)
4. Були використані матеріали сайту <http://www.technowell.ru/>



УДК 628.16

## СОВЕРШЕНСВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ

Ревуненков А.В., магистрант

e-mail: Rabish123@mail.ru

Научный руководитель

Журавель Д.П., к.т.н., доцент

Таврический государственный агротехнологический университет

*В работе представлен метод обеззараживания  
подземных вод ультрафиолетовым облучением.*

**Постановка проблемы** Для повышения эффективности систем питьевого водоснабжения необходимо комплексное решение задач организационного, технического, экономического и правового характера с учетом ее рационального использования и защиты от загрязнения и истощения водоисточников.

В решении общих проблем питьевого водоснабжения важную роль играют задачи оптимального проектирования, строительства и эксплуатации систем питьевого водоснабжения из подземных источников и их элементов. Должно учитываться решение гидрогеологических задач по оценке эксплуатационных запасов подземных вод, технологических и технико-экологических задач водоснабжения, а также защиты подземных вод от истощения и загрязнения.

**Формулировка целей.** Целью данной статьи является совершенствование системы водоподготовки для обеспечения населенного пункта водой из подземных источников для питьевых и производственных нужд.

**Основные материалы исследования.** Для обеззараживания воды используем ультрафиолетовое облучение (УФ). УФ излучением является наиболее распространенным методом обеззараживания подземных. Для обеззараживания используют бактерицидные ультрафиолетовые лучи с длиной волны 205 – 315 нм. Максимальным бактерицидным эффектом обладает УФ излучение в радиусе 3 см с длиной волны 250 – 290 нм. Его обеззараживающее воздействие обусловлено повреждением болезнетворных бактерий за счет фотохимической лучевой энергии.

Обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением является наиболее перспективным методом обеззараживания воды с высокой эффективностью по отношению к патогенным микроорганизмам, не приводящий к образованию вредных побочных продуктов.

Эффект обеззараживания основан на воздействии ультрафиолетовых лучей с длиной волны 200 – 300 нм на белковые коллоиды и ферменты протоплазмы микробных клеток. Эта область ультрафиолетового облучения называется бактерицидной. Максимум бактерицидного действия располагается около длины волны в 254 мкм. Бактерицидный эффект зависит от прямого воздействия ультрафиолетовых лучей на каждую бактерию.

В отличие от других методов обеззараживания – метод ультрафиолетового обеззараживания является наиболее простой в реализации, не требует специальных мер безопасности и привлечения специального обслуживающего персонала.

Преимущества УФ обеззараживание воды:

- обеспечивает обеззараживание питьевой воды от целого ряда микроорганизмов;
- исключается образование токсичных продуктов, характерных для хлорирования и озонирования;
- простота ввода УФ установок в технологическую схему водоподготовки;
- незначительные капитальные затраты по сравнению с применением окислителей;
- меньшее по сравнению с озонирующими установками электропотребление;
- низкая себестоимость обработанной воды, по сравнению с применением хлорирования.

ния и озонирования.

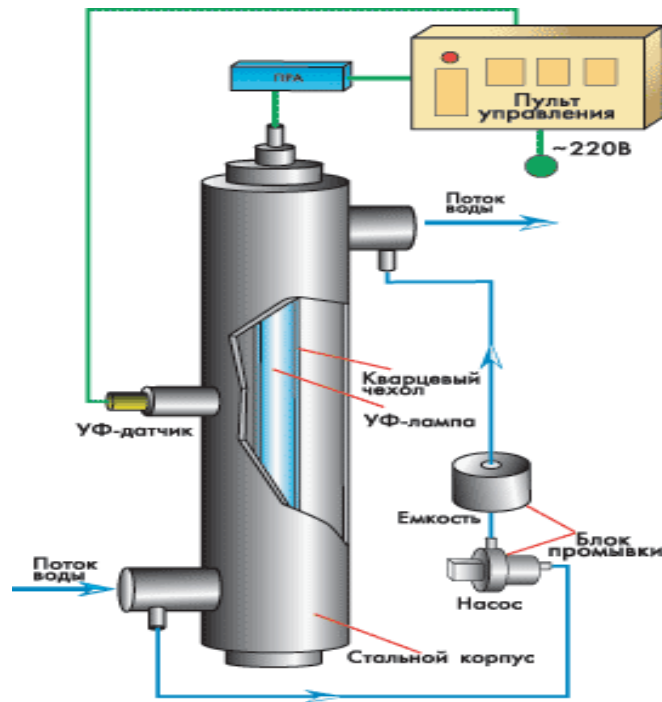


Рис. 1. Схема бактерицидной установки

Установка УФ обеззараживание питьевой воды состоит из корпуса, выполненного из нержавеющей стали для пищевого применения. Внутри корпуса, через герметизирующие манжеты, крепятся кварцевые трубы, внутри которых установлены УФ лампы. На корпусе установлен датчик измерения мощности УФ излучения.

Блок управления УФ лампами изготовлен отдельным узлом и соединен кабелем с камерой обеззараживания питьевой воды.

В блоке управления и сигнализации установлена световая или звуковая сигнализация о неисправности работы каждого облучателя или выходе его из строя, электронный счетчик времени работы

УФ-ламп и контрольное устройство, следящее за уровнем интенсивности излучения ламп на частоте 254 нм. Устройство подает световой и звуковой сигнал при снижении интенсивности излучения в случае поступления в камеру загрязненной воды, загрязнения кварцевого чехла, при старении УФ ламп, что позволяет использовать УФ-лампы на более длительном ресурсе, контролировать качество поступающей на установку питьевой воды и эффективнее эксплуатировать установку.

Описание функциональной схемы автоматизации технологического процесса

Произведем автоматизацию цикла водоподготовки от забора ее из скважины до насосной станции второго подъема.

На станцию водоподготовки вода поступает из артскважины по водоводам насосами станции I подъема. Для автоматизации насосной станции над артскважиной предусматривается установка манометра, контролирующего давление в напорном водоводе, что позволяет регулировать и контролировать подачу насоса. Также предусматривается измерение расхода воды по напорному водоводу.

Далее вода подается на фильтр станции обезжелезивания. Контроль за работой скорого фильтра осуществляется автоматизировано. Проектом предусмотрена установка надежной запорной и регулирующей электроприводной арматуры на скором фильтре, что позволяет выполнить полную автоматизацию управления технологическим процессом фильтрации воды. Наряду с этим, для поддержания заданной скорости фильтрования, на фильтре производится установка системы контроля уровня на базе современных датчиков уровня (измерение

гидростатического давления), позволяющих вести технологический учет фильтрованной воды.

Затем обезжелезенная вода поступает на УФ установку для обеззараживания. На корпусе установлен датчик измерения мощности УФ излучения, следящий за уровнем интенсивности излучения ламп на частоте 254 нм. Устройство подает световой и звуковой сигнал при снижении интенсивности излучения в случае поступления в камеру загрязненной воды, загрязнения кварцевого чехла, при старении УФ ламп, что позволяет использовать УФ-лампы на более длительном ресурсе, контролировать качество поступающей на установку питьевой воды и эффективнее эксплуатировать установку.

После обеззараживания вода поступает в резервуар чистой воды. Для поддержания заданных уровней воды в резервуаре устанавливаются датчики уровня.

Из резервуара вода поступает на насосную станцию второго подъема. Для автоматизации насосной станции предусматривается установка манометров, контролирующей давление в напорных трубопроводах, что позволяет регулировать и контролировать подачу насосов. Также предусматривается измерение расхода воды в напорных трубопроводах.

Таким образом, в результате автоматизации станции водоподготовки населенного пункта определен оптимальный режим их работы. В результате чего, повысилась эффективность очистки воды и произошло улучшение культуры труда обслуживающего персонала.

**Вывод.** Для очистки воды был выбран способ упрощенной аэрации, основанный на способности воды, содержащей двухвалентное железо и растворенный кислород, при фильтровании через зернистый слой выделять железо на поверхности зерен загрузки, образуя каталитическую пленку. Эта пленка активно интенсифицирует процесс окисления и выделения железа из воды. Обезжелезивание воды в загрузке, покрытой пленкой, является гетерогенным автокаталитическим процессом, в результате чего обеспечивается непрерывное обновление пленки как катализатора непосредственно при работе фильтра. При этом методе не требуется окисление двухвалентного железа в трехвалентное и перевод его в гидроксид в связи с чем отпадает необходимость в устройстве дорогостоящих аэрационных сооружений. Упрощенная аэрация осуществляется с помощью несложных приспособлений путем подачи воды с небольшой высоты в карман или центральный канал фильтра, либо путем вдувания воздуха в обрабатываемую воду. Отсутствие специальных аэрационных устройств и контактных емкостей упрощает эксплуатацию и снижает стоимость очистки.

#### **Список использованных источников.**

1. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды: примеры и расчеты / В.Ф. Кожин. – М.: Издательство литературы по строительству 1971.– 304 с.
2. Карасев, Б.В. Насосные и воздухоподводящие станции / Б.В. Карасев Учебник для вузов. – Мн.: Вышэйшая школа, 1990. – 326 с.
3. Карелин, В.Я. Насосы и насосные станции / В.Я. Карелин, А.В. Минаев. – М.: Стройиздат, 1986. – 320 с.
4. Карюхина, Т.А. Химия воды и микробиология / Т.А. Карюхина, И.Н. Чурбанова. – М.: Стройиздат, 1995. – 208 с.

УДК 658.011.56

## ТЕХНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА МАШИН ВТОРИННОГО ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА

Клименко о.а., 3 курс

Науковий керівник

Постнікова М.В., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: aleksey\_klimenko@list.ru

e-mail: marina\_p1963@mail.ru

*Проведена техніко-енергетична оцінка машин вторинного очищення зерна.*

**Постановка проблеми.** Необхідна техніко-енергетична оцінка існуючих машин вторинного очищення зерна, так як використання застарілого обладнання на зернопунктах призводить до підвищення повної енергоємності готової продукції і, як наслідок, - нераціональному використанню електроенергії.

**Аналіз останніх досліджень.** За даними міністерства агропромислового комплексу [1], у виробників залишається близько 14 млн. Т зерна, тобто половина, а вони оснащені застарілими критими токами тільки на 57 % із морально і фізично застарілими машинами та обладнанням. Технічний рівень основних машин післязбиральної обробки зерна характеризується цілим набором основних показників [2-4]. Це основне технологічне обладнання визначає собою технічний рівень ліній обробки зерна в цілому і якість обробки зерна.

**Мета статті.** Провести техніко-енергетичну оцінку існуючих машин вторинного очищення зерна.

**Основні матеріали дослідження.** Для аналізу машин вторинного очищення зерна зерно-пунктів використовуємо методику порівняльної оцінки технологічного обладнання [5]. Для порівняннi були обрані наступні показники:

- питома продуктивність,  $q_{\text{пит.}}$ , т/квт·год.;
- енергоємність обладнання,  $e_{\text{пит.}}$ , квт·год./т;
- питома металоємність обладнання,  $m_{\text{пит.}}$ , т/т;
- універсальність обладнання,  $y_{\text{об.}}$ , ум. Од.;
- рівень автоматизації,  $a$ , відн. Од.;
- питома трудомісткість обслуговування,  $t_{\text{пит.}}$ , люд.·год./т;
- питомі габаритні розміри,  $\Gamma_{\text{пит.}}$ , м<sup>2</sup>/т.

В якості критерію техніко-енергетичного рівня обладнання запропонований інтегральний коефіцієнт ефективності обладнання, який визначається за формулою

$$K_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \left[ 2 \pm \frac{(\Pi_i - n) - \Pi_{\min}}{\Pi_i} \right],$$

де  $\Pi_i$  – значення і-го показника ряду, що розглядається;

$\Pi_{\min}$  – значення мінімального з “m” показників ряду;

n – величина, що характеризує найбільше відхилення значень показників ряду.

$$n = \frac{\Pi_{\max} - \Pi_{\min}}{m},$$

де m – загальне число показників, що використовуються для оцінки обладнання;

$\Pi_{\max}$ ,  $\Pi_{\min}$  – максимальне і мінімальне значення із загальної кількості показників.

Технічні характеристики машин вторинного очищення зерна зернопунктів представлені в таблиці 1. Дані розрахунку техніко-енергетичних показників машин вторинного очищення зерна приведені в таблиці 2.

Таблиця 1 – Технічна характеристика трієрів

Показник	ТУ-400	БТ-5	ЗАВ-10.90000	К-219	К-553
Продуктивність, т/год. на пшениці вологістю до 16%:					
– при послідовній роботі (з видаленням довгих і коротких домішок)	0,5	5	7,5	-	0,15÷0,35
– при паралельній роботі (з видаленням тільки довгих або коротких домішок)	-	10	15	0,15÷0,35	-
Габарити, мм:					
довжина	2310	2380	3130	2265	2750
ширина	850	1400	1400	1525	1750
висота	1455	2550	2600	1250	2900
Встановлена потужність, кВт	0,6	1,5	2,2	0,8	1,1
Вага, кг	359	850	1170	500	1250

Таблиця 2 – Техніко-енергетичні показники трієрів

ТИП ТРІЄРА	$Q_{\text{плт.}}$ , Т/КВТ·ГОД	$E_{\text{плт.}}$ , КВТ·ГОД/Т	$M_{\text{плт.}}$ , Т/Т	$U_{\text{об. ум. од.}}$	$A$ , ВІДН. ОД.	$G_{\text{плт.}}$ , М <sup>2</sup> /Т	$T_{\text{плт.}}$ , ЛЮД·ГОД/Т	$K_{\Sigma}$
ТУ-400	0,83	1,2	0,72	1,25	0,7	3,93	2,0	8,55
БТ-5	3,33	0,3	0,17	1,25	0,7	0,67	0,2	17,03
ЗАВ-10.90000	3,41	0,29	0,16	1,25	0,7	0,58	0,13	17,27
К-219	0,44	2,29	1,43	1,25	0,7	9,85	2,86	10,71
К-553	0,32	3,14	3,57	1,25	0,7	13,8	2,86	11,8

Обладнання, що має найбільший сумарний інтегральний коефіцієнт ефективності, є найбільш ефективним і досконалим.

**Висновок.** Проведена в роботі техніко-енергетична оцінка трієрів показала, що найбільш ефективними є трієри зав-10.90000 та бт-5, так як коефіцієнт техніко-енергетичної оцінки найбільший і дорівнює 17,27 та 17,03 відповідно.

#### Список використаних джерел.

- 1 Проблеми механізації зберігання і переробки зерна (стан і перспективи) // Пропозиція. – 2000. - №8-9. – С. 86-88.
- 2 Как правильно выбрать зерноочистительную машину // Техника и оборудование для села. – 2003. - №7. – С. 20-23.
- 3 Желтов В.С. Механизация послеуборочной обработки зерна. Справочник / В.С. Желтов, Г.Н. Павлихин, В.М. Соловьёв. – М.: Колос, 1973. – 255 с.
- 4 Машины для послеуборочной обработки зерна / [Б.С. Окнин, Н.В. Горбачёв и др.]. – М.: Агропромиздат, 1987. – 238 с.
- 5 Назарьян Г.Н. Методика сравнительной оценки технологического оборудования в курсовых и дипломных проектах / Г.Н. Назарьян, А.П. Карпова // Збірник науково-методич-них праць. – Мелітополь: ТДАТА, 2004. – Вип. 8. – С. 62-68.

УДК 621.385.69

## ВИКОРИСТАННЯ НВЧ ПОЛЯ ДЛЯ ОБРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРОДУКТІВ

Сафонов О.В., магістрант

e-mail: safonov4dive@gmail.com

Науковий керівник

Федюшко Ю. М. д.т.н., професор

Таврійський державний агротехнологічний університет

*У статті розглядається питання використання енергії НВЧ поля для обробки сільськогосподарських продуктів*

**Постановка проблеми.** Швидке і безпечне сушіння насіння зернових культур є актуальною і серйозною проблемою сільського господарства. Для збереження насіння необхідно їх висушити до безпечної вологості не погіршуючи їх репродуктивні показники. Основним способом сушіння насіння зернових культур є нагрів з подальшим видаленням вологи з поверхні. Але з розвитком технологій з'явилося багато нових способів сушки зерна.

**Формулювання цілей.** Обґрунтування доцільності розвитку та потенціал НВЧ установок для обробки сільськогосподарських продуктів.

**Основні матеріали досліджень.** Технологія обробки за допомогою надвисокочастотного електромагнітного поля (НВЧ) застосовується для нагріву, сушки, розморожування і знезараження сільськогосподарських продуктів пшениці, ячменю, сої та ін. Дана технологія має цілий ряд позитивних якостей, тому широко використовується на переробних підприємствах. Головними перевагами НВЧ-обробки є значна економія часу, оскільки процес обробки відбувається дуже швидко. Крім того така технологія дозволяє зберегти в сировині всі поживні речовини, вітаміни і мінерали, що при іншій обробці робити складно. Нагрівання зерна відбувається за рахунок поглинання продуктом енергії хвиль надвисокої частоти. Даний метод обробки зерна відрізняється від традиційних видів теплової обробки сільгоспкультур тим, що нагрівання продукту відбувається від поверхні вглиб зерна, що дозволяє швидко і рівномірно нагріти зерно. А це призводить до підгоряння зовні і розтріскування зерен.

Рисунок 1. Зовнішній вигляд НВЧ установки АСТ-3



Технологічний процес сушіння полягає в наступному:

Продукт сушки подається в активну зону через засипний бункер. Проходячи через активну зону зверху вниз продукт розігрівається струмами НВЧ на 12-15 ° С вище температури

навколишнього середовища. Розігрів відбувається під час просипу продукту через активну зону. У цей момент відбувається інтенсивне виділення вологи на поверхні продукту .

Початковий процес видалення вологи починається в активній зоні. Надалі продукт сушіння надходить в сушильну зону, де відбувається видалення вологи і зниження температури продукту. Далі продукт через шнек вивантажується в приймальний бункер або висипні яму (залежно від місця установки зерносушарки), де відбувається вирівнювання температури продукту сушіння з температурою навколишнього середовища і остаточний знімання вологи .

Дана технологія дозволяє застосовувати рециркуляцію продукту в сушильній установці і є екологічно чистою , так як відсутні продукти згоряння палива.

Після такої обробки схожість насіння збільшується, це обумовлено тим, що нагрівання зерна відбувається зсередини назовні, рівномірно по всьому об'єму, потім при охолодженні зовнішньої поверхні, температура всередині зерна стає вище ніж зовні, що стимулює перенесення рідини (через перепад температур) і разом з тим перерозподіл поживних речовин, у бік зародка зерна, що призводить до кращого проростання насіння. Крім того під впливом високої температури слабшає активність, і навіть повністю зупиняється, цвілевих грибків та інших речовин анти поживні спрямованості.

Головні переваги:

- Теплова без інерційність, тобто можливість практично миттєво включення-виключення теплового на опрацьований матеріал;
- Високий ККД перетворення енергії в теплову;
- Вибірковість нагріву, тобто нагрів тільки вологих зерен;
- Стерилізація зерна;
- Біостимуляція насіння.

**Висновок.** При НВЧ-обробці, високочастотні хвилі проникають по всьому об'єму сировини нагріваючи його рівномірно і швидко. Причому, різні речовини при такій обробці реагують по різному. Такі властивості методу свч-обробки дозволяють застосовувати його для сушки зерна, сіна, соломи та інших агропродуктів. Іншою перевагою методу НВЧ-обробки - це найбільш повне збереження структури вихідної сировини, живильних речовин і можливість повністю контролювати процес обробки, оскільки параметри обробки обумовлені вологістю і температурою сировини, а ці параметри можна змінювати практично без обмежень.

#### **Список використаних джерел**

1. Знаев А.С., Осинцев Е.Г. Использование электромагнитных полей в сушке зерна / Энергосбережение: состояние и перспективы: Труды VIII Всероссийского совещания-выставки по энергосбережению, Екатеринбург 20-21 марта 2007, - Екатеринбург: ООО «РИА Энерго-Пресс, 2007, с.58-59.
2. Физиология семян / Данович К.Н., Соболев А.М., Жданова Л.П. и др. М.: Наука, 1981. – 318 с.
3. Фірма “Терра”. Установка микроволновая для сушки зерновых и масленичных культур модели АСТ-3. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://terra18.ru/production/item-113.html>

УДК 640.4

## АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ ОСВІТЛЕННЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Бінчєв М.В., 2 курс,

Науковий керівник

Вовк О.Ю., к.т.н., доцент

e-mail: aleksvovk020405@yandex.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет

Робота присвячена аналізу основних засобів освітлення житлових приміщень

**Постановка проблеми.** На сьогодні більшість вітчизняних теплових електростанцій відпрацювали свій граничний ресурс. Без коштів для генерації електроенергії, підтримки станцій в робочому стані та модернізації рано чи пізно їх робота зупиниться, і в країні не буде вистачати електроенергії. Українські електричні мережі, особливо розподільчі, зношені на 70% і не зможуть виконувати свої функції протягом достатнього часу. Через збитки і заборгованість підприємства енергетичної сфери не мають коштів навіть на поточні ремонти зношеної інфраструктури, не кажучи вже про модернізацію і розвиток. Також, у зв'язку із погіршенням економічної ситуації та підвищенням тарифів на електроенергію, постає питання у пошуках засобів економії для населення. Одним із таких способів може стати економія на освітленні [1 – 5].

**Аналіз останніх досліджень.** Всі сучасні лампи згідно [1 – 5] можна класифікувати за трьома основними ознаками: тип цоколя, спосіб отримання світла і напруга, від якої вони працюють.

**Мета статті.** Метою статті є аналіз та порівняння найпопулярніших видів електроосвітлювальних приладів.

**Основні матеріали досліджень.** Найпопулярнішими лампами можна назвати наступні: лампи розжарювання, галогенні лампи, люмінесцентні лампи, світлодіодні лампи. Проаналізуємо кожну з них, користуючись [1 – 5].

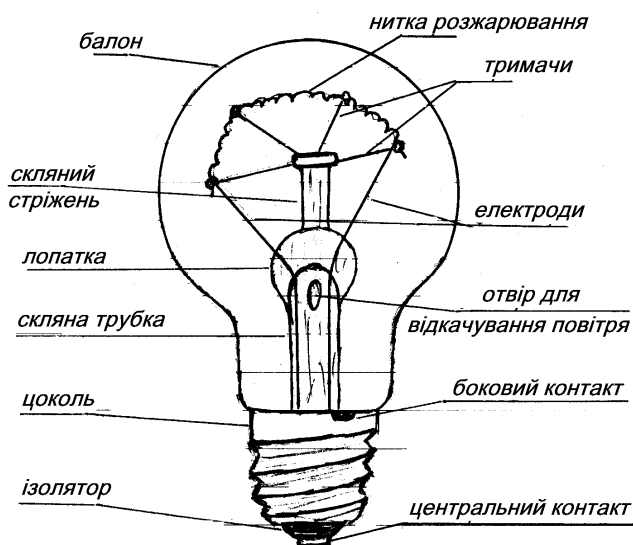


Рисунок 1 – Конструктивна схема лампи розжарювання.

зовнішнього та внутрішнього освітлення в мережі змінного струму з номінальною напругою 127 В, 220 В частоти 50 Гц. Переваги та недоліки лампи розжарювання залежать від того, наскільки правильно вибрана лампа і в яких умовах вона експлуатується.

Лампи розжарювання відносяться до типових теплоізлучачів, які представляють собою колбу, попередньо запаяну та заповнену вакуумом або інертним газом. У колбі знаходиться вольфрамова спіраль, яка під впливом електричного струму сильно розжарюється до високих температур (від 2600 до 3000 К). В результаті розжарювання лампа випромінює світло і тепло. Причому, більша частина даного випромінювання знаходиться в інфрачервоному діапазоні. Конструктивна схема лампи розжарювання наведена на рис.1.

Світлова віддача лампи розжарювання в діапазоні 25-1000 Вт може становити від 9 до 19 лм/Вт (даний показник стосується ламп, середній термін служби яких становить 1000 годин).

Велика частина ламп розжарювання призначена для забезпечення



Важливою перевагою даного типу ламп є те, що вони представлені в дуже широкому асортименті – сучасний ринок пропонує лампи розжарювання різної потужності, напруги, типу, які можуть бути пристосованими до певних умов застосування. Лампа включається безпосередньо в мережу і не вимагає використання ніяких додаткових апаратів.

Лампи розжарювання можуть працювати навіть при серйозних відхиленнях напруги мережі від номінального, хоча, різко змінюють свої характеристики, скорочується термін їх служби. Лампи практично повністю незалежні від умов навколишнього середовища, температури, підвищення рівня вологості і т.д., тому можуть використовуватися в будь-яких приміщеннях і навіть у найскладніших умовах.

З недоліків лампи розжарювання слід виділити те, що до кінця терміну служби незначно знижується світловий потік (до 15 %). Також до мінусів відносять низьку світлову віддачу, обмежений термін служби ламп, переважання в спектрі випромінювання жовто-червоної частини спектра, велику залежність усіх характеристик ламп від напруги, що підводиться. Так, чим вище напруга, тим більш короткий термін служби лампи, тим більш яскраво вона світить.



Рисунок 2 – Галогенна лампа.

Галогенна лампа (рис. 2) – це вдосконалена лампа розжарювання, що одержала широке поширення відносно недавно. Високі технології виробництва дозволили підвищити експлуатаційні показники галогенних ламп по всіх параметрах у порівнянні зі стандартними лампами. Ефективність галогенних ламп вище звичайних ламп розжарювання на 20 – 50% (відповідно, на таку ж величину знижується енергоспоживання).

Головні переваги галогенних ламп – їх доступна ціна, якісна передача кольору, можливість створення різних світлових відтінків і яскраве світло протягом усього періоду експлуатації. Завдяки додаванню в колбу парів галогенів (бromу, хлору, фтору, йоду), які зменшують випаровування вольфраму, значно збільшився термін служби лампи (до 2000 – 5000 годин роботи). Випаровування вольфраму відбувається повільніше, в тому числі, через висо-

кий тиск газів в колбі, обсяг якої став значно менше у порівнянні з лампою розжарювання. Ресурс галогенних ламп в 3-5 разів вище ламп розжарювання.

Але у галогенних ламп є і свої недоліки. Через високу чутливість до стрибків напруги в мережі, вони набагато частіше перегорають у момент включення, ніж лампи розжарювання. Тому їх необхідно включати через блоки захисту стабілізатори напруги або трансформатори (для низьковольтних ламп). Ще одним істотним недоліком є дуже сильне нагрівання колби (250 – 500 °C). Тому, по-перше, при їх установці потрібно подбати про дотримання норм протипожежної безпеки (між перекриттям і підвісною стелею забезпечте достатню відстань, виключіть можливість стикання лампи з будь-яким предметом або матеріалом, що знаходиться поблизу, щоб запобігти його загоряння). А по-друге, колбу ніколи не можна брати голими руками.

Люмінесцентними називаються газорозрядні лампи низького тиску (рис.3). У них виникає в результаті газового розряду ультрафіолетове випромінювання (абсолютно невидиме для людського ока), яке перетворюється у видиме світло люмінофорним покриттям. Люмінесцентна лампа являє собою циліндричну трубку з електродами, куди закачуються пари ртуті. При впливі електричного розряду пари ртуті починають випромінювати ультрафіолетові промені, що примушують люмінофор, нанесений на стінки трубки, випромінювати видиме



Рисунок 3 – Люмінесцентні лампи

світло. На сьогоднішній день промисловість випускає більше 100 різних типорозмірів ламп даного типу загального призначення. Найпоширенішими є лампи, потужність яких становить 15, 20, 30 Вт для напруги 127 В, а також 40, 80 і 125 Вт для напруги 220 В.

Основними перевагами люмінесцентних ламп є: висока світлова віддача (яка може досягати 75 лм/Вт), тривалий термін служби (у стандартних ламп доходить до 10 тисяч годин). Багато споживачів вибирають даний тип ламп через можливість володіти джерелами світла різного спектрального складу при найкращій передачі кольору. У ряді випадків перевага є і відносно мала яскравість, яка не сильно сліпить очі.

З недоліків можна виділити обмежену одиничну потужність лампи при великих розмірах для такої потужності, відносну склад-

ність підключення, відсутність можливості живлення лампи постійним струмом. Люмінесцентна лампа і її характеристики досить сильно залежать від рівня температури навколишнього середовища. Так, для звичайної люмінесцентної лампи найбільш оптимальною температурою навколишнього повітря є діапазон від +18 до +25 °С. Якщо є відхилення температури від зазначеного показника, то оптимальний світловий потік, світлова віддача лампи значно знижуються. Більше того, коли в приміщенні температура нижче +10 °С, запалювання лампи взагалі не гарантується. Тому люмінесцентні лампи використовуються лише там, де їх експлуатація виправдана і передбачає отримання ефекту, який неможливо створити за допомогою інших типів ламп.



Рисунок 4 – Світлодіодна лампа.

Світлодіодні лампи або світлодіодні світильники (рис.4) – світлотехнічні вироби для побутового, промислового і вуличного освітлення, у яких джерелом світла є світлодіоди. Світлодіодна лампа – це набір світлодіодів і схеми живлення для перетворення мережевої енергії в постійний струм низької напруги.

Переваги світлодіодного освітлення:

1. Значний термін служби (термін безперервної роботи світлодіода не менше 50 000 годин, що на два порядки перевищує термін служби звичайних ламп розжарювання).
2. Значна економія споживаної електроенергії завдяки високій світловій віддачі світлодіодів (150 лм/Вт; у той час, як люмінесцентні лампи володіють світловою віддачею 75 лм/Вт, а лампи розжарювання – близько 10 лм/Вт).
3. Екологічна безпека (світлодіодні світильники не вимагають спеціальної утилізації, тому що світлодіоди не містять ртуті і скляної колби).
4. Не вимагають обслуговування протягом терміну служби (завдяки простоті виконання і відсутності елементів, що виходять з ладу і потребують постійної заміни).
5. Вібростійкість і стійкість до механічних впливів (завдяки корпусу з алюмінію і небиткого пластика).

6. Повна відсутність в спектрі ультрафіолетового випромінювання.
7. Широкий діапазон робочих температур (від  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
8. Відсутність стробоскопічного ефекту.
9. Можливість регулювання рівня освітленості або підтримки заданого рівня на протязі доби.
10. Миттєвий запуск і вихід на робочий режим по освітленості.
11. Відсутність великих пускових струмів.
12. Спектр випромінювання близький до сонячного світла, що покращує сприйняття кольорів
13. Спрямованість випромінювання.

Недоліки світлодіодного освітлення:

1. Залежність довговічності світильника від якості виготовлення та виконання вимог щодо відведення тепла.
2. Різка скорочення терміну служби світильника в середовищі з температурою вище  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
3. Наявність сліпучого ефекту (без прийняття спеціальних заходів по розсіюванню і захисту зору).
4. Значна вартість.

Порівняння енергетичних показників розглянутих ламп наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння ламп за вартістю та кількістю спожитої електроенергії

Тип лампи	Споживана елект-роенергія за день (кВт·год.)	Вартість спожитої електроенергії за день (грн.)	Вартість спожитої електроенергії в рік (грн.)
Лампа розжарювання	0,18	0,055	20,07
Галогенна лампа	0,14	0,043	15,69
Люмінесцентна лампа	0,04	0,012	4,38
Світлодіодна лампа	0,02	0,06	2,19

**Висновок.** Проведений аналіз показую, що найбільш економними є світлодіодні лампи, однак висока вартість виробу погано позначається на окупності, тому їх потрібно застосовувати у місцях, де вони будуть працювати якнайбільше.

#### Список використаних джерел.

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. – М.: Знак, 2006. – 972 с.
2. Айзенберг Ю.Б. Энергосбережение – одна из важнейших проблем современной светотехники / Ю.Б. Айзенберг // Светотехника. – 2007. – № 6. – С.6-10.
3. Сорокін В.М. Світлодіодному освітленню – зелене світло / В.М. Сорокін // Вісник НАН України. – № 5. – 2014. – С.81-84.
4. Юнович А.Э. Современное состояние и тенденции развития светодиодного освещения / А.Э. Юнович // Светотехника. – № 6. – 2007.– С.21-25.
5. Кармаліта А.К. Дослідження джерел освітлення закладів готельно-ресторанних господарств / А.К. Кармаліта, Д.М. Якимчук // Вісник Хмельницького національного університету. – № 4. – 2012. – С.236-242.

УДК 620.98

## ОСОБЛИВОСТІ НАГРІВУ ДІЕЛЕКТРИКІВ В ДІАПАЗОНАХ НАДВИСОКИХ ЧАСТОТ

Єрмак І.С., 4 курс

Наукові керівники

Яковлєв В. Ф., к.т.н., професор,

Лисенко О.В., асистент

Сумський національний аграрний університет

e-mail: Igorek-ermak@mail.ru

e-mail: yakovlev\_vf@ukr.net

e-mail: oleksii.lysenko@gmail.com

*В статті розглянутий один із способів заміщення традиційних джерел теплової енергії.*

**Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій.** Однією з найактуальніших проблем сільського господарства є альтернативне забезпечення споживачів тепловою енергією. Є багато шляхів заміщення традиційних джерел теплової енергії, але одним з найперспективніших є – електрична енергія. Розрахунки показали перспективність і переваги НВЧ нагріву, що й стало предметом дослідження.

**Мета досліджень.** Визначити перспективність та переваги НВЧ нагріву діелектриків, як одного з видів альтернативного забезпечення сільськогосподарських споживачів тепловою енергією.

**Основні матеріали досліджень.** На НВЧ при раціональному підборі частоти коливань і параметрів камер, де відбувається перетворення НВЧ енергії в теплову, можна отримати відносно рівномірне виділення тепла за об'ємом тіла. Ефективність перетворення енергії електричного поля в тепло зростає прямо пропорційно частоті коливань і квадрату напруженості електричного поля. При цьому слід зазначити простоту подачі НВЧ енергії практично до будь-якої ділянки тіла, що нагрівається.

Гідністю СВЧ нагріву є також принципово високий ККД перетворення НВЧ енергії в теплову, що виділяється в об'ємі нагріваємих тіл. Теоретичне значення цього ККД близько до 100%. Теплові втрати в підвідних трактах зазвичай невеликі, і стінки хвилеводів і робочих камер залишаються практично холодними, що створює комфортні умови для обслуговуючого персоналу.

Рівномірний нагрів. Зазвичай передача тепла здійснюється за рахунок конвекції, теплопровідності і випромінювання. Звідси неминучий температурний градієнт (перепад) від поверхні в глибину матеріалу, причому тим більший, чим менше теплопровідність. Зменшити або майже усунути великий градієнт температур можна за рахунок збільшення часу обробки. У багатьох випадках тільки за рахунок повільного нагріву вдається уникнути перегріву поверхневих шарів оброблюваного матеріалу. Прикладами таких процесів є випал кераміки, отримання полімерних сполук і т.п. За допомогою НВЧ енергії можна не тільки рівномірно нагрівати діелектрик з його обсягу, а й отримувати за бажанням будь-який заданий розподіл температур. Тому при НВЧ нагріванні відкриваються можливості багаторазового прискорення низки технологічних процесів.

Надчистий нагрів. Якщо при нагріванні газовим полум'ям, а також за допомогою дугових пальників відбувається забруднення матеріалів, то НВЧ енергію можна підводити до оброблюваного матеріалу через захисні оболонки їх твердих діелектриків з малими втратами. В результаті забруднення практично повністю усуваються. Крім того, поміщаючи нагрівається матеріал в відкачаний об'єм або інертний газ, можна усунути окислювання його поверхні. Забруднення від діелектрика, через який підводиться СВЧ енергія, дуже малі, так як у випадку малих втрат навіть при пропущенні великий НВЧ потужності цей діелектрик залишається практично холодним.

Саморегулюючий нагрів. При нагріванні для цілей сушки якість одержуваного матеріалу істотно поліпшується за рахунок того, що нагрівання висушених місць автоматично при-

пинається. Пояснюється це тим, що тангенс кута діелектричних втрат таких матеріалів, як, наприклад, дерево, прямо пропорційний вологості. Тому із зменшенням вологості в процесі сушіння втрати НВЧ енергії зменшуються, а нагрівання триває тільки в тих ділянках оброблюваного матеріалу, де ще збереглася підвищена вологість.

Важлива перевага НВЧ нагріву - теплова безінерційність, тобто можливість практично миттєвого включення і виключення теплового впливу на опрацьований матеріал. Звідси висока точність регулювання процесу нагрівання і його відтворюваність.

Перевагою НВЧ нагріву є також принципово високий ККД перетворення НВЧ енергії в теплову, що виділяється в об'ємі тіла, що нагрівається. Теоретичне значення цього ККД близьке до 100%.

**Висновки.** Важливою перевагою НВЧ нагріву є можливість здійснення і практичного застосування нових незвичайних видів нагріву, наприклад виборчого, рівномірного, надчис- того, саморегульованого. Це дає гарний економічний ефект, технологічну доцільність та ефективність застосування даного типу нагріву.

#### **Список використаних джерел.**

1. Княжевська Г.С., Фірсова М.Г. Високочастотний нагрів діелектричних матеріалів. – Л.: – 1980.
2. Пчельников Ю. Н., Свиридов В.Т. Электроника сверхвысоких частот. – М.: Радио и связь. – 1981.
3. Морозов О., Каргін А., Савенко Г., Требух В. «Промислове застосування НВЧ – нагріву» – стаття.
4. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ. Часть I. - Москва: Высшая школа, 1970.
5. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ. Часть II. - Москва: Высшая школа, 1972.
6. Изюмова Т. И., Свиридов В. Т. Волноводы, коаксиальные и полосковые линии. - Москва: Энергия, 1975.
7. Пчельников Ю. Н., Свиридов В. Т. Электроника сверхвысоких частот. - Москва: Радио и связь, 1981.

УДК 621.310.98

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Темченко Д. В., 5 курс,

Науковий керівник

Хандола Ю. М., к.т.н., доцент

E-mail: xandola@inbox.ru

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка

*Проведено аналіз способів регулювання продуктивності вентиляційних установок, які використовуються в тваринницьких приміщеннях. Розглянута енергоефективність використання частотного регулювання в електроприводах вентиляторів.*

**Постановка проблеми.** Для отримання значного приросту тварин без суттєвого збільшення його поголів'я та додаткових витрат кормів, а також зниження захворювань в тваринництві використовують вентиляційно-опалювальну систему для створення мікроклімату в приміщенні. Підтримання оптимальних параметрів повітряного середовища сприяє продовженню строку служби виробничих приміщень, технологічного обладнання і покращує умови праці робітників ферм.

**Аналіз останніх досліджень.** Для регулювання подачі вентиляторів, що працюють з постійною частотою обертання, використовуються різні механічні пристрої.

Застосовують пристрої, що встановлені після вентилятора. Принцип дії полягає в розміщенні пристрою усередині повітроводів для управління втратами напору в мережі. Це найпростіший спосіб регулювання подачі, але при цьому енергоефективність дуже низька.

Застосовують також пристрої які встановлюють перед вентилятором. Завдання даного пристрою полягає в зміні характеристики вентилятора, для того щоб змістити робочу точку вниз по характеристиці мережі. Енергоефективність у цьому випадку значно поліпшується, тому що при зниженій подачі немає необхідності створювати надлишковий тиск. Використовуються різні типи пристроїв, включаючи поворотні заслінки, шибери, механізми регулювання направляючого апарату. При застосуванні будь-якого з цих пристроїв характеристика вентилятора змінюється[1].

**Мета статті.** Дослідження енергоефективності регулювання продуктивності електроприводу вентиляційної установки в тваринницькому приміщенні.

**Основні матеріали дослідження.** У багатьох випадках розрахункова подача вентиляторів виявляється більше, ніж фактично необхідно споживачеві. Внаслідок цього встановлюються засувки для зниження подачі або швидкості повітряного потоку ще при введенні установки в дію. Це призводить до постійних втрат напору, що знижує загальну ефективність системи.

Також недоліком роботи з постійною частотою обертання є те, що рівень шуму завжди має максимально можливе значення.

Основні характеристики вентилятора безпосередньо пов'язані з його частотою обертання. Якщо припустити, що вентилятор ізольований від інших пристроїв, то при частоті обертання  $n$ , відмінній від номінальної частоти обертання  $n_n$ : подача  $Q$  пропорційна відношенню  $(n/n_n)$ , напір  $H$  пропорційний відношенню  $(n/n_n)^2$ , потужність  $P$  пропорційна відношенню  $(n/n_n)^3$ .

При необхідності переміщення великої кількості газоподібних речовин можлива паралельна установка вентиляторів. В основному використовуються однотипні вентилятори.

Через квадратичне збільшення втрат напору в функції подачі, результуюча подача двох паралельно працюючих вентиляторів не дорівнює подвійній подачі. Подача  $Q$  може бути отримана або роботою одного вентилятора при номінальній частоті обертання, або при спільній роботі двох вентиляторів на зниженій швидкості.

У розглянутому прикладі знижена частота обертання дорівнює приблизно 2/3 від номінальної частоти обертання  $n_n$ . Таким чином, кожен вентилятор споживає потужність, рівну  $(2/3)^3$  від номінальної потужності  $P_n$  вентилятора.

Сумарна споживана потужність у цьому випадку визначається:

$$P_F = 2 \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^3 \cdot P_n \approx 0,6 \cdot P_n \quad (1.1)$$

Таким чином, паралельна робота двох вентиляторів на понижених швидкостях приносить економію електроенергії до 40% порівняно з роботою одного вентилятора на номінальній частоті обертання.

Економія енергії може бути навіть більшою при паралельній установці вентиляторів, якщо робота відбувається при дуже малому або нульовому тиску[2].

Наприклад, припустимо, що вентиляційна установка складається з шести вентиляторів з номінальною потужністю  $P_n$ , встановлених паралельно, при цьому тиск на виході пристрою невеликий.

Для отримання потоку, рівного половині максимального, три вентилятори повинні працювати на номінальній частоті обертання або шість вентиляторів з частотою обертання, що дорівнює половині від номінальної. Припустимо що номінальна споживана потужність однієї установки дорівнює 1 кВт[3].

У першому випадку, загальна потужність визначається:

$$P_1 = 3 \cdot P_n, \quad (1.2)$$

де  $P_n$  – номінальна споживана потужність однієї установки,  $P_n = 1$ кВт.

$$P_1 = 3 \cdot 1 = 3 \text{кВт}$$

При роботі всіх шести вентиляторів, на зниженій частоті обертання, загальна потужність визначається:

$$P_2 = 6 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 \cdot P_n = \frac{3}{4} \cdot P_n = \frac{P_n}{4} \quad (1.3)$$

$$P_2 = 6 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 \cdot P_n = 0,75 \text{кВт}$$

Таким чином, при використанні частотно-регульованого приводу споживання енергії істотно менше ніж при регулювання подачі повітря кількістю увімкнених вентиляторів.

**Висновок.** Частотне регулювання дозволяє плавно в широких межах змінювати куту-ву швидкість вентиляторів, забезпечує достатньо жорсткі механічні характеристики електродвигунів та значно зменшує споживання електроенергії.

#### Список використаних джерел.

1. Пивоваров Л. М. Технические средства регулирования воздухообмена животноводческих помещений за рубежом: Обзор. информ. / Л. М. Пивоваров, В. М. Демиденко, С. И. Медведев / Имформэлектро; М.: 1985. Вып. 3. – 38 с.
2. Электропривод и автоматизация промышленных установок как средства энергосбережения / И. А. Авербах, Е. И. Барац, И. Я. Баславский, З. Ш. Ишматов – Е.: Свердловгосэнергонадзор. 2002. – 654 с.
3. Серета А.І. Застосування у насосних установках дроселюючих елементів. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені П. Василенка. Випуск 153. / А. І. Серета, Ю. М. Хандола – Харків:ХНТУСГ, 2014. С. 122-123.



УДК 621.310.98

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НАСОСІВ ПРИ ПАРАЛЕЛЬНІЙ РОБОТІ ТА РЕГУЛЬОВАНОЮ ЧАСТОТОЮ ОБЕРТАННЯ

Кононенко Е.В., 3 курс,

Науковий керівник

Хандола Ю.М., к.т.н., доцент

E-mail: xandola@inbox.ru

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка

*Проведено аналіз способів регулювання продуктивності насосних станцій, які використовуються в АПК. Розглянуті способи застосування регульованого електропривода при паралельній роботі насосів з регульованою частотою обертання.*

**Постановка проблеми.** Водопостачання в АПК являє собою доставку відповідної маси води з точки водозабору у місце, де знаходяться споживачі. Причому, споживачі розташовані на різній відстані та різних рівнях. Споживання води є випадковою функцією часу протягом доби (день, вечір, ранок) та залежить від пори року (літо, зима чи весна). Витрати води особливо різко змінюються у денний та вечірній час. При цьому необхідно забезпечити безперебійну подачу води споживачу з мінімальною витратою електроенергії. Ефективність та економічність роботи підприємств холодного і гарячого водопостачання, опалення, водовідведення і водоочищення сільських районів може бути істотно підвищена за рахунок автоматизації та впровадження регульованих електроприводів [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Паралельна робота декількох насосних агрегатів може бути значно удосконалена при застосуванні в одному з них можливості регулювання частоти обертання. Використання насоса зі змінною частотою обертання дозволяє підтримувати тиск в мережі на заданому рівні. Якщо тиск у мережі падає або зростає порівняно з заданими, на перетворювач частоти подається команда на збільшення або зменшення частоти обертання. Якщо насос досягає максимальної або мінімальної частоти обертання, запускається або зупиняється один з насосів з постійною частотою обертання.

**Мета статті.** Провести дослідження електроприводів насосів при паралельній роботі та регульованою частотою обертання.

**Основні матеріали дослідження.** Використання насоса зі змінною частотою обертання дозволяє уникнути значної зміни тиску в мережі. Дана система дозволяє зменшити кількість пусків і зупинок електродвигунів, запобігаючи тим самим значним коливанням тиску або подачі, які б відбувалися при пусках і зупинках насосів з постійною частотою обертання. Також зменшується навантаження на двигуни та ризик гідравлічних ударів.

Найбільш широко використовуваною конфігурацією являється зміна частоти обертання одного насоса при роботі інших на постійній швидкості. Використання насоса зі змінною частотою обертання дозволяє розширити робочий діапазон подачі та напору.

Для прикладу порівнюємо різні способи регулювання подачі системи:

1. Дроселювання подачі.
2. Робота одного насоса зі змінною частотою обертання, а інших насосів системи з постійною частотою обертання.
3. Всі насоси працюють зі змінною частотою обертання.

Припустимо, що до складу системи входять три ідентичних насосних агрегати, що працюють паралельно. Потужність кожного насоса при 100% подачі дорівнює 10 кВт. Статичний напір  $Z$  дорівнює половині повного напору  $H_n$  мережі ( $Z = 0,5 H_n$ ).

Порівняння робимо для споживання 70% від повної подачі мережі, тобто для 210% номінальної подачі кожного з насосів. Характеристики насосів для різних частот обертання представлені на рисунку 1.1.



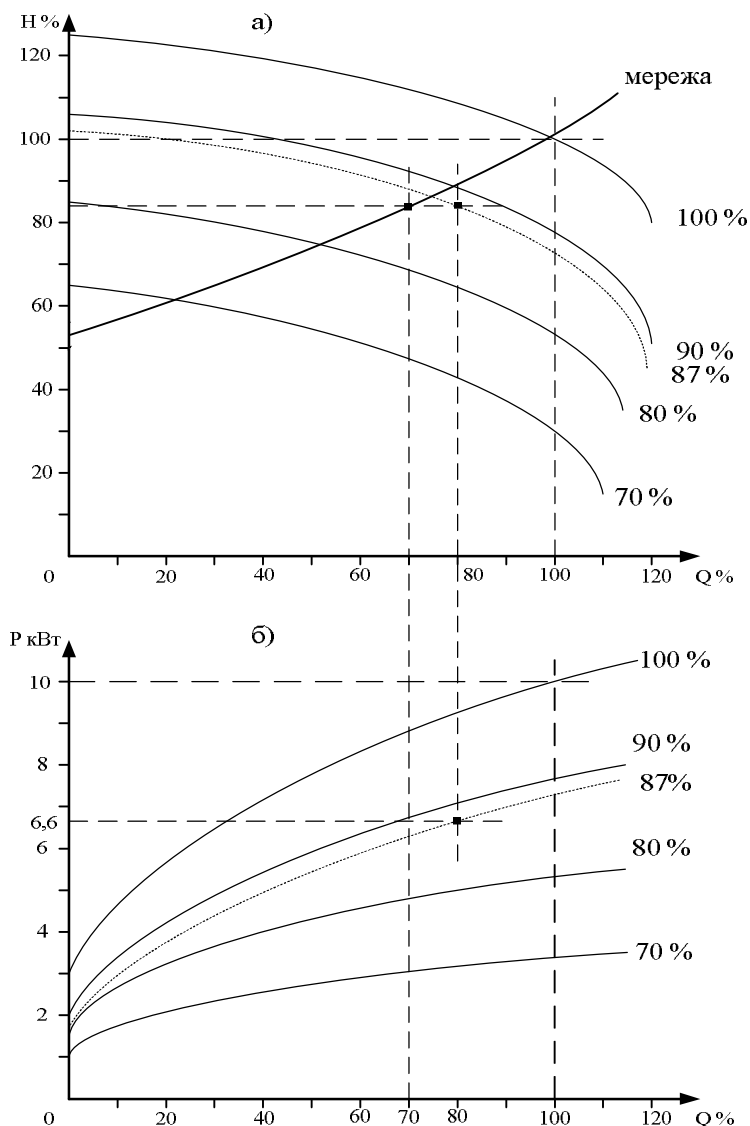


Рисунок 1.1 – Характеристики роботи системи насосів з постійною частотою обертання і одного насоса зі змінною частотою обертання: а) графіки залежності напору насоса від його подачі; б) графіки залежності споживаної потужності насоса від його подачі.

При дроселюванні, потужність кожного насоса, що працює з постійною частотою обертання, знижується до 8,5 кВт. Відповідно, повна потужність системи дорівнює 25,5 кВт.

В результаті подача насоса, що працює з постійною частотою обертання, збільшується до 130%. При необхідній подачі 210% номінальної подачі одного насоса, необхідний тільки один насос, який працює з постійною частотою обертання [2].

Подача, яка забезпечується насосом з регульованою частотою буде дорівнювати  $210 - 130 = 80\%$  від номінальної подачі. При даних напорі і подачі, насос працює на зниженій частоті обертання, споживає потужність рівну 87% від номінальної, тобто приблизно 6,6 кВт, як видно з рисунку 1.1.

При такій схемі включення насосів повна потужність дорівнює:

$$P_{1f} = P_1 + P_2, \quad (1.1)$$

де  $P_1$  – насос, який працює з постійною частотою обертання;

$P_2$  – насос, який працює зі змінною частотою обертання.

$$P = 10 + 6,6 = 16,6 \text{ кВт.}$$

При наявності трьох насосів, що працюють на однаковій зниженій швидкості, їх частота обертання повинна бути знижена до 85% від номінальної. Як видно з рисунку 1.2, потужність кожного насоса при цьому знижується до 6 кВт.

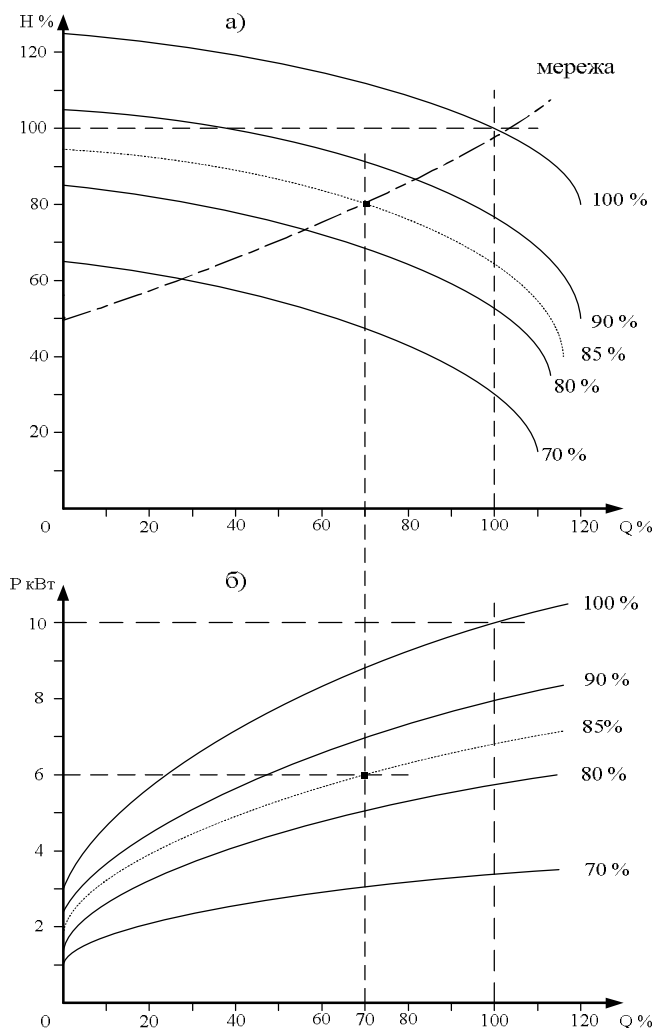


Рисунок 1.2 – Характеристики роботи трьох насосів зі змінною частотою обертання:  
а) графіки залежності напору насосів від подачі; б) графіки залежності споживаної потужності насосів від подачі.

Повна потужність у цьому випадку дорівнює:

$$P_{3f} = 3 \cdot P_2 \quad (1.2)$$

$$P_{3f} = 3 \cdot 6 = 18 \text{ кВт.}$$

Крім того застосування регульованого електропривода в насосних установках дозволяє: регулювати продуктивність без застосування клапанів та вентилів, здійснювати плавний пуск, знизити рівень шуму і вібрації, знизити ризик гідроударів і кавітації, використовувати дешеві асинхронні короткозамкнуті двигуни, керувати частотою обертання на низьких обертах з високим ККД, збільшити термін служби обладнання.

**Висновок.** Застосування частотно-регульованого привода значно знижує повну потужність системи, але застосування схеми де один насос працює зі змінною частотою обертання, а інші насоси з постійною частотою обертання є ще більш енергоефективним.

#### Список використаних джерел.

1. Лезнов Б. Энергосбережение и регулируемый электропривод в насосных установках водоподдачи и водоотведения. Экологические системы / Лезнов Б. – 2004. № 11.
2. Электропривод и автоматизация промышленных установок как средства энергосбережения / Авербах И. А., Барац Е. И., Баславский И. Я., Ишматов З. Ш. – Е.: Свердловгосэнергонадзор 2002. – 654 с.
3. Серета А.І. Застосування у насосних установках дроселюючих елементів. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені П. Василенка. Випуск 153. / А. І. Серета, Ю. М. Хандола – Харків:ХНТУСГ, 2014. С. 122-123.

УДК 621.3

## УЛЬТРАЗВУКОВА РІЗКА МАТЕРІАЛІВ

Стрикун С.М., 5 курс

Наукові керівники

Яковлев В. Ф., к.т.н., професор,

Литвин А. В., ст. викладач

Сумський національний аграрний університет

e-mail: serg1244@ukr.net

e-mail: yakovlev\_vf@ukr.net

e-mail: Lytvyn\_Artem@ukr.net

*Проблеми пов'язані з удосконаленням різки матеріалів були завжди актуальними. В даній статті представлений один із перспективних та сучасних способів різки матеріалів.*

### **Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій.**

В даний час існує безліч методів різання різних матеріалів, починаючи від суто механічних, і закінчуючи криогенної та лазерної різкою. Технології різання металу постійно удосконалюються. Розвивається новий метод ультразвукової різки.

**Мета досліджень.** Дослідження нестандартного способу різки металів, його переваги та недоліки. Порівнювання з іншими методами.

**Основні матеріали досліджень.** Дослідження показали, що ультразвукове різання повністю відрізняється від традиційних технологій різання матеріалів. У першому випадку використовується енергія ультразвуку, що не вимагає заточення ріжучих граней інструменту і докладання великих зусиль. На відміну від механічного різання, при ультразвуковій різанні немає ні стружки, ні шуму, ні спалених країв, як при лазерній або іншій термічній обробці, немає виділяється диму або газів. У порівнянні з водоструминної різкою, немає проникнення вологи в матеріал. Однак, з точки зору вартості різання, ультразвуковий метод є альтернативою лазерного та гідроабразивного різання.

Ріжучий наконечник здійснює ультразвукові вібрації, при яких дуже малі сили тертя, а розрізаємий матеріал не прилипає, що є особливо важливим для в'язких і еластичних матеріалів, заморожених продуктів харчування, гуми та інших матеріалів, які не можуть бути розрізані під тиском.

Ультразвукові хвилі не чутні для людини. Ультразвуковий ріжучий ніж вібрує з амплітудою 10 - 70 мкм в поздовжньому напрямку. Вібрація є мікроскопічною, тому вона не може бути видимою. Рух повторюється 20000 - 40000 разів в секунду (частота 20 - 40 кГц).

Ультразвукові пристрої з більш низькою частотою мають більшу вагу і більш високу вихідну потужність. Високі значення амплітуди можуть бути досягнуті також при більш низьких частотах. Машина з частотою 20 кГц більш підходить для різання товстих і міцних матеріалів.

Недоліком таких пристроїв є те, що частота ультразвуку близька до чутного діапазону і, можливо, будуть потрібні заходи для зниження шуму при роботі.

Пристрої з 35 кГц більше підходять для більш тонких матеріалів, таких, як фольга, штучна шкіра і текстиль, а також для обробки деталей складної форми. При цьому машини безшумні в роботі.

Пристрої для ультразвукового різання складаються з ультразвукового перетворювача, наконечника-концентратора, ножа і блоку живлення. Ультразвуковий перетворювач служить для перетворення електричної енергії в механічну (ультразвукову).

В даний час практично повсюдно використовується електрострикція - ефект, зворотний п'єзоелектричному. Це означає, що змінна електрична напруга подається в перетворювач на керамічну або кварцову пластину, генеруючу ультразвук. Акустичний концентратор збільшує вихідну амплітуду коливань в області різання.

Матеріал розм'якшується і ріжеться під впливом ультразвукової енергії, і лезо ножа просто грає роль позиціонування пропила і виходу ультразвукової енергії. Ріжучі сили зме-

ншуються приблизно на 75%, а продуктивність процесу різання значно збільшується, в порівнянні з іншими способами різання.

Для збільшення ефективності різання можуть застосовуватися абразиви. Швидкість різання залежить від оброблюваного матеріалу, і в загальному випадку визначається за співвідношенням(1).

$$V = 4 \cdot X \cdot e, \quad (1)$$

де  $X$  - максимальна амплітуда коливань, м;

$e$  - частота ультразвуку, Гц.

Таким чином, при амплітуді 12 мкм і частоті 35 кГц швидкість різання складе:

$$V = 4 \cdot 0,000012 \cdot 35000 = 1,68 \text{ м/с.}$$

Як відомо з інших технологій (наприклад, при механічній різці), зі збільшенням швидкості різання не тільки зменшуються сили різання, але і збільшується знос леза ріжучого інструменту. Тому і для ультразвукового різання рекомендуються леза з твердосплавних матеріалів. Стійкість твердосплавних металевих лез може досягати 20 000 м довжини різі і більше.

Ультразвукова різка підходить для таких матеріалів, як гума, ПВХ, друковані плати, плівки, композиційні матеріали, пластмаси, всі види паперу, тканини, килими, шкіра, продукти харчування (заморожене м'ясо, цукерки, хліб, шоколад та ін.), Тонка фольга і стільникові матеріали, для очищення скам'янілостей, для видалення іржі і фарби, для гравіювання металу і різьблення по дереву, для розмітки по металу.



Рис.1. Пристрій для ручного різання ультразвуком

**Висновки.** Запропонований метод та його технічна реалізація дозволить скоротити час, витрати та енергоємність процесу різання матеріалів. Значно подовжується строк служби ріжучих елементів, підвищується якість різі.

#### Список використаних джерел.

1. Бергман Л. Ультразвук / Л. Бергман. - М.: ИЛ, 1956, - 727 с.
2. Хмелев В.Н., Попова О.В. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве/ В.Н. Хмелев, О.В. Попова. - Барнаул: Алт. ГТУ, 1997, - 160 с.
3. Іноземцев Г. Б. Застосування акустичних технологій в аграрному виробництві: Навчальний посібник / Г.Б. Іноземцев, В.Ф. Яковлев, В.В. Козирський – К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2013. – 171 с.
4. Голямина І.П. Ультразвук. – М.: Радянська енциклопедія, 1979.
5. Хорбенко І.Г. У нечутних звуків. – М.: Машинобудування, 1971.
6. Северденко В.П. Застосування ультразвуку у промисловості / В.П. Северденко, В.В. Клубович – Мінськ: Наука і, 1967.

УДК 631.372

## МАЛОГАБАРИТНИЙ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИЙ МОТОБЛОК: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

**Кучеренко Д.В., магістрант**

*Науковий керівник*

**Ковальов О.В., старший викладач**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**e-mail: dima\_davidov@ukr.net**

**e-mail: aleks\_tdaty@mail.ru**

*В статті розглядається переваги та недоліки малогабаритних електрифікованих мотоблоків. Приведені результати порівняльної техніко-енергетичної оцінки технічного рівня мотоблоків за паспортними даними для мотоблоків з ДВЗ і електроприводом.*

**Постановка проблеми.** За даними Держкомстату в Україні за останні роки значно збільшилася кількість фермерських господарств і приватних землекористувачів. При цьому великий розвиток отримало овочівництво захищеного ґрунту. Для підвищення ефективності виробництва овочів у теплицях і парниках широке застосування отримали малогабаритні мобільні агрегати у вигляді мотоблоків з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ) потужністю 1-7 кВт вітчизняного і зарубіжного виробництва. В цілому мотоблоки з ДВЗ характеризуються як ефективні засоби малої механізації трудомістких процесів і особливо основного процесу обробітку ґрунту у фермерських господарствах, на присадибних і дачних ділянках.

Однак під час роботи мобільних агрегатів з ДВЗ в теплицях і парниках підвищується рівень шуму і загазованість повітря, які негативно впливають не тільки на людей, але і на рослини. До недоліків мотоблоків з ДВЗ також відноситься досить високі питомі витрати рідкого палива, що має високу вартість, труднощі при пуску і зупинці агрегату, а також невисока надійність ДВЗ.

Більш перспективними для роботи в спорудах захищеного ґрунту є мобільні агрегати з тяговими електродвигунами (ТЕД), що отримали назву електромотоблоків, як екологічно чисті агрегати, які не мають названих недоліків.

У зв'язку зі значним зростанням вартості рідкого палива, останнім часом спостерігається значний інтерес і попит з боку приватних землекористувачів на електромотоблоки потужністю до 5 кВт. Тому представляється досить актуальним розгляд переваг та недоліків малогабаритних електрифікованих мотоблоків.

**Постановка завдання.** Завданням даної статті є визначення усіх переваг та недоліків малогабаритних електрифікованих мотоблоків.

**Основні матеріали дослідження.** Для полегшення праці та підвищення її продуктивності при обробітку невеликих земельних ділянок застосовують універсальну малогабаритну сільськогосподарську машину - мотоблок.

Мотоблок - це енергетична машина, керована людиною, що йде поруч, призначена для виконання різних сільськогосподарських робіт шляхом агрегування з сільськогосподарськими знаряддями. Під таке визначення мотоблока потрапляють всі малогабаритні сільськогосподарські машини з ДВЗ, електричним та іншими двигунами.

Мотоблок підрозділяється на три основних вагових рівня: легкий ваговий рівень (до 50 кг), середній ваговий рівень (до 100 кг) і важкий ваговий рівень. Мотоблок електричний в силу обмежень споживаного навантаження електромереж ділиться тільки на два рівні ваги: легку та середню вагу. На важкі агрегати ставлять тільки бензинові силові установки, так як електричний двигун для важкої ваги повинен мати можливість підключення до трифазної мережі, або споживати достатньо високу електричну потужність, що не завжди можливо з причини обмеженості тривало допустимого навантаження на внутрішню будинкові мережі.

Двигун є однією з найважливіших та відповідальних частин мотоблока. Саме тому, при виборі даної техніки слід визначитися з типом двигуна. Існує три основних види двигунів що

застосовуються для приводу мотоблоків - бензинові, дизельні та електричні. Двигуни, що використовуються на мотоблоках повинні відповідати певним вимогам. Головними з них є наступні: простота конструкції, невелика маса, легкий запуск, надійна тривала робота без перегріву на малих швидкостях руху, а також при значних нахилах агрегату на нерівностях ґрунту, тощо.

У електромоблоках в якості електродвигуна можуть використовуватися асинхронні трифазні електродвигуни. Вони прості за будовою, довговічні в роботі при правильній експлуатації, працюють від звичайної однофазної мережі із застосуванням пускових і робочих конденсаторів. Але трифазний електродвигун при живленні від однофазної мережі може розвинути лише 50-60% своєї потужності, що, як показала практика, явно недостатньо, адже мотоблок буде працює набагато гірше, ніж при роботі з бензиновим двигуном.

Відносна простота регулювання швидкості та підтримки тягового зусилля на заданому рівні визначило застосування в електрифікованих мотоблоках електродвигунів постійного струму послідовного збудження (ДПСФЗ). Однак дані двигуни при експлуатації мають свої недоліки: низькі ресурс та надійність колекторного вузла, якірних та полюсних обмоток двигуна, підвищена трудомісткість їх обслуговування. В свою чергу, прості обладнання, викликані ремонтними роботами, знижують ефективність технологічного процесу обробки ґрунту.

Найбільш перспективним варіантом є використання електрифікованих мотоблоків з вентильним двигуном на базі синхронної машини із збудженням від розташованих на роторі постійних магнітів. В області моментів близьких до номінальних, його характеристики досить наближені до характеристик двигуна постійного струму. Для його керування необхідно регулювати напругу живлення (вихідну напругу інвертора), тобто система досить близька до системи керування двигуном постійного струму – підлеглого регулювання по швидкості та струму, але при цьому потужність споживана двигуном повинна залишатися незмінною при різному навантаженні на валу двигуна.

Двигуни електричних мотоблоків постійно удосконалюються, тому сучасні моделі міцні, довговічні, високопродуктивні і легкі. При необхідності їх легко підняти і ними легко розпушити ґрунт будь-якої твердості.

Ефективність мотоблоків з електроприводом постійного струму підтверджено в роботі [3], яка присвячена порівняльній техніко-енергетичній оцінці та технічного рівня мотоблоків за паспортними даними для мотоблоків з ДВЗ і електроприводом.

Таблиця 1 – Технічні характеристики мотоблоків

Показники	M-3	“Супер-610”	МБ-1 (“Луч”)	МТЗ-0,5	“Хонда” F-600	“Кубота” T720E	“Ісеки” Ke280	«Січень-Д»	«МБ-КЭП»
Номінальна потужність двигуна, кВт	2,3	4,4	3,7	3,68	5,0	5,0	3,0	4,4	0,85
Питома втрата палива, г/(кВт·год)	394	448	365	448	490	460	400	495	-
Продуктивність, гектар/год.	0,15	0,22	0,2	0,26	0,25	0,23	0,13	0,18	0,23
Швидкість, км/год.	3,3...11,1	1,42...6	2,5...10	2,15...9,5	2,5...15,0	2,9...14	2,5...5,6	5...10	2...14
Кількість передач вперед (назад)	2(0)	3(1)	2(2)	4(2)	6(2)	4(2)	2(1)	2(1)	5(2)
Габаритні розміри, мм									
- довжина	1000	1650	1500	1800	1400	1754	1500	1860	1250
- ширина	600	510	600	850	620	605	550	700	550
- висота	1000	730...1420	1500	1070	880	1190	1100	500	940
Маса, кг	65	90	94	135	100	94	48	140	70

Таблиця 2 – Техніко-енергетичні показники мотоблоків

Марка мотоблоку	Показник							
	$Q$ , га/год	$Q_{нит.}$ , га/кВт·год	$Q_{пал.}$ , кг/кВт·год	$D_{швид.}$ , в.о.	$K_{пер}$	$\Gamma_{нит.}$ , м <sup>2</sup> /га	$M_{нит.}$ , ц/кВт	$K$
М-3	0,15	0,06	0,394	3,36	2	4,0	0,28	4,03
“Супер-610”	0,22	0,05	0,448	4,22	4	3,85	0,20	3,77
МБ-1 (“Луч”)	0,20	0,054	0,365	4,0	4	4,5	0,25	4,01
МТЗ-0,5	0,26	0,07	0,448	4,42	6	5,88	0,37	2,75
“Хонда” F-600	0,25	0,05	0,490	6,0	8	3,47	0,20	3,5
“Кубота” T720E	0,23	0,046	0,460	4,8	6	4,61	0,15	0,6
“Исеки” Ke280	0,13	0,043	0,405	2,24	3	6,34	0,16	5,0
«Січъ-Д»	0,18	0,04	0,495	2,0	3	3,0	0,31	3,1
«МБ-КЭП»	0,25	0,27	-	7,0	7	2,98	0,87	6,9

\*Примітка:

$Q$  – продуктивність, га/год.;  $Q_{нит.}$  – питома продуктивність, га/кВт·год;  $Q_{пал.}$  – відносна витрата палива, кг/кВт·год;  $D_{швид.}$  – коефіцієнт, що враховує діапазон швидкостей мотоблоку, в.о.;  $K_{пер}$  – кількість передач;  $\Gamma_{нит.}$  – питома габаритні розміри, м<sup>2</sup>/га;  $M_{нит.}$  – питома металоємність, ц/кВт;  $K$  – інтегральний коефіцієнт

На практиці, мотоблоки, оснащені електродвигуном, мають меншу вагу, менш шумні в роботі, не виробляють отруйних викидів і дешевші у використанні. Крім того, електродвигун може обернутися в обидві сторони, тому реалізований задній хід, що дуже сильно полегшує роботу. Заміна в мотоблоках ДВЗ регульованим електроприводом дозволяє використовувати мотоблок без коробки перемикачів передач і тим самим значно знизити його собівартість, підвищити маневреність та надійність у роботі.

В якості додаткового гідності можна виділити автоматичне відключення електродвигуна у разі його перегріву. Така функція може істотно продовжити робочий ресурс електрообладнання.

Незважаючи на такі суттєві переваги у мотоблока з електричним приводом є і свої недоліки: експлуатується тільки в тих місцях, де є можливість підключення до електромережі; обмеження пересування довжиною електрокабелю; падіння потужності під навантаженням; обмеженість електромереж в підтримці необхідного споживання електроенергії.

**Висновок.** Безсумнівною перевагою електромотоблоків є простота використання. Їм властиві такі переваги, як легкість управління, економічність і надійність в роботі, можливість автоматизації технологічних процесів в теплицях та парниках. Деякі незручності, пов'язані з наявністю живлячого кабелю, компенсуються безшумністю роботи, екологічною безпекою, зниженням витрат на експлуатацію. Також до переваг можна віднести відсутність необхідності придбання витратних матеріалів, як для бензинового аналога (паливно-мастильні матеріали, фільтра, свічі запалювання).

### Список використаних джерел

- 1 Державний комітет статистики України. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
- 2 Залигин О. Г. Малая механизация в приусадебных и фермерских хозяйствах / О. Г. Залигин, С. О. Гусаков, В. П. Забарский и др. – К.: Урожай, 1996. – 367 с.
- 3 Ковальов О. В. Аналітичний метод порівняльної техніко-енергетичної оцінки ефективності і технічного рівня мотоблоків / О. В. Ковальов, А. А. Катюха, Г. Н. Назар'ян // Праці ТДАТА. – Мелітополь : ТДАТА, 2007. – Вип. 7. – Т. 3. – С. 93-99.

УДК 66.047.3.085.1

## ВИКОРИСТАННЯ МАЛОГАБАРИТНОЇ СУШАРКИ НА ОСНОВІ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ

Павлюковець Д. С., 4 курс,

Таран Є. С., 3 курс

Науковий керівник

Тодоріко О.М., викладач I категорії,

Новокаховський агротехнологічний коледж

Таврійський державний агротехнологічний університет

*В статті розглядається проблеми сушки виробів з тіста з використанням інфрачервоного випромінювання.*

**Постанова проблеми.** Для запобігання протікання мікробіологічних і біохімічних процесів в макаронному тесті його висушують до вологості 13,5...14%, після охолодження вміст вологи в готових виробах повинен бути не більше 13%.

В залежності від температури робочого агента використовуються три режими конвективного сушіння макаронних виробів: температура сушильного агента не вище 60°C, на певних етапах процесу сушіння температура повітря досягає 70...90°C і перевищує 90°C.

**Формування мети.** Від процесу сушіння залежать такі показники продукту, як міцність, кислотність. Інтенсивне видалення вологи призводить до розтріскування виробів, погіршення варильних властивостей, зміни кольору макаронних виробів. При тривалій конвективного сушіння відбувається злипання продукту.

**Основні матеріали дослідження.** В результаті інженерних розрахунків визначені конструктивні параметри нагрівальних систем, їх потужність і габарити, розміри і форма заданої температурної зони, енергетичні характеристики, кількість і розташування інфрачервоних випромінювачів, допустимий діапазон температури нагріву макаронів та кінетичні закономірності їх сушіння.

Основою розрахунку нагрівальних систем з джерелами інфрачервоного випромінювання є розрахунок променевого теплообміну і поле щільності теплового потоку, падаючого на поверхню продукту. Прогрес сучасної науки та техніки нерозривно пов'язаний з розвитком і використанням математики, з процесами математичного моделювання. Метод дослідження, що полягає в розробці математичного опису процесу (моделі), є універсальним методом математичного моделювання. Формально математичний опис являє собою сукупність залежностей, що зв'язують різні змінні процесу в єдину систему рівнянь. Серед цих співвідношень можуть бути рівняння, які відображають загальні фізичні закони (наприклад, закони збереження маси та енергії), рівняння, що описують елементарні процеси (наприклад, хімічні перетворення), обмеження на змінні процесу і т. д. Крім того, до складу математичного опису входять також різні емпіричні залежності між різними параметрами процесу, теоретична форма яких невідома або занадто складна.

В результаті проведених експериментальних досліджень було виявлено, що процес сушіння короткорезанних трубчастих макаронних виробів діаметром 0,5 мм до середнього вологовмісту  $\bar{U}=15,6$  кг/кг завершується при досягненні температури на поверхні шару продукту не більше 55°C.

На рисунку 1 представлені графіки залежності середнього вологовмісту макаронних виробів від часу  $t$  і основних факторів, що впливають.

Специфічний вплив ІЧ - випромінювання на харчові продукти пов'язане з інтенсифікацією процесів біохімічних перетворень внаслідок резонансного впливу поглиненої енергії зв'язку атомів у молекулах, частоти коливань яких збігаються або кратні частоті падаючого



ІЧ випромінювання. Так, при довжині хвилі  $\lambda > 1,0$  мкм енергія фотона  $E = h\nu < 2 \cdot 10^{-19}$  Дж, де  $\nu$  - частота, а енергія хімічного зв'язку групи C - C становить близько  $2 \cdot 10^{-19}$  Дж, для групи O - H - в межах  $0,32-0,46 \cdot 10^{-19}$  Дж. Тому ІЧ випромінювання викликає інтенсифікацію коливань певних груп атомів у молекулі і цим сприяє прискоренню біохімічних перетворень, в нашому випадку при довжині хвилі інфрачервоного випромінювання 1,5...3,0 мкм.

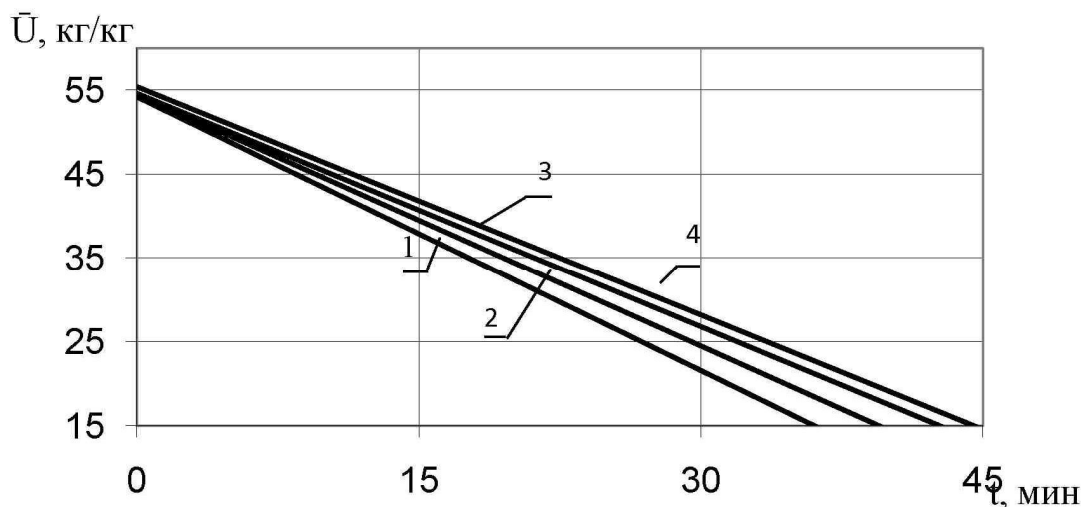


Рисунок 1 - Криві процесу сушіння інфрачервоною випромінювачем вермішелі діаметром 2 мм висотою шару 2.5 см (крива 1), висотою шару 3.5 см (крива 2), трубчастих макаронів діаметром 0.5 мм висотою шару 2.5 см (крива 3) і шару 3.5 см (крива 4) при потужності одного випромінювача 0.11 кВт.

Процес сушіння макаронних виробів протікає в періоді постійної швидкості.

В малогабаритній сушарці використовувалися джерела потужністю 1,5 кВт в кількості – 8 шт. Відстань між ІЧ - випромінювачами по вертикалі і горизонталі - 75 мм. Відстань від піддону до стінки сушарки становить 60 мм. Процес сушіння відбувається без примусової вентиляції.

**Висновки.** Тривалість процесу значною мірою визначається висотою шару продукту. Аналіз кривих (1-4) показав, що час інфрачервоної сушки продуктів від початкового до кінцевого вологовмісту із збільшенням висоти шару від 2,5 см до 3,5 см збільшується на 60...65 с.

#### Список використаної літератури

Беляева С.С. Оптимизация процесса инфракрасной сушки с электроподводом зародышей пшеничных / С.С. Беляев, С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: Сб. материалов международной научно-практической конференции.- Краснодар: РАСН ГНУ КНИИХЛ, 2012,- С. 219-222.

Гинзбург А. С. Технология сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – М. : Пищевая промышленность, 1976. - 248 с.

Гинзбург, А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности / А.С. Гинзбург. - М.: Пищевая промышленность 1966. - 407 с. (12)

Ильясов С. Г. Физические основы инфракрасного облучения пищевых продуктов / С. Г. Ильясов, В.В. Красников. - М.: Пищевая промышленность, 1978. - 389с.

УДК 001

## РОЗРОБКА АНТИГРАВІТАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ФІЗИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ РЕАКТИВНИМИ СИЛАМИ ІОННОГО ВІТРУ

Шквиря В.В., учень 9 класу ЗОШ № 22, МАН e-mail: shkvyria1999@mail.ru

Науковий керівник

Лобода О.І., к.т.н., старший викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет

*В статті розглядається використання іонного вітру для переміщення  
фізичних об'єктів в просторі без тертя.*

**Постанова проблеми.** Антигравітаційний проект реалізує засоби левітації об'єкта виключно силою електрики. Інші види енергії із застосуванням моторів, лопатей, реактивних двигунів, магнітів не використовуються. Тяга створюється реактивними силами іонного вітру. Після вирішення деяких інженерних проблем це явище стане прекрасним засобом транспортування, і засоби пересування зможуть переміщатися в середовищі, практично позбавленою тертя.

**Формування мети.** Побудова пристрою вимагає мінімального досвіду в області електроніки і електронного конструювання, а також достатнього терпіння і акуратності при виготовленні.

### Основні матеріали дослідження.

Наступні рівняння описують рух, який досягається в результаті реактивного руху об'єму повітря, прискореного електричним зарядом. Тонкий, позитивно заряджений дротяний емітер поміщений в область заряду, яка знаходиться поблизу еластичною, притягаючою поверхні. Максимальна сила тяги досягається за умови, що якомога більша маса повітря рухається як можна швидше в заданий інтервал часу. Це описується наступним виразом:

$$\text{Сила тяги} = mv / t ,$$

де  $m$  - маса повітря,

$v$  - швидкість,

$t$  - час.

Енергія в джоулях для забезпечення такого руху повинна складати  $(1/2 mv^2) / t$ .

Якщо тепер ми визначимо ефективність системи як відношення «вихідний, енергії» до «вихідної енергії», то ми отримуємо:

$$\text{Ефективність} = mv / t \times 1/2 m v^2 / t = 2 / v.$$

Таким чином, ефективність обернено пропорційна швидкості повітря, тому раціонально використання великих мас повітря при малих швидкостях. Ефективність з точки зору максимальної піднімальної сили слід тим же правилом.

Відомо, що молекули і іони повітря мають еластичними властивостями при зіткненні на малих швидкостях, тобто ведуть себе як пружні тіла, подібно більярдним кулям. Високі швидкості мають тенденцію викликати поділ молекул, що призводить до вторинної іонізації і тому вкрай небажано.

Вторинна іонізація викликає зменшення реактивного ефекту, тобто підйомної сили, з-за зміни напрямку руху тепер вже володіють протилежними зарядами частинок. Тому дуже важливо переміщати як можна велику масу повітря при низьких швидкостях або енергіях, тоді при максимальній кількості еластичних зіткнень буде спостерігатися мінімальна кількість розпадів молекул і процесів вторинної іонізації.

Підйомному апарату потрібна висока напруга постійного струму при порівняно малому струмі навантаження. Схема вторинного джерела живлення пристрою показана на рис. 1. Він виробляє 30 кВ при струмі навантаження 1 мА, що відповідає 30 Вт вихідної потужності.

Вихідна напруга джерела живлення досягається за рахунок використання помножувача напруги Кокрофта Валтона - по імені винахідника найбільш відомої схеми помножувача напруги - з чотирма або п'ятьма каскадами множення. На вхід помножувача має надходити змінна напруга високої частоти. Ця напруга надходить з вторинної обмотки трансформатора Т1, який забезпечує вихідну потужність 8 мВт при частоті близько 30 кГц. У зв'язку з тим, що використовується підвищена частота, а не частота 50 Гц, його конструкція за вагою та розмірами невелика. Трансформатор Т1 має 2 обмотки - первинну низьковольтну і вторинну високовольтну.

Рис. 1. Принципова схема джерела живлення для підйимального апарату

Для перевірки навантажувальної здатності до виходу високовольтного джерела живлення повинен бути підключений еквівалент навантаження - високовольтний резистор номіналом 15 МОм і потужністю розсіювання 25 Вт. З допомогою осцилографа Підключіть сигнальний щуп осцилографа до тестової точки ТРХ. З допомогою R1 по осцилограмі необхідно домогтися форми сигналу, що відповідає показаної на рисунку 2, при живленні від первинного джерела напруги 12 В, 3 А.

Вихідна напруга повинна мати величину 30 кВ, що відповідає струму не більше 1 мА. Вхідний струм буде 2,5 А при вихідній потужності понад 30 Вт.

Форма сигналу, показана на рисунку, отримана в тестовій точці ТРХ при регулюванні змінного опору R10. Вихідна напруга має форму імпульсів частотою близько 30 кГц, яка виробляється генератором імпульсів 11 (мікросхема 555) і визначається співвідношенням часу включеному і вимкненому стану на виводі 4 схеми генератора імпульсів на 11 (мікросхема 555), що подається з виходу керуючого генератора 12 (вивід 3).

Індуктивність первинної обмотки Т1 і конденсатор С6 утворюють резонанс на частоті, яка визначається параметрами, і є навантаженням ключового каскаду на польовому транзисторі Q1 (FET). На рис. 2 показана форма сигналу на первинній обмотки Т1 з амплітудою, яка становить 50 В, часовими параметрами сигналу тривалістю 5...6 мкс і періодом повторення 14...15 мкс. У нижній частині мал. 2 ці ж сигнали при розгортці на кілька порядків вище, щоб показати тривалість керуючих імпульсів з часом включення/вимикання за 10 мс. Імпульси генератора II на цьому малюнку будуть сигналами частотного заповнення з огинаючої, яка визначається параметрами керуючого генератора 12. Тривалість керуючого сигналу може приймати значення від мінімуму до максимуму в залежності від положення осі змінного опору R10 керуючого генератора 12. Мінімуму відповідає низький опір (не доходячи до крайнього значення при обертанні проти годинникової стрілки, інакше опір матиме 0 Ом), максимуму - висока (крайнє значення за годинниковою стрілкою). Q1 управляється струмом через котушку індуктивності L1. При правильному регулюванні частоти перемикання відбу-

вається при переході напруги 0, якому відповідають мінімальні перешкоди. (Цей режим роботи відповідає класу Е.) Тому для досягнення оптимального режиму роботи дуже важливі тимчасові характеристики керуючих імпульсів на вході Q1.

Рис. 2. Тривалості виключеного/включеного стану

Керуючі імпульси виробляються таймером 555 (DD1), що працює в режимі несинхронізованого мультівібратора з частотою повторення, визначається підлаштування резистором R1 і конденсатором C2.

Мікросхема DD1 управляється (включається і вимикається) другим таймером DD2. Цей таймер працює при фіксованій частоті 100 Гц, але має регульований цикл роботи (співвідношення тривалості включеному і вимкненому стану), який визначається установками керуючого змінного опору R10. Цей контролюючий імпульс, змінюючись в діапазоні від мінімальної до максимальної тривалості, керує роботою ІІ, забезпечує регулювання вихідної потужності відповідно від мінімуму до максимуму.

Іскровий розрядник для захисту від наднапруження поміщений на виході і спрацьовує в діапазоні високих напруг від 20 до 30 кВ. Цього зазвичай достатньо для підйомних апаратів, що мають відстань 2-3 см між дротяним емітером і краями колектора. Хоча вихід захищений від короткого замикання при тривалій перевантаженні, постійний розряд значної величини може викликати пошкодження і повинен бути обмежений. Резистор обмеження імпульсного струму R7 допомагає захистити мережу від цих потенційно небезпечних для пристрою пікових струмів.

Первинний низьковольтний джерело живлення включається і вимикається вимикач S1, який конструктивно поєднаний з керуючим змінним опором R10. Джерелом живлення може бути невелика 12-вольтова батарея, дає 3 А, або адаптер живлення 220 В 50 Гц/12 В 3-5 А для зовнішнього підключення. В цьому випадку повинен використовуватися розрахований на високі струми перемикач вимикач S1 серії GRA або інші типи потужних вимикачів.

#### **Висновки.**

В процесі виконаного дослідження були отримані основні результати:

- розглянуті теоретичні питання переміщення фізичних тіл з використанням реактивних сил іонного вітру;
- розроблено та проведено схематичне моделювання антигравітаційного двигуна;
- розроблено принципову електричну схему джерела живлення підйомного апарату;
- розроблено принципову електричну схему іонного генератора для керування антигравітаційним двигуном;

#### **Список використаної літератури**

1. Стадницький Е.С. Теория Всего. Основы квантовой механики элементарных частиц, гравитации и антигравитации / Е.С. Стадницький, А.Е. Стадницький, С.Е. Стадницький. – "ЭСТАМП" Волгоград, 2008 г., с. 244 стр.
2. Иванов М.Г. Антигравитационные двигатели летающих тарелок / М.Г Иванов . : ЛКИ. 2007. – 352 с.
3. Дэвис П. Суперсила // Издательство "Мир", М., 1989 г., 277 с.
4. Рыков А.В. Модель объединения взаимодействий в Природе / А.В. Рыков // Изд-во ОИФЗ РАН, издание 2-е переработанное и дополненное, 1999 г. 66 с.

УДК 621.315.175

## РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ВОДИ

Чистяков С., магістрант

E-mail: kourale@mail.ru

Науковий керівник

Коваленко Л.Р., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

*У статті розглядаються основні аспекти розробки пристрою  
для зменшення жорсткості води*

**Постановка проблеми:** Магнітна обробка води - це процес обробки магнітним полем водного розчину, в якому містяться солі тимчасової жорсткості, в основному, це гідрокарбонати кальцію і магнію. Результатом такої обробки є зниження накипформування на нагрівальній поверхні та зменшення жорсткості проточної води.

**Аналіз останніх досліджень:** Магнітна обробка води широко використовується в конденсаторах парових турбін, в парогенераторах низького тиску і малої продуктивності, в теплових мережах і системах гарячого водопостачання, в різних теплообмінних апаратах. У порівнянні з поширеними методами пом'якшення води магнітну обробку відрізняють простота, дешевизна, безпека, екологічність, низькі експлуатаційні витрати.

**Мета статті:** Розробка пристрою для зменшення жорсткості води.

**Основні матеріали дослідження.** Для стабільної роботи та збільшення строків використання проточних водонагрівачів потрібно ефективно обробляти воду, яка використовується в системах водопостачання. Для попередження відкладень накипу і боротьби з ним існує багато способів пристроїв та приладів. Кожен з них має свої переваги та недоліки.

Наведений нижче прилад (Рис.1, 2) дозволяє підвищити ефективність обробки води, забезпечує виділення надлишку солей, жорсткості, іонів тяжких металів, збільшує строки використання обладнання, має просту конструкцію, може встановлюватись в системах водопостачання.

Пристрій складається з корпус, магнітів, які утворюють магнітну систему, полюсних наконечників, що утворюють канал, по якому рухається рідина, на виході канал має дросельний отвір перемінної площі поперечного перетину, дві пари неодимових магнітів, які розміщені опозитно та орієнтовано один до одного різнойменними полюсами, що дозволяє підвищити рівномірність обробки при різних витратах рідини, так як, потік рідини рухається перпендикулярно силовим магнітним лініям. Завдяки такому розташуванню неодимових магнітів створюється максимально можливе значення магнітної індукції та намагнічуючої сили.

Пристрій працює наступним чином:

Вода надходить через корпус 1 із трубопроводу в канал 4 і рухається по ньому, при цьому, перетинає перпендикулярні силові магнітні лінії і обробляється магнітним полем неодимових магнітів 2, які опозитно орієнтуються відносно один одного різнойменними полюсами, що знаходяться в полюсних наконечниках 3. Потім, рідина витікає з отвору 5 із постійною швидкістю, незалежно від тиску в каналі.

Рисунок 1 - Загальний вигляд пристрою для зменшення жорсткості води.

Рисунок 2 - Вигляд зверху пристрою

**Висновок.** Застосування запропонованого пристрою дозволяє зменшити жорсткість води, шляхом встановлення неодимових магнітів, підвищити ефективність обробки її в потоці, та забезпечити виділення надлишку солей, жорсткості, іонів тяжких металів.

#### **Список використаних джерел**

1. Авторське свідоцтво №1608134 Пристрій магнітної обробки води.
2. Патент № 36504. Пристрій для магнітної обробки води, спирту і водно-спиртової суміші. Барабанов К.К(UA)
3. Заявка на корисну модель подана 20.10.2014 Пристрій для для зменшення жорсткості води / Л.Р. Коваленко, О.І. Коваленко. С.Ю. Чистяков.

УДК 537.632.633

## ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ В ЕЛЕКТРОФІЛЬТРАХ

Філіпішен М. В., 4 курс

Науковий керівник

Гулевський В.Б., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Розглянуто конструкцію лабораторного електрофільтру.  
Наведено напрямки застосування та перспективи удосконалення.*

Електричний фільтр, електрофільтр (у газоочищенні), апарат для видалення з промислових газів зважених рідких або твердих часток шляхом іонізації цих часток при проходженні газу через область коронного розряду і наступного осадження на електродах.

Електрофільтр в більшості випадків складається з двох частин: осаджувальної камери з електродами, що коронують і електродами на який осаджується пил та джерела напруги (рис. 1).

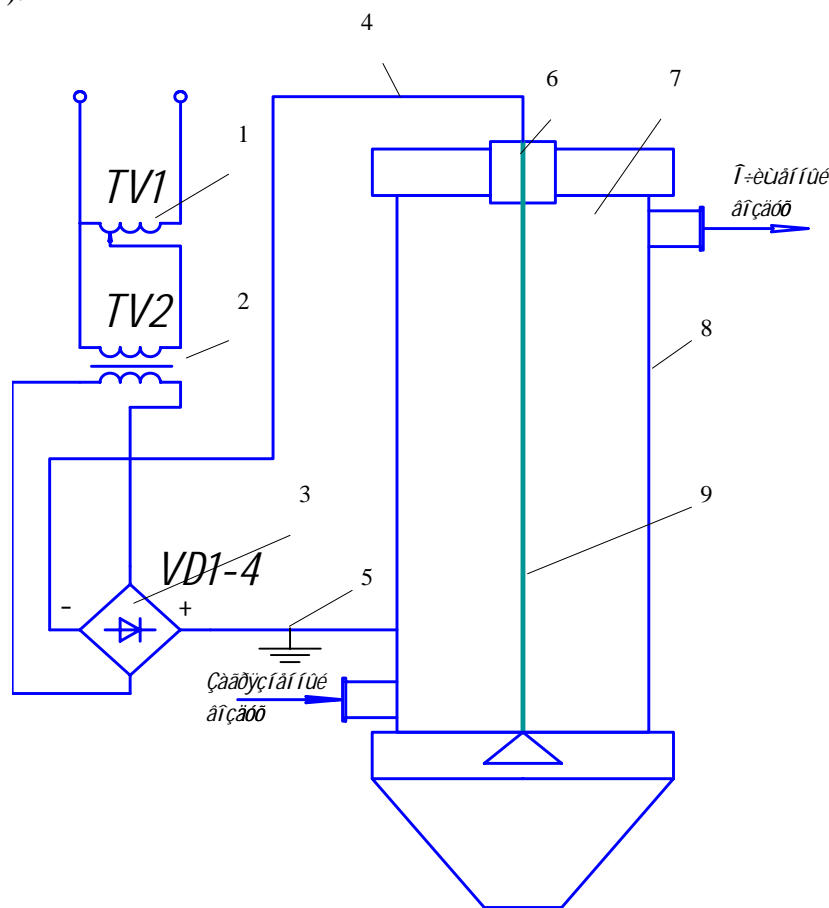


Рисунок 1 - Конструкція електрофільтру: 1 - регулятор напруги;  
2 - трансформатор, що підвищує напругу; 3 - високовольтний випрямляч;  
4 - високовольтний кабель; 5 - заземлення; 6 - ізолятор; 7 - електрофільтр;  
8 – електрод на який осаджується пил; 9 - електрод який коронує.

Процес електричного уловлювання часток складається з наступних стадій: зарядка зважених часток; рух заряджених часток до електродів; осадження часток; вилучення часток.

Газовий потік, що очищається, пропускають через електричне поле, утворене між електродами, що коронують і осаджують. Працюють електрофільтри тільки на постійному електричному струмі високої напруги (40-70 кВ); Електроди, що коронують завжди підклю-

чені до негативного полюса джерела струму. Працюють електрофільтри як при атмосферному тиску, так і при тиску вище і нижче за атмосферне; температура газів може досягати 500°C і більш; ступінь очищення газів - до 99,9%. Електрофільтри широко застосовуються для тонкого очищення димових газів теплових електростанцій, в чорній і кольоровій металургії і так далі. У електрофільтрів зони іонізації і осадження можуть бути поєднані або відокремлені одна від одної.

**Висновок.** Вдосконалення електрофільтру забезпечує якісне вилучення пилу та різноманітних домішок з повітря при зниженні енерговитрат на цей процес на 15%.



УДК 638.14.05:638.171.3 (088.8)

## РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИДІЛЕННЯ ВОСКУ З МЕРВИ З ВИКОРИСТАННЯМ НВЧ ЕНЕРГІЇ

Хоменко О.А., 4 курс

e-mail: skm932@gmail.com

Науковий керівник

Лобода О.І., к.т.н., старший викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет

*В статті визначена область застосування електромагнітного поля надвисокої частоти в технологічних процесах пов'язаних з сучасним бджолярством. Розглянути особливості впливу ЕМП НВЧ на віск та методи його виділення з мерви. Розроблена функціональна схема установки по виділенню воску з мерви з використанням ЕМП НВЧ.*

**Постанова проблеми.** Існуючі технології витоплення не відповідають пред'явленим вимогам. Цю проблему можна вирішити тільки розробкою принципово нових способів і пристроїв витоплення воску, заснованих на застосуванні електромагнітної енергії НВЧ.

В даний час в нашій країні і за кордоном ведуться дослідження по стерилізації продуктів і матеріалів під дією поля надвисокої частоти. Виявлена бактерицидна дія НВЧ - полей не тільки великої (тепловий), але і малої (нетепловий) потужності.

**Формування мети.** У дії електромагнітного поля НВЧ на біологічні об'єкти можна виділити два основних, тісно зв'язаних між собою, напрями: перше – дослідження бактерицидних властивостей електромагнітних хвиль або, навпаки, їх стимулюючої дії на мікроорганізми; і друге - з'ясування механізму взаємодії електромагнітної енергії з кліткою як біологічною моделлю біоорганізму. Зараз вже не викликає сумнівів той факт, що електромагнітні хвилі роблять вплив на життєдіяльність кліток і біоорганізму в цілому.

**Основні матеріали дослідження.** Установки по стерилізації сільськогосподарських продуктів при дії НВЧ - енергії теплового рівня знаходять практичне застосування.

Так, фірма Cober Electronics (США) розробила лабораторну установку для стерилізації молока, фруктових соків. У Швеції добре працює установка пастеризації молока. Проводяться дослідження по високотемпературній стерилізації спор хвороботворних мікроорганізмів при температурі 120°C і вище. Філіпповим Р.Л. проведений експеримент, метою якого було визначення стерилізації воску при його витопленні за допомогою НВЧ - енергії. Для дослідження використовувався віск, інфікований збудниками *Bacillus alvei* и *Streptococcus aris*. Проби були приготовані в НПП (м. Рибне). В результаті аналізу даних по стерилізації воску, було встановлено, що на частоті 17,6 ГГц відбувалося знищення мікроорганізмів як від спор *Bacillus alvei*, так і *Streptococcus aris* при потужності генератору 5,5 мВт/см<sup>2</sup>. Із збільшенням потужності, що подається до кювети, вище 7 мВт/см<sup>2</sup> відбувався незначний нагрів досліджуваної маси воску (при вологості 2,5%) навіть при експозиції 10 с. Верхня межа питомої потужності обробки зараженого воску при його стерилізації без нагріву складала 7 мВт/см<sup>2</sup>.

Для експерименту використовувалася суша розміром 400x100 мм і вагою 30 гр. Суша заповнювалася водою і завантажувалася вертикально в камеру НВЧ - печі. Потім встановлювалися експозиція і потужність електромагнітного поля. Заповнення осередків стільників водою необхідне для ефективною переробки в'яскоцир'я (віск є природним діелектриком, і переробка йде за наявності води, а саме її диполів (Н+ і ОН-)). Експеримент проводився в 3-х кратній повторності.

Аналізуючи таблицю 1, ми бачимо, що із збільшенням потужності електромагнітного поля з 0,2 до 0,75 кВт експозиція скорочується з 265 до 200 хвилин. На основі біометричної обробки даних визначено, що при збільшенні потужності поля з 0,2 до 2,3 кВт, експозиція зменшується з 265 до 15 хвилин, що є оптимальним при переробці віськосировини.

Таблиця 1 - Експериментальні дані переробки воску енергією електромагнітного поля НВЧ-діапазону

Потужність НВЧ генератору, кВт	Час переробки воску, хвилин	
	маса воску 30 гр	маса воску 1 кг
0,75	6 ± 0,2	200
0,6	10 ± 0,3	220
0,5	12 ± 0,5	230
0,4	15 ± 0,7	240
0,3	19 ± 0,8	255
0,2	25 ± 1,0	265

Економічна ефективність результатів теоретичних і експериментальних досліджень технології переробки вощкосировини з використанням НВЧ поля.

Аналізуючи таблицю 2, ми бачимо, що переробляючи віск традиційними способами (вощкотопка, вощкопрес, вощкотопка - вощкопрес), людина стикається із значними витратами праці і електроенергії. Упроваджуючи технологію переробки воску за допомогою енергії електромагнітного поля, ми отримуємо економію електроенергії в 42 рази. Витрати праці людини також значно скорочуються. Крім того, ми отримуємо повністю стерилізований віск, готовий для виробництва штучної вощини за один технологічний цикл.

Таблиця 2 Дані по переробці воску (маса 1 кг) з використанням традиційних і нетрадиційних технологій.

Технологія	Час переробки, хвилин	Наявність патогенної мікрофлори	Витрати електроенергії		Технологічні операції
			кВт	гривни	
Сонячна вощкотопка + автоклав	180+120	стерилізоване	54	24,84	Обрізка сотів з рамок
Парова вощкотопка+автоклав	7+120		0,35+54	0,16+24,84=25	Обрізка сотів з рамок, заповнення вощкотопки водою, укладка воску до вощкотопки, нагрів
Вощкотопка вощкопрес + автоклав	20+120		0,66+54	0,3+24,84=25,14	Обрізка сотів з рамок, попереднє розварювання воску, підтримка температури води, пресування воску
Вощкопрес + автоклав	9+120		0,135+54	0,06+24,84=24,9	
Електромагнітне поле НВЧ енергії	15		1,265	0,89	Заповнення осередків сотів водою

Функціональна схема установки (рис. 1) складається з: опроміювача типу "скошений хвилевід"; розсіювача енергії НВЧ; камери витоПЛення воску; сітки 40×40 мм; сітки 10×10 мм; сітки 5×5 мм; піддону для переробленого воску.

Осередки стільників заповнюються водою, і рамки встановлюються в камеру витоПЛення воску. Включається опроміювач НВЧ, і електромагнітна енергія за допомогою розсіювача енергії НВЧ подається до камери витоПЛення. У міру витоПЛення віск з мервой стікають вниз, потрапляючи на сітку, що є екраном для електромагнітного поля. Мерва, потрапляючи на сітку, скачуватиметься в ящики для збору мерви. Сітка служить для збору дрібних фракцій мерви. Віск потрапляє в піддон, що підігрівается, для воску. У міру наповнення піддону віск розливається по формах.

Рис. 1. Установа по НВЧ випарюванні воску

1- мікропроцесорний блок управління; 2 - силовий блок управління; 3 - НВЧ генератор; 4 - блок виміру КСВ; 5 - хвильовід; 6 - захисний екран; 7 - розсіювач; 8 - рамка з сировиною; 9 - сітка 40x40 мм (10x10, 5x5); 10 – мерва 11 - ємність для мерви; 12 - ємність для води; 13 – ємність для воску; 14 - нагрівач води; 15 - віск; 16 - електродвигун повороту сітку; 17 - клапан подачі води; 18 - резервуар з водою; 19 - сигнал про КСВ; 20 - ВП НВЧ випромінювання; 21 - ВП температури в камері; 22 - ВП вологості в камері; 23 - ВП кута повороту сітки; 24 - ВП рівня воску; 25 - ВП рівня води в резервуарі; 26 - ВП температури в резервуарі; 27 - ВП рівня мерви; 28 - ВП температури магнетрону; 29 - шина управління; 30 - управління двигуном повороту сітки; 31 - управління подачею води; 32 - управління нагрівачем; 33 - управління вентилятором; 34 - вентилятор.

**Висновки.** В процесі виконаного дослідження були отримані основні результати:

1. Із збільшенням потужності електромагнітного поля з 0,2 до 0,75 кВт експозиція скорочується з 265 до 200 хвилин.

2. Визначено, що при збільшенні потужності поля з 0,2 до 2,3 кВт, експозиція зменшується з 265 до 15 хвилин, що є оптимальним при переробці віськосировини

3. Економія електроенергії при використування ЕМП НВЧ в технології переробки воску скорочується в 42 рази.

#### **Список використуваної літератури**

1. Воск пчелиный. Технические условия : ГОСТ 21179 – 2000. – [Чинний від 2000-11-27, перевидано 2011-03-01]. – М.: Государственный комитет РФ по стандартизации и метрологии, 2011. – 18 с.
2. Кирьянов Ю. Н. Технология производства и стандартизация продуктов пчеловодства / Ю.Н. Кирьянов, Т.М. Русакова. - М.: Колос, 1998. - 160 с.
3. Филиппов Р.Л. Применение СВЧ энергии для вытопки воска из воскодержущего материала / Р.Л. Филиппов // Электронная обработка материалов. – 1984. - №4. – С.77-79. Чудаков В. Г. Технология продуктов пчеловодства / В.Г. Чудаков. - М.: Колос, 1979 - 160 с.
4. - Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ / И.В. Лебедев, под. ред.. акад. Н.Д. Девяткова. - М.: В. шк., 1970. – 440 с.

УДК 621.371.001.1

## РОЗРОБКА ДЕТЕКТОРА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НВЧ ГЕНЕРАТОРІВ ПОТУЖНІСТЮ ДО 5 кВт

**Ворона І.О., 4 курс**

*Науковий керівник*

**Лобода О.І., к.т.н., старший викладач**

**e-mail: alexs\_loboda@mail.ru**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*В статті розглядається пристрій по визначенню витоків електромагнітного поля надвисокої частоти за межі технологічного обладнання з використанням НВЧ генераторів, виконаних на магнетронах. Представлена структурна та принципова електрична схема НВЧ детектору.*

**Постанова проблеми.** При експлуатації НВЧ установок окрім дотримання звичайних правил обслуговування електроустаткування і засобів автоматизації необхідно враховувати ряд специфічних особливостей, обумовлених застосуванням НВЧ - приладів. В основному це відноситься до НВЧ генераторів і пристроїв захисту від витоків НВЧ енергії з робочих камер НВЧ устаткування.

**Формування мети.** НВЧ генератори є виробами неремонтодоцільними, тому при відмові їх замінюють. Довговічність магнетронів складає 2000 - 5000 годин, клістронів - 8000 - 12000 годин [15]. Проте при неправильній експлуатації термін їх служби скорочується, основними причинами відмов НВЧ генераторів є:

- порушення режимів живлення генераторів;
- відмова системи повітряного або рідинного охолодження;
- забруднення виведення енергії (керамічного або скляного) речовиною, активно поглинаючим НВЧ енергію - рідиною, крейдою, конденсатами, що виділяються з продуктів при нагріванні і як наслідок цього енергетичний пробій;
- робота НВЧ - генераторів, особливо магнетронів при ненавантаженій камері.

### **Основні матеріали дослідження.**

Випромінювання НВЧ енергії (рівень потоку потужності) від НВЧ установок, експлуатованих в промисловості обмежено  $10 \text{ мВт/см}^2$ , а для установок побутового призначення -  $1 \text{ мВт/см}^2$ .

Для відведення пари з працюючих камер в процесі теплової обробки продуктів НВЧ - печі забезпечують вентиляторами. Відсмоктування повітря здійснюється через отвори типу "поза межний хвилевід". Останній є круглою або квадратною трубою певного перетину і довжини. Довжину трубки розраховують відповідно до необхідного параметру ослаблення енергії і ослаблюючої здатності самої трубки. Діаметр трубки, а у разі прямокутного перетину розмір більшої сторони повинен бути в 4-6 разів менше довжини хвилі.

При пуску в роботу і експлуатації НВЧ установок необхідно регулярно вимірювати потужність випромінювання НВЧ енергії від установки в навколишній простір. Для цього використовують вимірників малих потужностей різних типів.

При роботі з НВЧ - пристроями, необхідно враховувати два фактори, які є небезпечними для обслуговуючого персоналу: безпосередньо мікрохвильового випромінювання; висока напруга.

Існують загальні вимоги до приладів, опромінюють НВЧ енергією:

- не вмикати НВЧ – генератор без навантаження;
- не вмикати НВЧ - генератор з недіючими блокуючими елементами;
- неможливо робити отвори у корпусі резонаторної камери;
- у технологічні отвори заборонено вставляти струмопровідні предмети.

Для визначення зовнішнього випромінювання навколо пристрою можливо використати НВЧ – детектор (рис. 2).

Розглянемо принцип роботи детектора [33, 34]. Найпростішим приймачем, як відомо, є детекторний. І такі приймачі діапазону НВЧ, що складаються з приймальної антени і діода, знаходять своє застосування для виміру НВЧ - потужності. Самим істотним недоліком є низька чутливість таких приймачів. Для того, щоб упевнено виявити зміну струму діода під дією НВЧ - поля, потрібна амплітуда НВЧ на діоді в декілька десятків мілівольт. Це дуже низька чутливість, вона відповідає виявленню передавача 10 мВт на відстані всього декількох метрів. Щоб різко підвищити чутливість детектора не ускладнюючи НВЧ головки (тобто без підсилювачів, перетворювачів та інше), була розроблена схема детекторного НВЧ - приймача з задньою стінкою хвилеводу, що модулюється (рис. 1)

НВЧ - головка при цьому майже не ускладнилася, додався тільки модуляторний діод VD2, а VD1 залишився детекторним.

З деяким наближенням можна вважати, що коли діод VD2 закритий, він не впливає на процеси в хвилеводі, а коли відкритий - цілком закорочує хвилевід, тобто відіграє роль короткозамкнутої задньої стінки.

Рис. 1 – Загальний принцип прийняття НВЧ сигналу рупорною антеною

Локальне НВЧ випромінювання неважко виявити по високочастотному сигналі, наведеному в розташованій поблизу антени. Для цього досить виготовити прилад, структурна і принципова електрична схеми представлені відповідно на рисунках 2 та 3.

Рис. 2 Структурна схема НВЧ детектору

Амплітудним детектором НВЧ коливань служить діод VD1. Якщо амплітуда прийнятого сигналу досить велика, вихідна напруга детектора відкриє транзистор VT1 [23].

### Рис. 3 Схема електрична принципова НВЧ детектору

Це приведе до того, що на виході елемента DD1.1, що утворить із елементом DD1.2 одновібратор, виникне імпульс високого логічного рівня тривалістю приблизно 10 мс (0,7R6C3). Він дозволить роботу мультівібратору (елементи DD1.3, DD1.4) на частоті приблизно 1,5 кГц, що залежить від номіналів резистора R5 і конденсатора C4. Пакет імпульсів, посиленних по потужності транзисторами VT2 і VT3, буде відтворений динамічною голівкою ВА1 як голосний щиглик. Так прилад відреагує на джерело НВЧ випромінювання який випромінює навіть на дуже короткий час.

На рисунку 4 показана залежність зміни вхідної напруги від зміни частоти НВЧ поля. Із допомогою цього графіку можна обрати робочу точку в залежності від робочою частотою.

### Рисунок 4. Залежність зміни вхідної напруги від зміни частоти НВЧ поля

Але інформативний акустичний сигнал, може бути не почутий, якщо поблизу немає персоналу. Тому прилад доповнений вузлом пам'яті й світлової індикації [4].

При спрацюванні одновібратору на виході DD1.2 виникає імпульс низького логічного рівня, що переводить тригер на елементах DD2.1, DD2.2 у стан високого рівня на виході елемента DD2.1. Щоб з'ясувати стан тригера, досить нажати кнопку SB1: "читання" спрацює проміжне реле та відключи НВЧ генератор. Імпульс, сформований на виході елемента DD2.3 при відпусканні кнопки, поверне тригер у вихідний стан. Друкована плата приладу показана на рисунку 4.

Довжина напівхвильового вібратору для діапазону 2,45 ГГц повинна становити приблизно 63 мм.

Надзвичайно низьке енергоспоживання приладу в черговому режимі (менш 5 мкА) дозволяє використати для його живлення практично будь-яке незалежне джерело живлення б В. Батарея з'єднана короткими проводами з відповідними контактними площадками на платі. Вимикач живлення не обов'язковий - енергії такої батареї вистачає щонайменше на рік безперервної роботи.

Чутливість пристрою така, що забезпечує упевнене виявлення джерела 10 мВт.

**Висновки.** Наведений в статі матеріал показує, що є можливість контролювати виток електромагнітного поля за межі технологічного обладнання з використання НВЧ генераторів. Цей пристрій має звукову та світлову сигналізацію, та незалежне автономне живлення.

### Список використовуваної літератури

1. Лавров В.М. Теория электромагнитного поля и основы распространения радиоволн / В.М. Лавров. – М. : Связь, 1964. – 368 с.
2. Чернушенко А. М. Конструирование экранов и СВЧ-устройств: Учебник для вузов / А. М. Чернушенко, Б. В. Петров, Л. Г. Малорацкий. - М. : Радио и связь, 1990. - 352 с.
3. Концевич А.І. Индикатор излучения СВЧ печи / А.І. Концевич . - Радио, 2003, №3, стр. 6
4. Колосов М. В. СВЧ генераторы и усилители на полупроводниковых приборах / М. В. Колосов, С. А. Перегонов. - М.: Советское радио, 1974. – 80 с.

УДК 631.362:633.1

## ВИКОРИСТАННЯ ОСОБЛИВОЇ ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НАДВИСОКОЇ ЧАСТОТИ (ЕМП НВЧ) ДЛЯ СУШКИ ОВОЧІВ У НЕВЕЛИКИХ ОБ'ЄМАХ В ЗИМОВИХ УМОВАХ

Гордевський М.С., учень 11 класу НВК № 16

e-mail: nikifor1204@mail.ru

Науковий керівник

Лобода О.І., к.т.н., старший викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет

*В статті визначена область застосування електромагнітного поля надвисокої частоти в технологічних процесах сільського господарства. Зроблено порівняльну характеристика різноманітних способів сушіння овочів, а також розглянути особливості впливу ЕМП НВЧ на овочеві продукти і визначені технологічні параметри (час впливу та потужність генератору надвисокої частоти) для сушіння овочів в невеликих обсягах.*

**Постанова проблеми.** Мікрохвильова технологія і створене на її основі мікрохвильове обладнання для сушіння фруктів, овочів дозволяє не тільки висушувати продукцію, але і отримувати харчові барвники, розморожувати рибу, м'ясо, овочі, ягоди та інші продукти харчування, проводити без температурне консервування та багато іншого. В даний час мікрохвильова сушка застосовується в багатьох промислових процесах: сушіння харчових продуктів (сушіння риби, м'яса, зерна і круп, сушіння овочів і фруктів), сушка і склеювання деревини, виробництво фарфорових та фаянсових виробів, будівництво, розробка нафтових родовищ та інше.

**Формування мети.** Мета роботи полягає у визначенні технологічних параметрів електромагнітного поля надвисокої частоти при сушінні овочів в малих обсягах.

### Основні матеріали дослідження.

Мікрохвильовий метод сушіння заснований на впливі на продукт, що зневоднюється інтенсивного електромагнітного поля надвисоких частот (НВЧ). Під дією НВЧ поля молекули води (диполі) починають здійснювати коливальні і обертальні рухи, орієнтуючись з частотою поля за його електричних ліній. Рух молекул - це і є теплова енергія. Чим більше води в заданому обсязі, чим більше молекул бере участь у цьому русі, тим більше теплової енергії виділяється. Таким чином, розігрівання відбувається у всьому об'ємі продукту, причому більш вологі ділянки отримують більше енергії.

Основними показниками, що визначають поширення електромагнітного поля (ЕМП) в біологічному об'єкті, є провідність і діелектрична проникність. Характер взаємодії ЕМП з біологічним об'єктом залежить від діелектричної проникності. Під впливом ЕМП виникають два ефекти, що визначають діелектричні властивості - коливання вільних зарядів й обертання дипольних молекул з частотою прикладеного поля і має комплексний вид:

$$\frac{\varepsilon^*}{\varepsilon_0} = (\varepsilon' - j\varepsilon''), \quad (1)$$

де  $\varepsilon^*$  - комплексна діелектрична проникність,

$\varepsilon_0$  - проникність вакууму,

$\varepsilon'$  - реальна частина діелектричної проникності,

$\varepsilon''$  - комплексна частина діелектричної проникності, що визначає втрати в середовищі.

Кут втрат при цьому дорівнює:

(2)

Величина  $\varepsilon''$  має дисперсією, що пов'язана з різними релаксаційними процесами, які супроводжують ефект поляризації. Діелектричні властивості і провідність тканин відіграють

основну роль при визначенні ефектів розповсюдження ЕМП і визначенні величини поглиненої енергії.

Існуючі переваги, які здатна забезпечити технологія НВЧ – сушіння овочів, спираються на цілий ряд властивостей, що характеризують взаємодію мікрохвильового випромінювання з діелектричними об'єктами:

- об'ємний характер виділення енергії при опроміненні об'єктів хвиль НВЧ діапазону;
- селективне виділення мікрохвильової енергії;
- НВЧ – досушування характеризується відносно низькою температурою і малою тривалістю процесу.
- кінцевий вологовміст в продукті має рівномірний розподіл по його об'єму.

Отримані результати досить наочні і дозволяють зробити однозначні висновки по даній проблемі стикування двох механізмів зневоднення. Хід кривих зміни енергоємності  $R = R(w)$  та швидкості сушіння (рисунки 1, 2) дозволяє вибрати близьку до оптимальної величину перехідної вологості (на кордоні мікрохвильового та конвективного модулів) - близько 120...140 %. Для таких продуктів, як яблука, це означає, що приблизно 80...85 % всієї інформації що міститься у вихідному продукті вологи слід видалити конвективним методом і лише 15...20 % - мікрохвильовим.

Рис. 1. Залежність енергоємності  $R(w)$  для конвективного і мікрохвильового механізмів сушки

Рис. 2. Залежність швидкості сушки для конвективного і мікрохвильового механізмів сушки

Так, для конвективного методу сумарна енергоємність процесу з урахуванням рециркуляції теплоносія складає приблизно 2 кВт-год/кг. Для мікрохвильової сушіння при проходженні повного діапазону вологостей ця величина становить 1,55 кВт-год/кг. При оптимальному ж поєднанні методів вдається досягти величини близько 1,15 кВт-год/кг.

Проведені розрахунки показали відносно невисоку критичність величини сумарної енергоємності  $R_{\Sigma}$  комбінованого сушіння до вибору перехідної вологості. Так, при її значенні 20 % величина  $R_{\Sigma}$  становить 1,22 кВт-год/кг, а при значенні перехідної вологості 70 %  $R_{\Sigma}$  - 1,28 кВт-год/кг. Все це дозволяє створити низькоенергоємне і високотехнологічне обладнання, що надійно працює, для комбінованої сушіння плодів і овочів.

Дослідження сушіння проводили на тонко нарізаних скибочках яблук завтовшки 3...4 мм з попередньо вибитою насінневою камерою. Встановлено, що незважаючи на деяке збільшення початкового вологовмісту матеріалу (60...70) %  $W_{абс}$ , гідротермообробка інтенсифікує сушіння яблук, скорочуючи її тривалість. При цьому інтенсивність сушіння залежить від тривалості гідротермообробки при заданій температурі.

З рисунків 3 видно, що тривалість сушіння тонконарізаних яблук після гідротермообробки протягом 5...7 хвилин скорочується в 1,2 рази порівняно з 3-х хвилинною витримкою. Це пов'язано з тим, що при нагріванні продукту до 60...70 °C і витримці протягом 5...7 хвилин коагулюють білки протоплазми. Цитоплазматична оболонка клітини пошкоджується, що обумовлює інтенсифікацію процесу випаровування вологи з клітини, зростання коефіцієнту дифузії вологи і швидкості зневоднення в цілому.

На рис. 3 різкий підйом і можливий екстремум характеризує ефективність конвективного енергопідводу НВЧ енергії на початковому етапі сушки. Пік співвідношення до



$W_{\text{абс}}$  на графіку, відображає найбільш ефективний (55...30) %  $W_{\text{абс}}$  діапазону процесу масо-бміну продукту.

Рис. 3. Значення швидкості сушки яблук при різних витримках гідротермообробки

Плавне зниження відношення до  $W_{\text{абс}}$  при наближенні до мінімуму (30...0) % можна визначити як падіння ефективності конвективного енергопідводу і необхідність застосування принципіально іншого – надвисокочастотного способу підводу енергії до продукту.

#### **Висновки.**

В процесі виконаного дослідження були отримані основні результати:

1. Проведені розрахунки показали відносно невисоку критичність величини сумарної енергоємності  $R_2$  комбінованого сушіння до вибору перехідної вологості.
2. Інтенсивність сушіння залежить від тривалості гідротермообробки при заданій температурі.
3. Тривалість сушіння після гідротермообробки протягом 5...7 хвилин скорочується в 1,2 рази порівняно з 3-х хвилинною витримкою.
4. Швидкість сушіння різко зростає в початковому моменті процесу, потім плавно знижується, а потім інтенсивно зменшується при досушуванні.
5. Попередня гідротермообробка яблук в течії 5...7 хвилин при температурі матеріалу 60...70 °С прискорює процес сушки і забезпечує скорочення його тривалості на 20...25 %, що сприяє збереженню значної кількості біологічно активних речовин (вітамінів, пектину та інших) в готовому продукті.

#### **Список використовуваної літератури**

1. Атаназевич В. И. Сушка пищевых продуктов / В.И. Атаназевич. – М., 2000. – 198 с.
2. Франко, Е.П. Особенности процесса сушки плодов и овощей / Е.П. Франко, Г.И. Касьянов // В мире научных открытий. - 2010. - № 4.- С. 176-177.
3. Явчуновский В. Я. Микроволновая и комбинированная сушка: физические основы, технологии и оборудование / В.Я. Явчуновский. – Саратов: Изд-во Саратов. Ун-та, 1999. – 213 с.
4. Тихобаева, П.В. Применение микроволнового способа сушки в плодоовощном сушильном производстве / П.В. Тихобаева, В.А. Бочаров // Актуальные инновационного развития промышленности: перспективы, цели, задачи: сб. материалов IV Межвузовской студенческой научно-практической конференции. - Нижний Новгород. - 2010. - С. 256-258.
5. Бородин И. Ф. Применение СВЧ энергии в сельском хозяйстве / И. Ф. Бородин, Г. А. Шарков, А. Д. Горин. М.: ВНИИТЭИагропрм, 1987. – 55 с.
6. Лобода О. І. Вимір діелектричних властивостей комбікормів з використанням малопотужних випромінювань НВЧ енергії / О. І. Лобода // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої 50-річчю Ювелею факультету Енергетики ТДАТА. 16-19 вересня 2002. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Вип. 6. Науково фахове видання. - Мелітополь, ТДАТА, 2002. - с.70-75
7. Рогов И. А, Сверхвысокочастотный нагрев пищевых продуктов / И. А. Рогов, С. В. Некрутман. - М., 1986. – 350 с.

## **Секція 4. Альтернативні джерела енергії, енергопостачання, станції та підстанції**

УДК 621.438

## ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ

Голуб І.С., 3 курс

Науковий керівник

Постол Ю.О., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: igor95golub@mail.ru

e-mail: postol-melitopol@yandex.ru

*Розглянуто переваги та недоліки використання сонячної енергії. Розглянуто приклад системи із сонячних батарей.*

**Вступ.** Останнім часом інтерес до проблеми використання сонячної енергії різко зріс, і хоча це джерело також належить до відновлюваних, увага, що приділяється йому в усьому світі, змушує нас розглянути його можливості окремо. Потенційні можливості енергетики, заснованої на використанні безпосередньо сонячного випромінювання, надзвичайно великі. Зауважимо, що використання всього лише 0.0125 % кількості енергії Сонця могло б забезпечити всі сьогоденні потреби світової енергетики, а використання 0.5 % - повністю покрити потреби на перспективу.

**Постановка проблеми.** На жаль, навряд чи коли-небудь ці величезні потенційні ресурси вдасться реалізувати у великих масштабах. Одним з найбільш серйозних перешкод такої реалізації є низька інтенсивність сонячного випромінювання. Навіть при найкращих атмосферних умовах (південні широти, чисте небо) щільність потоку сонячного випромінювання складає не більше 250 Вт/м<sup>2</sup>. Тому, щоб колектори сонячного випромінювання "збирали" за рік енергію, необхідну для задоволення всіх потреб людства потрібно розмістити їх на території 130 000 км<sup>2</sup> !

Необхідність використовувати колектори величезних розмірів, крім того, тягне за собою значні матеріальні витрати. Найпростіший колектор сонячного випромінювання являє собою металевий (як правило, алюмінієвий) лист покращений у чорний колір, усередині якого розташовуються труби з циркулюючою в ній рідиною. Нагріта за рахунок сонячної енергії, поглиненої колектором, рідина надходить для безпосереднього використання. Згідно з розрахунками виготовлення колекторів сонячного випромінювання площею 1 км<sup>2</sup>, вимагає приблизно 10 тонн алюмінію.

З написаного ясно, що існують різні фактори, що обмежують потужність сонячної енергетики. Припустимо, що в майбутньому для виготовлення колекторів стане можливим застосовувати не тільки алюміній, але й інші матеріали. Чи зміниться ситуація в цьому випадку? Будемо виходити з того, що на окремій фазі розвитку енергетики (після 2100 року) усі світові потреби в енергії будуть задовольнятися за рахунок сонячної енергії. В рамках цієї моделі можна оцінити, що в цьому випадку буде потрібно "збирати" сонячну енергію на площі від 1 10 до 3 10 км<sup>2</sup>. В той же час загальна площа орних земель у світі становить сьогодні 13 10 км<sup>2</sup>.

Сонячна енергетика відноситься до найбільш матеріаломістких видів виробництва енергії. Великомасштабне використання сонячної енергії спричиняє гігантське збільшення потреб у матеріалах, а отже, в трудових ресурсах для видобутку сировини, її збагачення, отримання матеріалів, виготовлення геліостатів, колекторів, іншої апаратури, їх перевезення.

Підрахунки показують, що для виробництва 1 МВт рік електричної енергії з допомогою сонячної енергетики потрібно витратити від 10 000 до 40 000 людино-годин. У традиційній енергетиці на органічному паливі цей показник становить 200-500 людино-годин.

Поки що електрична енергія, породжена сонячними променями, обходиться набагато дорожче, ніж одержувана традиційними способами. Вчені сподіваються, що експерименти, які вони проведуть на дослідних установках і станціях, допоможуть вирішити не тільки технічні, але й економічні проблеми.

**Аналіз останніх досліджень.** Ефективності та доцільності використання сонячної енергії присвячено багато робіт. Вагомі результати отримано в Інституті фізики напівпровідників НАН України, у Київському, Одеському, Ужгородському та Чернівецькому університетах, на деяких промислових підприємствах, тощо. Завдяки зусиллям науковців вартість сонячних елементів вдалося довести до 0.5-1.1 євро за ват потужності. Завдяки їхній праці ціна сонячних систем порівняно за чверть століття зменшилась в 20 разів. Всі однозначно стверджують, що застосування в Україні альтернативних джерел енергії, передусім, сонячної енергетики, без сумніву принесе користь.

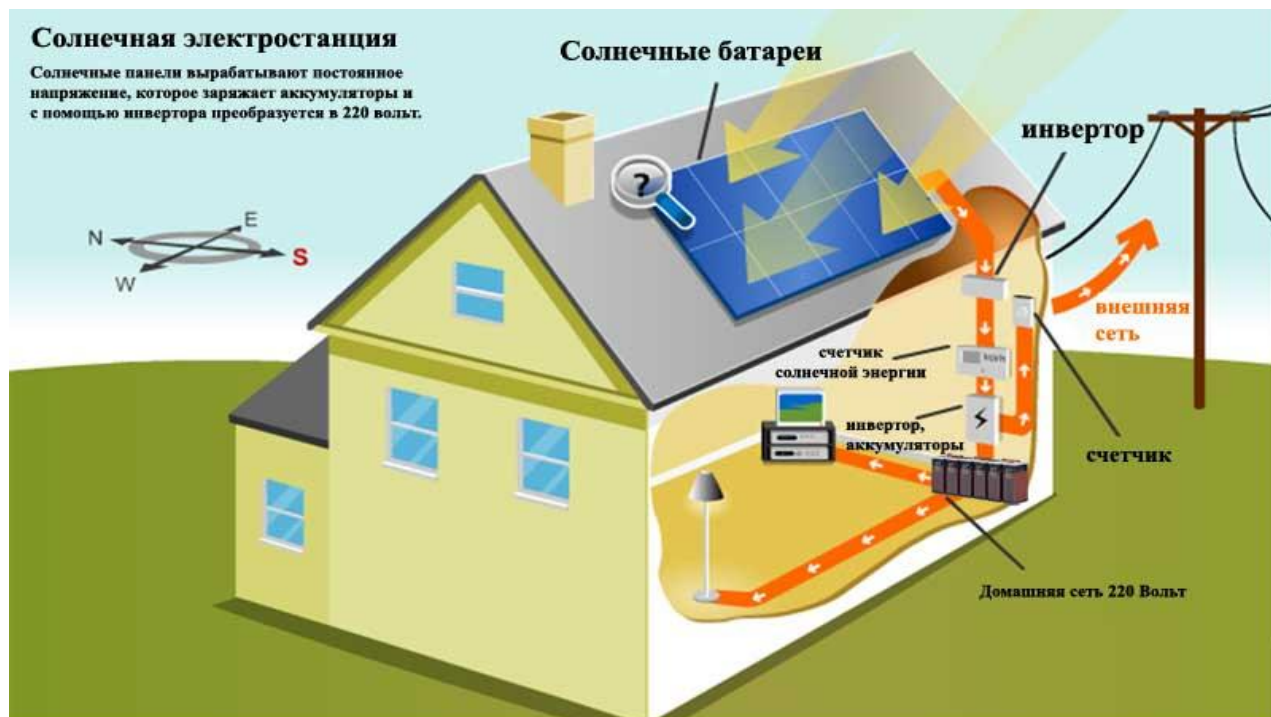
**Мета статті.** Визначити переваги та недоліки використання сонячної енергії.

**Переваги використання сонячної енергії:**

1. Загальнодоступність і невичерпність джерела.
2. Теоретично, повна безпека для навколишнього середовища (проте в наш час у виробництві фотоелементів і в них самих використовуються шкідливі речовини).

**Недоліки використання сонячної енергії :**

1. Потрібне використання великих площ землі під електростанції
2. Потік сонячної енергії на поверхні Землі сильно залежить від широти і клімату. У різних місцевостях середня кількість сонячних днів в році може дуже сильно відрізнятися.
3. Сонячна електростанція не працює вночі і недостатньо ефективно працює у ранкових і вечірніх сутінках. При цьому пік електроспоживання припадає саме на вечірні години. Крім того, потужність електростанції може стрімко і несподівано коливатися через зміни погоди.
4. Недостатній ККД сонячних елементів
5. Ефективність фотоелектричних елементів помітно падає при їх нагріванні, тому виникає необхідність в установці систем охолодження, зазвичай водяних.
6. Незважаючи на екологічну чистоту отримуваної енергії, самі фотоелементи містять отруйні речовини, наприклад, свинець, кадмій, галій, миш'як та ін., а їх виробництво споживає масу інших небезпечних речовин.



**Рисунок 1 – Работа солнечных батарей**

Крім того, щоб система із сонячних батарей працювала й подавала енергію в мережу, потрібно встановити ряд додаткових електроприладів, зокрема:

- інвертор, що перетворює постійний струм у перемінний;
- акумуляторну батарею, роль якої накопичувати енергію й згладжувати перепади напруги через зміну освітленості;
- контролер заряду акумулятора, який не дозволяє акумулятору перезарядитися або розрядитися завчасно. Усе це в комплексі називається автономною системою енергопостачання на основі сонячних батарей.

**Висновок.** В даний час використовується лише мала частина сонячної енергії через те, що існуючі сонячні батареї мають порівняно низький коефіцієнт корисної дії і дуже дорогі у виробництві. Однак не слід відразу відмовлятися від практично невичерпного джерела чистої енергії: потвердженнями фахівців, геліоенергетика могла б одна покрити всі потреби людства в енергії на тисячі років вперед.

**Список використаних джерел:**

1. [http://uk.wikipedia.org/wiki/Сонячна\\_енергетика](http://uk.wikipedia.org/wiki/Сонячна_енергетика)
2. <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2014/7/56.pdf>
3. <http://energetyka.com.ua/alternativnaya-energetika/161-sonyachni-batareji-dlya-budinku>

УДК 621.385 : 631.234

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ОПРОМІНЕННЯ РОЗСАДИ

Піхтарь О.В., магістрант

E-mail: olenkapihtar17@yandex.ua

Науковий керівник

Жарков В.Я., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Наведена методика розрахунку енергоефективності при опроміненні розсади.*

**Постановка проблеми:** Зараз енергозберігаючі джерела світла є дуже ефективними та економічними, тому ми пропонуємо використовувати їх для опромінення рослин в теплиці. За допомогою енергозберігаючих джерел світла значно підвищиться енергозбереження для нашої країни. Тому дуже важливо вміти розраховувати енергоефективність при опроміненні розсади.

**Аналіз останніх досліджень:** При розгляді питань енергозбереження в сільськогосподарському виробництві, на жаль, в більшості випадків користуються балансом загальної енергії без кількісного обліку якості (перетвореності) різних видів енергії. Для усунення цього недоліку користуються різними коефіцієнтами, енергетичними еквівалентами, а також розрахунковим визначенням витрат первинної енергії. Однак така заміна ексергетичного аналізу не забезпечує надійного кількісного обліку якості різних видів як техногенної, так і природної енергії, яка використовується в сільськогосподарському господарстві.

У промисловій енергетиці такий облік надійно здійснюють на основі ексергетичного аналізу. Так як сільськогосподарське виробництво головну частину техногенної енергії отримує від промислової енергетики, то, виходячи і з цієї обставини, також видно необхідність застосування ексергетичного аналізу при вирішенні завдань енергозбереження у рослинництві і аграрної галузі виробництва в цілому [2].

**Мета статті:** Розрахувати основні показники ефективності при опроміненні розсади у теплиці, що значно зменшить використання енергії для нашої країни.

**Основні матеріали дослідження.** Показником ефективності використання сонячної радіації рослинами є коефіцієнт корисної дії (ККД). ККД – це відношення кількості енергії, яка запасена в продуктах фотосинтезу або створеного у фітомасі врожаю, до кількості використаної радіації [1]:

$$\eta = g \cdot \gamma \cdot 100 \cdot \sum Q \quad (1)$$

де  $g$  - калорійність рослин, ккал/г;

$\gamma$  - біологічний врожай сухої фітомаси, г/см<sup>2</sup>;

$\sum Q$  - сума фотобіологічної активної радіації (ФАР) за вегетаційний період, ккал/см<sup>2</sup>.

Критерієм ефективності електроопромінення є мінімум приведених питомих витрат:

$$\frac{ПВ}{\sum m} \rightarrow \min \quad (2)$$

де  $ПВ$  – приведені витрати;

$\sum m$  – кількість пробірок з рослинами.

Приведені витрати визначаються з виразу:

$$ПЗ = Z_{обл} + Z_{ст}$$

де  $Z_{опр.}$  - витрати, які пов'язані з використанням опромінювальних установок;

$Z_v$  - витрати, які йдуть на вирощування рослин, не пов'язані з опромінюванням.

Витрати  $Z_{opr}$  визначаються як сума капітальних (ЕнК) і експлуатаційних витрат на обладнання. Витрати на вирощування рослин ( $Z_v$ ) визначаються як:

$$Z_v = \frac{mC_p}{K_p} \quad (4)$$

Для аналізу складної системи формування врожаю, що складається з великої кількості змінних параметрів, прийнятий приплив тієї частини енергії оптичного випромінювання, яка потенційно придатна для перетворення рослинами в процесі фотосинтезу, і називається ексєргією оптичного випромінювання ( $e_c$ ). Ексєргія - максимальна фотосинтезна ефективність монохроматичного випромінювання:

$$e_c = 0,95 \int_{t_1}^{t_2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda)_c k(\lambda)_\phi dt d\lambda, \quad (5)$$

де 0,95 - максимальна спектральна ефективність фотосинтезу;  
 $t_1, t_2$  - період часу;  
 $\lambda_1, \lambda_2$  - довжина хвилі;  
 $\varphi(\lambda)_c$  - спектральна щільність джерела оптичного опромінення;  
 $k(\lambda)_\phi$  - відносна ефективність фотосинтезу, яка однакова для всіх хлорофіломістових рослин, тому величина її буде однією і тією ж для всіх видів фотосинтезуючих рослин.

Енергію випромінювання доцільно виражати в Ейнштейнах (Ен). 1 Ен дорівнює енергії, яку переносять молярним числом ( $N_a$ ) фотонів з даною довжиною хвилі, тобто

$$1 \text{ Ен} = N_a \cdot h \cdot \nu = E_m \quad (6)$$

де  $E_m$  - енергія молярного числа фотонів.

Залежно від висоти Сонця і стану атмосфери співвідношення прямого і розсіяного сонячного випромінювання, а також їхній спектральний склад на поверхні землі можуть суттєво змінюватися, але сумарний (пряме + розсіяне) спектральний склад залишається практично постійним.

Таким чином, при використанні світлодіодної опромінювальної установки з відношенням червоного, синього і білого: 50%, 25%, 25% вдалося отримати найбільшу продуктивність, тим самим збільшити число вирощуваних рослин і зменшити наведені питомі витрати [1].

**Висновок.** Наведена методика і використання наведених нами формул значно спрощують розрахунок енергоефективності, що дозволяє визначити параметри системи для найбільшої продуктивності рослин при мінімальному енергоспоживанні.

#### Список використаних джерел

1. Козырева Е.А. Анализ электрических схем для электрооблучения растений / Е.А. Козырева // Труды 6 Межд.науч.-техн. конф. ( 13-14 мая 2008 г.) «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». Часть 3.–М.: ВИЭСХ, 2008. – С.390-394.
2. Гладин Д.В. Использование светодиодных технологий в сельском хозяйстве / Д.В. Гладин // Полупроводниковая светотехника. – 2012. – № 2. – С.60–65.

УДК 621.438

## ВІТРОЕНЕРГЕТИКА

Федорець Є.В., 3 курс

e-mail: krasssav4k@mail.ru

Науковий керівник

Постол Ю.О., к.т.н., доцент

e-mail: postol-melitopol@yandex.ru

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Розглянуто вплив вітроустановки на оточуюче середовище. Обґрунтована потреба у інноваційно-інвестиційних проектах розвитку в окремих регіонах України.*

**Вступ.** Використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) світова спільнота розглядає як один із найбільш перспективних шляхів вирішення зростаючих проблем енергозабезпечення. Впродовж року на планету надходить енергії в 15 тис. разів більше від обсягів нинішнього споживання всіма країнами світу. На енергію вітру перетворюється близько 3% енергії сонячного випромінювання, а отже, ресурси енергії вітру на Землі приблизно у 50 разів більші за сумарні енергетичні потреби людства. Енергію вітру людина використовує із незапам'ятних часів. Спочатку це був парус, потім вітровий млин. Сучасні вітряки, що виробляють електроенергію, з'явилися лише в ХХ столітті.

**Постановка проблеми.** Проблеми ефективності використання традиційних джерел енергії в Україні стоять гостріше, ніж у світі чи країнах ЄС. Причинами цього є застарілі технології, вичерпання ресурсу використання основних фондів генерації електроенергії і тепла, що разом з низькою ефективністю призводить до значних обсягів шкідливих викидів. Значні втрати при транспортуванні, розподілі та застосуванні електроенергії і тепла, а також монопольна залежність від імпорту енергоносіїв ще більш ускладнюють ситуацію на енергетичних ринках країни.

**Аналіз останніх досліджень.** На сьогодні частка НВДЕ у виробництві енергії у світі ще є незначною (близько 14%), однак їх потенціал на кілька порядків перевищує рівень світового споживання паливно-енергетичних ресурсів. Темпи зростання обсягів виробництва енергії НВДЕ також відчутно перевищують аналогічні для традиційних видів енергії. Так, у найближчі 10 років прогнозується щорічне зростання світових обсягів виробництва електроенергії традиційної електроенергетики в межах 2,8%, а електроенергії НВДЕ - 9,2%. В Україні також існує значний потенціал використання НВДЕ (таблиця 1).

**Мета статті.** Визначити перспективи використання вітроенергетики.

**Перспективи використання вітроенергетики.** Середньорічний приріст світової вітроенергетики становить в середньому 26-27% і є найвищим у порівнянні з іншими джерелами енергії.

Із нетрадиційних джерел енергії кращі в порівнянні з вітроенергетикою економічні результати можуть забезпечити лише ГЕС середньої та великої потужності, та й то не завжди.

У вітроенергетичному секторі наразі працюють понад 70 країн світу. Серед країн з найбільшими потужностями вітроенергетики - Німеччина, США, Іспанія, Індія, Китай, Данія. В США до 2020 року планується досягти 15 % виробництва електроенергії за рахунок вітру, вдосконалюються турбіни, розширюється діапазон швидкостей вітру, які можуть бути використані вітроустановками.

В Україні сьогодні набирає обертів використання вітряків малої потужності, які встановлюються домогосподарствами для власних потреб. Невеликі вітроенергетичні установки (від 200 Вт до 20 кВт) привабливі тим, що їх можна достатньо швидко встановити.



Таблиця 1 – Технічно досяжний енергетичний потенціал нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в перерахунку на умовне паливо (млн т у. п.) та обсяги заміщення ПЕР

	Досяжний енергетичний потенціал	Обсяги заміщення Органічного палива за рахунок «великої» гідроенергетики по Україні	Обсяги заміщення органічного палива за рахунок вітру по Україні	Технічно досяжний енергетичний потенціал позабалансованих джерел енергії	Всього
Сонячна енергетика	6,00				
Геотермальна енергетика	12,00				
Мала гідроенергетика	3,00	7,0	15,0	12	93
Енергія біомаси	20,00				
Теплова енергія стічних вод	4,2				202,07
Теплова енергія ґрунту та ґрунтових вод	13,89	3,6	7,4	4,9	46
Всього	59,09				
Споживання орг. палива	Комунальний сектор	59,02			
	Всього	202,07			
% заміщення орг. палива за рахунок ВДЕ	29,2				

Завдяки новітнім технологіям вироблення вітрової енергії до 20% загального попиту має збільшити оптову вартість цієї енергії лише на 10% у зв'язку з мінливістю та непостійністю вітру. Вироблення енергії вітру також зможе дати додаткове максимальне допустиме навантаження, щоб відповідати збільшенням потреб системи, що прогнозуються. Ця частка може сягати до 40% установленної потужності, якщо вироблення енергії вітру під час високого навантаження також є високою, і не нижче 5% при більш високій пробивній здатності, і якщо місцеві вітрові характеристики знаходяться у негативному співвідношенні з характеристиками навантажень системи. Додавання більших територій покращує фактичну потужність вітрової енергії.

Важливим аспектом використання вітроустановок є вартість електроенергії (грн/кВт•год), яка може бути підрахована за виразом:

$$B=(K \times F) + (0,25 \times P \times T)$$

де К - капітальні витрати, грн (дол.);

F - фактор поновлення витрат, за гарантованого терміну дії установки 25 років  
F = 0,125;

P - потужність установки, кВт;

T - кількість годин роботи установки на рік, T = 8760 год.

Вітроустановки виробляють електроенергію практично без забруднення довкілля, але вплив на нього мають: відведення під будівництво значних територій та зміни ландшафту, шумові ефекти, радіоперешкоди.

Проблема зменшення шумів розв'язується шляхом розташування вітроустановок на значних відстанях (допустимих за рівнем шуму - 40-50 децибелів) від житла. Отже, відстань від вітроагрегату до житла має становити 150 м, вітростанції - 250 м.

Найбільшу перевагу для будівництва вітроенергетичних станцій (ВЕС) великої потужності віддають таким регіонам, як Крим, Карпати, узбережжям Чорного та Азовського мо-

рів, Донеччина, проте це не означає, що в інших регіонах розвиток вітроенергетики не має великого значення.

Технічна система складається з системи ротора(вітротурбіна),щогла з розтяжками, контролера заряду акумуляторів,акумулятора, інвертора . ( рис 1.)



Рисунок 1 – Схема вітроустановки

Вітер розкручує ротор генератора (синхронний трифазний з порушенням від постійних магнітів напругою = 24 В). Здобута електроенергія подається через контролер на акумулятори, інвертор перетворює напругу на контактах акумулятора у придатний для використання (24 В -> ~ 220 В 50Гц).

**Висновок.** Отже, зважаючи на те, що вітроенергетика визначена у світі найбільш перспективною галуззю альтернативної енергетики, а Україна входить до числа країн, що мають значний вітровий та науково-виробничий потенціал і при цьому гостро потребує власних енергоресурсів, існує потреба і можливість у розробці та впровадженні інноваційно-інвестиційних проектів розвитку в окремих регіонах та створенні цілісної вітроенергетичної галузі України.

#### Список використаних джерел:

1. <http://www.agro-business.com.ua/Вітроенергетика>
2. <http://uk.wikipedia.org/wiki/Вітроенергетика>
3. <http://100gs.ru/i/energy-wind/>

УДК 620.92

## АНАЛІЗ МАТЕРІАЛУ ФОТОЕЛЕКТРОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ПРИСАДИБНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Саніна О.С., 4 курс,

Науковий керівник

Жарков В.Я., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

E-mail: [alyonkasanina@list.ru](mailto:alyonkasanina@list.ru)

У статті розглянуті види фотоперетворювачів (ФЕП), порівняльні характеристики різних типів ФЕП, обґрунтування структури та матеріалу ФЕП, аналізи та дослідження.

**Постановка проблеми.** Перехід до альтернативних видів енергії, зокрема до сонячної, є дуже важливою проблемою. Але невеликий ККД сонячних установок та великий термін окупності часто є перешкодою для їх масштабного використання.

**Аналіз останніх досліджень.** На основі джерел наукової літератури, наукових та власних досліджень відомо, що коефіцієнт корисної дії (ККД) сонячних батарей невисокий – близько 10...30% залежно від типу та конструкції. Одним із основних впливів, який погіршує ККД сонячної панелі є температура поверхні фотоелементів сонячної батареї [1].

**Мета статті.** Аналіз матеріалу і структури фотоперетворювача, обґрунтування типу і конструкції ФЕП.

Сонце грає виняткову роль в житті Землі. Весь органічний світ нашої планети зобов'язаний Сонцю своїм існуванням. Сонце – це не лише джерело світла і тепла, але і первинне джерело багатьох інших видів енергії (енергії нафти, вугілля, води, вітру). Сонячна радіація може бути перетворена в корисну енергію, використовуючи так звані активні і пасивні сонячні системи. Пасивні системи виходять за допомогою проектування будівель і підбору будівельних матеріалів так, щоб максимально використовувати енергію Сонця. До активних сонячних систем відносяться сонячні колектори. Також в даний час ведуться розробки фотоелектричних систем - це системи, які перетворюють сонячну радіацію безпосередньо в електричну енергію.

Якщо розглядати фотоелектричні перетворювачі зі сторони внутрішнього складу, то у наш час промисловістю випускаються ФЕП на двох елементах та їх сполуках: кремнієві та галієві.

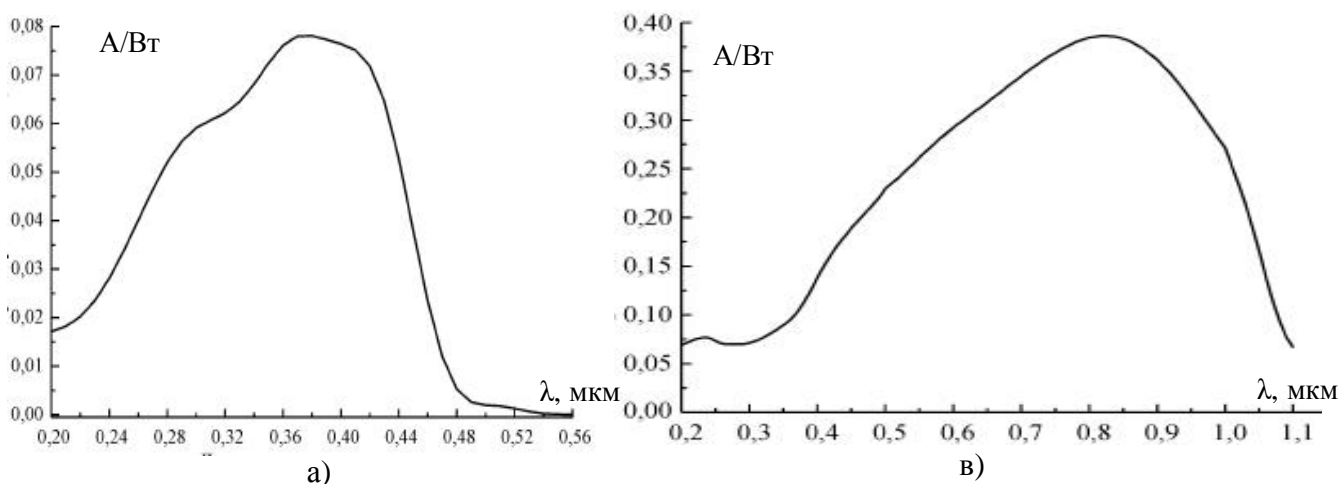


Рисунок 1 - Спектр чутливості ФЕП на основі GaP (а) та на основі кремнієвого ФЕП з р-п-переходом (в).

ФЕП на основі арсеніду галію (GaAs), як відомо, мають більш високий, ніж кремнієві ФЕП, теоретичний ККД, оскільки ширина забороненої зони у них практично співпадає з оптимальною шириною забороненої зони для напівпровідникових перетворювачів сонячної енергії (1,4 еВ). У кремнієвих ФЕП цей показник становить 1,1 еВ. Але ціна на (GaAs) СБ є досить високою, що не дає можливості їх використовувати в побутових умовах навіть при їх значному ККД та термостійкості.

ФЕП на основі кремнію (Si) розділяються на групи :

- а) монокристалічні;
- б) полікристалічні;
- в) мультикристалічні;
- г) полімерні (тонко плівкові).

Монокристалічні ФЕП вважаються найефективнішими перетворювачами такого типу, їх ККД досягає 25% при температурі 25°C. Характерними ознаками є багатогранність ФЕП, та темний (чорний) колір.

Полікристалічний ФЕП має ККД 17-20% при сталій температурі 25°C. Характерні ознаки: квадратний ФЕП, блакитного чи синього кольору.

Мультикристалічний ФЕП - один із найпоширеніших типів цього виду, який використовується, починаючи від портативних зарядних пристроїв до сонячних електростанцій. Такий тип ФЕП заснований на трафаретному друку, їх ККД становить 14-18% при сталій температурі 25°C. Характерною ознакою таких ФЕП є нерівномірність кристалічного зерна – ефект цинкового листа, квадратна форма, та невисока ціна.

Полімерні (тонкоплівкові) ФЕП досить поширені. Їхній ККД становить від 5% до 10%, але вони володіють властивістю гнучкості, що не притаманні іншим типам. Це дає можливість надійного транспортування та зменшення маси конструкції. Ціна таких ФЕП найнижча.

В лабораторії ТДАТУ проведено дослідження ФЕП на спектральну чутливість та зняття вольт-люксової характеристики сонячної батареї полікристалічного та мультикристалічного типу при сталій температурі, для оптимального їх вибору та установки в побутових умовах [1].

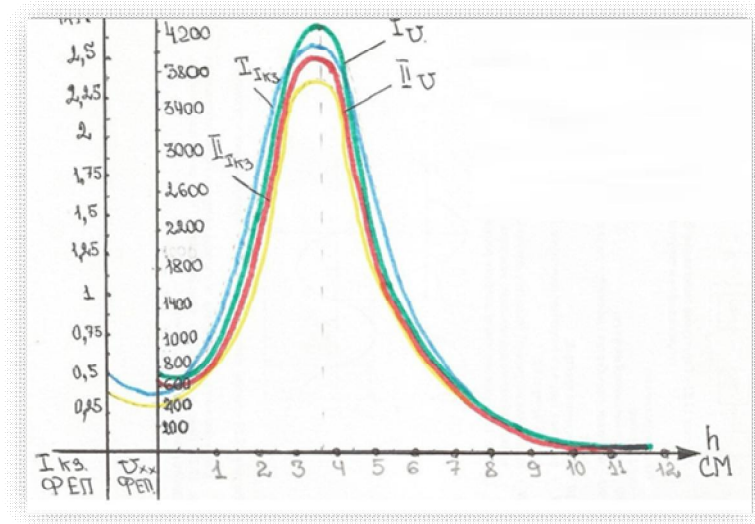


Рисунок 3 - Залежність струму КЗ та напруги мультикристалічних (крива 2), та полікристалічних (крива 1) ФЕП в залежності від відстані до джерела світла

Дуже важлива для сонячних енергетичних систем здатність ФЕП не втрачати ККД при нагріванні концентрованим сонячним випромінюванням. Для тих, що існують в даний час кремнієвих ФЕП підвищення температури вище 60 – 70 °C є майже критичним – ККД падає удвічі. Таким чином, в даний час важко віддати явну перевагу одному з двох розглянутих напівпровідникових матеріалів – арсеніду галію або кремнію, і лише подальший розвиток технології їх виробництва і вдосконалення структури ФЕП покаже, який варіант виявиться

раціональніший для сонячної енергетики. В даний час основним матеріалом для виготовлення сонячних батарей залишається кремній [2].

Вимірювання струму короткого замикання  $I_{КЗ}$  і напруги холостого ходу  $U_{ХХ}$  випробуваного ФЕП проводилося в сталому тепловому режимі при температурі, близькій до мінімальної заданого температурного діапазону ( $25^{\circ}\text{C}$ ). В процесі дослідження температура випробуваного ФЕП підвищувалася на  $5^{\circ}\text{C}$  і повторювалися вимірювання  $I_{КЗ}$  і  $U_{ХХ}$  в діапазоні від  $25$  до  $80^{\circ}\text{C}$ .

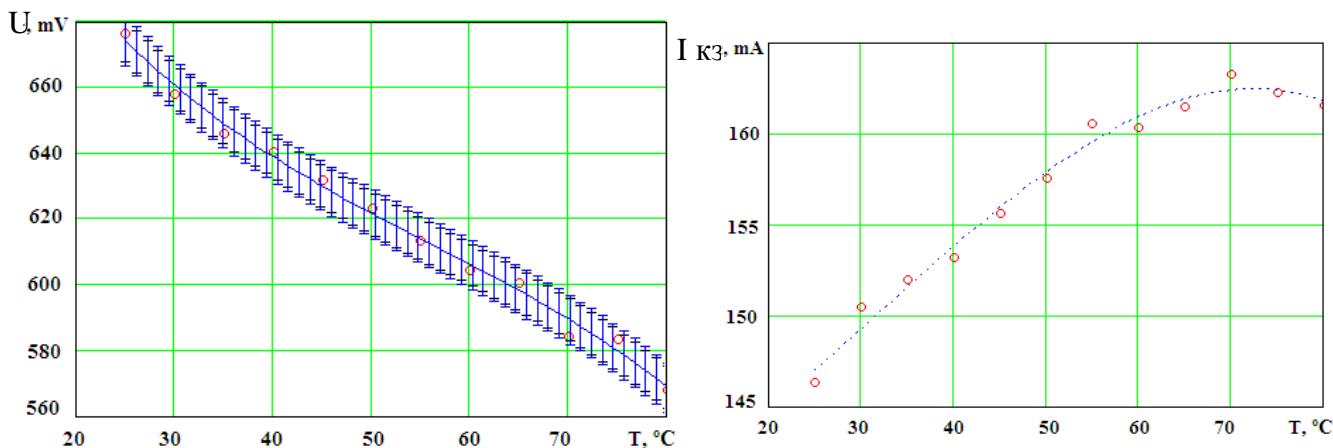


Рисунок 4 - Температурні залежності напруги холостого ходу та струму короткого замикання

Саме для підвищення ККД ФЕП було розроблено корисну модель [3] на основі сонячного фотоелектричного модуля циліндричної форми Solyndra.

Заповнення простору внутрішньої скляної трубки охолоджуючою рідиною забезпечує охолодження ФЕП, а отже і збільшення його ККД. Установка фотоелектричного модуля на даху будівлі під кутом до горизонту, рівним географічній широті місцевості, забезпечує максимальне освітлення фотоелектричного модуля прямими сонячними променями протягом року [3].

### Висновок.

Проаналізувавши всі види фотоелектричних перетворювачів, можемо сказати, що кремнієві рп-фотоприймачі - досі найпоширеніший тип УФ-фотоелектричних перетворювачів. Це пов'язано, перш за все, з тим, що кремній дешевий, добре освоєний промисловістю, та приймачі на основі Si добре зарекомендували себе в якості сонячних елементів. Хоча є недолік фотоелектроперетворювачів на основі GaAs в порівнянні з Si рп-структурами: істотно менша чутливість до інфрачервоного світла, високий диференціальний опір на нулі напруг. З огляду на типи ФЕП, можемо сказати, що кращими будуть полікристалічні перетворювачі, враховуючи їх ціну, ККД та фоточутливість.

### Список використаних джерел

1. Пешков М.О. Обґрунтування типу фотоелектроперетворювачів для побутової фотоелектростанції / М.О. Пешков, В.Я. Жарков// Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів. – Донецьк: «ДВНЗ» ДонНТУ, 2013 – С. 151-152.
2. Ефимов В.П. Фотопреобразователи энергии солнечного излучения нового поколения/ В.П. Ефимов// Физика и техника полупроводников.- 2010.- т. 8.- № 2. – с. 100-115.
3. Пат. України по заявці u201411026, МПК (2013) H01L31/00, H02N6/00, F24J3/02, Сонячний фотоелектричний модуль//В.Я. Жарков, В.Т. Діордієв, О.С. Саніна, О.В. Піхтарь.- Заявл. 10.11.2014.

УДК 620.97

## АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ СУПЕРМАХОВИКА

Дудіна М. П., 2 курс

Науковий керівник

Вовк О. Ю., к.т.н., доцент

e-mail: aleksvovk020405@yandex.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Робота присвячена аналізу механічних накопичувачів енергії на основі супермаховика з метою виявлення найбільш раціонального для подальшого широкого використання накопичувача енергії.*

**Постановка проблеми.** Проблема накопичування енергії – одна з найважливіших науково-технологічних проблем сучасності. Накопичування та ефективне використання енергії на сьогодні є одним із найбільш важливих питань у енергетичній сфері. В усіх промислово розвинутих країнах ведеться науковий пошук у цьому напрямку, тому що енергетика завжди була і залишається пріоритетним напрямком науки та техніки, а накопичувачі енергії – важливим та перспективним її напрямком. Ефективне накопичування енергії повинно забезпечити революційний стрибок у енергетиці зцілому, так як із кожним роком палива стає все менше, енергія зростає у ціні, а накопичувачі енергії були б спроможні вирішити ці проблеми та допомогти у економії та раціональному використанні енергії [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Накопичувачі енергії – це не просто акумулятори, але й комплексні, інтегровані рішення з накопичування й зберігання енергії, її перетворення та подальшого використання. Основними параметрами накопичувачів енергії є швидкість накопичування і віддачі, щільність, можливі терміни зберігання та екологічність, що значно підвищує їх пріоритет на ринку альтернативної енергетики. Накопичувачі будуються, зазвичай, на літєвих акумуляторах, і включають у себе контролер заряду (зарядний пристрій), інвертор (перетворювач напруги) та систему управління.

Якщо розглядати увесь спектр накопичувачів енергії, то основними видами накопичувачів енергії є: 1) механічні накопичувачі енергії, які є найдавнішим класом таких пристроїв, конструкції яких відрізняються граничною простотою і практично необмеженим терміном служби і зберігання запасеної енергії; 2) гравітаційні накопичувачі енергії, суть яких полягає у піднятті деякого вантажу наверх, і подальшого його падіння та віддачі при цьому накопиченої потенціальної енергії, тому термін їх дії та час використання майже не обмежені;

3) кінетичні накопичувачі енергії, що працюють за рахунок зворотно поступального руху вантажу, енергія в ньому повинна подаватися і витратитися порціями; 4) пружинні накопичувачі енергії, що мають велику потужність і довгий термін зберігання; 5) електричні накопичувачі енергії, які розвиваються найбільш швидко, але, на жаль, в більшості випадків питома ємність недорогих пристроїв невелика, а пристрої з високою питомою ємністю поки занадто дорогі для зберігання великих запасів енергії при масовому застосуванні і є досить недовговічними; 6) теплові накопичувачі енергії використовуються всюди і постійно, хоча зазвичай на це не звертають уваги, та в більшості випадків щільність запасеної енергії дуже мала, а терміни її збереження досить обмежені.

Ідея механічного накопичувача енергії, призначеного для заміни електричного акумулятора і теплових двигунів, досліджується вченими вже більше 50 років. Механічний накопичувач енергії зазвичай працює в макроскопічних масштабах, наприклад, в резервуарах водосховищ або в маховиках, і щільність енергії в них не дуже висока. З швидким розвитком нано- та мікроелектромеханічних систем наномеханічне накопичення енергії стало одним з бурхливо прогресуючих напрямків нанотехнологій в енергетиці [1 – 6].



**Мета статті.** Метою статті є аналіз механічних накопичувачів енергії на основі супермаховика з тим, щоб виявити найбільш раціональний і перспективний у розвитку накопичувач енергії для подальшого широкого використання. При аналізі будемо використовувати дані, які наведені у [1 – 7].

**Основні матеріали досліджень.** Супермаховик – один з типів маховика, призначений для накопичення механічної енергії. На відміну від звичайних маховиків, він здатний зберігати більше кінетичної енергії (приблизно, в 50 разів більше звичайного маховика), завдяки конструктивним особливостям. З використанням цього приладу, значну частину накопиченої енергії можна отримати як за короткий, так і за тривалий час залежно від потреб. Теоретичні розрахунки маховика і досліди показують, що за кількістю накопиченої енергії на кожен кілограм ваги, за тривалістю зберігання енергії, терміну служби, маховики можуть випереджати акумулятори, конденсатори та інші накопичувачі.

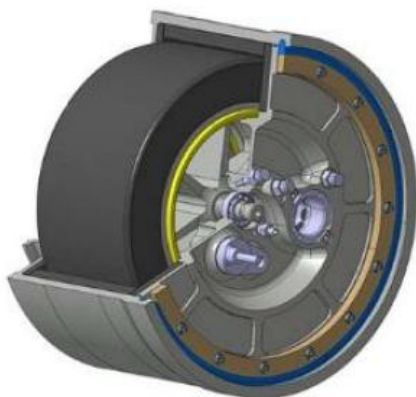


Рис. 1. 3D-модель супермаховика.

Дослідженнями накопичувачів енергії, у тому числі і маховиків, серйозно займався професор Нурбій Володимирович Гуліа, який запатентував маховичний накопичувач енергії у 1964 році. Створений ним тоді маховик, навитий з надміцних волокон і стрічок, мав питому енергоємність 0,5 (кВт·год) / кг, яка на той час була недосяжна для інших накопичувачів енергії, отримав назву супермаховик. За рахунок конструктивних особливостей, він здатний зберігати до 130 ват-годин на кілограм ваги, а при використанні в конструкції суперкарбонного волокна – до 500 кіловат-годин (рис.1).

Практичною реалізацією його ідей займалася американська компанія WeasonPower. На практиці,

супермаховик дозволяє накопичувати великі запаси енергії при порівняно малих енергетичних витратах. У порівнянні з електроакумуляторами супермаховики виграють за всіма показниками. Вони довговічніші, простіше і дешевше у виготовленні, запасують набагато більшу енергію в рази за менший час, так само і віддають її, що найголовніше – екологічно чистіше.

Все це призводить до того, що накопичувачі енергії на основі супермаховика – реальна перспектива на ринку альтернативної енергетики, яка не тільки зробить величезний прорив у науково-технічній революції, але й значно спростить умови людського існування.

Сучасний супермаховик являє собою барабан, виготовлений з композитних матеріалів, наприклад, намотаний з тонких витків сталевий, пластичної стрічки, скловолокна або вуглецевих композитів. За рахунок цього забезпечується висока міцність на розрив і безпека експлуатації. При фізичному руйнуванні супермаховик не розлітається на великі частини, як звичайний маховик, а руйнується частково; при цьому відокремлені частини гальмують барабан і запобігають подальшому руйнуванню. Для зменшення втрат на тертя супермаховик поміщається в вакуумний кожух.

Найчастіше використовується магнітний підвіс. Закінчений вигляд супермаховик приймає тоді, коли він здатний запасати і віддавати енергію. Для цього створюється мотор-генератор, де статором є барабан, а ротором – вісь, навколо якої він обертається (рис. 2). Таким чином, при підключенні в мережу він буде запасати енергію, а при підключенні навантаження – віддавати. ККД цього перетворення досягає 98%.

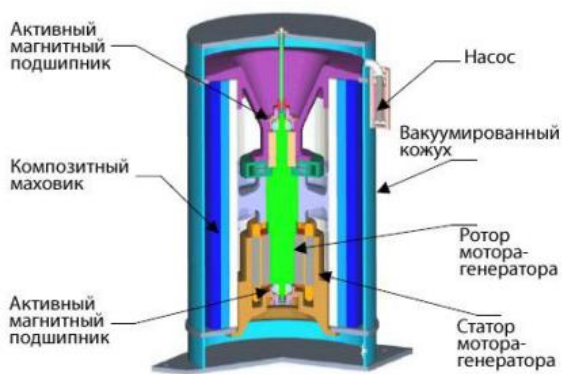


Рис. 2. Будова супермаховика.

Принцип роботи накопичувачів енергії на основі маховиків заснований на поступовому розкручуванні обертового тіла за рахунок зов-

нішньої енергії. Використання маховиків дозволяє поступово накопичувати енергію при розгоні маховика, а потім віддавати її у вигляді електричної або механічної енергії за короткий або тривалий час. Кількість запасеної енергії в маховику залежить від маси, геометричних розмірів і швидкості обертання. При однаковій масі більше енергії можна накопичити при більшій швидкості, але швидкість обертання обмежується механічною міцністю матеріалу.

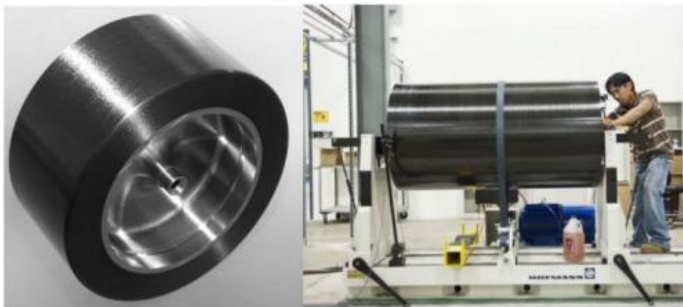


Рис. 3. Углеволоконий супермаховик

дійну і тривалу роботу. Для зменшення втрат при великих обертах від тертя маховика о повітря, маховик розміщується у вакуумній камері, достатньо міцній, щоб витримувати атмосферний тиск близько 10 кг на квадратний сантиметр, а також забезпечити надійну фіксацію підшипників і валу маховика. З деякими додатковими втратами можна передавати енергію і за допомогою обертового магнітного поля.

Супермаховик поєднує в собі довговічність і помірну ціну, безпечний при руйнуванні. Як вже було сказано, його ККД дуже великий. Недоліком супермаховиків є гіроскопічний ефект, обумовлений великим моментом імпульсу обертового маховика, і перешкоджаючим зміні напрямку обертання його осі. Для виключення цього небажаного ефекту при застосуванні маховиків в якості накопичувачів енергії на транспортних засобах можна застосувати підвіску маховика в кардановому підвісі, але це суттєво ускладнює конструкцію. Додатковим недоліком супермаховика є відсутність відпрацьованої простої трансмісії, що дозволяла б використовувати його на транспорті. На даний момент проводяться експерименти по передачі енергії обертання супермаховика на колеса транспортного засобу за допомогою суперваріатора. Перспективним також є використання вакуумного супермаховика на магнітній підвісці в якості джерела електроенергії для маршових електродвигунів.

**Висновок.** Таким чином, використання супермаховиків розкривають величезні перспективи в сфері енергозбереження та в енергетиці загалом. Доведення до подібних параметрів щільності енергії зробить переворот в енергетиці та транспорті. Можна сказати, що на сьогоднішній день є всі передумови для переходу енергетики на використання супермаховиків як акумуляторів енергії, які сприяють стабілізації подачі електроенергії і регулювання частоти мережі. Дуже перспективним виглядає використання супермаховиків і в інших напрямках сучасної енергетики.

#### Список використаних джерел.

1. Гулиа Н.В. В поисках «энергетической капсулы» / Н.В. Гулиа. – М.: Детская литература, 1984. – 143 с.
2. Гулиа Н.В. Удивительная механика / Н.В. Гулиа. – М. НЦ ЭНАС. 2006. – 217 с.
3. Гулиа Н. В. Супермаховики – из суперкарбона / Н.В. Гулиа /// Изобретатель – рационализатор. – 2005. – № 12 (672). – С.10-15.
4. Кацай А.В. Динамические источники бесперебойного питания / А.В.Кацай // ЦОДы РФ – Вип.2. – 2013. – С.15-21.
5. Джента Д. Накопление кинетической энергии / Д. Джента. – М.: Мир, 1988. – 430 с.
6. Гулиа Н.В. Инерционные накопители энергии / Н.В.Гулиа. – М.: Наука, 1982. – 152 с.
7. Супермаховик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wikipedia.org/wiki> – Название с экрана.



УДК 681.518.2

## ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

Мешкова М.О., 5 курс

Науковий керівник

Голик О.П., к.т.н., доцент

Кіровоградський національний технічний університет

chupsa@rambler.ru

dego@ukr.net

*Ключовим компонентом будь-якої фотоелектричної системи є сонячна батарея. Вибір конкретного типу сонячних батарей залежить від їх технічних характеристик. В статті наведено алгоритм визначення потужності сонячних батарей в залежності від того, яку їх кількість можна використати*

**Постановка проблеми.** Для перетворення сонячної енергії в електричну використовують фототермічний спосіб. При фототермічному способі пряме перетворення сонячного випромінювання в електричний струм відбувається за допомогою напівпровідникових фотоелементів – сонячних батарей [1-3].

На сучасному ринку представлено такі основні типи сонячних батарей (СБ): кристалічні, монокристалічні, тонкоплівкові та двохсторонні.

Більша частина СБ, що представлені на сучасному ринку, виготовлена за кристалічною технологією на основі кремнієвих пластин. Такі СБ мають термін служби не менше 25 років, протягом яких їх потужність знижується на 10-20 % від початкового рівня [4].

Світовими виробниками на сьогоднішній час є виробники: Sharp – 400 МВт/рік, Kyocera – 240 МВт/рік, Sango – 153 МВт/рік, Mitsubishi – 135 МВт/рік (Японія); Q-Sells – 350 МВт/рік, RWEScott – 124 МВт/рік, Deutsche Cell – 60 МВт/рік (Німеччина); BP Solar – 155 МВт/рік (США) [4].

Основними українськими виробниками СБ та сировини для їх виготовлення є [4]: «Квзар», м. Київ (виготовляють СБ типу KV, з максимальною потужністю до 250 Вт / м<sup>2</sup>); ООО ТПК «Афрос», м. Севастополь (типи СБ AP-2, з максимальною потужністю до 250 Вт / м<sup>2</sup>); «Гравітон», м. Чернівці, «Знамя», м. Полтава та ін.

Вибір конкретного типу СБ залежить від їх технічних характеристик, енергетичного навантаження фермерського господарства, енергетичного потенціалу сонячної енергії, питомої вартості СБ та площі території, на якій планується їх розташовувати.

**Аналіз останніх досліджень.** В [5, 6] наведено методику розрахунку основних параметрів СБ.

Алгоритм розрахунку наступний.

1. Необхідно обрати тип СБ.

2. Визначення струму електричного навантаження з урахуванням втрат при розряді-заряді АКБ.

Визначають за допомогою виразу [6]:

$$I'_c = \frac{P_c \cdot 1,2}{V_c}, \quad (1)$$

де  $P_c$  – максимальне енергетичне навантаження фермерського господарства;

$V_c$  – номінальна напруга системи;

1,2 – коефіцієнт, який враховує втрати в АКБ [6].

3. Визначення кількості СБ, з'єднаних послідовно.

Визначають із наступного співвідношення [2]:

$$V_c = N_{ПС} \cdot V_M,$$

звідки

$$N_{ПС} = \frac{V_c}{V_M}, \quad (2)$$

де  $V_M$  – номінальна напруга СБ.

4. *Визначення кількості СБ, з'єднаних паралельно.*

Визначають за допомогою наступного співвідношення [2]:

$$I'_c = N_{ПР} \cdot I_M$$

звідки

$$N_{ПР} = \frac{I'_c}{I_M}, \quad (3)$$

де  $I_M$  – номінальний струм СБ.

5. *Визначення загальної кількості модулів.*

Згідно [2, 5, 6] загальна кількість модулів визначається за допомогою наступного виразу:

$$N_{Мод} = N_{ПР} + N_{ПС}, \quad (4)$$

Однак, даний розрахунок не враховує енергетичний потенціал сонячної енергії та площу території, на якій повинні розташовуватись СБ.

**Мета статті.** Визначення потужності СБ з урахуванням енергетичного потенціалу місцевості та габаритними розмірами території на якій їх можна розташувати.

**Основні матеріал дослідження.** В якості прикладу було взято фермерське господарство, яке розташовано у кіровоградському регіоні. Якщо припустити, що земельна площа фермерського господарства використовується для отримання с/г продукції, то на даній площі розташовувати СБ неможливо. Тоді СБ можна розташувати на даху будівлі, і таким чином площа території, на якій повинні розташовуватись СБ, обмежена площею даху будівлі. В такому випадку загальна кількість СБ буде залежати від габаритних розмірів окремої СБ. Тоді загальну кількість СБ можна визначити за допомогою виразу:

$$N_{СБ} = \frac{S_\delta}{S_{СБ}}, \quad (5)$$

де  $S_\delta$  – площа даху будівлі, на якій планується розташовувати СБ, м<sup>2</sup>;

$S_{СБ}$  – площа однієї СБ, м<sup>2</sup>.

Загальна потужність СБ визначається за допомогою виразу:

$$P_{сб\max} = N_{сб} \cdot P'_{сб}, \quad (6)$$

де  $N_{сб}$  – кількість СБ;

$P'_{сб}$  – потужність СБ з урахуванням енергетичного потенціалу сонячної енергії в даній місцевості.

Як правило, номінальна потужність СБ, яка надається виробниками, розрахована за таких умов: інтенсивність сонячного випромінювання становить 1000 Вт / м<sup>2</sup>; температура навколишнього середовища 25 °С [4].

Для визначення потужності, яку буде мати СБ, в певні сезони року, використовують коефіцієнт втрат в СБ. В [2, 3] наведено цей коефіцієнт для різних сезонів року: зима – 30 %, весна – 20 %, літо – 10 %, осінь – 25 % від потужності СБ.

Потужність СБ з урахуванням енергопотенціалу сонячної енергії певної місцевості, визначають за допомогою виразу:

$$P'_{сб} = \frac{I \cdot P_M}{I_M} \cdot \mu, \quad (7)$$

де  $I$  – інтенсивність сонячного випромінювання в певній місцевості;

$P_M$  – номінальна потужність СБ;

$I_M$  – інтенсивність сонячного випромінювання, яка відповідає номінальній потужності (згідно паспортних даних виробника);

$\mu$  – коефіцієнт втрат в СБ.

Припустивши, що СБ будуть розташовуватись на даху будівлі, площа якої становить  $100 \text{ м}^2$ , було проведено розрахунок  $P'_{\text{сб}}$  СБ різних типів та потужностей, в результаті чого було обрано СБ KV – 180 W / 24 V у кількості 22 шт. (виробник KVAZAR, Україна). Залежність середньодобової потужності СБ KV – 180 W / 24 V за сезонами року наведена на рис. 1.

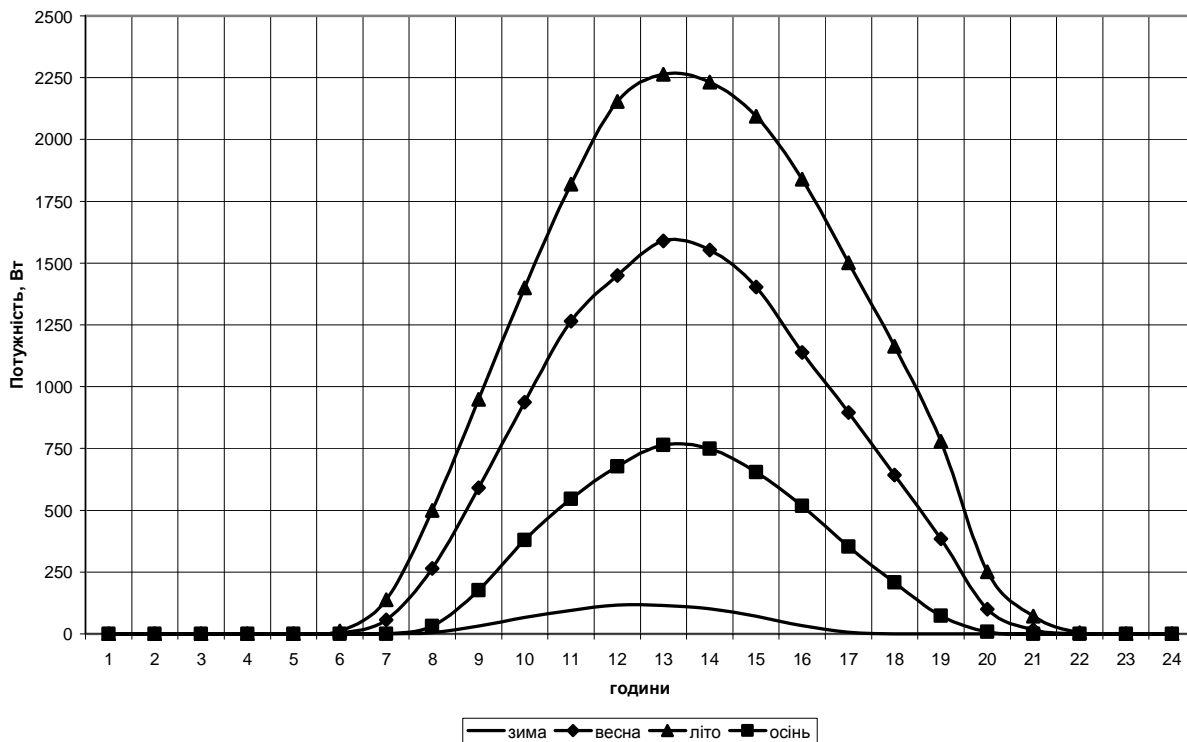


Рис. 1. Середньодобова потужність СБ KV – 180 W / 24 V за сезонами року, в умовах Кіровоградського регіону.

**Висновок.** Найбільшу середньодобову потужність СБ має літню і становить близько 2250 Вт (в умовах Кіровоградського регіону).

#### Список використаних джерел.

1. Волеваха Н. М. Нетрадиционные источники энергии / Волеваха Н. М., Волеваха В. А. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988. – 62 с.
2. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей / Раушенбах Г. [пер. с англ.]. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 360 с.
3. Твайдейл Дж. Возобновляемые источники энергии / Твайдейл Дж., Уэйр А. : [пер. с англ.] – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
4. Щербина О. М. Енергія для всіх: [технічний довідник з енергоощадності та відновлюваних джерел енергії / Вид. 4-е, допов. і перероб.] / Щербина О. М. – Ужгород: Вид-во В. Падяка, 2007. – 340 с.
5. Голик О. П. Розрахунок основних параметрів фотоелектричної системи для автоматизації енергопостачання автономного споживача в умовах Кіровоградського регіону / О. П. Голик, Р. В. Жесан // Відновлювана енергетика XXI століття: матеріали ІХ міжнародної конф., 15-19 вересня 2008 р., АР Крим, с.м.т. Миколаївка. – Київ: ТОВ «БІОЛ ПРИНТ», 2008. – С. 111-113.
6. Бекиров Э.А. Об эффективности использования фотоэлектрических преобразователей для автономного электроснабжения зданий / Э. А. Бекиров, И. В. Сопов, Р. Э. Межитов // Відновлювальна енергетика. – 2006. – № 2. – С. 33-36.

УДК:621.311.245 (477)

## РОЗРОБКА ПРОЕКТІВ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНИ

Сафонов О.В., магістрант  
Сафонова Ю.В., магістрант

Науковий керівник

Лисенко О.В., к.н.т., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: safonov4dive@mail.com

e-mail: yulias\_4@mail.ru

e-mail: helga\_vl@ukr.net

*В статті висвітленні технічні, економічні та організаційні  
аспекти розробки проекту вітроенергетики в Україні*

**Постановка проблеми.** Вітроенергетика в Україні є характерною прикметою сучасної енергетики України, що рухається в напрямку розвитку екологічно чистої енергетики на основі нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. Досить швидким темпам її розвитку сприяє науковий та практичний доробок в цій галузі, набутий протягом останніх 20 років. Останнім часом нетрадиційна енергетика отримала визнання з боку державних органів влади, в результаті чого підготовлено та прийнято ряд державних програм і поправок до законів про енергетику, що створює сприятливі умови як для впровадження і експлуатації вже розробленого обладнання нетрадиційної енергетики, так і розвитку нових енерготехнологій та обладнання [1].

Вітропотенціал України, отриманий на підставі наукових досліджень, проведених фахівцями Державного науково-дослідного і проектно-конструкторського Інституту нетрадиційної енергетики та електротехніки (ДержНДІ НЕЕ) Міненерго України, Інституту електродинаміки Національної академії наук України, "Уінденерго" (українсько-американське СП). Енергія вітру розподілена по Україні нерівномірно. На півдні країни вітропотенціал значно вище, ніж на півночі. На суші найбільш сприятливі з точки зору використання енергії вітру Крим, Карпати (Львівська, Івано-Франківська, Закарпатська, західна частина Чернівецької області), узбережжя Чорного та Азовського морів, (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька та Донецька області), а також Луганська область.

**Формулювання цілей.** Обґрунтування доцільності розвитку та потенціал нетрадиційних джерел електроенергії в Україні, а саме – вітроенергетичних установок.

**Основні матеріали досліджень.** В Україні є значні ресурси більшості відомих на сьогодні видів ВНДЕ (поновлюваних нетрадиційних джерел енергії). Але реальні передумови: технічна спроможність і необхідний науковий потенціал існують у двох напрямках - це використання енергії вітру та енергії малих річок. За даними НАН України, розвиток малої гідроенергетики може дати країні до 4 млрд. кВт • год, а вітроенергетики - 30-45 млрд. кВт • год електроенергії на рік. Освоєння цього значного потенціалу в Україні, можна сказати, ще не почалося. До речі, саме вітроенергетика в останні 10-15 років інтенсивно розвивається в Європі, США та багатьох країнах Азії і, по суті, є основним напрямом освоєння ВНДЕ у світі. Західноєвропейські країни, зокрема Данія і Німеччина, мали солідні результати в розвитку вітроенергетики. Їх досвід показував, що успіх багато в чому залежить від державної підтримки. По-перше, ВЕУ (вітроелектричні установки) - це досить складні у технічному відношенні агрегати, більшість вузлів яких потребує створення спеціалізованих виробництв та значних інвестицій. По-друге, незважаючи на очевидні переваги ВЕУ як генераторів, що працюють без палива, навіть у Європі вони не витримували конкуренції з тепловими, атомними і тим більше гідроелектростанціями через високу ціну виробленої ними електроенергії. Вони не вироблялися серійно, а одинична потужність навіть промислових ВЕУ була дуже низькою. Не на користь вітроенергетики були і відносно невисокі на той час ціни на органічне та ядерне паливо. В Україні потенційна конкурентоспроможність вітроенергетики тоді була ще менше. [2]

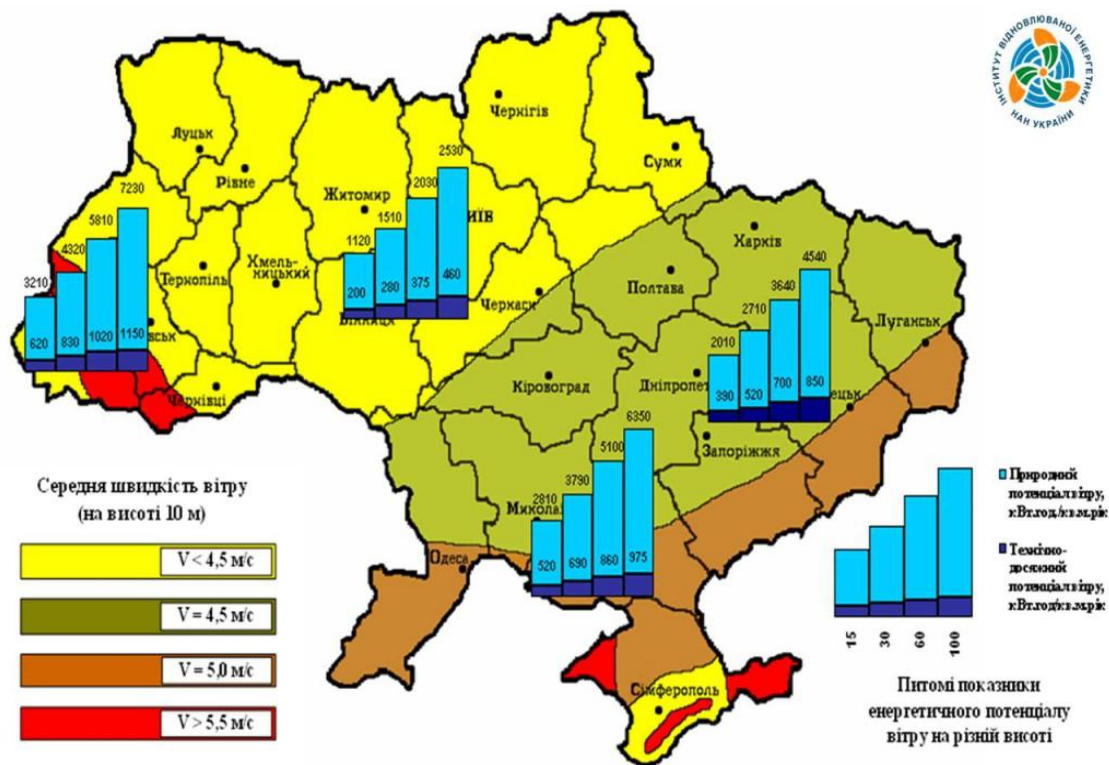


Рис.1. Питомі показники енергетичного потенціалу вітру на різній висоті

Наведені дані є базовими при впровадженні вітроенергетичного обладнання і призначені для використання проектувальниками об'єктів вітроенергетики для встановлення оптимальної потужності вітроагрегатів для ефективного її виробництва в конкретній місцевості. В умовах України за допомогою вітроустановок можливе використання 15-19% річного обсягу енергії вітру, що проходить через перетин поверхні вітроколеса. Очікувані обсяги виробництва електроенергії з 1 м<sup>2</sup> перерізу площі вітроколеса в перспективних регіонах складають 800-1000 кВт/год/м<sup>2</sup> на рік. Використання вітроустановок для виробництва електроенергії в промислових масштабах найбільш ефективно в регіонах України, де середньорічна швидкість вітру > 5 м/с: на Азово-Чорноморському узбережжі, в Одеській, Херсонській, Запорізькій, Донецькій, Луганській, Миколаївській областях, АР Крим та в районі Карпат. [3]

Великі площі для будівництва ВЕС є на прибережних і внутрішніх акваторіях України. Так, тільки площі незамерзаючої взимку мілководного (переважні глибини 0,5 м, максимальна - 3,2 м) затоки Сиваш цілком не задіяні в господарському використанні складають 2700 км<sup>2</sup>, значна частина площ затоки тривалий період часу (по 2 - 3 міс.), особливо влітку, стоїть без води. Вітропотенціал Сиваша за даними вимірів ДержНДІ НEE з використанням сучасної вітровимірювальної апаратури типу Logger 9200 на висоті флюгера 10 м характеризується швидкістю 5,8 - 6,3 м/с, а на висоті 25 м - 7,2 - 7,6 м/с, що є досить хорошим показником для будівництва економічно ефективних ВЕС. При щільності будівництва ВЕС 8 - 14 МВт/км<sup>2</sup> тут можна спорудити 21600 - 37800 МВт і забезпечити генерування електроенергії в обсягах від 43,2 - 75600000000. кВт. год електроенергії на рік. Крім Сиваша, ще більші території акваторій оффшорная ВЕС з хорошим вітропотенціалом є на Азовському морі (площа - 60 тис. км<sup>2</sup>), на Чорному морі (Одеська банку, площа 10 тис. км<sup>2</sup>; Каркинитський затоку, площа 25 тис. км<sup>2</sup>), на приморських лиманах і водосховищах Дніпровського каскаду ГЕС (площа сумарна близько 8 тис. км<sup>2</sup>). В цілому по площах мілководних акваторій, придатних для будівництва ВЕС водного базування Україна знаходиться на другому місці в світі (після Норвегії). Для будівництва ВЕС водного базування в Україні є ряд інших благоприємствуючих момен-

тів, зокрема в Україні освоєна технологія наплавного гідробудівництва об'єктів у відкритому морі, яка може бути легко трансформована для потреб вітроенергетики. [4]

Зараз в Україні спостерігається бурхливий розвиток вітроенергетичної галузі, обумовлене, перш за все, введенням різних пільг, а також прийняттям т.зв. «Зеленого» тарифу на електроенергію, які є одними з найвищих в Європі. Зокрема, для вітроустановок потужністю понад 2 МВт величина «зеленого» тарифу становить близько 11,3 євроцента за 1 кВт. ч. Встановлені «зеленню» тарифи діятимуть аж до 2030 року.

Компанія «Вінд Пауер» у складі корпорації Донецька паливно-енергетична компанія (ДПЕК) розвиває вітроенергетику в Запорізькій і Донецькій областях. В її плани, зокрема, входить будівництво двох вітропарків, сумарною потужністю 1200 МВт і вартістю близько 1,85 млрд. Євро. У 2012 році будли встановлені 30 генераторів на Ботієвській майданчику парку «ДТЕК Приазовський». Загальна потужність цього проекту, що складається з 3-х площадок («Ботієвської», «Приморської» і «Бердянської»), складає приблизно 500 МВт.

Узагальнюючі чинники при будівництві ВЕС.

Позитивні:

- Електроенергію, отриману від ВЕС держава купує по «зеленому тарифу». На червень 2012 г за 1 кВт.год. 0,127 - 0,176 євро, без ПДВ;
- Продаж квот з викидів CO<sub>2</sub>, участь в проектах спільного впровадження.

Негативні:

- Мінливість вітру (швидкості, напрямку);
- Великі капітальні витрати (на 1 МВт - 1,0 - 1,5 млн. Євро);
- Електростанція займає велику площу, на 1 км<sup>2</sup> землі 8-10 МВт встановленої потужності (покупка або оренда землі);
- Будівництво вітропарку повинно бути в межах економічної доцільності підключення до електромереж.

**Висновок.** Для інвестицій в спеціальні станції є всі підстави. При прийнятті рішення щодо інвестицій слід дотримуватися наступних порад:

- Розташування ВЕС повинно бути вибрано на прибережних і внутрішніх акваторіях України, де при висоті флюгера турбіни 10 м характеризується швидкістю вітру 5,8 - 6,3 м/с, на висоті 25 м - 7,2 - 7,6 м/с .
- Економічно доцільно створювати ветропарки з турбінами одиначною потужністю 600 кВт і вище.
- Найкращий час будівництво ВЕС 2013-2015рр.
- При виборі вітроенергетичних установок орієнтуватися на незалежних виробників з багаторічним досвідом випуску даної продукції.

**Список використаних джерел.**

1. Энергоэффективность. Альтернативная энергетика.. Деньги от ветра, или как использовать бесплатную энергию ветра. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://6ya-svami7.ru/page/dengi-ot-vetra-ili-kak-ispolzovat-besplatnuyu-energiyu-vetra> Назва з екрану.

2. altenergy.in.ua, 2014. «Ветроэнергетика в Украине». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://altenergy.in.ua/vetryanaya-energiya/vetroenergetika-v-ukraine.html> Назва з екрану.

3. ДТЭК. Основные показатели. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dtek.com/ru/about-us/dtek-at-a-glance#.VFsUQ583k6w> Назва з екрану

4. Guardian News and Media Limited or its affiliated companies. All rights reserved. Wind power is cheapest energy, EU analysis finds.[Електронний ресурс].-Режим доступу: <http://www.theguardian.com/environment/2014/oct/13/wind-power-is-cheapest-energy-unpublished-eu-analysis-finds> - Назва з екрану.

УДК 621.548 : 001.57

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ

Іванова А.В., магістрант

e-mail: anastasia1602ivanova@gmail.com

Науковий керівник

Лисенко О.В., к.т.н., доцент

e-mail: helga\_vl@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Робота присвячена дослідженню екологічних аспектів вітроенергетики.*

*Розглянуто вплив вітряних енергетичних установок на викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище, рівень шуму, використання землі.*

**Постановка проблеми.** В екологічному плані розвиток вітроенергетики в Україні створює перспективи реального зменшення рівня застосування корисних копалин, за рахунок чого зменшуються рівні шкідливих викидів і забруднення навколишнього середовища, це буде сприяти ефективному виконанню ряду ратифікованих міжнародних договорів [1].

Вплив вітроенергетичних установок (ВЕУ) на навколишнє середовище і розробка природоохоронних і компенсаційних заходів вивчені в нашій країні в набагато меншому ступені, ніж наукові та технічні основи створення ВЕУ, їх будівництва та експлуатації [2].

**Основні матеріали дослідження.** Розглянути вплив вітряних енергетичних установок на викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище, рівень шуму, використання землі.

**Основні матеріали дослідження.** Сьогодні теплові електростанції на території України викидають в атмосферу 76% оксидів сірки, 53% оксидів азоту і 26% твердих частинок відносно до загальних викидах стаціонарних установок. Один мільйон кВт електричної потужності атомних електростанцій (АЕС) викидає в навколишнє середовище не менше 2 млн. квт неживаної теплової потужності. Безповоротні втрати води при експлуатації АЕС блоку становлять 30 млн. куб. м в рік. Тільки за рахунок виконання "Програми будівництва ВЕС в Україні до 2010 року" розміри заміщення викопного палива складуть: в 2000р-160,1 тис. т.у. п., в 2005р-872 тис.т.у.п., в 2010р-2306,0 тис. т. у. п. При повному виконанні Програми ці значення виростуть більш ніж в 2 рази.

Особливо важливий екологічний аспект для курортно-туристичних зон України, розташованих на півдні і в Карпатах, які є найбільш сприятливими для будівництва ВЕС. За даними експертів ТАСІС відповідно до результатів 2-сценаріїв розвитку енерговиробництва на ВЕС, економія палива може скласти 233 ТДж/рік і 480 ТДж/рік.

Вітряні енергетичні установки виробляють два різновиди шуму:

– механічний шум - шум від роботи механічних та електричних компонентів (для сучасних вітроустановок практично відсутній, але є значним в вітроустановках старших моделей)

– аеродинамічний шум - шум від взаємодії вітрового потоку з лопатями установки (поширюється при проходженні лопаті повз вежі вітроустановки)

В даний час при визначенні рівня шуму від вітроустановок користуються тільки розрахунковими методами.

У безпосередній близькості від вітрогенератора у осі вітроколеса рівень шуму досить великої вітроустановки може перевищувати 100 дБ. Закони, прийняті у Великобританії, Німеччині, Нідерландах і Данії, обмежують рівень шуму від працюючої вітряної енергетичної установки до 45 дБ у денний час і до 35 дБ вночі. Мінімальна відстань від установки до житлових будинків - 300 м.

Таблиця 1 - Обсяги скорочення викидів по різних типах палива

1	2	3	4
Середня потужність	Обсяги викидів в т/ТДж		
Речовина	Вуголь	Нафта	Природний газ
CO <sub>2</sub>	256763	201816	135974
SO <sub>2</sub>	4500	4263	-
NO <sub>2</sub>	474	842	158
Тверді частки	7718	270	8
Середня потужність	Обсяги викидів в т/рік		
CO <sub>2</sub>	59848	47040	31693
SO <sub>2</sub>	1049	994	-
NO <sub>2</sub>	110	196	37
1	2	3	4
Тверді частки	1799	63	2
Середня потужність	Обсяги викидів в т/рік		
CO <sub>2</sub>	123331	96938	65312
SO <sub>2</sub>	2161	2048	-
NO <sub>2</sub>	228	404	76
Тверді частки	3707	130	4

Таблиця 2 – Рівень шуму в дБ від різних джерел шуму

Джерело шуму	Рівень шуму, дБ
1	2
Больовий поріг людського слуху	120
Шум турбін реактивного двигуна на видаленні 250 м	105
Шум від відбійного молотка в 7 м	95
Шум від вантажівки при швидкості руху 48 км/год на видаленні в 100 м	65
Шумовий фон в офісі	60
Шум від легкової автомашини при швидкості 64 км/год	55
Шум від вітрогенератора в 350 м	35-45
Шумовий фон вночі в селі	20-40

Турбіни займають лише 1% від усієї території вітряної ферми. На 99% площі ферми можливо займатися сільським господарством або іншою діяльністю [2], що і відбувається в таких густонаселених країнах, як Данія, Нідерланди, Німеччина. Фундамент вітроустановки, що займає місце близько 10 м в діаметрі, зазвичай повністю знаходиться під землею, дозволяючи розширити сільськогосподарське використання землі практично до самої основи вежі. Земля здається в оренду, що дозволяє фермерам отримувати додатковий дохід.

**Висновок.** Таким чином, розвиток вітроенергетики дозволить значно зменшити рівень використання корисних копалин та займатися сільськогосподарським виробництвом на території вітряної ферми.

**Список використаних джерел.**

1. Экологический эффект использования ветроэнергетики - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://esco-ecosys.narod.ru/2002\\_10/art73.htm#2](http://esco-ecosys.narod.ru/2002_10/art73.htm#2)
2. Екологічні аспекти вітроенергетики - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://wes-south.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6&Itemid=6&8956121d52527974439b26c9bbad6527=2ec71b910e3fff7ca8d225d6f66de858](http://wes-south.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=6&8956121d52527974439b26c9bbad6527=2ec71b910e3fff7ca8d225d6f66de858)



УДК 620.92

## ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОДИЗЕЛЬНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

**Шебуняєв О.В., магістрант**

*Науковий керівник*

**Адамова С.В., асистент**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**e-mail: mazia4@rambler.ru**

**e-mail: adamova\_sv@ukr.net**

*Робота присвячена обґрунтуванню використання гібридних вітродизельних установок для електропостачання віддалених об'єктів.*

**Постановка проблеми.** Вітер є найбільш привабливим з поновлюваних джерел енергії: енергія вітру дешева, доступна, практично невичерпна і не веде до забруднення навколишнього середовища. Однак у використанні енергії вітру існує одна проблема - його мінливість [1]. За останні роки виробництво нетрадиційних джерел електроенергії досягло неабиякого рівня. Для покращення електропостачання вчені почали сполучати види нетрадиційних джерел електроенергії.

**Формулювання цілей.** Обґрунтувати доцільність використання вітрової та дизельної електростанцій, ввімкнених на паралельну роботу.

**Основні матеріали дослідження.** Є підстава припускати, що найбільш актуальне питання - розвиток вітродизельних систем. Справді, переважна більшість селищ, сіл, районних центрів та навіть міст, не підключених до енергосистем, отримують електричну енергію від дизельних електростанцій. А дизельне паливо все дорожчає, його доставка у віддалені райони коштує стільки ж, скільки витрати на його доставку. Так що скрізь, де є вітер, необхідно до існуючих дизельних станцій підключати вітрові установки. В залежності від середньорічної швидкості вітру і графіка навантаження паралельна робота вітрової установки і дизель-генераторів може заощадити від 15 до 40 % річного споживання палива. Для таких систем потрібні вітрові установки 10-20-30-50-100-150- 200 - 250 - 300 - 400 - 500 і 600 кВт. Цей ряд вітрових установок охоплює всі можливі варіанти електропостачання - від вмираючого села (два-три будинки) до енерговузла, що містить промислові підприємства з навантаженням в кілька десятків МВт [1].

Незалежно від сили вітру, ви завжди можете розраховувати на гібридну енергоустановку. Маючи у своєму складі вітрогенератор і високооборотний економічний газовий або дизельний двигун, такі установки забезпечують тривалу вихідну потужність, при цьому мінімізуючи витрати на паливо і скорочуючи викиди CO<sub>2</sub>. Це дозволяє більш раціонально використовувати енергетичну установку, а також отримувати субсидії або продавати квоти на викид вуглекислого газу.

Дана технологія використовує енергію вітру в якості основного джерела електроенергії, а дизельні двигуни - в якості підтримки в період безвітря, шторму або пікового навантаження. Двигуни мають дуже короткий час запуску - вони включаються в роботу практично одним натисненням кнопки. Це перевага швидкого запуску і набору обертів дає можливість миттєво включитися в процес, щоб забезпечити безперервне та надійне постачання електроенергії споживачам. Крім того, високий ККД дизельних двигунів забезпечує максимально ефективне використання палива. Більш того, якщо для запуску двигунів використовується біопаливо, то можна гарантувати повністю нейтральний рівень викидів CO<sub>2</sub> гібридними вітродизельними електростанціями [2].

Вітродизельна електростанція економічно ефективна при середньорічних швидкостях вітру від 5 м/с на висоті 15 метрів. До складу стандартної вітродизельної електростанції входить дизель-генеруюча складова і вітроенергетична складова.

Переваги комплексу: економія дизельного палива до 50%; відсутність необхідності погодження техумов та ін. з місцевим енергомонополістами; можливість впровадження вітро-

генератора до вже існуючих у замовника дизельгенераторів; можливість масштабування і збільшення навантаження; можливість продажу електроенергії стороннім споживачам [3].

Вітродизельний комплекс (рисунок 1) - установка, що має в складі вітрогенератор і дизель-генератор. Також у складі ВЛК можуть перебувати перетворювачі електроенергії, акумулятори та баластні навантаження. Ці установки розробляються для скорочення витрати палива на дизельних електростанціях віддалених районів, електромережі яких не підключені до енергосистеми. Це в свою чергу повинно зменшити витрати на придбання і доставку ПММ. До існуючих дизель-генераторів підключається від 30 до 50% проектних потужностей вітроустановок. При цьому, для збереження стабільності роботи системи, потужність вітроустановок не повинна бути більше 35% потужності дизель-генераторів. Вітрогенератори і дизель-генератори працюють паралельно. Це рішення теоретично може заощадити до 20 % палива, споживаного дизель-генераторами [3].

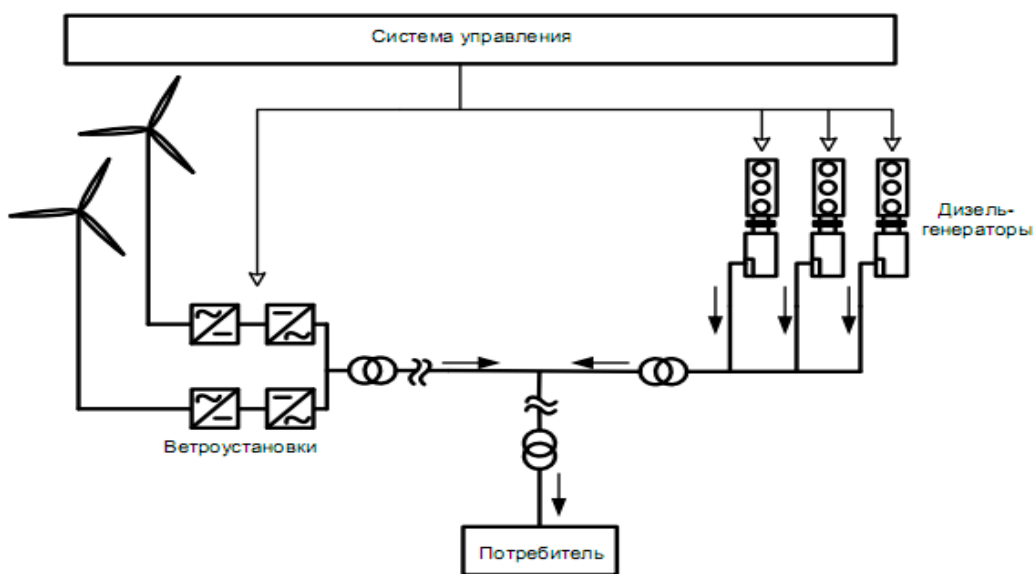


Рис. 1. Схема вітродизельного комплексу.

У разі недостатнього вироблення електроенергії вітроустановками, при розряді батарей і інерційних накопичувачів, дизель-генератори за допомогою пристроїв синхронізації автоматично вводяться в роботу. Надлишок електроенергії вітрогенераторів при недостатньому споживанні (наприклад, нічному) може скидатися у систему нагріву води або вуличного освітлення, що дозволить більш ефективно використовувати вітроресурси. Управління всіма функціями в системі здійснюється за допомогою SCADA-систем, в ручному або автоматичному режимі.

**Висновок.** Отже, використання гібридних вітродизельних електростанцій є доцільним, оскільки це дає можливість отримання безперебійного електропостачання та економії палива.

#### Список використаних джерел.

1. Строительство ветродизельных комплексов – ВДК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.energybalance.ru/stroitelstvo-vetrodizelnich.../stranitsa-4.html](http://www.energybalance.ru/stroitelstvo-vetrodizelnich.../stranitsa-4.html).
2. Гибридные электростанции. Ветродизельные энергетические установки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mandieselturbo.ru/files/news/files6933/Hybrid-RU.pdf>.
3. Малая энергетика. Ветровые установки в ветроэнергетической системе. Ветродизельные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vetrodivig.ru/?p=1348>.

УДК 620.91

## СПОСОБИ ПЕРЕТВОРЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Чистяков С.Ю., магістрант

e-mail: kourale@mail.ru

Науковий керівник

Лисенко О.В., к.т.н., доцент

e-mail: helga\_vl@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет

У статті розглядаються основні способи перетворення сонячної енергії.

**Постановка проблеми.** Сонячна енергія – поновлюване і екологічно чисте джерело енергії, тобто не виробляє шкідливих відходів, що в наш час доцільно. Нині сонячна енергетика широко застосовується у випадках, коли малодоступні інші джерела енергії в сукупності з достатком сонячного випромінювання виправдовує її економічно.

Виробництво електроенергії за допомогою фотоелектричних перетворювачів (сонячних елементів) з технічної та екологічної точки зору є найбільш привабливим і саме їх було б доцільно використовувати у системах енергопостачання автономних споживачів. Основною перешкодою на шляху розвитку фотоенергетики може бути висока вартість встановленої потужності і, відповідно, генерованої електроенергії [1].

**Формулювання цілей.** Визначити основні найбільш перспективні способи перетворення сонячної енергії.

**Основні матеріали дослідження.** Розглянемо найпоширеніші системи, які припускали б більш просту економічну реалізацію і могли б застосовуватися для потреб споживачів.

Термоіонний генератор. В основу роботи такого генератора покладений ефект, винайдений Едісоном Т. А. При нагріванні одного з електродів (катода) до досить високої температури значна частина його електронів набуває енергії, при якій вони можуть залишати його поверхню. Якщо поблизу знаходиться інший електрод (анод), то електрони можна спрямувати до нього і там збирати. За останніми даними, максимальний практичний ККД термоіонних генераторів складає 29 %.

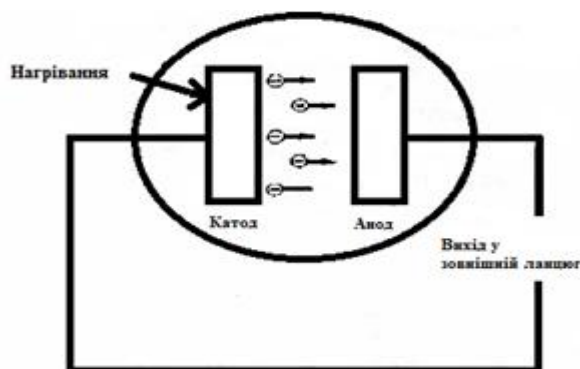


Рис.1. Принцип роботи термоіонного генератора

Фотоемісійний генератор. В результаті взаємодії світла з електронами металевого катода частина електронів набуває енергії, достатньої, щоб залишити його межі. Фотони світла потрапляють на катод, проходячи крізь дротяну сітку, що виконує функцію анода. Щоб попередити вплив просторового заряду, електроди в генераторі розташовуються дуже близько один від одного. Теоретично можливий ККД, передбачений ще Ейнштейном А. та Герцом Г. Р. становить близько 30%.

Термоелектричний генератор. Якщо електричне коло скласти з різних провідників і один із спаїв підтримувати при більш високій температурі, ніж інший, то в колі протікає електричний струм. При розімкнутому колі на його кінцях виникає різниця потенціалів, величини-

на якій пропорційна різниці температур. При різниці температур  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  вихідна напруга на кожній парі елементів не більше  $1,2\text{ В}$ . Максимально можливий ККД становить  $31\%$ . Роботу реальних термоелектричних генераторів супроводжують погано досліджені незворотні явища [2].

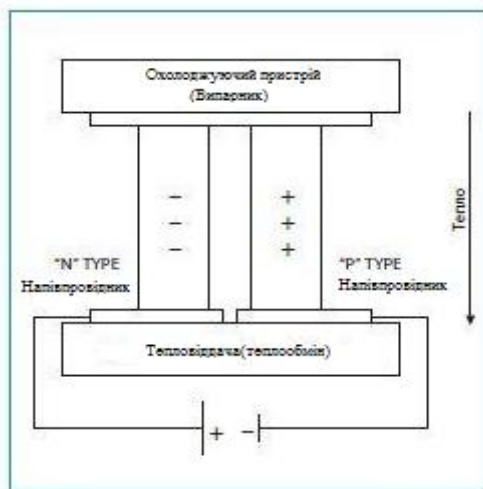


Рис. 2. Принцип роботи термоелектричного генератора

Фотоелектричний генератор. Принцип дії напівпровідникового фотоелектричного генератора полягає в тому, що при поглинанні фотонів сонячної радіації електрони набувають додаткової енергії і переміщуються в зону провідності. Енергія кожного електрона збільшується на величину, яка відповідає ширині забороненої зони. Звичайно електрон залишається в цьому стані протягом досить короткого часу. Потім він рекомбінується з іоном, а енергія, що при цьому звільняється, йде на підсилення коливань решітки або ж перевипромінюється. В фотоелектричному генераторі збуджені світлом електрони проходять крізь напівпровідниковий матеріал і встигають віддати надлишок енергії корисному навантаженню, перш ніж витратять його на інші взаємодії. Теоретично можливий ККД фотоелектричних пристроїв складає близько  $65\%$ , однак в реальних умовах він є значно нижчим, але з удосконаленням технології постійно наближається до максимально можливого.

Сонячні аеростатні електростанції. Основним елементом сонячних аеростатних електростанцій – аеростат – може бути виведеним на декілька кілометрів над поверхнею Землі, вище хмар, що забезпечить безперервне використання сонячної енергії на протязі дня. При цьому оболонка аеростата виконується двошаровою. Сонячні промені, проходячи через зовнішній прозорий шар, нагрівають внутрішній шар оболонки з нанесеним покриттям, яке поглинає сонячне випромінювання. Водяна пара, що знаходиться всередині оболонки, нагрівається тепловим потоком, який потрапляє через оболонку, до  $100\text{--}150^{\circ}\text{C}$ . Прошарок газу (повітря) між шарами, виконуючи роль теплоізоляції, зменшує втрати теплоти в атмосферу. Тиск пари практично дорівнює тиску зовнішнього повітря. Водяна пара гнучким паропроводом подається на парову турбіну, потім конденсується в конденсаторі, вода з конденсатора знову подається помпами у внутрішню частину оболонки, де випарюється при контакті з перегрітою водяною парою. К.к.д. такої установки може складати  $25\%$ , причому завдяки запасу водяної пари у внутрішній частині аеростата установка може працювати і вночі. При діаметрі аеростата  $150\text{ м}$  і розміщенні на висоті  $5\text{ км}$  установка може мати потужність  $2\text{ МВт}$  [3].

Параболічні концентратори з двигуном Стірлінга. Мають форму супутникової тарілки, параболічний рефлектор управляється за двома координатами при стеженні за сонцем. Енергія сонця фокусується на невеликій площі. Дзеркала відбивають близько  $92\%$  падаючого на них сонячного випромінювання. У фокусі відбивача на кронштейні закріплений двигун Стірлінга, або фотоелектричні елементи. Двигун Стірлінга розташовується таким чином, щоб об-

ласть нагріву перебувала у фокусі відбивача. В якості робочого тіла двигуна Стірлінга використовується, як правило, водень, або гелій. У лютому 2008 року Національна лабораторія Sandia досягла ефективності 31,25% в установці, що складається з параболічного концентратора та двигуна Стірлінга. В даний час будуються установки з параболічними концентраторами потужністю 9-25 кВт.

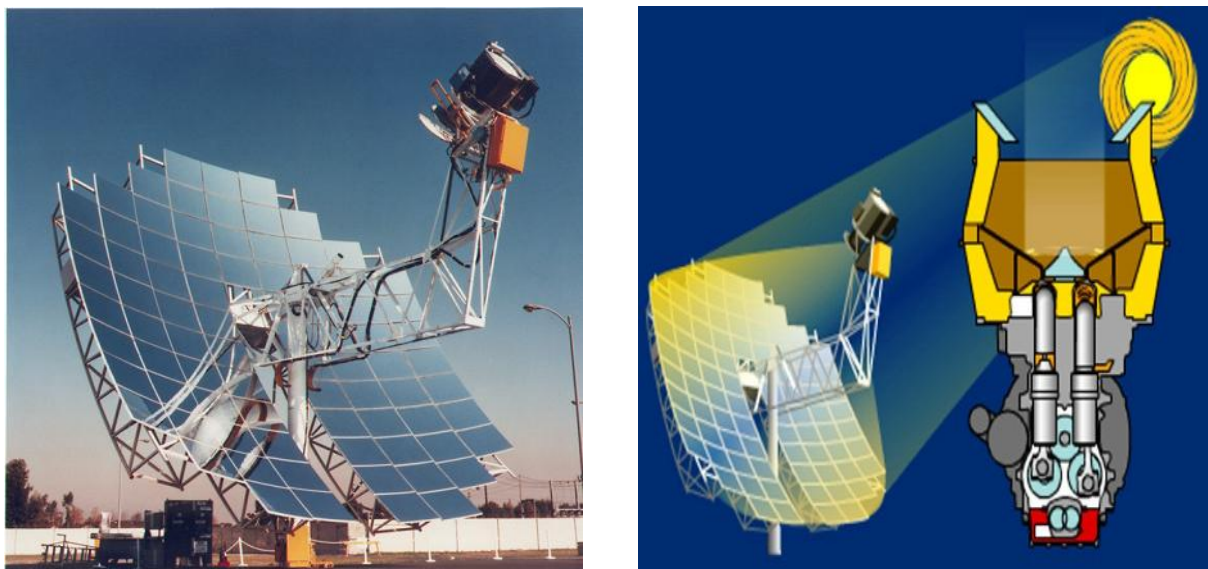


Рис. 3. Установки з параболічними концентраторами

**Висновок.** Перспективним напрямом створення надійних систем енергозабезпечення та істотного поліпшення умов життя і праці для населення є широке використання сонячної енергії, яка може забезпечити чималу частку потреби в теплі навіть в умовах північного клімату. Здебільшого методи використання енергії сонця економічно ефективні, однак частка використання сонячної енергії все ще доволі мала.

#### **Список використаних джерел.**

1. <http://zodchestvo.info/elektrooborudovanie/zagalni-sposobi-peretvorenniya-sonyachnoji-energiji-v-elektrichnu>
2. Доступна нам более чистая энергия? //Журнал «Пробудитесь», 2005 г.
3. Бабієв Г.М. Перспективи впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні. / Г.М. Бабієв, Д.В. Дероган, А.Р. Щокін //«ЕЛЕКТРИЧНИЙ Журнал», - Запоріжжя: ВАТ "Гамма", 1998 №1. - С.63-64.

УДК 621.311.21

## РОЗРОБКА ПРОЕКТІВ МАЛИХ ГЕС УКРАЇНИ

Селіванова О. М., магістрант

e-mail: o.selyvanka@gmail.com

Науковий керівник

Лисенко О.В., к.т.н., доцент

e-mail: helga\_vl@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет

*В статті висвітленні технічні, економічні та організаційні аспекти розробки проекту малих ГЕС*

**Постановка проблеми.** В післявоєнний період електрифікація сільського господарства ґрунтувалася на збільшенні потужностей і поліпшенні техніко-економічних показників малих електростанцій. На початку 50-х років кількість побудованих малих гідроелектростанцій в Україні становила 956 із загальною потужністю 30 тис. квт. Однак через розвиток централізованого електропостачання і стійкої тенденції до концентрації виробництва електроенергії на потужних тепло- та гідроелектростанціях будівництво малих ГЕС було зупинено. Почалася їх консервація, демонтаж, сотні малих ГЕС було зруйновано.

В Україні налічується понад 63 тис. малих річок і водотоків загальною довжиною 135,8 тис. км, з них близько 60 тис. (95%) - дуже маленькі (довжина менше 10 км), їх сумарна довжина - 112 тис. км, тобто середня довжина такого водотоку - 1,9 км. Більшість малих річок довжиною менше 10 км мають площу водозбору від 20,1 до 500 км<sup>2</sup> (87% усієї кількості та 72% всієї довжини малих річок України). Малих річок з площею водозбору від 50,1 до 100 км<sup>2</sup> налічується 890 (28% всієї кількості), а 797 річок (25%) мають площу водозбору 20,1-50 км<sup>2</sup>.

**Формулювання цілей.** Обґрунтування доцільності розвитку та потенціал нетрадиційних джерел електроенергії в Україні, а саме - малих ГЕС.

**Основні матеріали досліджень.** Незважаючи на те, що в Україні зростає виробництво і експорт електроенергії, залишається проблема з безперебійним постачанням нею віддалених і важкодоступних районів країни. Знос обладнання на підприємствах електроенергетики становить більше 60%, а втрати електроенергії при транспортуванні досягають 12%. Використання малих ГЕС може істотно поліпшити ситуацію з енергопостачанням віддалених районів і збільшити їх енергонезалежність. Малі ГЕС можуть виступати як у ролі аварійних, так і основних джерел електроенергії, сприяючи децентралізації об'єднаної енергетичної системи.

Основною гідрологічною характеристикою є середній багаторічний стік, або норма річного стоку. Найбільшою водоносністю відрізняються річки Карпат, стік яких значною мірою залежить від висоти басейну. При використанні енергетичних ресурсів малих річок велике значення має стан льодоставу на річках взимку. Це особливо важливо для мікро-ГЕС, які використовують кінетичну енергію потоку річок.

Таблиця 1 - Гідроенергетичний потенціал малих річок України.

Загальний потенціал		Технічний потенціал		Економічний потенціал	
млрд. кВт·г/рік	млн. т.у.п./рік	млрд. кВт·г/рік	млн. т.у.п./рік	млрд. кВт·г/рік	млн. т.у.п./рік
12,5	4,5	8,3	3,0	3,7	1,3

На сьогодні в Україні функціонує близько 80 малих ГЕС загальною потужністю 111 МВт, що складає 5% технічно досяжного гідроенергетичного потенціалу країни. Малі ГЕС, що експлуатуються в Україні, мають потужність 0,1-7 МВт. Їх розвитку сприяє впроваджен-



ня «зеленого» тарифу, який діє з 2009 року і станом на серпень 2012-го становить 84,14 коп. / КВт \* год (без ПДВ).

У Верховній Раді України прийняли за основу законопроект від 03.07.2012 № 10183 про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» (щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії), яким пропонується розділити малі ГЕС, в залежності від їх потужності, на мікро, міні і малі, а також фактично подвоїти коефіцієнт «зеленого» тарифу, встановивши його на рівні: 2,0 - для електроенергії, виробленої мікро-гідроелектростанціями; 1,6 - міні-гідроелектростанціями; 1,2 - малими гідроелектростанціями.

У зв'язку з тим що діяти «зелений» тариф в Україні буде до 2029 року, всі більше інвесторів звертають свою увагу на малі ГЕС.

На відміну від вітрогенераторів і сонячних електростанцій, основне обладнання для малих ГЕС виробляють на території України. Його якість не поступається продукції західних виробників, а за ціною дешевше в кілька разів. Вітчизняні виробники мають великий досвід роботи в даному напрямку і технологічні напрацювання, які важливі для будівництва нових гідроелектростанцій. Головними виробниками обладнання для ГЕС на території України є Сумське НВО ім. Фрунзе, «Турбоатом», «Південелектромаш», Полтавський турбомеханічний завод, Ніжинський ремонтно-механічний завод та ін.

В Україні діє близько 30 приватних компаній, що інвестують в поновлювану енергетику, найбільші з них: ЗЕА «Новосвіт», ТОВ «Енергоінвест» та ін. Інвестиції спрямовані переважно в Вінницьку, Черкаську, Хмельницьку, Тернопільську та Житомирську області. На сьогоднішній день тут розташовано 64% від загальної кількості станцій, тоді як технічний гідроенергетичний потенціал малих річок в цих областях складає всього 14% від загального показника. Вельми перспективними є Закарпатська та Львівська області, де зосереджено близько 70% гідроенергетичного потенціалу.

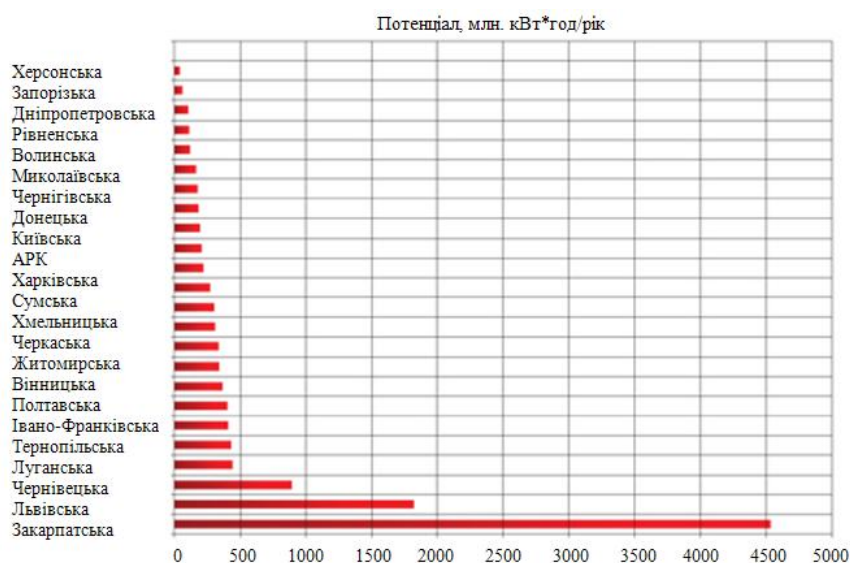


Рис. 1. - Розподіл загального гідроенергетичного потенціалу малих річок по областям України.

Наступні дані та інформація звичайно потрібні для первинної технічної оцінки проекту малої ГЕС:

- наявний потік і напір води;
- топографічні карти, що показують водозабірну зону площадки;
- загальні кліматичні та гідрологічні умови;
- геологія, ґрунту і матеріали;
- тарифи на електроенергію і тарифна політика;
- доступ до проектної майданчику;

- загальні витрати на будівництво на майданчику проекту.
- Основні компоненти малої ГЕС - різні технічні аспекти, які необхідно запобігти:
- гідрологія на основі комплексних історичних вимірювань;
  - водозабір - запобігти лід, сміття і повітряні бульбашки;
  - трубопровід - оптимізований діаметр, достатній фундамент;
  - турбіни - оптимізовані під зміни напору і потоку; вимір ефективності на виробничому майданчику, оптимальні контрактні умови;
  - генератори - оптимізована ефективність, контрактні вимоги, витрати на обслуговування, система самоочищення.
- Розрахунок виробітку енергії:

$$P_{el} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_n \cdot \eta \quad (1)$$

де  $P_{el}$  - вироблення електроенергії, Вт

$\rho$  - щільність води, яка дорівнює 1000 кг / м<sup>3</sup>;

$g$  - гравітаційне прискорення, що складає 9,81 м / с<sup>2</sup>;

$Q$  - потік, м<sup>3</sup>;

$H_n$  - чистий напір, м;

$\eta$  - загальна ефективність.

Оцінка річного виробітку енергії:

$$E_{annual} = P_{design} \cdot PF \cdot 8760 \quad (2)$$

де  $E_{annual}$  - річний виробіток енергії, кВт\*год;

$P_{design}$  - надійне вироблення енергії, Вт;

$PF$  - коефіцієнт установки;

8760 - кількість годин у році.

Оцінка витрат на реалізацію проекту:

- точність першої оцінки витрат на проект може не перевищувати  $\pm 30\%$  ;
- використовуватися сумарні розцінки для оцінки будівництва;
- базова оцінка витрат на обладнання в порівнянні з аналогічними проектами;
- включити достатній обсяг непередбачених витрат для обліку деталей, які ще не проектувалися.

**Висновок.** Мала енергетика України через її незначної частки (0,2%) у загальному енергобалансі не може істотно впливати на умови енергозабезпечення країни. Однак експлуатація малих ГЕС дає можливість виробляти близько 250 млн. кВт\*год електроенергії на рік, що еквівалентно щорічній економії до 75 тис. тонн дефіцитного органічного палива. За оцінками Світової енергетичної ради, економія органічного палива за рахунок малої гідроенергетики в загальному виробництві енергії на 2020 рік становитиме 69 і 99 млн. т. у.п. для відповідно мінімального та максимального варіантів розвитку.

#### Список використаних джерел.

1. Проект видавничого дому «МЕДІА-ПРО». «Застывший потенциал», или малые да удалые ГЭС. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://director.com.ua/reitingi-i-statistika/%C2%ABzastyvshii-potentsial%C2%BB-ili-malye-da-udalye-ges-> Назва з екрану.
2. Київенергомаш акціонерне товариство. Мала гидроэнергетика Украины. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.kem.com.ua/index.php?module=ContentExpress&func=display&ceid=31>- Назва з екрану.



УДК 621.548 : 001.57

## АНАЛІЗ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ ТА ВИЯВЛЕННЯ ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

**Подкур О.О., магістрант**

*Науковий керівник*

**Адамова С.В., асистент**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**e-mail: podkur.mail@gmail.com**

**e-mail: adamova\_sv@ukr.net**

*Робота присвячена проведенню аналізу перспектив розвитку вітроенергетики в Україні в умовах дефіциту енергоносіїв.*

**Постановка проблеми.** Сьогодні більшість екологів в усьому світі виступають категорично проти розвитку ядерної енергетики, пропонуючи інші, екологічно безпечні, альтернативні шляхи. Це енергозбереження, використання енергії вітру, сонця, припливів і відливів і т.д.

Сьогодні у світі близько 80% енергії виробляється на основі спалювання викопного палива - нафти, вугілля і газу. І лише близько 5% - це енергія від поновлюваних джерел (вітер, сонце, енергія біомаси та ін.). Серед них провідне місце займає вітроенергетика, і багато країн ставлять перед собою метою збільшення частки вітроенергетики.

Поряд з підвищеним інтересом до альтернативних джерел отримання енергії, спостерігається зростання внутрішнього попиту на електроенергію, розширення експортних можливостей, з одного боку, і суттєвий знос існуючого обладнання, з іншого. В результаті виникає необхідність прискореної модернізації та збільшення генеруючих потужностей країни.

Сучасний вітроенергетичний потенціал України оцінюється в 30000 ГВт • год електроенергії на рік (згідно з даними Національної академії наук України).

**Формулювання цілей.** Проведення аналізу та можливих перспектив розвитку вітроенергетичного потенціалу в Україні.

**Основні матеріали дослідження.** Дані про вітропотенціал України засновані на наукових дослідженнях, проведених фахівцями Державного науково-дослідного і проектно-конструкторського Інституту нетрадиційної енергетики та електротехніки (ДержНДІ НЕЕ) Міненерго України, Державного комітету з енергозбереження України, Інституту електродинаміки Національної академії наук України.

Для розвитку вітроенергетики в Україні була складена карта території України, де виділили перспективні ділянки для розміщення вітряних електростанцій (рисунок 1). Це території з відповідним рельєфом, на яких середньорічна швидкість вітру на висоті 10 метрів (на рівні флюгера) становить не менше 5 м/с.

Енергія вітру розподілена по Україні нерівномірно. На півдні країни вітропотенціал значно вище, ніж на півночі. На суші найбільш сприятливі, з погляду використання енергії вітру, Крим, Карпати (Львівська, Івано-Франківська, Закарпатська, західна частина Чернівецької області), узбережжя Чорного та Азовського морів (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька та Донецька області), а також Луганська область.

Площі територій, придатних для спорудження вітроенергетичних об'єктів, оцінюються в 8-9 тис. км<sup>2</sup>. На цих територіях при використанні 20-30% площ і при щільності будівництва вітрових електростанцій 5-8 МВт/км<sup>2</sup> можна спорудити 8-24 тис. МВт і генерувати 16-48 млрд. КВт • год електроенергії на рік.

Набагато більші площі для будівництва ВЕС є на прибережних і внутрішніх акваторіях України.

Найбільшим вітровим потенціалом володіють значні території, прилеглі до Чорного і Азовського морів, а також Карпатський, Західно-Кримський та Східно-Кримський регіони.



Рис. 1. - Характеристика території України з переважаючою середньої швидкості вітру

В цілому, по площах мілководних акваторій, придатних для будівництва ВЕС водного базування, Україна знаходиться на другому місці в світі (після Норвегії). Для будівництва ВЕС водного базування в Україні є ряд інших сприятливих моментів, зокрема, в Україні освоєна технологія наплавного гідробудівництва об'єктів у відкритому морі, яка може бути легко трансформована для потреб вітроенергетики.

Відповідно до висновків Інституту відновлюваної енергетики НАН України і ДНВП «Укренергомаш» Національного космічного агентства України сумарна потужність ВЕС у 2030 р складе 16 000 МВт з наступним розподілом по регіонах (табл. 1).

Таблиця 1 - Прогноз встановленої вітроенергетичної потужності до 2030 року

№	Регіони	Потужність ВЕС на кінець 2030	
		МВт	%
1	АР Крим	3700	23,1
2	Миколаївська область	3600	22,5
3	Херсонська область	3500	21,9
4	Запорізька область	3200	20,0
5	Донецька область	2000	12,5
	Усього	16000	100,0

**Висновок.** Україна володіє значним природним потенціалом для реалізації вітроенергетичних проектів, що визначає зацікавленість держави у розвитку цієї галузі і залученні великої кількості потенційних вітчизняних та зарубіжних інвесторів. Також великі перспективи розвитку вітроенергетики в Україні необхідно пов'язувати зі сприятливими умовами розвитку офшорних ВЕС, тобто ВЕС на акваторіях, де параметри вітру для використання вітротехніки набагато краще, ніж на суші.

При реалізації проектів з будівництва та введення в експлуатацію ВЕС на всіх цих територіях, можна було б забезпечити близько 30% покриття потреб України в електроенергії.

#### Список використаних джерел.

1. Українська вітроенергетична асоціація [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [www.uwea.com.ua](http://www.uwea.com.ua) - Тема з екрану.
2. Вітроенергетика України: перспектива розвитку на найближчі 20 років [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://asupro.com/engine/download.php?id=295> - Тема з екрану.
3. Анализ ветроэнергетики украины и выявление перспектив ее развития [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://esmo.kdu.edu.ua/statti/184.pdf?PHPSESSID=32u4j5q9a63moc1fcephv24ueb>.

УДК 621.311.243

## МЕТОД РОЗРАХУНКУ СОНЯЧНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ (F-МЕТОД)

Піхтарь О.В., магістрант

e-mail: olenkapihtar17@yandex.ua

Науковий керівник

Адамова С.В., асистент

e-mail: adamova\_sv@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Робота присвячена дослідженню сонячних систем теплопостачання  
за допомогою f-методу.*

**Постановка проблеми.** При виборі теплопостачання орієнтуються на такі параметри, як його вартість та екологічність. Використання сонячних систем теплопостачання повністю задовольняють таким параметрам. Для розрахунку основних показників будемо використовувати f-метод, так як він є найбільш прийнятний [1].

Дана тема є актуальною, оскільки за допомогою f-методу, а також орієнтуючись на середні місячні значення метеорологічних параметрів, можна визначити довгострокові теплові характеристики систем сонячного теплопостачання (ССТ) в залежності від конструктивних показників цих систем.

**Формулювання цілей.** Дослідити основні теплові характеристики систем сонячного теплопостачання за допомогою f-методу [2].

**Основні матеріали дослідження.** З урахуванням вартісних показників f-метод можна застосовувати для оптимізації параметрів даних систем.

Розглянемо основні положення f-методу розрахунку систем сонячного теплопостачання і гарячого водопостачання.

Енергетичний баланс системи сонячного теплопостачання за місячний період можна представити у вигляді:

$$Q - L + E - \Delta U \quad (1)$$

де  $Q$  - місячна теплопродуктивність сонячної установки;

$L$  - сума місячних навантажень опалення і гарячого водопостачання;

$E$  - загальна кількість енергії, яка отримана протягом місяця від дублюючого джерела енергії;

$\Delta U$  - зміна кількості енергії в акумулюючій установці.

При розмірах акумуляторів, які зазвичай застосовуються в ССТ, різниця  $\Delta U$  маленька у порівнянні з  $Q$ ,  $L$  і  $E$ , може бути прийнята рівною нулю. Тоді рівняння (1) запишемо у наступному вигляді:

$$f = (L - E)/L = Q/L \quad (2)$$

де  $f$  - частина повного місячного навантаження, яка забезпечується за рахунок сонячної енергії.

Коефіцієнт заміщення  $f$  емпірично можна зв'язати з двома безрозмірними комплексами:

$$X = F_H \cdot U_L \left( \frac{F_H'}{F_H} \right) (T_r - T_0) \Delta t \left( \frac{A}{L} \right) \quad (3)$$

$$Y = F_H (\tau \alpha)_n \left( \frac{F_H'}{F_H} \right) \left[ \frac{\tau \alpha}{(\tau \alpha)_n} \right] H_T N \left( \frac{A}{L} \right) \quad (4)$$

де  $A$  - площа сонячного колектору, м<sup>2</sup>;

$F_H'$  - ефективний коефіцієнт відводу тепла, який враховує вплив теплообмінника;

$U_L$  - повний коефіцієнт теплових втрат колектора, Вт/(м<sup>2</sup>/°С);

$T_L$  - базисна температура, прийнята рівній 100 °С.

$T_0$  - середньомісячна температура зовнішнього повітря;

$t$  - кількість секунд у місяці;

$L$  - повне місячне теплове навантаження, Дж;

$(\tau\alpha)$  - середньомісячна приведена поглинальна здатність;

$H_T$  - середньомісячний добовий прихід сумарної сонячної радіації на похилу поверхню колектора, Дж/м<sup>2</sup>;

$N$  - кількість днів у місяці;

$(\tau\alpha)_\Pi$  - приведена поглинальна здатність прямої сонячної радіації, яка падає по нормалі на поверхню колектора;

$\tau$  - пропускна здатність прозорих поверхонь по відношенню до сонячного випромінювання;

$\alpha$  - поглинальна здатність пластини колектора по відношенню до сонячного випромінювання;

$F_H$  - коефіцієнт відводу тепла від колектору;

$\frac{F_H'}{F_H}$  - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив теплообмінника.

Безрозмірні комплекси  $X$  та  $Y$  мають відповідний фізичний зміст:  $Y$  можна трактувати як відношення кількості енергії, яку пластина колектора поглинає протягом місяця, до повного місячного теплового навантаження;  $X$  - відношення місячних теплових втрат колектора при базисній температурі до повного місячного теплового навантаження.

На рисунку 1 представлена залежність між коефіцієнтом заміщення  $f$  та безрозмірними комплексами  $X$  та  $Y$  для двох контурної рідкої системи.

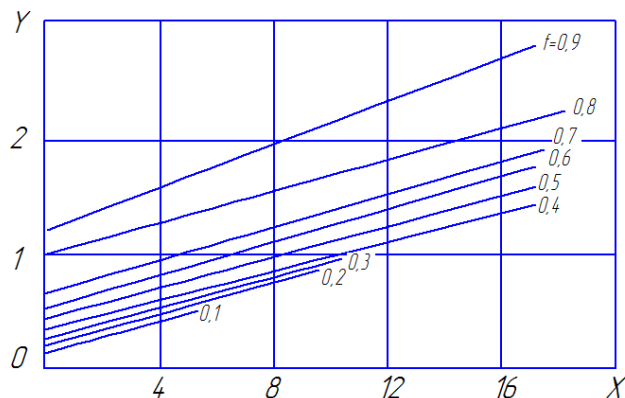


Рис. 1. –  $f$ - графіки для систем з рідкими теплоносіями

Щоб визначити частку  $f$  повного місячного теплового навантаження, який забезпечується за рахунок сонячної енергії, необхідно розрахувати комплекси  $X$  та  $Y$  для розглянутого колектору і даного місячного теплового навантаження. Значення  $f$  визначаються по графіку в точці з координатами  $X$  та  $Y$ .

**Висновок.** Таким чином, системи сонячного теплопостачання можна розрахувати та визначити основні теплові характеристики за допомогою  $f$ -методу.

#### Список використаних джерел

5. Гулина Н.В. Накопители энергии. / Н.В. Гулина – М: Наука, 1980.
6. Мак-Вейг Д. Применение солнечной энергии. /Д. Мак-Вейг – М: Энергопромиздат, 1981.

УДК 620.91

## РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРУ

Піхтарь О.В., магістрант

Науковий керівник

Адамова С.В., асистент

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: olenkapihtar17@yandex.ua

e-mail: adamova\_sv@ukr.net

У статті розглядаються основні аспекти розрахунку параметрів сонячного колектору.

**Постановка проблеми.** Найпоширенішими за останнє десятиліття є нетрадиційні джерела енергії, в тому числі сонячні колектори, які живляться від невичерпної енергії Сонця. Тому важливо вміти розраховувати основні параметри цих систем.

Одним із шляхів зниження витрат палива є використання поновлюваних джерел енергії, особливо нетрадиційних, які раніше або зовсім не використовувалися, або використовувалися в дуже обмежених масштабах [1]. До них можна віднести сонячну енергію, енергію біомаси, гідротермальних, приливну і багато джерел низькопотенційного тепла природного і штучного походження.

**Формулювання цілей.** Визначити основні параметри роботи сонячного колектору.

**Основні матеріали дослідження.** Ефективність роботи колектора визначається відношенням корисно використаної в колекторі енергії до величини падаючого на його поверхню сонячного випромінювання. Для визначення корисної потужності доцільно ввести поняття повного коефіцієнта втрат. Він складається із втрат через нижню, верхню і бічні поверхні [2]:

$$U_L = U_b + U_t + U_e. \quad (1)$$

Розрахунок коефіцієнта втрат  $U_t$  проводиться методом ітерацій. У разі одностекольного покриття рівняння має вигляд:

$$U_t = \left( \frac{1}{h_{p-c} + h_{r,p-c}} + \frac{1}{h_w + h_{r,c-s}} \right)^{-1} \quad (2)$$

де  $h_{r,p-c}$  - коефіцієнт теплопередачі випромінюванням від пластини до скла;

$h_w$  - коефіцієнт конвективної тепловіддачі в навколишнє середовище;

$h_{r,c-s}$  - коефіцієнт теплопередачі випромінюванням від скла до небозводу.

Методика розрахунку полягає в тому, що довільно задається значення  $T_c$  і розраховуються коефіцієнти  $h_{p-c}$ ,  $h_{r,p-c}$ ,  $h_{r,c-s}$  і, також,  $U_t$ . Результати цих розрахунків використовуються потім для обчислення  $T_c$  за рівнянням:

$$T_c = T_p - \frac{U_t \cdot (T_p - T_a)}{h_{p-c} + h_{r,p-c}}. \quad (3)$$

Якщо отримане значення  $T_c$  близько до початкового довільно обраному значенню, то немає необхідності в подальших розрахунках. В іншому випадку отримане значення  $T_c$  приймається за вихідне і процес обчислень повторюється.

На коефіцієнт корисної дії колектора впливають пил і затінення. При проектуванні без попередніх випробувань впливу пилу рекомендується враховувати шляхом зменшення випромінювання, що поглинається пластиною, в  $(1-d)$  раз, де  $d$  одно 0,2. Вплив затінення може

бути суттєвим. Щоб його врахувати рекомендується зменшити на 3% величину радіації, яка поглинається. Завдання зводиться до визначення ефективної здібності, яка поглинається  $(\tau\alpha)_e$ .

$$(\tau\alpha)_e = (\tau\alpha) + (1 - \tau_\alpha) \cdot \frac{U_L}{U_2} \quad (4)$$

Величина  $U_L$  була розрахована при допущенні, що система прозорих покриттів не поглинає сонячне випромінювання. Для того щоб врахувати зменшення теплових втрат внаслідок поглинання склом сонячного випромінювання, вводиться поняття ефективної наведеної поглинальної здібності:

де  $(\tau\alpha) = \tau \cdot \alpha \sum_{n=0}^{\infty} [(1 - \alpha) \cdot \rho_d]^n = \frac{\tau \cdot \alpha}{1 - (1 - \alpha) \cdot \rho_d}$  - приведена поглинальна здатність системи по-

криттів щодо прямого і розсіяного випромінювання. Частина випромінювання, що пройшло через систему покриттів і що досягли пластини, відбивається назад до системи покриттів. Однак це випромінювання не губиться повністю, оскільки частина його відбивається назад до пластини.

$\tau_\alpha = e^{-KL}$  - пропускну здатність одного скляного покриття;  $K$  - коефіцієнт ослаблення скла;

$L$  - фактична довжина шляху випромінювання через середовище.

Величина сонячного випромінювання, що падає на поверхню колектора з урахуванням впливу пилу і затінення складе:

$$S = H \cdot R \cdot (\tau\alpha)_e \cdot (1 - d) \cdot (1 - s) = 0,951 \cdot H \cdot R \cdot (\tau\alpha)_e \quad (5)$$

де  $H$  - щільність потоку сонячного випромінювання, що падає на одиницю площі поверхні з довільною орієнтацією;

$R$  - коефіцієнт переходу від щільності потоку прямого або розсіяного випромінювання до щільності потоку випромінювання в площині орієнтації колектора;

Корисна енергія колектора складе:

$$q_u = F_R \cdot \left\{ H \cdot R \left[ (\tau\alpha)_e + (1 - \tau_\alpha) \cdot \frac{U_L}{U_2} \right] - U_L \cdot (T_{f,i} - T_a) \right\} \quad (6)$$

де  $F_R = \frac{G \cdot C_p}{U_L} \cdot (1 - e^{-U_L \cdot F' / G \cdot C_p})$  - коефіцієнт відводу тепла з колектора, являє собою від-

ношення фактичної корисної енергії колектора до корисної енергії, коли температура всієї поглинальної пластини дорівнює температурі рідини на вході;

$G$  - витрата рідини на одиницю площі поверхні, кг / (м<sup>2</sup> с);

$$F' = \frac{1/U_L}{W \cdot \left[ \frac{1}{U_L \cdot [D + (W - D) \cdot F]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi \cdot D_i \cdot h_{f,i}} \right]} - \text{ефективність колектора;}$$

$W$  - відстань між трубами;

$C_b$  - провідність сполуки аркуша з трубою;

$h_{f,i}$  - коефіцієнт тепловіддачі від стінки труби до рідини;

$$F = \frac{th\left(m \cdot \frac{W-D}{2}\right)}{m \cdot \frac{W-D}{2}} - \text{ефективність ребра; } m = \sqrt{\frac{U_L}{k \cdot \delta}},$$

$K$  - коефіцієнт теплопровідності ребра;

$\delta$  - товщина ребра.

Щоб розрахувати характеристики колектора, необхідно знати повний коефіцієнт втрат  $U_L$ . Однак  $U_L$  є функцією температури пластини, і, отже, розрахунок проводиться методом ітерацій. Середня температура рідини визначається рівнянням:

$$T_{f,m} = T_{f,i} + \frac{q_u}{U_L \cdot F_R} \cdot \left(1 - \frac{F_R}{F'}\right) \quad (7)$$

Внаслідок наявності термічного опору при перенесенні тепла від поглинаючої поверхні до рідини середня температура пластини буде завжди вище середньої температури рідини. Середня температура пластини і середня температура рідини пов'язані співвідношенням:

$$T_{p,m} - T_{f,m} = Q_u \cdot R_{p-f}, \quad (8)$$

де  $R_{p-f} = \frac{1}{h_{f,i} \cdot \pi \cdot D_i \cdot n \cdot L}$  - опір переносу тепла від пластини до рідини;

$n$  і  $L$  число труб і їх довжина відповідно.

Температура рідини на виході з колектора складе [3]:

$$T_{f,0} = T_a + \frac{S}{U_L} + \left(T_{f,i} - T_a - \frac{S}{U_L}\right) \cdot e^{-\left[U_L \cdot W \cdot F' \cdot L / m \cdot C_p\right]}$$

де  $L$  - довжина колектора.

**Висновок.** Визначили метод розрахунку основних параметрів сонячного теплопостачання. А отже, використовувати сонячні колектори для гарячого водопостачання є найпоширенішим способом серед нетрадиційних систем енергії.

#### Список використаних джерел

1. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. / Н.В. Харченко – М., Энергоатомиздат, 1991.
2. Воронин С.М. Возобновляемые источники энергии и энергосбережение. / Воронин С.М., Оськин С.В., Головкин А.Н. – Краснодар, КубГАУ, 2006. - 267 с.
3. Саплин Л.А. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников. / Саплин Л.А., Шерьязов С.К., Пташкина-Гирина О.С., Ильин Ю.П. – Челябинск, 2000. – 194 с.

УДК 621.548 : 001.57

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРАХУНКУ АВТОНОМНИХ ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Піхтарь О.В., магістрант

e-mail: olenkapihtar17@yandex.ua

Науковий керівник

Лисенко О.В., к.т.н., доцент

e-mail: helga\_vl@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Робота присвячена дослідженню основних параметрів вітроелектростанцій та їх розрахунків.*

**Постановка проблеми.** Для віддалених об'єктів найчастіше застосовують системи автономного електрозабезпечення, в тому випадку автономних вітроелектростанцій[1]. Тому потрібно розрахувати основні параметри цих автономних систем та проаналізувати їх економічність.

Автономна вітроустановка є економічною. Споживач при рівній надійності електрозабезпечення обирає більш дешевий варіант, а при рівній вартості електроенергії більш надійний варіант. Ми пропонуємо розглянути основні параметри та розрахунки, щоб впевнитися в економічній вартості цих систем.

**Формулювання цілей.** Дослідити основні параметри автономної вітроустановки пропелерного типу та виявити їх економічність.

**Основні матеріали дослідження.** Враховуючи, що надійність традиційного електрозабезпечення досить висока (близько одиниці), то вирішальним фактором при обиранні варіанту електрозабезпечення буде вартість електроенергії. Так як енергія, яка виробляється визначається споживачем і не залежить від варіанту системи електрозабезпечення, автономна вітроелектростанція буде мати тим більшу конкурентоздатність, чим нижче буде її вартість.

В якості критерію оптимальності параметрів автономної вітроелектростанції приймаємо її вартість [2].

Автономну вітроелектростанцію на основі пропелерної вітроустановки можна визначити за допомогою таких параметрів:

- робоча швидкість вітру, на яку розрахована вітроустановка;
- потужність вітроенергетичної установки;
- ємність або потужність акумуляторів.

Таким чином, цільова функція повинна мати вигляд:

$$S = f(v_p, N_B, N_A) \rightarrow \min \quad (1)$$

де  $N_B$  – потужність вітроенергетичної установки;

$N_A$  - потужність акумуляторів.

Особливістю автономного електрозабезпечення на основі використання енергій вітру є некерованість потоками надходження енергії, тому в кожен проміжок часу можливі наступні ситуації [2]:

- енергія вітру, яка надходить (з урахуванням втрат на перетворення) перевищує потребу в ній;
- енергія вітру, яка надходить рівна потребі в ній;
- енергії вітру, яка надходить недостатньо для задоволення потреби в ній.

Для приведення у відповідність графіків надходження і споживання енергії застосовується акумуляування енергії або резервування.



Для досягнення поставленої мети, енергії, яка надходить від вітроенергетичної установки повинно бути достатньо для повного задоволення потреби в ній. В цьому випадку, повинна виконуватися умова (рисунок 1):

$$E_B = E_p + E_A \quad (2)$$

де  $E_p$  – енергія, яка споживається, кВт.год;

$E_A$  – енергія, яка запасється в акумуляторі, кВт.год;

$E_B$  – енергія, яка виробляється вітроенергетичною установкою, кВт.год.

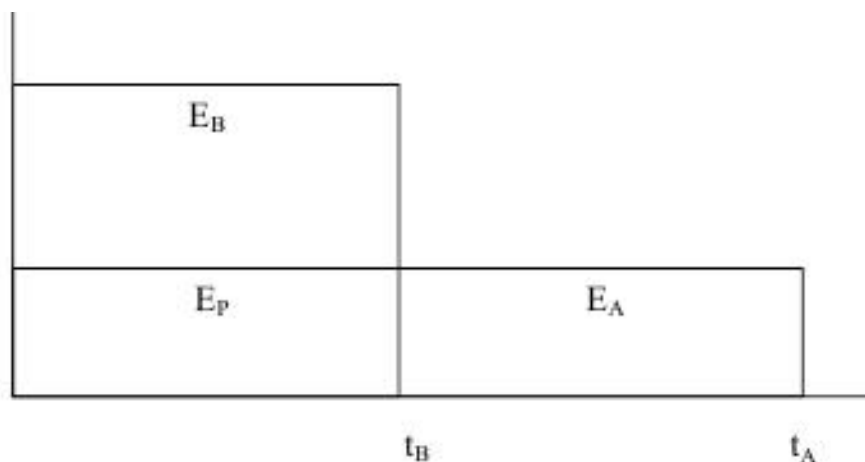


Рис. 1. – Енергетична діаграма

В цьому випадку баланс потужності повинен бути наступним:

$$N_B = N_p + N_A \quad (3)$$

Враховуючи, що потужність акумулятора повинна задовольняти умові  $N_A = N_p t_A / t_B \eta_A$ , отримаємо:

$$N_B = N_p \left( 1 + \eta_A \frac{t_A}{t_B} \right) \quad (4)$$

де  $t_D, t_A$  – час роботи вітроенергетичної установки і акумулятора відповідно, год.

$\eta_A$  – к.к.д. акумулятора, в.о.

Потужність вітроустановки функційно залежить від робочої швидкості вітру. Отже, з урахуванням (4), будемо мати наступне рівняння [3]:

$$F = N_p \frac{1 + \frac{t_A}{t_B \eta_A}}{0,65 v_p^3 \eta_{BEC}} \quad (5)$$

де  $\eta_{BEC}$  – к.к.д. вітроелектростанції, який враховує і коефіцієнт використання енергії вітру.

В рівнянні (5) випадковими величинами є  $t_D$  і  $t_A$ , які залежать від швидкості вітру по визначенню і можуть наступати з різними випадковостями.

Вартість автономної системи електрозабезпечення з акумуляторами можна визначити за формулою:

$$S = S_B + S_A \quad (6)$$

Прийняв допущення, що вартість вітроенергетичної установки (в тому числі інвертор) пропорційна площі, яка омітається вітроколесом, а вартість акумуляторів пропорційна їх ємності, можна записати:

$$S = k_D F_B + k_A \frac{E_A}{U_H} \quad (7)$$

де  $k_D$  - питома вартість вітроустановки, грн./м<sup>2</sup>;  
 $k_A$  - питома вартість акумулятора, грн./А.год;  
 $E_A$  - енергія, яка потребується для зарядки акумулятора, Вт.год;  
 $U_H$  - номінальна для споживача напруга, В.

Враховуючи вище приведені залежності, вартість енергоустановки в функції робочої швидкості вітру визначається наступними чином:

$$S = N_p \left( \frac{1 + \frac{t_A}{t_R \eta_A}}{0.65 v_p^3 \eta_{\text{ВЕС}}} + 24 k_A \frac{t_A}{U_H \eta_A} \right) \rightarrow \min \quad (8)$$

Функція (8) визначає вартість системи автономного електрозабезпечення на основі вітроустановки в залежності від її параметрів і від потужності електроприймачів, і представляє собою розгорнутий вираз цільової функції (1).

Після підстановки в цільову функцію (8) рівнянь регресії  $t_R$  і  $t_A$  можна розрахувати оптимальне значення робочої швидкості вітру, а потім і потужність або площу, що омітається.

Аналізуючи формулу цільової функції (4), можна сказати, що вартість автономної системи електрозабезпечення на базі вітроенергетичної установки пропорційна середньодобовій потужності електричного навантаження, але при цьому оптимальна робоча швидкість вітроенергетичної установки не залежить від навантаження.

**Висновок.** Використовуючи описану методику визначення робочої швидкості вітру, можна розрахувати техніко-економічні параметри автономних систем електрозабезпечення.

#### Список використаних джерел

1. Воронин С.М. Возобновляемые источники энергии в автономных системах энергоснабжения сельских объектов. – зерноград: 2005, 118с.
2. Воронин С.М. Возобновляемые источники энергии и энергосбережение. / С.М. Воронин, С.В. Оськин, А.Н. Головкин. – Краснодар.: КубГАУ, 2006. - 267 с.
3. Саплин Л.А. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников. / Л.А. Саплин, С.К. Шерьязов, О.С. Пташкина-Гирина, Ю.П. Ильин. – Челябинск, 2000.– 194 с.

УДК 621.548 : 001.57

## ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ

Піхтарь О.В., магістрант

e-mail: olenkapihtar17@yandex.ua

Науковий керівник

Лисенко О.В., к.т.н., доцент

e-mail: helga\_vl@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Робота присвячена комплексному методу дослідження математичного моделювання енергії вітру. Розглянуті основні розрахунки енергії вітру.*

**Постановка проблеми.** В даний час велика увага приділяється зниженню затрат на електроенергію. Використання поновлюваних джерел енергії у сільському господарстві дасть можливість економити електроенергію, а також моделювання енергії вітру забезпечить можливість визначати швидкість вітру [1].

За останні роки широкого поширення набуло використання поновлюваних джерел енергії, в тому випадку вітрових електростанцій [2].

**Формулювання цілей.** Розглянути основні розрахунки енергії вітру та визначити застосовність математичного моделювання енергії вітру.

**Основні матеріали дослідження.** Для попередніх оцінок вітрових ресурсів пропонується ввести класи вітрової активності по районах від одного до сьомого, де кожен клас представляє собою діапазон величин середньорічної швидкості вітру на визначеній висоті (таблиця 1) [1]. Райони четвертого і вищих класів є сприятливі для установки сучасних промислових вітроенергетичних установок (ВЕУ), райони третього класу підійдуть для установки ВЕУ наступного покоління, райони першого і другого класів не підходять для установки ВЕУ [2].

Таблиця 1 – Класи вітрової активності

Клас	1	2	3	4	5	6	7
Висота, м	Швидкість вітрового потоку, м/с						
10	<4,4	4,4-5,1	5,1-5,6	5,6-6,0	6,0-6,4	6,4-7,0	>7,0
30	<5,1	5,1-5,9	5,9-6,5	6,0-7,0	7,0-7,4	7,4-8,2	>8,2
50	<5,6	5,6-6,4	6,4-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,8	>8,8

Визначення вертикального профілю швидкості вітру в діапазоні висот 5-50 м можна виробляти використовуючи експоненціальний закон Хелмана, відповідно якому швидкість вітру визначається за формулою [2]:

$$V_{H_2} = V_{H_1} \cdot \left(\frac{H_2}{H_1}\right)^b \quad (1)$$

де  $H_1$  - висота, для якої проведена обробка статистики (як правило, 10 м);

$H_2$  – висота, яка задана;

$b$  – показник, який характеризує вертикальний профіль та рельєф поверхні, ( $b=0,14-0,30$ ).

Для розрахунку кількості енергії, яка виробляється ВЕУ, пропонується використовувати наступну методику [1]. Енергія, яка передана вітровим потоком ВЕУ, є енергія на валу вітроколеса. Нехай  $E$  – енергія потоку, яка передана вітроколесу за час  $T$  (як правило, в розрахунках використовується  $T=24$  год.);  $E_u$  - частина цієї енергії, яка передана вітровим потоком зі швидкістю  $u$  в одиничному швидкісному інтервалі. Тоді

$$E = \int_{u=0}^{\infty} E_u du = \int_{u=0}^{\infty} \left[ \frac{1}{2} \rho A u^3 C_p \Phi_u T \right] du, \quad (2)$$

де  $\rho$  - густина повітря;

$A$  – площа, яка омітається вітроколесом;

$C_p$  - параметр, який характеризує ефективність використання вітроколесом енергії вітровим потоком і називається коефіцієнтом потужності;

$\Phi_u$  - функція розподілу ймовірності швидкості вітру.

Під час обробки експериментальних даних для моделювання добового надходження вітрової енергії згідно з фактичним розподілом ймовірності вітру має аналітичний розподіл Вейбула:

$$\Phi_u = \frac{k}{c} \left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^k\right] \quad (3)$$

де  $k$  – параметр розсіювання ( $k=1,6-3,0$ );

$c$  – параметр положення (як правило  $c \approx 2\bar{u}/\sqrt{\pi}$ ).

Якщо густину повітря рахувати постійною, то для обчислення інтегралу (2) необхідно знати тільки залежність коефіцієнту  $C_p$  від швидкості потоку повітря, що набігає. Для цього розіб'ємо весь швидкісний діапазон на чотири ділянки, визначив швидкість вітру  $u_{min}$ , при якій ВЕУ вмикається; швидкість  $u_{ном}$ , при якій ВЕУ досягає номінальної потужності;  $u_{max}$ , при перевищенні якої ВЕУ відключається. Тоді для  $E_u$  отримаємо вираз

$$E_u = \begin{cases} 0, & \text{при } u < u_{min} \\ (a'u^3 + b'u^2 + c'u + d'P_{ном})\Phi_{u_{min} < u < u_{ном}}T, & \text{при } u_{min} \leq u < u_{ном} \\ P_{ном}\Phi_{u_{ном} < u < u_{max}}T, & \text{при } u_{ном} \leq u < u_{max} \\ 0, & \text{при } u \geq u_{max} \end{cases} \quad (4)$$

де  $P_{ном}$  - номінальна (проектна) потужність ВЕУ;

$a', b', c', d'$  - параметри, які залежать від технічних характеристик ВЕУ.

З відношень (1)-(4) бачимо, що необхідними вхідними даними для побудови моделі є середньодобові значення швидкості вітру  $\bar{u}$ , м/с, на відомій висоті  $H_0$ , м; показник  $b$ , який характеризує рельєф поверхні; середньорічне значення густини повітря  $\rho_{ср}$ , кг/м<sup>3</sup>, яка характерна для досліджуваного району; параметри різних ВЕУ. Вихідними параметрами моделі є добові суми вітрової енергії, яка може бути перетворена ВЕУ кожного типу у корисну роботу, і значення безрозмірних параметрів  $c$  і  $k$  розподілу Вейбула.

Середньодобова енергія для порівняння з виразом (2) та розраховується:

$$E_N = \frac{A \rho_N C_{pmax}}{2} \sum_{i=1}^{144} u_i^3 t_i = \frac{A C_{pmax} \mu_a}{2} \frac{P_N}{R (273 + \tau_N)} \sum_{i=1}^{144} u_i^3 t_i \quad (5)$$

де  $u_i$  - середня швидкість вітру протягом  $i$ -того десятихвилинного інтервалу  $t_i$  діб N;

$\mu_a$  – молярна маса повітря;

$R$  - універсальна газова постійна;

$P_N, \tau_N$  - середньодобові значення атмосферного тиску, Па, і температури, °C, для діб N.

**Висновок.** Таким чином, при моделюванні вітрової потенціалу можна більш точно прогнозувати енергію вітру та його швидкість, тим самим заздалегідь знати скільки енергії буде виробляти та чи інша ВЕУ.

#### Список використаних джерел

1. Advanced Wind Turbine Conceptual Study/ Final Report, August 1990 – March 1992. – R. Lynette & Associates, July 1995. – 146 p. Report NREL/TP-441-692.

2. Трайвдел Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии.-М.: Энергопромиздат, 1990. – 392 с.

УДК 621.548 : 001.57

## КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВІТРЯНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Осіпов Д.І., магістрант

e-mail: demon.love.you@mail.ru

Науковий керівник

Лисенко О.В., к.т.н., доцент

e-mail: helga\_vl@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Робота присвячена комплексному методу розрахунку електричного генератора для вітряної електростанції в побуті. Розглянуті основні розрахунки електричного генератора.*

**Постановка проблеми.** Проблема забезпечення електроенергією в наш час стає все більш актуальною, враховуючи постійно зростаючі ціни на цей енергоносіє. Над вирішенням цього завдання борються вчені та інженери всього світу, але найбільш вдалим варіантом для широкого користувача були і залишаються вітряні генератори для дому, які використовуючи силу вітру, виробляють електричний струм [1].

**Формулювання цілей.** Розглянути основні розрахунки електричного генератора для вітряної електростанції побутового призначення.

**Основні матеріали дослідження.** Перетворення енергії вітру в електричну відбувається за допомогою вітрогенераторів - це генератори електричної енергії. Вітрогенератори сучасних конструкцій дозволяють економічно ефективно використовувати енергію навіть найслабших вітрів - від 4 метрів в секунду. [2]

Електричний генератор для вітряка побутового призначення повинен виробляти електроенергію в широкому діапазоні швидкостей обертання і мати здатність самозапуску без автоматики і зовнішніх джерел живлення.

Асинхронні генератори змінного струму або колекторні з ненамагніченим статором не підходять зовсім. При зменшенні сили вітру вони «згаснуть» задовго до того, як його швидкість впаде до мінімальної робочої швидкості вітру, і потім самі не запусяться.

При підборі генератора електричного струму для вітроелектростанції насамперед потрібно визначити частоту обертання вітроколеса. Розрахувати частоту обертання вітроколеса  $W$  (при навантаженні) можна за формулою:

$$W = \frac{V}{L} \cdot Z \cdot 60, \quad (1)$$

де  $V$  - швидкість вітру, м/с;

$L$  - довжина кола, м,  $L = \pi \cdot D$ ;

$D$  - діаметр вітроколеса;

$Z$  - показник швидкохідності вітроколеса (наведено в таблиці 1).

Таблиця 1 – Показник швидкохідності вітроколеса

Число лопатей	1	2	3	6	12
Показник швидкохідності $Z$	9	7	5	3	1,2

Якщо в цю формулу підставити дані для вибраного вітроколеса діаметром 2 м і 6 лопатями, то отримаємо частоту обертання. Залежність частоти від швидкості вітру наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 - Обороти вітроколеса діаметром 2 м з шістьма лопатями в залежності від швидкості вітру

Швидкість вітру, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Число обертів, об/хв	29	57	86	115	143	172	201	229	258	287	315	344

Приймемо максимальну робочу швидкість вітру рівний 7-8 м/с. При більш сильному вітрі робота вітрогенератора буде небезпечною і повинна буде обмежуватися. Як ми вже визначили, при швидкості вітру 8 м/с максимальна потужність вибраної конструкції вітроелектростанції буде дорівнює 240 Вт, що відповідає частоті обертання вітроколеса 229 об/хв. Значить, потрібно підібрати генератор з відповідними характеристиками.

Слід підібрати тихохідний генератор, щоб закріпити вітроколесо просто на валу генератора. Найбільш підходить для цього веломотор, спеціально розроблений для мотор-колеса велосипедів. Такий веломотор має низькі робочі обороти, і можуть легко працювати в режимі генератора. Наявність постійних магнітів в цьому типі двигуна свідчить про відсутність проблем з збудженням генератора як у випадку, наприклад, з асинхронними двигунами змінного струму, у яких, зазвичай, використовуються електромагніти (обмотка збудження). Без підживлення струмом обмотки збудження такий двигун не буде виробляти струм при обертанні.

До того ж перевага веломоторів полягає в тому, що вони відносяться до безколекторних двигунів, тобто не вимагатимуть заміни щіток. В таблиці 3, представлений приклад технічних характеристик веломотору потужністю 250 Вт. Як бачимо з таблиці, цей веломотор відмінно підійде в якості генератора для «вітряка» потужністю 240 Вт і з максимальними оборотами вітроколеса 229 об / хв.

Таблиця 3 - Технічні характеристики веломотору потужністю 250 Вт

Показник	Значення
Виробник	Golden Motor (Китай)
Номінальна напруга живлення	24 В
Максимальна потужність	250 Вт
Номінальні обороти	200 об / с
Обертний момент	20 Нм
ККД	81%
Тип живлення статора	безколекторний

**Висновок.** Таким чином, при виборі електричного генератора для вітрової станції побутового призначення можна приблизно розрахувати параметри цього генератора за даним методом.

#### Список використаних джерел.

1. Выбор генератора для домашней ветроэлектростанции - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://bazila.net/energetika-i-radioelektronika/kak-vybrat-generator-dlya-domashnej-vetroelektrostantsii.html>
2. Самодельный ветрогенератор для дома и дачи: принципы работы, схемы, какой и как сделать - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://voprosremont.ru/elektrika/samodelnyj-vetryak/>
3. Ветрогенератор своїми руками - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://ibud.ua/ru/statya/vetrogenerator-svoimi-rukami-100873>

УДК 621.313.522

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МГД-ГЕНЕРАТОРІВ В ПРОМИСЛОВОСТІ

Ніфантьєв О.М., магістрант

e-mail: Aleks181092@yandex.ua

Ткаченко О.О., магістрант

Мінза Д.В., магістрант

Науковий керівник

Адамова С.В., асистент

e-mail: adamova\_sv@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Робота присвячена розгляду особливостей МГД-генераторів.*

*Розглянуті основні переваги і недоліки МГД-генераторів.*

**Постановка проблеми.** В даний час велика увага приділяється зниженню витрат на електроенергію. Підвищення ККД пристроїв, що перетворюють енергію природного палива в електричну надасть змогу зменшити обсяги споживання природного палива, що в свою чергу призведе до зниження собівартості електроенергії.

За останні роки широкого розповсюдження набула задача пошуку альтернативних методів перетворення енергії природного палива в електричну [1], які дозволять суттєво знизити витрати на вироблення електроенергії.

**Формулювання цілей/** Розглянути будову та принцип дії МГД-генераторів і можливість їх використання у промисловості.

**Основні матеріали дослідження.** На сьогоднішній день основне джерело енергії для людини - природне паливо: вугілля, нафта, газ. Для того, щоб ефективніше використати ці запаси необхідно підвищувати коефіцієнт корисної дії пристроїв, що перетворюють енергію природного палива в електричну. Як відомо, ККД теплової машини збільшується при збільшенні різниці між максимальною і мінімальною температурами робочого тіла. Мінімальна температура обмежена температурою навколишнього середовища, в той час як максимальна температура - міцністю лопатей турбін - бо міцність всіх металів падає з ростом температури, а на рухомі деталі припадають найбільші навантаження. Лопаті турбін ТЕС працюють «на межі», і одна з основних турбот турбобудівників - отримання матеріалів, що володіють високою міцністю при високих температурах. У кращих ТЕС досягнутий ККД 35-40%. Якщо ми хочемо збільшити ККД за рахунок підвищення температури робочого тіла, треба шукати спосіб перетворення енергії гарячого газу в електричну енергію, що не вимагає від матеріалів високої міцності.

Один з таких способів – перетворення енергії за допомогою магніто-гідродинамічного генератора. Магнітогідродинамічний (МГД) генератор - пристрій для перетворення кінетичної енергії рідкої або електропровідного середовища, що рухається в магнітному полі, в електричну енергію. Він заснований на явищі електромагнітної індукції, але в якості провідника який рухається в магнітному полі використовується плазма або провідна рідина (електроліти і рідкі метали).

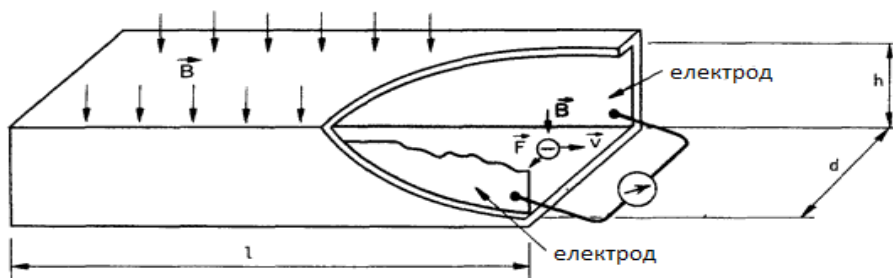


Рис. 1. Принципова схема МГД-генератора

Уявімо собі трубу, зроблену з електроізолюючого матеріалу, яка має на двох протиле-



жних стінках зсередини електроди. Труба поміщена в магнітне поле. Всередині труби рухається струмінь гарячого газу. Нехай газ в МГД- каналі (так називають трубу з електродами на внутрішніх стінках) рухається зліва направо зі швидкістю  $V$ , а індукція  $B$  магнітного поля спрямована так, як показано на рисунку 1. Якщо в газі, що рухається по МГД- каналу, є вільні електрони, то під дією сили Лоренца  $F$  вони будуть дрейфувати в газі в напрямку до найближчого до нас (рис. 1) електроду і накопичуватися на ньому. В результаті між електродами на стінках МГД- каналу буде створюватися різниця потенціалів. Якщо ми підключимо до електродів електричне навантаження, то по ланцюзі навантаження буде протікати струм. Отже, задача вирішена - помістивши потік гарячого газу в трубу з двома електродами і магнітне поле, ми зробили генератор електричної енергії. Механізм виникнення струму в МГД-генераторі такий же, як і в будь-якому електричному генераторі - струм виникає в провіднику, що рухається в магнітному полі. Але тільки в електричних генераторах ці провідники металеві і тверді, а в МГД- генераторі це - гарячий газ.

З першого погляду ці генератори влаштовані досить просто. У камері згорання спалюється паливо, і в соплі, схожому на ракетне, продукти згорання (гази, розширюючись, збільшують швидкість до надзвукової). Це сопло знаходиться між полюсами сильного електромагніта, а всередині сопла, на шляху розпечених газів, встановлені електроди. Магнітне поле «сортує» негативно заряджені електрони та позитивно заряджені іони газу, направляючи їх по різних траєкторіях. Ці потоки заряджених частинок викликають появу електричних зарядів на електродах, а якщо їх поєднати, то і електричний струм.[2]

Для створення електропровідності газу, його необхідно нагрівати до температури термічної іонізації (близько 10000 °К). При менших температурах газ збагачують парами лужних металів, що дозволяє знизити температуру суміші до 2200-2700 °К.

На відміну від МГД- генератора з рідким робочим тілом, де генерування електроенергії йде тільки за рахунок перетворення частини кінетичної або потенційної енергії потоку при постійній температурі, в МГД- генераторах з газовим робочим тілом принципово можливі три режими:

- Із збереженням температури і зменшенням кінетичної енергії;
- Із збереженням кінетичної енергії і зменшенням температури;
- Зі зниженням температури і кінетичної енергії.

Переваги МГД- генераторів: [3]

- Дуже висока потужність, до декількох мегават на малу установку;
- В ньому не використовуються обертові деталі, отже, відсутні втрати на тертя.

Розглянуті генератори є об'ємними машинами - в них протікають об'ємні процеси. Зі збільшенням обсягу зменшується роль небажаних поверхневих процесів (забруднення, струмів витоку). У той же час збільшення об'єму, а з ним і потужності генератора практично нічим не обмежена (і 2 ГВт, і більш), що відповідає тенденції зростання потужності одиничних агрегатів.

- При більш високому к. п. д. МГД- генераторів суттєво зменшується викид шкідливих речовин, які зазвичай містяться у відпрацьованих газах.

- Великий успіх в технічній відпрацюванні використання МГД- генераторів для виробництва електричної енергії був досягнутий завдяки комбінації магнітогідродинамічної щаблі з котельним агрегатом. У цьому випадку гарячі гази, пройшовши через генератор, не викидаються в трубу, а обігрівають парогенератори ТЕС, перед якими поміщена МГД - щабель. Загальний ККД таких електростанцій досягають небувалої величини - 65% Висока маневреність.

Недоліки МГД- генераторів: [3]

- Необхідність застосування жароміцних матеріалів. Загроза розплавлення. Температура 2000 - 3000 К. Хімічно активний і гарячий вітер має швидкість 1000 - 2000 м/с
- Генератор виробляє тільки постійний струм. Створення ефективного електричного ін-



вертора для перетворення постійного струму в змінний.

- Середовище в МГД- генераторі з відкритим циклом - хімічно активні продукти згоряння палива. В МГД- генераторі із замкнутим циклом - хоча і хімічно неактивні інертні гази, але зате дуже хімічно активна домішка (цезій)

- Робоче тіло потрапляє в так званий МГД- канал, де і відбувається виникнення електрорушійної сили. Канал може бути трьох видів. Надійність і тривалість роботи електродів - загальна проблема всіх каналів. При температурі середовища в кілька тисяч градусів електроди вельми недовговічні.

- Незважаючи на те, що генеруюча потужність пропорційна квадрату індукції магнітного поля, для промислових установок потрібні дуже потужні магнітні системи, набагато могутніші, ніж досвідчені.

- При температурі газу нижче 2000° С в ньому залишається так мало вільних електронів, що для використання в генераторі вона вже не годиться. Щоб не витратити даремно тепло, потік газу пропускають через теплообмінники. У них тепло передається воді, а утворився пар подається в парову турбіну.

- На даний момент найбільш широко вивчені і розроблені плазмові МГД- генератори. Інформації про МГД- генераторах, що використовують в якості робочого тіла морську воду, не знайдено.

**Висновок.** В цілому етап концептуальних пошуків в області МГД- генераторів в основному пройдено. На сьогоднішній день дослідження і розробки МГД- генераторів широко розгорнуті в США, Японії, Нідерландах, Індії, Китаї, Росії та інших країнах. В даний час на Рязанській ГРЕС використовується головний МГД- енергоблок 500 МВт. При встановленій потужності понад 610 МВт видача потужності МГД- енергоблока в систему становить 500 МВт за рахунок значної витрати енергії на власні потреби в МГД- частини. Коефіцієнт корисної дії МГД-500 перевищує 45 %, питома витрата умовного палива складе приблизно 270 г/(кВт ч). [4]

#### Список використаних джерел.

1. [http://livescience.ru/article\\_69/](http://livescience.ru/article_69/) «Живая наука»
2. Ашкинази Л. МГД–генератор //Квант, 1999, № 11, С. 2–8
3. Рыжкин В. Электростанции газотурбинные, парогазовые, атомные и с МГД-генератора-ми/ /Тепловые электрические станции,1997,гл 25.
4. <http://www.naukadv.ru/pribery/mgd-generator.html> «Физика машин»

УДК 621.548 : 001.57

## КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРУ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ

Іванова А.В., магістрант

e-mail: anastasia1602ivanova@gmail.com

Науковий керівник

Адамова С.В., асистент

e-mail: adamova\_sv@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет

Робота присвячена комплексному методу розрахунку сонячного колектору для гарячого водопостачання будинків. Розглянуті основні розрахунки параметрів сонячного колектору.

**Постановка проблеми.** В даний час велика увага приділяється зниженню затрат на електроенергію. Використання сонячних колекторів для ГВ будинків дасть можливість економити електроенергію, газ, вугілля [1].

**Формулювання цілей.** Розглянути основні розрахунки при виборі сонячного колектору та визначити переваги та недоліки використання сонячних колекторів в побуті.

**Основні матеріали дослідження.** Сонячні колектора на вакуумних трубках використовуються для гарячого водопостачання та підтримки опалення в будинку. Вакуумні сонячні колектора ефективні на протязі всього року у всіх регіонах України [2].

Визначення параметрів сонячних колекторів є вкрай необхідною процедурою при виборі найбільш оптимального водонагрівача пристрою. Розрахунок сонячного колектора виконується в наступній послідовності.

1. Визначаємо добові потреби в гарячій воді

Наприклад, витрати гарячого водопостачання за лічильником за місяць становить 4,5 куба або 4500 літрів, тоді в день споживається близько 150-200 літрів. У такому випадку можна застосувати усереднені дані - на людину в добу витрачається 40-50 л нагрітої води.

2. Визначаємо сонячну інсоляцію в місці проживання

Кількість сонячної радіації (теплова енергія, світло), що надходить на 1 м<sup>2</sup> поверхні, розташованої перпендикулярно сонячним променям за один світловий день називається сонячною інсоляцією[3]. Оскільки ми проживаємо в Запорізькій області, дані про сонячну активність для даного регіону представлена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Таблиця сонячної інсоляції в Запорізькій області

Місто	Січн	Лют	Бер	Квіт	Трав	Чер	Лип	Сер	Вер	Жов	Лис	Груд	Сере- дне
Запоріж- жя	1,21	2,00	2,9 1	4,20	5,62	5,72	5,8 8	5,18	3,87	2,44	1,2 5	0,95	3,44

Розрахунок сонячного водонагрівача можна вести за середньо-річним показником активності сонця, але рекомендується вибрати середній показник за місяці з травня по вересень. Вибір колектора за цим показником дозволить позбавитися від перегріву системи в сонячні літні місяці.

В нашому прикладі сонячна інсоляція в найбільш активні місяці становитиме:

$$\text{Середнє} = \frac{5,62+5,72+5,88+5,18+3,87}{5} = 5254 \text{ Вт} \cdot \text{год.}$$

Тобто 5254 Вт\*год на метр квадратний за добу.

3. Обираємо сонячний нагрівач води

Для компенсації даного спрощення приймаємо кількість сонячної енергії на одиницю площі за одиницю часу рівним:

$$W = 5254 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 / \text{добу}.$$

Теплоємність води становить:

$$Q = 1.15 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{кг}.$$

Іншими словами, для того щоб нагріти 1 кг або літр води на 1°C необхідно до даного обсягу прикласти 1,15 Вт\*год енергії.

Визначимо, який об'єм води можна нагріти колектором за допомогою сонця  $S = 1 \text{ м}^2$  на 1°C за один день або добу. Для цього скористаємося формулою:

$$V = \frac{S \cdot W}{Q}.$$

Підставивши числа, отримаємо:

$$V = \frac{1 \cdot 5254}{1.15} = 4568,7 \left[ \text{м}^2 \cdot \frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{Вт}} \right].$$

Після всіх скорочень отримаємо, що сонячний водяний колектор площею  $S = 1 \text{ м}^2$  за один день нагріє 4568,7 кг води на 1°C.

З розрахунку видно, що якщо нам необхідно підігріти воду з 15°C до 60°C = 45°C, то за світловий день наш геліоколектор підготує 101,5 л.

Оскільки нам потрібно 200 л, тоді потрібно зібрати площу геліополя, яка дорівнює:

$$S = \frac{200}{101,5} = 1.97 \text{ м}^2.$$

В нашому прикладі підходить як колектор на 18 вакуумних трубок (наприклад, типу СК-18-1800 фірми «Елим Україна»), але рекомендується вибрати сонячний колектор з 24-ма трубками. Велика площа дозволить отримувати в зимовий час необхідний нам обсяг гарячої води. А щоб у літній період не було надлишку тепла, необхідно буде при установці на 10 градусів зменшити кут нахилу колектора.

4. Вибираємо бойлер накопичувач для зберігання води

Вибрати акумуляуючий бак значно простіше: обсяг води, від якого ми відштовхувалися в нашому розрахунку, помножуємо на 1,5 і отримуємо обсяг бойлера в літрах. Визначаємо, скільки теплообмінників в баку ми бажали б мати: один або два змієвика. Рекомендуємо обирати бак з двома змієвиками. Це дозволить підключити додатковий нагрів води основним генератором тепла, або ж надалі розширити сонячний водонагрівач до системи сонячного опалення будинку.

**Висновок.** Таким чином, даний метод допоможе самостійно розрахувати та обрати сонячний колектор для гарячого водопостачання. Правильно підібрана геліосистема здатна повністю забезпечити дім гарячою водою, нагрітої Сонцем, на протязі всього року, а також економити до 40% ресурсів (газ, електроенергія) на опаленні в холодний час.

**Список використаних джерел.**

1. Расчет солнечного коллектора - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://teplovoynasos.com/solnechnie\\_batarei/raschet-solnechnogo-kollektora](http://teplovoynasos.com/solnechnie_batarei/raschet-solnechnogo-kollektora)
2. Солнечные коллекторы (солнечные водонагреватели) - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://termoteh.at.ua/index/solnechnye\\_kollektory\\_solar\\_waterheater/0-20](http://termoteh.at.ua/index/solnechnye_kollektory_solar_waterheater/0-20)
3. Расчет и выбор солнечного коллектора для горячего водоснабжения - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://stab-elim.com.ua/solnechnie\\_nagrevateli/raschet\\_solnechnogo\\_kollektora.php](http://stab-elim.com.ua/solnechnie_nagrevateli/raschet_solnechnogo_kollektora.php)

УДК 621.577

## РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Даценко М.В., магістрант

Науковий керівник

Адамова С.В., асистент

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: max-martin-max@mail.ru

e-mail: adamova\_sv@ukr.net

У статті розглядаються основні аспекти розрахунку параметрів теплового насоса.

**Постановка проблеми:** Одними з найпоширеніших за останні роки є нетрадиційні джерела енергії, в тому числі теплові насоси, які живляться від накопичуваної енергії у водоймах, ґрунті, геотермальних джерелах, технологічних викидах. Тому важливо вміти розраховувати основні параметри цих систем.

Використання поновлюваних джерел енергії, особливо нетрадиційних, які раніше або зовсім не використовувалися, або використовувалися в дуже обмежених масштабах, є одним із шляхів зниження витрат.

**Формулювання цілей.** Визначити основні параметри роботи теплового насоса.

**Основні матеріали дослідження.** Безумовно, основним показником теплового насоса є його потужність. Для визначення параметрів зазначеної величини необхідно мати такі данні:

- Теплові втрати споруди;
- Споживання теплової енергії;
- Різновид опалювальної системи, що застосовується на об'єкті.

У промислових і приватних будівлях сумарні тепловтрати складаються: з втрат теплової енергії через всілякі огорожувальні конструкції (стіни, вікна, двері, стеля, підлога) і витрати теплової енергії необхідного для обігріву повітря, що надходить до приміщення через нещільності в захисних спорудах.

При цьому рівень тепловтрат через огорожувальні конструкції може бути визначений за такою формулою:

$$Q = (F \cdot (t_{\text{вн}} - t_3) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n) / R_0, \quad (1)$$

де:  $t_3$  - температура повітря зовні об'єкта (°C);

$t_{\text{вн}}$  - внутрішня температура приміщення (°C);

$F$  - сумарна площа стін всієї споруди (м<sup>2</sup>);

$n$  - коефіцієнт, який враховує розташування об'єкта щодо зовнішнього повітря.

Для споруд з перекриттями, безпосередньо контактують із зовнішнім повітрям  $n=1$ ; для об'єктів з горіщними перекриттями  $n=0,9$ ; якщо ж об'єкт розташований над неопалюваним підвалом  $n=0,75$ ;

$\beta$  - додаткові тепловтрати, які залежать від типу огорожувальних конструкцій і умов географічної орієнтації. Даний коефіцієнт розташовується в діапазоні від 0,05 до 0,27 і підбирається за спеціальними таблицями.

$R_0$  - опір теплопередачі може бути визначено за наступним виразом:

$$R_0 = 1/\alpha_g + \sum (\delta_i / \lambda_i) \cdot + 1/\alpha_3, \quad (2)$$

де:  $\delta_i/\lambda_i$  - коефіцієнт теплопровідності. Залежить від матеріалу шару і його габаритних параметрів;

$\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожуючих конструкцій (Вт/м<sup>2</sup>·°C);

$\alpha_6$  - коефіцієнт теплосприйняття внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції (Вт/м<sup>2</sup>·°C);

Дані змінні теплосприйняття і тепловіддачі можуть бути підібрані з індивідуальних особливостей об'єкта.

Сумарні тепловтрати всієї споруди можуть бути визначені за формулою:

$$Q_{тв} = Q_{огр} + Q_{инф} + Q_{поб} \quad (3)$$

де:  $Q_{поб}$  - тепловиділення від функціонування побутових приладів у будинку. Зазвичай цей параметр для житлових об'єктів приймається в розмірі 15-20 Вт на 1 м<sup>2</sup> опалювальної площі;

$Q_{инф}$  - витрата теплової енергії, необхідної для підігріву повітря, що надходить в приміщення через нещільності захисних елементів.

Наступним етапом стане визначення необхідної кількості тепла для кожного індивідуального об'єкта. Розрахувати це можна за формулою:

$$Q_d = 24 \cdot 0,63 \cdot Q_{тв} (d \cdot (t_{вн} - t_{з.ср}) / (t_{вн} - t_3)), \quad (4)$$

де:  $t_{вн}$  - температура повітря всередині приміщення, зазвичай приймається 20 °C;

$t_3$  - зовнішня температура навколишнього повітря, приймається в діапазоні -15; -20; -25 °C;

$t_{з.ср}$  - середньоарифметична температура навколишнього повітря за період опалювального сезону;

$d$  - кількість днів опалювального сезону;

$Q_{тв}$  - сумарні тепловтрати всього об'єкта.

Крім цих значень необхідно додати частку теплової енергії необхідної для підігріву гарячої води:

$$Q_{зв} = L \cdot 17, \quad (5)$$

де:  $L$  - обсяг щоденного нагріву води до 50 ° C, що приймається в розмірі 50 літрів на день.

Загальні витрати теплової енергії визначаються підсумовуванням двох представлених параметрів:

**Висновок.** Визначили метод розрахунку основних параметрів теплового насоса для визначення його потужності. Таким чином, розрахунок теплових насосів показує, що для людей, охочих володіти не тільки енергетичною незалежністю, а й прагнуть ефективно вкладати свої гроші, придбання та встановлення ТН стане правильним вкладенням.

#### Список використаних джерел

1. Расчет мощности теплового насоса [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://teplovoynasos.com/teplovie\\_nasosy/raschet-moshhnosti-teplovogo-nasosa](http://teplovoynasos.com/teplovie_nasosy/raschet-moshhnosti-teplovogo-nasosa) - Назва з екрану.
2. Расчет параметров теплового насоса [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.kotell1991.ru/pages/1328/> - Назва з екрану.
3. Рае Перяла. Тепловые насосы. / Рае Перяла – Алфамер Паблшинг, 2011.– 112 с.

УДК 621.311.2

## ГЕЛІОСИСТЕМИ – ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ МАЙБУТНЬОГО

**Мамонтов Р.В., 2 курс**

*Науковий керівник*

**Миронець С.Д., викладач спеціалізації**

*ВСП «Мелітопольський коледж Таврійського державного агротехнологічного університету»*

*Робота присвячена питанню використання сонячної енергії як нетрадиційного енергоресурсу та впровадженням енергозберігаючих технологій.*

**Постановка проблеми.** В даний час питанням використання поновлюваних джерел енергії приділяється велика увага. Ці джерела енергії розглядаються як істотне доповнення до традиційних. Серед відновлюваних джерел енергії сонячна радіація за масштабами ресурсів, екологічною чистотою і повсюдною поширеністю найбільш перспективна.

У нашій країні споживається значна частина первинних енергоресурсів, при цьому собівартість органічного палива зростає швидкими темпами, загострюються екологічні проблеми, пов'язані із забрудненням навколишнього середовища, особливо при збільшенні масштабів споживання низькосортного твердого палива. З урахування приведених факторів є актуальним використання нетрадиційних енергоресурсів, в першу чергу сонячної, вітрової, геотермальної енергії, разом з впровадженням енергозберігаючих технологій.

Особливо актуальним є застосування сонячних установок для індивідуальних споживачів, особливо в сільській місцевості. Розширення масштабів застосування сонячних установок дасть значну економію енергоресурсів і дозволить пом'якшити екологічну ситуацію.

**Аналіз останніх досліджень.** Широке впровадження сучасних поновлюваних джерел енергії є одною з тенденцій у області енергозберігаючих технологій останніх років. Застосування нетрадиційних енергоресурсів дозволяє знизити споживання електричної енергії, споживаної потужності, покращити умови життя, а також зменшити величину розходів.

**Мета статті.** На сучасному етапі розвитку нашої країни дуже важливим є застосування нетрадиційних енергоресурсів, таких як сонячна енергія. Особливого значення набуває це питання у енергоємних технологіях. Важливим є обґрунтування економічної доцільності зменшення частки електричної енергії за рахунок впровадження приладів використання сонячної енергії в умовах домашнього господарства, так як велика частка заробітку населення України йде на сплату при використанні електричної енергії.

### **Основні матеріали дослідження.**

Сучасні реалії такі, що з кожним роком охочих використовувати альтернативні джерела опалення стає все більше і більше. На самому початку розвитку подібних технологій багатством здавалося, що це всього лише ідеї, що носять концептуальний характер. Проте з часом високотехнологічний і економічний спосіб обігріву став реальним конкурентом традиційному способу опалення замиського житла.

Сучасне опалення на сонячних батареях виводить просте, буденне опалення будинку на абсолютно новий рівень. Класична схема обігріву житлового будинку не приносить бажаного ефекту, хоча використовується при цьому не малий обсяг енергоресурсів (природний газ, мазут, вугілля і т.д.).

Сонячне опалення будинку - перспективний і дуже екологічний метод опалення житлового будинку, при якому основним джерелом енергії є сонячні промені. Опалення будинку сонячною енергією є простим, але в той же час і дуже різноманітним процесом.

У сонячних колекторах використано конвертацію енергії сонячного випромінювання в теплову енергію. Використання в опалювальній системі будинку сонячного колектора дає хорошу економію енергоресурсів, які йдуть на нагрівання побутової води. Це досягається за рахунок чудової здатності світлового поглинання розташованих усередині колектора трубок.

Колектори, що працюють на сонячному теплі, стають доступнішими для пересічних споживачів теплової енергії і вважаються одним з найбільш ефективних варіантів використання енергії сонячних променів.

Для того, щоб система із сонячних батарей працювала й подавала енергію в мережу, потрібно встановити ряд електроприладів, зокрема: інвертор, що перетворить постійний струм у змінний; акумуляторну батарею, роль якої накопичувати енергію й згладжувати перепади напруги через зміну освітленості; контролер заряду акумулятора, який не дозволяє акумулятору перезарядитися або розрядитися завчасно. Усе це в комплексі називається автономною системою енергопостачання на основі сонячних батарей.

Незважаючи на порівняно низький ККД сонячна батарея є найбільш ефективним джерелом електрики серед альтернативних і автономних джерел енергії. Однак через досить високу вартість сонячної батареї, а головне залежності від погодних умов, їх у більшості випадків позиціонують не як основне, а як додаткове джерело енергії. Це зумовлено двома причинами, досить високою вартістю самих сонячних батарей, і порівняно невеликим виходом енергії з одиниці площі.

Чому є сенс переходити на альтернативні джерела енергії? Світові запаси паливних ресурсів, що залишилися у розвіданих родовищах, оцінюються наступним чином: нафта залишилося на 35-40 років; газу – на 60 - 70 років; вугілля – на 400 років; урану – на 40-50 років. Енергія сонця необмежена. Перераховані джерела, виключаючи Сонце, екологічно небезпечні і, крім того, будуть дорожчати з кожним роком по мірі їх виснаження.

На нагрівання 100 літрів води до температури 55 °С необхідно витратити: дизельного палива у еквіваленті 5,83 грн.; витрат тепломережі - 4,50 грн.; електроенергії - 4,36 грн.; дров - 3,06 грн.; вугілля - 2,90 грн.; газу - 1,65 грн.

У разі застосування сонячного колектора, всі витрати обумовлені одноразовим вкладенням в покупку і установку геліосистеми, яка працюватиме впродовж 20-30 років.

Дана система позиціонується з точки зору зручності, автономності та збереження навколишнього середовища. Питання про фінансову вигоду і термінах окупності (від 3 до 5 років) не можуть бути стримуючим фактором у застосуванні нових технологій.

**Висновки.** Так як запаси вуглеводнів обмежені, це спонукає пошук нових шляхів вирішення проблеми енергетичного забезпечення. Існують достатньо широкі можливості застосування сонячних установок для приватного господарства, особливо в сільській місцевості. Розширення масштабів застосування сонячних установок не лише дає значну економію енергоресурсів, але і дозволяє пом'якшити екологічну ситуацію.

За результатами проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

- сонячні енергетичні системи потребують значних капіталовкладень, які мають перспективи значної окупності у найближчому майбутньому;
- побудована система дає можливість значної економії грошових коштів;
- така система дає значну незалежність від існуючих енергосистем;
- отримання екологічно чистого довкілля для усього людства.

#### **Список використаних джерел.**

- 1 Белоусов В.Н., Копытов Ю.В. Пути экономии энергоресурсов в народном хозяйстве. - М.: Энергоатомиздат, 1986 г. - 128 с.
- 2 Проценко А.Н. Энергетика сегодня и завтра. - М.: Мол. гвардия, 1987 - 220с.
- 3 Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. - М.: Энергоатомиздат, 1991.–208 с.
- 4 Как использовать энергию Солнца. Современные гелиосистемы. Режим доступа: [http://www.topauthor.ru/Kak\\_ispolzovat\\_energiyu\\_Solntsa\\_\\_Sovremennie\\_geliosistemi\\_e082.html](http://www.topauthor.ru/Kak_ispolzovat_energiyu_Solntsa__Sovremennie_geliosistemi_e082.html)

УДК 631.362.23

## ОТОПЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ОТРАБОТАНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Толкачов К. Б., магістрант

e-mail: kostyan3933@gmail.com

Научный руководитель

Стручаев Н. И., к.т.н., доцент

Таврический государственный агротехнологический университет

*Представлено исследование возможности модернизации котельной для отопления производственных помещений с целью уменьшения затрат денежных средств на приобретение топлива, путем установки оборудования работающего на вторичном сырье, а именно, на отработанном растительном масле и увеличения эффективности теплоснабжения сельскохозяйственного предприятия.*

**Постановка проблемы.**- В последнее время проблема обогрева помещений стала крайне острой в нашей стране. Повышение цены на газ вынуждает искать альтернативные источники энергии. Кроме того, многие украинские объекты теплоснабжения, построенные в середине прошлого, XX века и нуждаются в модернизации оборудования. Имеющиеся оборудование не позволяет обеспечить необходимый режим теплоснабжения объектов, тормозит дальнейшее развитие предприятий АПК.

Проблема обновления или модернизации оборудования котельных возникает при решении вопроса теплоснабжения производственных и жилищно-коммунальных зданий и сооружений. Так как в сложившейся ситуации строительство новых котельных затруднено, более выгодно модернизация существующих и перевод их на альтернативные виды топлива.

**Формулировка целей.** Исследование зависимости теплоты сгорания низшей рабочей отработанного растительного масла от процента жирности и возможности установки оборудования работающего на отработанном растительном масле для модернизации котельной с целью уменьшения затрат на отопление путем замены им природного газа.

**Основные материалы исследования.** Повышение цен на природный газ и остальные виды топлива, вынуждает использовать альтернативные и вторичные источники энергии. Отопление помещений имеет важное значение для обеспечения оптимальных условий труда, отдыха, хранения продуктов и сырья, а также при выполнении технологических процессов. Одним из альтернативных вторичных источников энергии является отработанное растительное масло. Теплота сгорания низшая рабочая при сжигании отработанного растительного масла выше чем у древесного угля, и практически не уступает природному газу.[1]

Растительное масло после использования в технологических процессах можно сжигать в котлах. В настоящее время большая часть развитых стран в той или иной степени развивают альтернативную энергетику, так как традиционные источники энергии исчерпаемы. Для производства биотоплива, используют в качестве исходного сырья биомассу, содержащую аккумулированную в форме углеводов солнечную энергию, в том числе и в виде различных растительных масел.

Группа исследователей, из университетов Ольстера, Лидса, Ньюкасла и нескольких китайских университетов, завершила работу над созданием принципиально новой системы Biofuel Micro Trigeneration (BMT). Эта система использует нерафинированные растительные масла.

Она может работать на нескольких разновидностях обычного растительного нерафинированного масла. В том числе, для ее работы можно использовать рапсовое, подсолнечное, касторовое масло. [2]

Мы исследовали зависимость теплоты рабочей низшей отработанного растительного подсолнечного масла от процента жирности (см. рис1.)



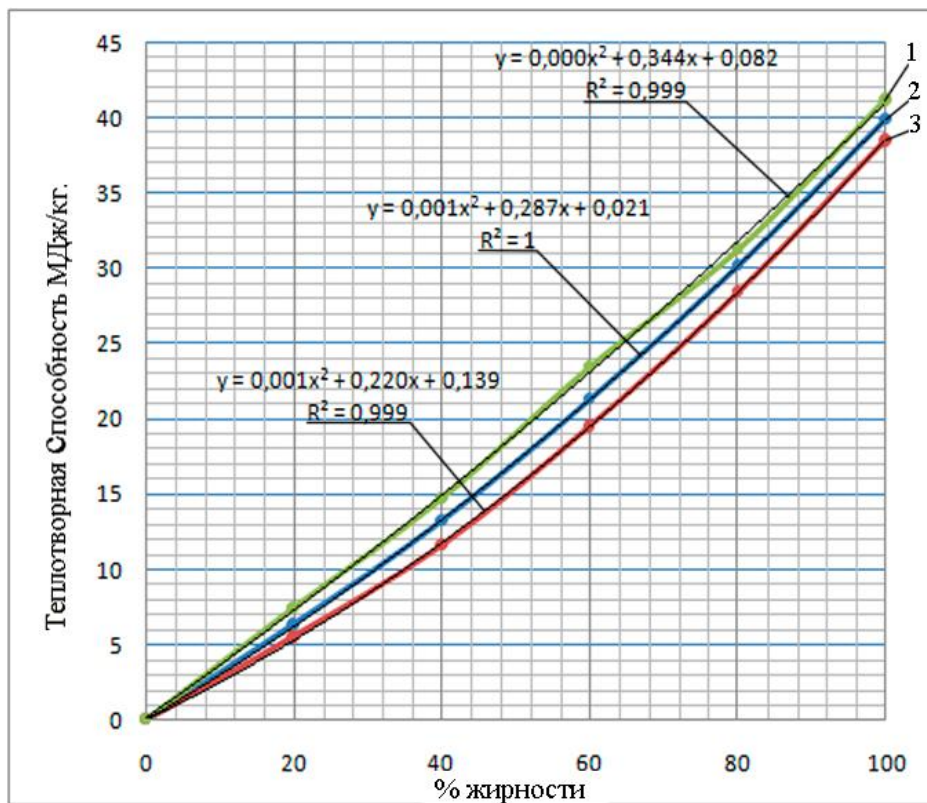


Рис 1. Зависимость теплоты сгорания низшей рабочей отработанного растительного масла (теплотворной способности) от процента жирности: 1 - касторовое масло; 2 - рапсовое масло; 3 - подсолнечное масло

Обработка экспериментальных данных позволила получить эмпирические зависимости теплоты сгорания низшей рабочей отработанного растительного масла (теплотворной способности) от процента жирности для: 1 - касторового масла; 2 - рапсового масла и 3 - подсолнечного масла

$$Q_p^H = 0,000w^2 + 0,344w + 0,082 \quad (1)$$

$$Q_p^H = 0,001w^2 + 0,287w + 0,021 \quad (2)$$

$$Q_p^H = 0,001w^2 + 0,220w + 0,139 \quad (3)$$

где  $Q_p^H$  – теплота сгорания низшая рабочая (теплотворная способность) отработанного растительного масла, МДж/кг.

w – процент жирности отработанного растительного масла, %.

Полученные формулы могут быть использованы при расчете состава нормализации топлива ( то есть состава, обеспечивающему постоянную теплотворную способность).

Перед подачей топлива в горелку его нужно подготовить. Для улучшения процесса сгорания отработанного растительного масла его подогревают в теплообменнике 3, что уменьшает вязкость и увеличивает энтальпию, и далее распыляют потоком подогретого воздуха в специальной газо-мазутной горелке 2. схема подготовки и подачи отработанного растительного масла приведена на рис.2

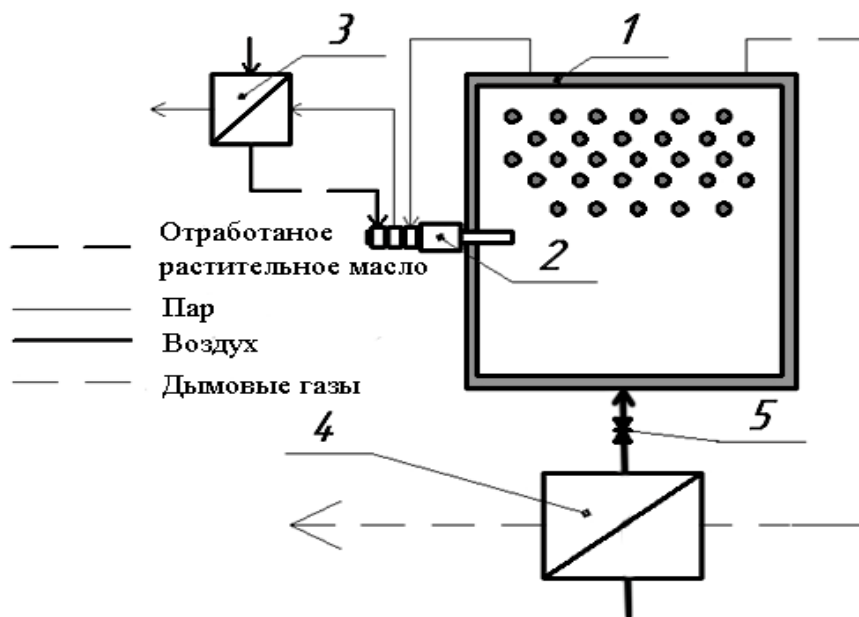


Рис. 2 – Схема подачи и подготовки отработанного растительного масла: 1, 2 – горелка газомазутная, 3 – пластинчатый теплообменник, 4 – рекуперативная установка, 5 – регулировочные клапаны

Расчет мощности котла производится по следующей формуле 4:

$$N_{\text{котла}} = 1,2 \cdot \frac{\sum_{i=0}^n Q}{\eta_{\text{котла}}} = 1,2 \cdot \frac{Q_{\text{от.}} + Q_{\text{г.в.}} + Q_{\text{в.}} + Q_{\text{т.н.}}}{\eta_{\text{котла}}} \quad (4)$$

- где  $N_{\text{котла}}$  - Мощность котла Вт;  
 $Q_{\text{от.}}$  - Нагрузка на отопление Вт;  
 $Q_{\text{г.в.}}$  - Нагрузка на горячее водоснабжение Вт;  
 $Q_{\text{в.}}$  - Нагрузка на вентиляцию Вт;  
 $Q_{\text{т.н.}}$  - Нагрузка на технологические нужды Вт;  
 $\eta_{\text{котла}}$  - Коэффициент полезного действия котла;

**Вывод.** Исследования показали, что данная схема подготовки и подачи отработанного растительного масла снижает затраты на отопление и может быть использован на предприятиях агропромышленных комплексов имеющих отработанное растительное масло.

**Список использованных источников.**

1. <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/3360>
2. <http://www.stroymart.com.ua/ru/publications/26906/>
5. Липов Ю. М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», 2005. – 592 с.
5. <http://www.biowatt.com.ua/trends/biotoplivo-kak-toplivo-budushhego/>

УДК 662.997

## ПРИСАДИБНИЙ КОГЕНЕРАЦІЙНИЙ ВІТРОПАРК ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Червонченко С., 3 курс

Науковий керівник

Жарков В.Я., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: easy\_money\_sniper@mail.ru

e-mail: zharkov\_victor@mail.ru

*Розглянуто стан малої, присадибної вітроенергетики у світі і в Україні. Запропонована конструкція присадибного когенераційного вітропарку для сільського господарства.*

**Постановка проблеми.** Енергія руху атмосферних потоків, тобто енергія вітру є перетвореною формою сонячної енергії. Відомо, що близько 1-2% сонячної енергії, що доходить до поверхні Землі, перетворюється на кінетичну енергію вітру, яка складає близько 2700 ТВт. Вітри, що дмуть над поверхнею континентів (якщо врахувати різні види втрат, а також можливості розміщення вітрових інсталяцій), мають енергетичний потенціал потужністю 40 ТВт. Лише 10% цієї потужності перевищує весь потенціал континентальної водної енергії та в 20 разів більше, ніж потужність всіх існуючих на сьогоднішній день у світі електростанцій.

На сьогоднішній день в нашій країні, крім великої вітроенергетики, необхідно розвивати малу, присадибну, для дачі. Без використання ВНЕ для автономного енергозбереження фермерських господарств в Україні на сучасному етапі не обійтись. Розуміючи важливість питання енергетичної безпеки держави Урядом вже зроблено перші кроки у цьому напрямі – прийнято Державну цільову економічну програму енергоефективності на 2010 – 2015 роки, прийнято закон «Про когенерацію».

**Аналіз останніх досліджень.** За нашими спостереженнями в Україні належної уваги МВЕУ не приділяється, хоча потенційних власників МВЕУ досить багато. Фактично в Україні МВЕУ потужністю до 0,5 кВт ніхто не враховує, до енергосистеми не приєднує, і нічого для їхнього поширення не робить. «Зелений» тариф на них не розповсюджується [1].

**Мета статті.** Обґрунтування і розробка когенераційного вітропарку.

**Основні матеріали дослідження.** Пропонована корисна модель належить до вітроенергетики, а саме - до комбінованого перетворення енергії вітру в інші корисні форми. Найбільш близьким аналогом пристрою, що заявляється, вибраним як прототип, є присадибна вітротеплова установка.

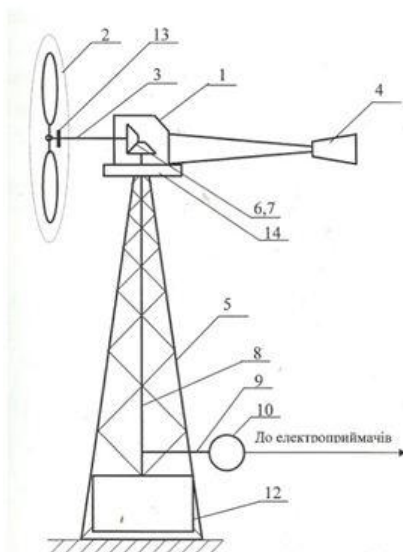


Рис. 1. Схема будови присадибної когенераційної вітроенергоустановки

КВЕУ [2] містить поворотну головку 1 з вітроколесом 2 на горизонтальному валу 3, хвіст 4 для установки вітроколеса 2 на вітер, встановлені на вершині ґратчастої вежі 5, горизонтальний вал 3 вітроколеса 2 через конічну пару шестерень 6,7 і вертикальний трансмісійний вал 8 з'єднаний кінематично з валом 9 електрогенератора 10, до статорної обмотки якого приєднані електроприймачі (умовно не показані), і окремо - з вихідним валом 11 індукційного перетворювача 12. Вітроколесо 2 закріплене на маточині 13, жорстко з'єднаний з горизонтальним валом 3.

Для виробництва теплоти використано запатентований в ТДАТУ індукційний перетворювач енергії вітру в теплоту (ІПЕВТ) [3], будова якого подана на рисунку 2.

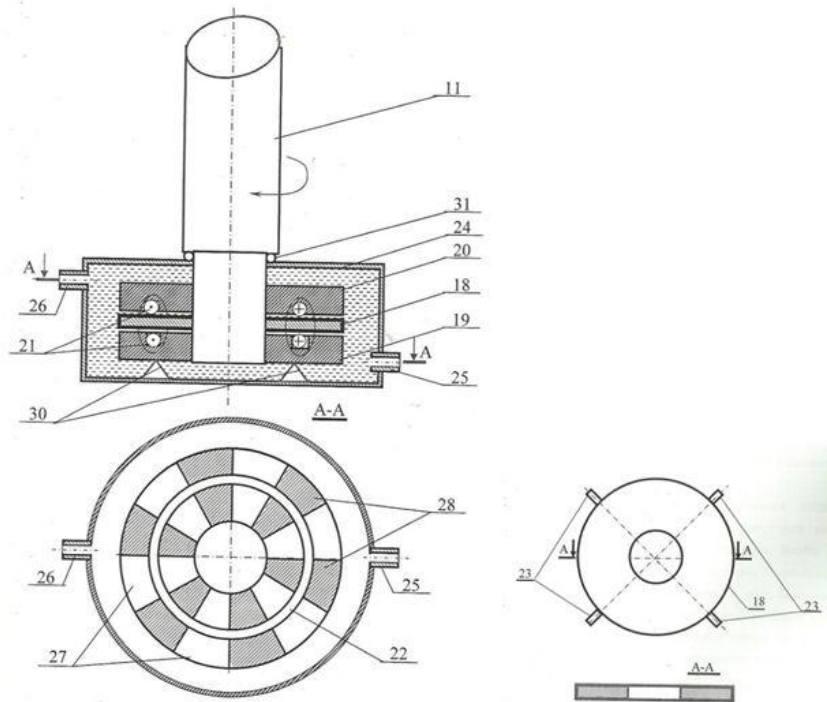


Рис. 2. Індукційний перетворювач енергії вітру в теплоту

На вихідному валу 11 індукційного перетворювача 12 жорстко закріплений дисковий ротор 18 з можливістю вільного обертання між нерухомими, співвісно розташованими дисковими [Додаток А] магнітопроводами 19,20 з зубчастою будовою прилеглих, дзеркально розташованих торцевих поверхонь. Індукційні обмотки 21 розташовані в кільцевій канавці 22 зубчастого торця кожного магнітопроводу 19,20. Дисковий ротор 18 виконаний із маловуглецевої сталі з високою магнітною проникливістю. Диск 18 покритий з обох боків шаром матеріалу з високою електропровідністю, наприклад міддю чи алюмінієм, і оснащений радіальними лопатями 23. Магнітопроводи 19,20 і дисковий ротор 18 установлений співвісно і поміщені в циліндричний резервуар 24 з входним 25 та вихідним 26 патрубками. Резервуар 24 виготовлений із немагнітного матеріалу, наприклад із термопластика, і заповнений рідиною.

Радіальні лопаті 23 розташовані симетрично на ободі дискового ротора 18 під кутом до спільної вертикальної вісі з робочим зусиллям в напрямку до вихідного патрубка 26. В прилеглих торцях дискових магнітопроводів 19,20 виконані радіальні пази 27 з постійним кроком і шириною утворених радіальних зубців 28, рівною ширині пазів 27. Зубчасті поверхні прилеглих торців нижнього 19 і верхнього 20 магнітопроводів розташовані дзеркально (зуб проти зуба, а паз проти паза), а їхні індукційні обмотки 21 збуджені постійним струмом в одному напрямку. Дискові магнітопроводи 19,20 закріплені в циліндричному резервуарі 24 на опорах 29. Радіальноупорний підшипник 30 забезпечує фіксований зазор між прилеглими торцями магнітопроводів 19,20 більший товщини дискового ротора 18.

В основу корисної моделі поставлена технічна задача створення присадибного когенераційного вітропарку за рахунок додаткового введення принаймні одного автономного ві-

троелектрогенератора на декілька вітротеплових установок. За рахунок цього забезпечується комбіноване виробництво теплової і електричної енергії, збільшується надійність роботи вітропарку, загальний ККД, а отже його продуктивність та економічність.

Поставлена задача вирішується тим, що присадибний когенераційний вітропарк[5], що містить декілька вітротеплових установок з вітродвигуном та ПЕВТ, який складається з дискових магнітопроводів з зубчастою будовою прилеглих поверхонь і індукційними обмотками збудження в кільцевих канавках, металевого дискового ротора, розташованого співвісно з дисковими магнітопроводами в ємності з теплоакумуючою рідиною, з можливістю вільного обертання між ними, з'єднаного кінематично з валом вітродвигуна, згідно з корисною моделлю, додатково містить принаймні один автономний вітроелектрогенератор [4], обмотки збудження кожного ПЕВТ через випрямляч і регулятор потужності приєднані до статорної обмотки вітроелектрогенератора.

**Висновок.** Використання багатополюсного синхронного електрогенератора дозволяє обійтися без додаткового мультиплікатора, що зменшує момент зрушення і збільшує ККД, а збудження від постійних магнітів дозволяє обійтися без додаткового електромашинного збуджувача, що підвищує надійність і загальний ККД вітроелектрогенератора.

Таким чином, запропонована корисна модель забезпечує надійність і економічність теплозабезпечення.

#### **Список використаних джерел**

1. Жарков В.Я. Малая ветроэнергетика: проблемы и пути решения/ В.Я. Жарков // Вестник аграрной науки Дона.-2013.-№3.- С. 45-53.
2. Присадибна когенераційна вітроенергоустановка/ В.Ю. Лучанінов, Д.М. Просвірін, О.А. Безверхий, В.А. Чорненький, В.Я. Жарков// IX Міжнародний Салон винаходів і нових технологій "Новий час", 26-28 вересня 2013 р., м. Севастополь, 2013.- С.345.
3. Пат. 61502 Україна, МПК F03D1/06, F03D9/00. Присадибна вітротеплова установка/ В.Я. Жарков, В.Ю. Лучанінов.- Заявл. 06.12.2010; Опубл. 25.07.2011.-Бюл.№14.
4. Жарков В.Я. Конструктивна схема багатополюсного синхронного вітрогенератора на постійних магнітах/ В.Я. Жарков, В.А. Чорненький//Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених, спеціалістів, аспірантів «Енергетика, енергозбереження на початку XXI століття»: Тези доповідей.- Маріуполь, ДВНЗ «ПДТУ», 2014.- С.53.
5. Пат. 95186 Україна, МПК F03D 3/06, F03D9/00 Присадибний когенераційний вітропарк./В.Я.Жарков, С.С.Червонченко. - Заявл. 07.07.14; опубл. 10.12.2014.- Бюл. №23.

УДК 621.548

## ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТИПІВ ВІТРОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Волков П.Є., 3 курс

Науковий керівник

Воронівський І.Б., к.т.н., доцент

E-mail: voronovsky@list.ru

Таврійський державний агротехнологічний університет

*В статті досліджується один з нетрадиційних способів добування енергії за допомогою сили вітру. Розглянуто основні типи вітрових енергетичних установок. Проведено аналіз з точки зору економічної доцільності використання представлених моделей установок.*

**Постановка проблеми дослідження.** Динамічний розвиток світової енергетики неможливий без детального дослідження і впровадження енергетичних систем, що використовують відновлювані джерела енергії (ВДЕ). Використання ВДЕ сприяє підвищенню рівня енергетичної безпеки, зменшує кількість шкідливих викидів в атмосферу, що відповідно, сприяє покращенню соціально-побутових умов населення. До найбільш перспективних та доцільних у використанні джерел енергії відносяться енергія вітру, сонця, води та землі.

Для ефективного розвитку в галузі вітрової енергетики необхідно визначити базову, найбільш доцільну для дослідження, конструкцію вітрової енергетичної установки.

**Аналіз останніх досліджень.** Вітроенергетична установка (ВЕУ) – комплекс взаємопов'язаного обладнання та споруд, що призначені для перетворення енергії вітру в інші види енергії (механічну, теплову, електричну тощо).

Головним вузлом ВЕУ, який реалізує процес перетворення енергії є ротор вітроустановки. В залежності від положення робочої поверхні ротора ВЕУ по відношенню до напрямку вітрового потоку, робота може здійснюватись вітроустановкою за рахунок сили опору потоку або за рахунок підйомної сили. В залежності від схеми улаштування ротора ВЕУ та його положення в потоці вітру, існуючі системи вітрових установок розділяють на 3 класи:

– перший клас включає вітроустановки, в яких вісь ротора розташовується у вертикальній площині, при цьому площа обертання перпендикулярна напрямку вітру, а відповідно вісь вітроколеса паралельна потоку (до цього класу належать найпоширеніші в даний час вітроустановки лопатевого типу);

– до другого класу відносяться системи вітроустановок з вертикальною віссю обертання ротора (вітроустановки системи Дар'є, системи Савоніуса та карусельні вітрогенератори);

– до третього класу відносяться вітроустановки, які працюють за принципом водяного колеса млина і називаються барабанными (найменш розповсюджені і тому не приймають участі в порівнянні).

Для порівняльного аналізу обрано чотири базові варіанти конструктивного виконання вітрових установок.

Горизонтально-осьові вітроустановки лопатевого типу:

Обертальний момент ротора ВЕУ створюється підйомною силою, що виникає при обтіканні профілю лопаті повітряним потоком. В результаті кінетична енергія потоку в межах площі поверхні, яка обдувається, перетворюється в механічну енергію обертання ротора. Величина потужності, яка розвивається на вісі ротора, пропорційна квадрату його діаметра та кубу швидкості вітру.

Перевагами горизонтально-осьових ВЕУ є:

– можливість самостійного запуску ротора без допоміжного приводу;  
– площа поверхні обмаху ротора в 2...3 рази менша ніж у ВЕУ системи Савоніуса і в 4 рази менша ніж у карусельних;

До основних недоліків відносять:

– необхідність пристрою орієнтації ротора вітроустановки в напрямку вітру;

– при обертанні гондоли за напрямком вітру виникають гіроскопічні моменти в лопатях, в результаті чого навантаження на лопать та її мах можуть зростати до 50 % в залежності від системи орієнтації ротора вітроустановки.

Лопатеві вітроустановки мають найбільше розповсюдження, і їх потужність досягає шести МВт.

**Основні матеріали статті.** Вертикально-осьові вітроустановки з ротором Дар'є:

У вітрових установках з ротором Дар'є лопаті утворюють просторову конструкцію, що обертається під дією підйомних сил, які, в свою чергу, виникають на лопатях під дією вітрового потоку. До переваг таких систем відносять:

– незалежність функціонування від напрямку вітрового потоку, що дозволяє уникнути використання систем орієнтації в напрямку вітру;

– наявність вертикального валу, дозволяє розміщувати електромеханічне обладнання біля основи ВЕУ;

– можливість закріплювати лопаті до ротора в декількох місцях, що знижує вимоги до міцності.

Недоліками є:

– порівнюючи з лопатевими ВЕУ у вертикально орієнтованих вітрових установках виникає необхідність початкового запуску від стороннього джерела;

– зміна напрямку дії вітрового потоку та його величини на лопаті ротора в процесі одного оберту ротора спричинює виникнення знакоперемінних навантажень, які призводять до втоми матеріалу та руйнування лопаті і її елементів кріплення.

Вертикально-осьові вітроустановки з ротором Савоніуса:

У вітроустановках даної системи обертальний момент виникає при обтіканні ротора потоком повітря внаслідок різниці опорів опуклої та увігнутої частин ротора. Перевагою таких установок є те, що вони не потребують системи орієнтації в напрямку вітру, мають відносно невисоку пускову швидкість а також можливість динамічного балансування. Недоліками даного типу конструкції є невеликий коефіцієнт використання енергії вітру до 0,18, а також неможливість обмежувати швидкість обертання ротора та наявність «мертвої точки» (для дволопатевої установки) - положення, при якому пусковий момент дорівнює нулю. Така конструкція вітрогенераторів використовується для ВЕУ потужністю до 2 - 5 кВт.

Вертикально-осьові карусельні вітроустановки:

В установках даного типу повітряний потік, набігаючи на ротор ВЕУ, тисне на лопаті з однієї сторони вісі обертання, з другої зустрічає або ширму, або ребра лопатей, в результаті чого тиск потоку на них практично відсутній. В результаті утворюється сила в площині обертання, яка створює крутий момент на роторі.

Карусельні вітроустановки мають недоліки, характерні для усіх ВЕУ з вертикальною віссю обертання. Крім того рух поверхні ротора в напрямку вітру не дозволяє розвинути значні оберти, тому що поверхні не можуть рухатися швидше вітру. Поверхня обмаху таких установок приблизно в 4 рази більша ніж у лопатевих вітроустановок, а маса більша в 20 – 25 разів.

Кожна з розглянутих конструкцій вітрових енергетичних установок має свої недоліки та переваги. Питання які ж вітроустановки найбільш доцільні для подальших досліджень, розробки та впровадження досі не є обґрунтованим. Тому метою даної роботи є як розробка методики так і проведення на її основі експертного порівняльного аналізу конструкцій вітроустановок методом парних порівнянь на основі наступних критеріїв: коефіцієнт використання енергії вітру, діапазон швидкохідності, розрахункова швидкість, швидкість початку генерування енергії, площа поверхні обмаху ротора, тощо.

Задачею дослідження є визначення на основі експертних оцінок та математичних розрахунків конструкцій вітрових енергетичних установок з найбільшою інтегральною оцінкою та потенціалом для наступного їх дослідження, розробки та впровадження в народне господарство. Метод парних порівнянь передбачає процес ранжирування обраних критеріїв за



ступенем важливості. Для цього кожному з обраних параметрів присвоєно індекс у відповідності до їх розташування у таблиці 1.

Таблиця 1 – Критерії порівняння різних видів конструкцій

Критерії	Одиниці вимірювання	Індекс параметру	Вид конструкції			
			Горизонтально-осьові (лопатеві)	Вертикально-осьові (Дар'є)	Вертикально-осьові (Савоніуса)	Вертикально-осьові (карусельні)
			P1	P2	P3	P4
Коефіцієнт використання енергії вітру	-	X1	0,48	0,35	0,18	0,1
Діапазон швидкості	-	X2	2,5-7	4,7-7	0-1,3	0-0,6
Розрахункова швидкість *	м/с	X3	8-12	10-16	12-16	12-16
Вмикальна швидкість *	м/с	X4	3,5	3,5	4	4
Відносна площа поверхні обмаху*	-	X5	1	1	2	4

\*- числові значення розрахункової швидкості та швидкості зрушення наведені для ВЕУ потужністю 2кВт.

\*\* - числові значення площі поверхні обмаху наведені у відносних величинах (за базову прийнята площа поверхні лопатевої вітроустановки).

Маючи кількість критеріїв  $n$ , розраховується необхідна кількість порівнянь  $p$ :

$$p = \frac{n(n-1)}{2}, \text{ штук} \quad (1)$$

Для кількості критеріїв  $n = 5$  будемо мати необхідну кількість порівнянь  $p = 10$ .

При парному порівнянні обраних критеріїв використано три ступені їх вагомості: більш вагомий – оцінка 1,5, менш вагомий – оцінка 0,5, та рівнозначні між собою – оцінка 1. Відповідно до методики опитано 4 незалежних респондента, кожному з яких запропоновано порівняти попарно критерії X1–X5 та обрати з кожної пари більш вагомий параметр для вітрових установок. Число експертів було визначено за умови, щоб їх кількість відповідала числу досліджуваних критеріїв. Збільшення кількості респондентів не приведе до суттєвої загальної інтегральної оцінки обраних конструктивних рішень ВЕУ.

Підсумовуючи вищенаведені викладки можна констатувати, що для підвищення рівня енергобезпеки держави та зменшення впливу на навколишнє середовище, головна увага в розвитку вітрової енергетики повинна бути зосереджена на конструкціях горизонтально-осьових вітрових енергетичних установках лопатевого типу і, відповідно, дослідження, розробка та інвестиції повинні бути зосереджені на даному типі конструкцій.

**Висновки.** Запропонована методика аналізу конструкційних рішень вітроенергетичних установок методом парних порівнянь. Виконаний порівняльний аналіз чотирьох базових конструктивних рішень вітроенергетичних установок.

#### Список використаних джерел

1. Фатеев Е.М. Ветродвигатели и ветроустановки. / Е.М. Фатеев — М. : Гос. издат. сельскохозяйственной литературы, 1948. — 547 с.
2. Фатеев Е.М. Ветродвигатели. / Е.М. Фатеев – М. : Государственно энергетическое издательство, 1946. — 128 с.
3. Экспериментальные исследования ротора Савониуса с изменяемой ометаемой площадью/ Э.М. Руденко, Г. Госбах, Н.А. Шихайлов, В.П. Коханевич, Ю.В. Шевченко,



Ю.П. Фаворский, В.С. Попков // Науково-прикладний журнал «Відновлювана енергетика».  
– 2008. – № 1(12) . – С. 35–39.

УДК 550.361

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПЕТРОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

**Кравцов Д., 4 курс**

*Науковий керівник*

**Воронівський І. Б., к.т.н., доцент**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**E-mail: Kravchik209@mail.ru**

**E-mail: voronovsky@list.ru**

*Розглядаються аспекти розвитку та використанні петротермального (глибинного) тепла Землі, що є стабільним в часі і не залежить від кліматичних і територіальних факторів. Екологічною перевагою такого роду джерел є відсутність необхідності добувати, переробляти, транспортувати і спалювати паливо.*

**Постановка проблеми.** Україна залишається країною з дефіцитом енергії палива. Сьогодні енергетичні питання в Україні значно загострилися, внаслідок багатьох соціально-політичних світових подій, які торкнулися економіки та енергетики нашої держави. Ці проблеми, які дедалі гостріше постають перед суспільством, змушують людей шукати нові, перспективні джерела енергії, не пов'язаної з горючими вуглеводнями. Тому, на сучасному етапі технічного розвитку суспільства є реальна можливість практично повсюдно використовувати тепло надр Землі для вирішення проблем енергозабезпечення віддалених споживачів незалежно від обсягу споживання та територіального розташування. Що стосується України, з урахуванням її великої територіальної площі та енергетичного дефіциту ця обставина має першорядне значення.

**Аналіз останніх досліджень.** У 1920 р. академік В.А. Обручев дав перше детальне описання петротермальній циркуляційній системи (ПЦС), яка створена для отримання тепла гарячих гранітів. Ідеї та надії В.А. Обручева розділили багато його сучасників, в тому числі, такі великі вчені як академіки В.І. Вернадський і А.В. Ферсман, а також І.М. Губкін, А.А. Скочинського, А.Н. Тихонов. Великий внесок у розвиток ідеї по вилученню та використанню петротермальних ресурсів внесли професор Ленінградського гірничого інституту ім. Г.В. Плеханова Ю.Д. Дядькін, академіки АН УРСР А.Н. Щербань і О.А. Кремньов. Вони заклали основи нової наукової дисципліни - геотермальної теплофізики. Перша ПЦС по отриманню тепла пористих пластів для опалення була створена в 1963 р в Парижі. Зараз більше 60-ти таких систем функціонують у Франції і більше десятка міст обігріваються теплом і висвітлюються електроенергією, отриманою на основі петротермальної енергії. У 1977 р перша ПЦС з гідророзривом практично непроникного масиву розпечених гранітів за проектом Лос-Аламоської національної лабораторії почала функціонувати в США. В даний час у цій країні на основі ПЦС реалізовано більше 224 проектів петротермального теплопостачання, а до 2050 планується подальше використання петротермальних ресурсів загальною потужністю до 100 ГВт [7].

**Мета статті.** Аналіз світової практики використання геотермальної енергії з метою впровадження в господарський оборот України невичерпних петротермальних ресурсів для досягнення енергетичної незалежності від вуглеводнів.

**Основний матеріал дослідження.** Враховуючи відсутність екологічного збитку в якості економічної складової у собівартості виробництва петро енергії, потрібно зазначити, що використання для цієї мети глибинного тепла виявляється конкурентоспроможним порівняно з традиційними способами отримання енергії.

Відомо, що основним показником, який характеризує тепловий потенціал земних порід, є геотермічний градієнт температур, в якості якого розуміється швидкість зростання температури порід зі збільшенням глибини [1]. В залежності від регіону планети середнє зна-

чення цього параметра знаходиться в діапазоні від 2 до 6 °С, тобто на цю величину температура земних порід зростає через кожні 100 м в глибину.

Середній геотермічний градієнт для України становить 2-3 °С на 100 м (виключаючи зони аномальних значень). Це дозволяє розраховувати на температуру порід до 260 °С на глибинах до 10 км. Відомо, що петротермальні теплоелектростанції (далі Петро-ТЕС) доцільно споруджувати, якщо температура добутого тепла не нижче 100 °С. При вищезазначених середніх градієнтах така температура відповідає глибин 3,5-5 км. Аналіз опублікованих даних показує, що різні значення геотермічного градієнта практично у всіх випадках польових вимірювань значно перевершують визначені раніше (на 80-100%), що стає вагомим аргументом на користь Петро-ТЕС.

Використання глибинного тепла порід Землі пов'язане з певними труднощами. В першу чергу це пов'язано з бурінням глибоких свердловин. На сьогоднішній день глибина буріння - основний фактор, що обмежує доступність глибинного тепла Землі необхідного температурного рівня в будь-якому місці планети. Відомо, що існуючі технології дозволяють виробляти надглибоке буріння на глибини до 12 км. Технології буріння свердловин на невеликій глибини (3-5 км) добре відпрацьовані і досить дешеві. Тим не менш, буріння становить 70-80% [3] капітальних витрат на створення всього комплексу Петро-ТЕС. Вдосконаленню технологій надглибокого буріння сьогодні приділяється велика увага у всьому світі і вже є розробки, що дозволяють проводити буріння свердловин на глибини 7-10 км з дворазовим зниженням вартості буріння при істотному скороченні часу на проходку [4]. Інша проблема пов'язана з транспортуванням глибинного тепла порід Землі на поверхню. У світовій практиці застосовується спосіб вилучення глибинного тепла, заснований на безпосередньому контакті теплоносія з надрами. У масиві гарячих порід за допомогою штучного гідророзриву створюється система тріщин, яка забезпечує вільну циркуляцію і нагрівання теплоносія. Циркуляційна система складається з двох свердловин: нагнітаючої, по якій теплоносій надходить в масив тріщин, і експлуатаційної, по якій нагрітий теплоносій надходить на поверхню [2]. Цей спосіб має досить серйозні недоліки:

- забрудненість і висока мінералізація теплоносія;
- необхідність застосування капіталоемного зносостійкого обладнання та створення складних фільтруючих систем.

Для усунення перерахованих вище недоліків російськими вченими розроблені і запатентовані [5] схеми побудови двоконтурних Петро-ТЕС з використанням тільки однієї свердловини і одного теплообмінника типу «труба в трубі». Така технологія дозволяє виключити контакт теплоносія з земними породами і дає можливість використовувати традиційне обладнання без необхідності створення складних фільтруючих систем. Виробництво електричної енергії на основі цієї технології може здійснюватися з використанням будь-якого низькотемпературного робочого тіла, тобто з низькою температурою кипіння [6].

При розрахунку даної схеми Петро-ТЕС в якості вихідних даних розрахунку було обрано наступне: західні регіони України з геотермічних градієнтом 3 °С на 100 м, електрична потужність - 1 МВт, глибина свердловини 3500 м, діаметр обсадної труби - 426 мм, діаметр підйомної труби - 273 мм.

Підсумковим результатом розрахунку є значення сумарної споживаної потужності насосів (163,6 кВт) на власні потреби (циркуляція води в свердловині, циркуляція фреону, циркуляція в градирні), які в значній мірі визначають основні витрати на власні потреби. ККД Петро-ТЕС становить 36%. Отримані дані, додатково до вищевикладених аргументів, підтверджують перспективність створення енергетичних установок, що використовують «безкоштовне» петротермальне тепло Землі.

В якості робочих тіл в тепловій схемі Петро-ТЕС крім фреонів можуть використовуватися будь-які низькотемпературні робочі речовини. Ефективність робочого тіла зумовлюють в основному два параметри:

- величина питомої вироблення роботи на одиницю робочої речовини;

- кількість витрачаємого тепла на випаровування робочої речовини.

**Висновок.** Петротермальна енергія - стабільний, потужний і практично невичерпний загальнопланетарний ресурс. Він займає одне з лідируючих місць серед нетрадиційних джерел енергії. Безперервна генерація внутрішньо-земного тепла за рахунок радіоактивного розпаду довгоживучих ізотопів, що містяться в геосферах Землі, а також перехід енергії гравітаційної диференціації в глибинних оболонках планети в тепло компенсує його зовнішні втрати.

На сьогоднішній день вартість 1 кВт\*год відпущеної електричної енергії від Петро-ТЕС навіть без урахування екологічного фактора порівнянна з вартісними показниками інших відновлюваних джерел енергії.

За попередніми розрахунками вартість 1 кВт встановленої електричної потужності Петро-ТЕС складе від 2 до 3,5 тис. євро. Таким чином, з урахуванням відсутності необхідності добувати, транспортувати і спалювати органічне паливо, а також з урахуванням можливості використання незалежно від кліматичних умов і регіональних особливостей петротермальні джерела енергії в сукупності вигідно відрізняються від інших видів низькотемпературних поновлюваних джерел енергії і стосовно України можуть бути широко використані вже найближчим часом.

#### **Список використаної літератури:**

1. Рыженков В.А., Кутько Н.Е. О возможности использования тепла глубинных пород Земли для электро- и теплоснабжения обособленных потребителей // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 1.
2. Алхасов А.Б. Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 376с.
3. Geothermal Fields Development. Workshop on Geothermal Energy ICS-UNIDO, Trieste, 2008.
4. The alternative approach for ultra-deep geothermal drilling. Presentation, Agency for geothermal power engineering, 2008.
5. Рыженков В.А., Мартынов А.В., Кутько Н.Е. Геотермальная установка энергоснабжения потребителей. Патент на полезную модель № 63867 от 28 декабря 2006г.
6. Мартынов А. В. Установки для трансформации тепла и охлаждения. Сборник задач. М.: Энергоатомиздат, 1989.
7. Гнатусь Н.А., Петротермальная энергетика России // г. Москва, Технологии Мира No 07(45) сентябрь 2012.

## **Секція 5. Автоматизація технологічних процесів і діагностика експлуатаційних режимів енергообладнання**

УДК 621.316

## ВИКОРИСТАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ В КОТЛОАГРЕГАТАХ

Земляна А.А., 3 курс

Григорова А.В., 3 курс

Науковий керівник

Сорокін М.С. к.т.н., доцент

Харківській національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

e-mail: zem990@mail.ru

e-mail: a.grigорова@bk.ru

e-mail: sorokin.ekt@gmail.com

*В статті розглянуто умови використання частотно-регульованого електроприводу для створення раціональних умов згорання в котлоагрегатах.*

**Постановка проблеми.** Аналіз структури втрат енергоресурсів при, виробництві та транспортуванні тепла показує, що значна кількість втрат при цьому полягає на використанні у вказаних процесах електроприводів різного рівня. Понад 70% електричної енергії використовується приводами, які підтримають та забезпечують якісне згорання палива в котлоагрегаті, інша для транспортування теплоносія безпосередньо до споживачів. В залежності від якості роботи цих елементів залежить економічна ефективність роботи всього теплового цеху. Таким чином можна вважати, що модернізація та автоматизація систем електроприводу котельної може значно зменшити витрати на виробництво теплової енергії (оптимізувати умови згорання), та зменшити втрати на її транспортування.[1]

Значні витрати агро-промислових підприємств приходиться на вироблення теплоносія та подальше його використання в технологічному процесі. На підприємствах преробної та харчової промисловості дуже часто використовується енергія перегрітої пари (струміневі млини, екструдери та інше). Також як показала практика підприємства які мають котельні, частіше за все є джерелом теплоносіїв для комунальної власності їх районів. Тому використання енергоощадних технологій дає не тільки економічний а й соціальний ефект. Особливо гостро ця проблема стоїть в районних центрах, де фінансування завжди значно гірше, а зношеність комунальної власності найбільше.

**Аналіз останніх досліджень.** Одно з напрямів підвищення ефективності, економія електроенергії при роботі опалювального котла.

У зв'язку з тим, що основним споживачем електроенергії при роботі опалювального котла є димососи і вентилятори можна виділити актуальне завдання - розробка і впровадження енергоощадного алгоритму регулювання продуктивності димососів і вентиляторів.

**Мета статті.** Знайти шляхи зниження втрат на використання промислових котельних установок.

**Основні матеріали досліджень.** Вода, проходячи теплообмінні поверхні котла, в якому спалюється газ, нагрівається до заданої температури і поступає в тепломережу. Спалювання палива здійснюється в атмосферному повітрі, що складається з окисника - кисню  $O_2$  (21%) і інертного азоту  $N_2$  (79%), що не бере участь в горінні. При повному горінні теплоти виділяється більше, ніж при неповному. Тому слід домагатися, щоб згорання палива в котельних установках було повним. Головною умовою цього є підведення до палива такої кількості кисню, щоб його було досить для повного окислення горючих елементів. Це було б можливо при ідеальному змішуванні палива і кисню повітря, що підводиться в зону горіння. Причому кисню при цьому було б стільки, скільки вимагається по реакції горіння, тобто теоретично необхідна його кількість. Проте на практиці в цьому випадку не вдається досягти повного згорання палива. Тому процес горіння ведеться з деяким надлишком повітря. Іншою умовою для забезпечення нормального паливного режиму потрібна наявність невеликої постійної розрядки у верхній частині топки (до 20 – 30 Па) [2]. Це забезпечується оптимізацією роботи димососа, точним та своєчасним контролем швидкості обертання приводного двигу-

на. На сьогодні це досягається шляхом використання засувок, які не тільки не дозволяють економити енергоресурси, а ще й створюють аеродинамічний бар'єр для відходящих газів, таким чином збільшують навантаження на дутьєвий вентилятор.

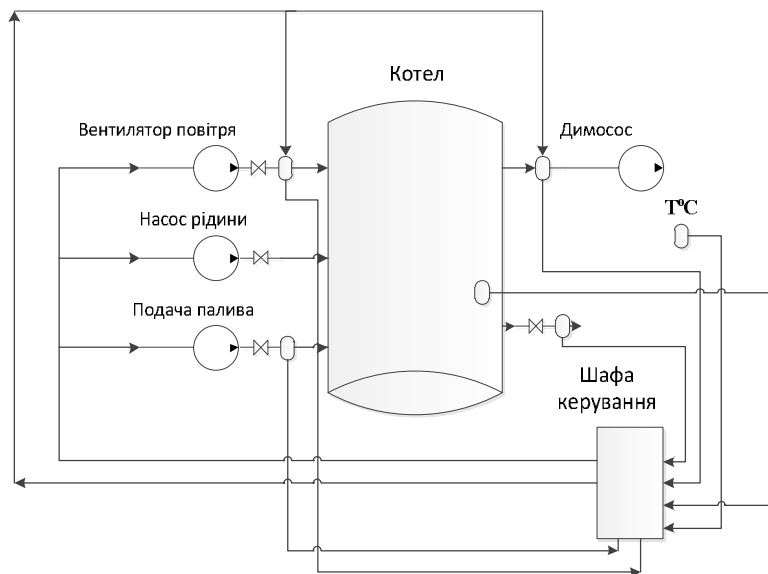


Рисунок 1 - Схема роботи опалювального котла.

Для визначення коефіцієнту надлишку повітря який є першим показником якості згорання використовують рівняння (1)

$$\alpha = \frac{V_d}{V_o} \quad (1)$$

де,  $V_d$  - дійсна кількість повітря,  $\text{м}^3$ ;

$V_o$  - теоретична необхідна кількість повітря для даного виду палива,  $\text{м}^3$

На практиці орієнтовно приймають наступні значень  $\alpha$ ; для різних палив: для пилоподібного і газоподібного палива - 1,03...1,16, для рідкого палива(мазут) - 1,2...1,25, для твердого палива - 1,3...1,65.

У випадках, коли природна тяга для подолання повітряних і газових опорів котлоагрегату недостатня, застосовують спеціальні механізми (дутьєвий вентилятор і димосос), за допомогою яких здійснюється так звана урівноважена штучна тяга.

Недотримання наведених умов призводить до аварійних ситуацій в роботі котла : проскакування полум'я, відрив полум'я і знижує ефективність спалювання палива.

У теж час температура навколишнього повітря впродовж опалювального періоду міняється в широких межах, тому виникає необхідність регулювання подання палива з метою забезпечення заданої температури теплоносія.

У зв'язку з вищевикладеним в процесі роботи опалювального котла виникає необхідність регулювання подання повітря і розрядки. При цьому процес регулювання повинен забезпечувати необхідні режими відповідно до технологічної карти роботи опалювального котла, оскільки навіть короточасний вихід параметра тиску повітря і розрядки за встановлені межі може привести до аварійної ситуації.

Найбільш простим і найпоширенішим способом регулювання вентиляторів є дроселювання. При цьому вентилятор вхолосту витрачає частину своєї потужності, долаючи опір(шибер), що вводиться в напірний або всмоктуючий повітропровід. Тому частина спо-

живаної агрегатом електроенергії витрачається вхолосту. Додаткове устаткування, необхідне в цьому випадку, має низьку надійність, важко регульоване і споживає багато енергії

Таким чином, технологія дросельного регулювання (за допомогою засувки) : неекономічна, вимагає постійного контролю черговим персоналом, допускає великі коливання, викликає підвищений знос устаткування

Найбільш ефективним і економічним способом регулювання продуктивності вентиляторів є плавна зміна їх швидкості обертання, яке досягається застосуванням частотно-регульованого електроприводу.

Зміна частоти живлячої мережі є завданням, що вирішується перетворювачами частоти. Сучасні досягнення електроніки дозволяють здійснювати зміну частоти з погрешністю 0,01%.

Застосування частотно - регульованого електроприводу вентиляторів дозволяє досягти наступних переваг в порівнянні з традиційними методами:

- зменшення енергоспоживання в середньому на 30-40%;
- підтримує задану витрату повітря або температури охолоджуваного об'єкту;
- усунення пускових струмів і перевантажень двигуна;
- зменшення механічного зносу устаткування і зниження витрат на його технічне обслуговування і ремонт;
- збільшення терміну служби контактної-комутаційної апаратури і зниження вірогідності виходу з ладу двигунів;
- в усьому діапазоні робочих швидкостей і навантажень, коефіцієнт потужності електроприводу близький до одиниці;

До недоліків можна віднести те, що необхідно враховувати інерційність димососів і вентиляторів з метою забезпечення надійної роботи.

**Висновок.** Таким чином використання частотно регульованого електроприводу в котельних установках комунальних мереж, а також тих підприємств де для технологічного процесу необхідно використання перегрітого пару або тепла (комбікормове виробництво та інше)

#### **Список використаних джерел.**

1. Середин М.Ю. Розробка системи керування швидкісним режимом сушіння в технологічному комплексі виготовлення твердого біопалива. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Вип 153. Харків: ХНТУСГ, 2014. С 144-146.

2. Великанов К.М. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник/ Под общ. Ред. К.М. Великанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990.-448 с.

3. Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций. М.: Энергоиздат, 1981, с. 240.



УДК 621.362.7

## ВІЗУАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗЕРНОСУШИЛЬНИМ АГРЕГАТОМ

Солод М. М., 4 курс

E-mail: ms\_23@mail.ru

Ващенко М. Г., 4 курс

Наукові керівники:

Савченко П. І., д.т.н., професор

Гузенко В. В., аспірант

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка

*Досліджені системи керування електроприводами зерносушильним агрегатом, та проаналізовані методики дослідження в лабораторних умовах, що в сукупності покращує якість роботи технологічного процесу по переробці зернових.*

**Постановка проблеми.** Як відомо, в сучасному сільському господарстві пріоритетним напрямком є розвиток зерносушильного електротехнічного комплексу [1]. Як відомо, серед різноманітних електромеханічних систем, які використовують в технологічному процесі ЗСШ-16-20 т/год, широкого розповсюдження отримали багатодвигунні системи. При цьому, як до основного силового споживачу, який споживає 70% всієї електроенергії яка вироблюється, з кожним роком висувають все більш жорсткі вимоги зі сторони керування, що забезпечить економічність та продуктивність виходу продукції.

**Аналіз останніх досліджень.** Зерно, яке поступає від комбайнів має високу вологість, інтенсивність якій визиває порчу під впливом мікроорганізмів. Як показує дослідження на основі сучасної науково-технічної літератури, що існує багато методів сушки і способів керування. Системи керування мають, як переваги так і недоліки [2].

Як показує дослідження, сушильна камера в технологічному процесі ЗСШ-16-20 т/год складається з двох шахт, кожна з яких включає дві однакові секції з горизонтальними коробами п'ятигранної форми. Кожна сушильна шахта має по одному вентилятору, які з'єднані з нею дифузорами з всмоктуючим коробом. А під кожною шахтою розташований комбінований випускний пристрій, що забезпечує безперервний випуск зерна малими порціями і періодично великими. Випуск зерна регулюють зміною амплітуди коливань рухомої каретки. Над кожною шахтою розташовані над сушильний бункера. Надлишок зерна з бункерів зсипається через самопливну трубу в черевик норії сирого зерна. У бункерах встановлені датчики верхнього і нижнього рівня зерна, при рівні зерна менше нижнього датчика відбувається автоматичне відключення приводу випускного пристрою. Необхідний обсяг зерна для завантаження сушарки близько 17 м<sup>3</sup>, продуктивність 16 т / год.

Охолоджувальний пристрій зерносушарки виконано у вигляді двох виносних охолоджувальних колонок. Колонка складається з двох концентричних перфорованих циліндрів, між якими переміщається охолоджуване зерно. До внутрішнього циліндру через приєднаний всмоктуючий патрубок вентилятора. Зерно охолоджується атмосферним повітрям, просочується між циліндрами. У конусної нижній частині колонки встановлений шлюзовий затвор з приводом від мотор-редуктора. Колонки мають датчики верхнього і нижнього рівня.

Подачу зерна в сушильні шахти й охолоджувальні колонки здійснюють чотири норії. Сушильні шахти зерносушарки СЗШ-16 можуть працювати як паралельно, так і послідовно, залежно від початкової вологості і призначення зерна.

Відомо, що в залежності від технологічних процесів двигуни великої потужності повинні вмикатись враховуючи пускові властивості. Цим питанням, в роботах багатьох авторів, приділена велика увага. Але в цих роботах не були враховані моделі з розрахунками пускових характеристик на персональних комп'ютерах [3].

**Мета статті.** Дослідження систем керування технологічним процесом зерносушильного агрегату на основі програмованих мікроконтролерів з використанням комп'ютерних моделей для умов неякісного живлення в пакеті Matlab.

**Основні матеріали дослідження.** На кафедрі АЕМС (ХНТУСГ) була розроблена програма керування технологічним процесом зерносушильним агрегатом (рис.1) на основі програмованих мікроконтролерів (рис.2). Це дозволяє, детально дослідив експлуатаційні режими, провести перехід від аналогових систем керування на основі релейно-контактної апаратури, яка має ряд недоліків, на більш сучасні системи.

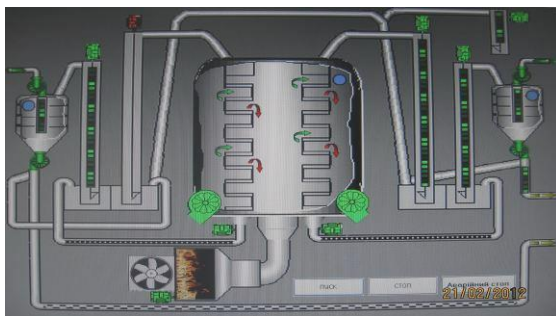


Рисунок 1 – Робочий стіл керування технологічним процесом.



Рисунок 2 – Програмовані мікроконтролери.

Ця система дозволяє в реальному часі проводити контроль за станом виконуючих операцій. Вона забезпечує запуск та остановку двигунів згідно вимог технологічного процесу, так що б продукт не залишався на потоковій лінії [4].

Для цих електромеханічних систем в програмі комп'ютерного моделювання зложені моделі (рис.3), які дозволяють, використовуючи отримані дані, скоригувати параметри силових установок [5]. А також, дозволяє на передпроектній стадії оцінити протікаючі в них процеси при умовах неякісного живлення.

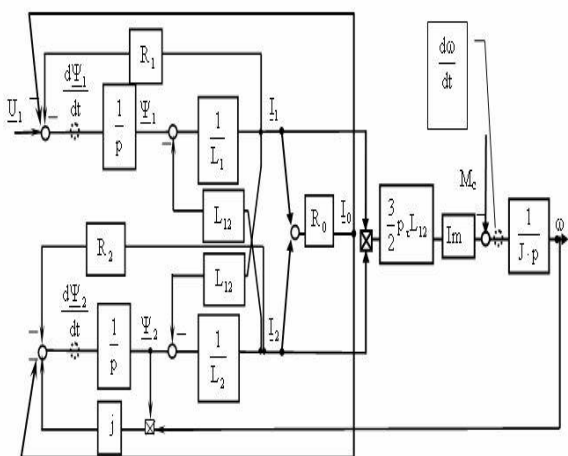


Рисунок 3 – Модель асинхронного двигуна для неякісного живлення

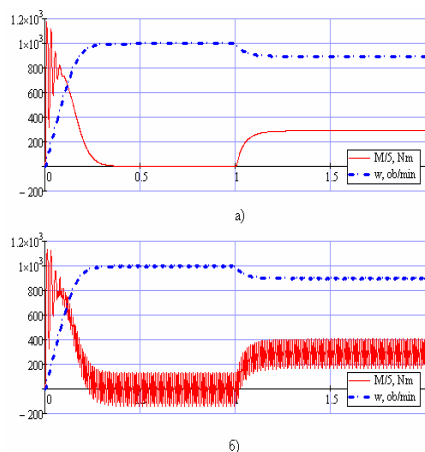


Рисунок 4 – Залежності моменту та швидкості від часу.

В програмі Mathlab 6.0 складена структурна схема для моделювання. Та отримані графіки перехідних процесів: залежності моменту та швидкості від часу при пуску

та набросі навантаження при ідеальній (а) та несиметричній не синусоїдальній (б) напрузі (рис.4).

Графіки свідчать про те, що неякісне живлення впливає на мережу живлення та на інші споживачі. При цьому ставиться задача, дослідивши ці процеси з візуальною моделлю у реальному часі при переробці зерна, вчасно прийнявши необхідні міри, можна покращити якість керування.

**Висновок.** Як показує дослідження, важним етапом по зменшенні втрат урожаю є післяприбиральна обробка зерна з системою керування на основі сучасних технологічних процесів з використанням мікроконтролерів та моделювання перехідних процесів для підвищення енергетичних показників електромеханічних систем. Розроблена система керування та складена модель АД, яка дозволяє проаналізувати статичні та динамічні процеси в технологічному процесі зерносушильного агрегату при несинусоїдальному та несиметричному живленні статору. Розроблена система управління і складена модель, яка дозволяє аналізувати перехідні процеси у системі ЕП з використанням ПК.

#### **Список використаних джерел.**

1. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. – М.: Энергоиздат, 2002. – 385с.
2. Братерский Ф.Д., Карабанов С.А. Технология хранения и переработке зерна. М.: АНО «Издательство МСХА», 2002. – 302с.
3. Анискин В.И., Верцман И.И., Еркинбаева Р.К., Окунь Т.С. Оптимизация режимов сушки зерна в слое с использованием ПЭВМ. Научно-техн. бюллетень ВИМ вып. 89., -М., 1994.
4. Варжапетян А.Г., Глущенко В.В. Системы управления. М.: Вузовская книга, 2000. - 328 с.
5. Харин Ю.С. и др. Основы имитационного и статистического моделирования. Минск: Дизайн ПРО, 1997. - 287 с.

УДК 637.513.48

## ПЕРСПЕКТИВИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЗАСТАРІЛИХ КУТЕРІВ НА М'ЯСОКОМБІНАТАХ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Кучеренко Д.В., магістрант

Науковий керівник

Квітка С.О., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: dima\_davidov@ukr.net

e-mail: sergei.kvitka@yandex.ua

*Стаття розкриває особливості процесу кутерування спеціальними машинами м'ясопереробного виробництва - кутерами, а також визначає перспективи модернізації таких застарілих машин шляхом заміни їх електрообладнання та використання сучасних пристроїв автоматизації та керування.*

**Постановка проблеми.** Протягом останніх п'яти років інженери збирали інформацію про характерні несправності, що зустрічаються при експлуатації м'ясопереробного обладнання. Проведений аналіз показав, що простота і висока надійність механічної конструкції кутерів в сукупності зі своєчасним виконанням регламентних сервісних робіт (заміна ножів, підшипників, ременів, манжет та ін.) забезпечують довговічність обладнання.

Абсолютно інша ситуація спостерігається з електрообладнанням. Електродвигуни, електроприводи постійного і змінного струму працюють в режимах пікових та ударних навантажень: при роботі із замороженою блоковою сировиною, при виробництві продукції з регламентною ножовою швидкістю переробки від 4000 об/хв. Важливим чинником при виході з ладу двигунів, приводів, панелей керування також є висока вологість навколишнього середовища. Тому тривала експлуатація кутера негативно позначається на його стані. В результаті зносу він перестає відповідати технологічним нормам.

Інша проблема полягає в тому, що близько 40 % м'ясокомбінатів досить мають вкрай низький рівень автоматизації технологічних процесів та застосовують застаріле морально зношене діюче обладнання.

**Постановка завдання.** Показати основні напрямки модернізації електрообладнання застарілих кутерів, враховуючи вимоги технологічного процесу.

**Основні матеріали дослідження.** У технологічному процесі виготовлення м'ясної продукції на м'ясокомбінатах задіяні кутера, які призначені для подрібнення і перемішування різного м'яса, продуктів до стану емульсії.

Кутери - універсальні подрібнювальні машини з широким діапазоном можливих технологічних операцій. Незважаючи на те, що кутери є машинами періодичного дії, в сучасному ковбасному виробництві вони залишаються основними при виробництві: високоякісних ковбас, сосисок та сардельок, тощо.

Принципова схема чашкового кутера показана на рис. 1. Він складається з чотирьох основних механізмів: ріжучого *A*, подачі *B*, вивантаження *B* і завантаження *Г*. Крім цих механізмів, деякі кутери постачають дозаторами води, льоду, вакуумними системами, системами подачі теплоносія і холодоагентів. Всі механізми та дозатори управляються вручну з пульта або за допомогою мікропроцесора.

Процес обробки вихідного продукту в кутері називають кутерування. Кутерування - складний процес, який включає механічні процеси: здрибнення, перемішування і біохімічні процеси, пов'язані з руйнуванням клітинної структури білка і жиру і створенням стійких водо-жиро-білкових емульсій. Слід вказати і на те, що при кутеруванні до складу суміші додають нітрит, сіль, фосфати, карагенани, смако-, кольорово- і ароматизуючі речовини, які взаємодіють з нативними компонентами м'яса, утворюючи в кінці процесу фаршеву емульсію з певними структурно-механічними властивостями, граничним напруженням зсуву (ГНЗ), ли-

пкістю, вологозв'язуючою здатністю, смаком, кольором і ароматом. Оптимально прокутерованна фаршева емульсія повинна забезпечити при термічній обробці отримання ковбасних виробів з мінімальними втратами маси, без набряків і з необхідними органолептичними показниками.

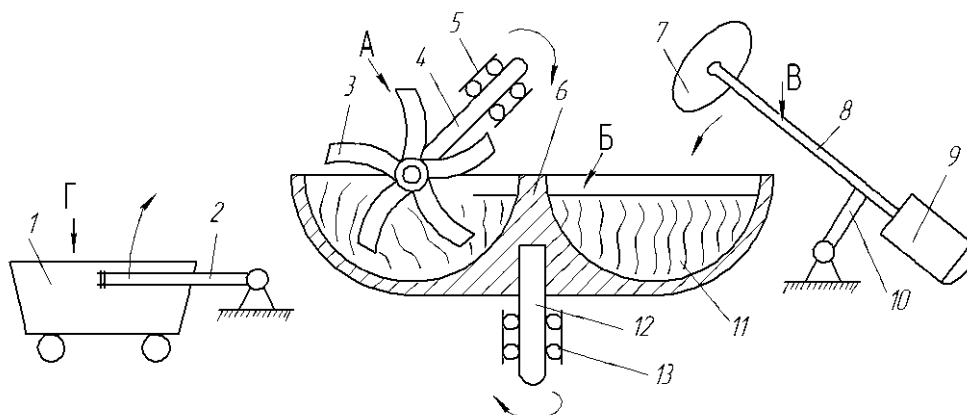


Рис.1. Принципіальна схема чашкового кутера: 1 – візок; 2 - підйомник; 3 - ножова головка; 4 - ножовий вал; 5,13 - підшипникові опори; 6 – чаша; 7 – тарілка; 8 – вал; 9 – електродвигун; 10 – опора; 11 – продукт; 12 - вал чаші; А - ріжучий механізм; Б – механізм подачі; В - механізм вивантаження; Г - механізм завантаження

Визначення часу кутерування - досить складне завдання. В основному, у відкритих кутерах час кутерування визначають майстри органолептично, на дотик. Це неможливо здійснити в закритих, вакуумних кутерах. Спроби створення приладів, які заміряли б зміну ГНЗ і липкість в реальному часі, поки не увінчалися успіхом. Єдиний спосіб, який використовують на практиці - це дослідне визначення еталонного часу процесу для даного виду продукції і потім програмування роботи кутера через задане число обертів і частоти обертання чаші, які добре корелюються з часом кутерування. Але при цьому повинна бути строго витримана рецептура вихідних компонентів за основними показниками, інакше програмування не дасть повторюваності кінцевих якісних показників продукту. На практиці час кутерування лежить в межах від 5 до 12 хв [1].

Системи управління з мікропроцесором, які встановлені на всіх сучасних промислових кутерах, дозволяє добиватися однорідності продукції, що випускається по консистенції і якості.

В якості основного електродвигуна в кутерах використовують одно- і багатшвидкісні асинхронні двигуни (АД) і двигуни постійного струму (ДПС).

Одношвидкісні АД добре застосовувати переважно на малих кутерах, що мають мінімальні технологічні можливості, на яких обробляють, як правило, попередньо подрібнене на волчках м'ясо. Застосування 2, 3 і 4-х швидкісних АД розширює коло можливих технологічних операцій: від емульгування і різання сировини на високих швидкостях до перемішування фаршу на малих. Однак асинхронні електродвигуни мають високі пускові струми, в 6...8 разів перевищують робочі. Це створює додаткові навантаження на електричні мережі. В такому разі більш прийнятним буде застосування частотного перетворювача. Це дозволяє виробляти плавну (безступінчасту) зміну швидкості обертання валу. Також використання частотного перетворювача забезпечить високу надійність роботи приводу, знизить споживання електроенергії. Забезпечується захист від проблем, що виникають в мережі живлення.

Застосування двигунів постійного струму також дозволяє безступінчасте регулювання частоти обертання ножового валу від мінімальної до максимальної залежно від технологічних вимог, якості та стану подрібнювального сировини. Цей привід дозволяє здійснювати і перемішуючий хід - обертання ножів з малою швидкістю у зворотний бік. Цей хід використовують для підмішування в подрібнену масу кускових компонентів.

ДПС мають більш високий ККД, малі пускові струми, відсутність гальмівних струмів. Безступінчасте регулювання частоти обертання ножового валу дозволяє оптимізувати процес

кутерування залежно від виду вироблюваного фаршу. Все це дозволяє економити до 30% електроенергії в порівнянні з звичайними асинхронними двигунами.

Проте кутери з ДПС необхідно оснащувати напівпровідниковими випрямними установками. Їх керування автоматизують, задаючи 4...6 фіксованих швидкостей, що забезпечує повторність режимів кутерування. Але можлива й ручне регулювання частоти обертання ножового валу у всьому діапазоні швидкостей.

Для індикації температури і швидкості обертання ножового валу можна використати двоканальний вимірювач-регулятор типу ОВЕН 2ТРМ1 з універсальними входами і релейними виходами. Для зручності роботи обслуговуючого персоналу в 2ТРМ1 включена функція попереминого виведення на індикатор показань першого і другого каналів. Перший канал з термодатчиком ТСМ-50М використовуватиметься для вимірювання температури продукту в чаші, другий (0...1 В) - для індикації швидкості обертання ножового валу. Вхідний сигнал на другий канал надходить з частотно-регульованого приводу (ЧРП) двигуна. Напряга на його виході прямо пропорційно швидкості обертання ножового валу і змінюється в межах 0...10 В. Для узгодження виходу ЧРП і входу вимірювача 2ТРМ1 використовується зовнішній дільник напруги 1:10.

Іншою особливістю автоматизації управління кутера є забезпечення блокувань, що включають запуск одних механізмів при роботі інших. Для забезпечення безпечної експлуатації кутер має набір обмежувальних блокувань:

- блокування включення механізмів при відкритій кришці (крім приводу самої кришки);
- блокування підйому завантажувача і вивантажувача при відчиненій або закритій кришці;
- блокування кришки при введеному в чашу завантажувачі або при піднятому вивантажувачі;
- автоматичне обмеження швидкості обертання при відкриванні вакуумної кришки;
- блокування вакуумної кришки при працюючому вакуумному насосі;
- блокування включення вакуумного насоса при відкритій вакуумній кришці;
- автоматичне включення/вимикання обертання вивантажувача при введенні/виведенні його з чаші;
- автоматичний запуск гідростанції із запрограмованою затримкою на відключення;
- автоматичне включення підсвічування порожнини кутера, тощо.

Релейний вихід другого каналу 2ТРМ1 буде використовуватися для блокування обертання чаші без обертового ножового валу щоб уникнути поломки ножів.

В основній схемі управління механізмами кутера, гідростанції і вакуумного насоса можна застосовувати два програмованих реле ОВЕН ПР110 з безконтактними індуктивними датчиками ОВЕН ВБ2.12М на вході. Живлення (24 В) для ПР110 і датчиків ВБ2.12М може забезпечувати блок живлення ОВЕН БП60Б-Д4-24. Застосування ПР110 в нашому випадку виключатиме масу релейних блокувань (раніше вся логіка будувалася на релейних схемах). Також дозволяє видалення пневматичних вузлів затримок на включення/вимикання реле, зменшує велику кількість проводів, що з'єднували контактні групи, що на порядок підвищило надійність і безпеку роботи. Шафа керування прийме компактний вигляд.

**Висновок.** Модернізація електрообладнання кутера дозволить працювати в умовах інтенсивної експлуатації. Запропоновані засоби автоматизації значно спростять керування кутером, здешевить його обслуговування, а також у багато раз заощадить підприємству фінанси замість витрат коштів на купівлю нової машини.

#### **Список використаних джерел**

4 Ивашов В. И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть II. Оборудование для переработки мяса: Учебное пособие. / В. И. Ивашов. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 464 с.: ил.

5 Илюхин В. В., Тамбовцев И. М. Монтаж, наладка, диагностика и ремонт оборудования предприятий мясной промышленности: Учебное пособие / В. В. Илюхин, И. М. Тамбовцев. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 456 с.: ил.

УДК 621.313.13

## ОГЛЯД ТА ОЦІНКА УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ В АПК

**Колесник В. Е., 3 курс.,**

**Лихопуд А. І., 3 курс**

*Наукові керівники*

**Савченко П. І., д.т.н., професор**

**Гузенко В. В., аспірант**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка*

**E-mail: lihopud92@ukr.net**

*Проведено огляд умов експлуатації асинхронних двигунів з підвищенням експлуатаційної надійності електродвигунів в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва в аграрно-промисловому комплексі.*

**Постановка проблеми.** Одним з факторів технічного прогресу в господарстві є підвищення ступеня електрифікації галузей промисловості саме у сільському господарстві. У технічному перетворенні господарства головна роль належить електричним засобам механізації і автоматизації виробничих процесів. Основою збільшення продуктивності машини і виробництва є сучасний електропривод, на частку якого доводиться до 63% загального споживання електроенергії в країні [1]. Електричні машини широко застосовуються у всіх галузях народного господарства. Несправності електродвигунів виникають у результаті зносу деталей і старіння матеріалів, а також при порушенні правил технічної експлуатації. Експлуатаційна надійність асинхронних електродвигунів (АД) в більшій частині залежить від надійності обмоток та їх ізоляції. Ізоляція обмотки асинхронних двигунів є самим вразливим елементом її конструкції [2].

**Аналіз останніх досліджень.** Під час експлуатації на АД діють багато впливів, результатом яких є погіршення теплового стану двигуна. Відомо, що в загальному зношенні ізоляції визначальним є саме тепловий знос [2,3]. Також до впливів режимного характеру відносяться: перевантаження з боку робочої машини; зниження, підвищення й несиметрія напруги мережі; неповнофазний режим. З цього виходить, що аварійність АД – основної частини електроприводу – дуже велика, що завдає сільськогосподарському виробництву значні збитки, а також припиняється робота цілого ряду технологічно зв'язаного обладнання. Несправності часто можна установити лише по непрямим ознаках. При цьому приходиться не тільки робити вимір, але і зіставляти виявлені факти з відомими з досвіду і робити аналіз з певними висновками. Дослідження, які спрямовані на вивчення особливостей режимів роботи АД з попередженням аварій є актуальною задачею.

**Мета статті.** Провести огляд умов експлуатації АД з підвищенням експлуатаційної надійності АД в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва в АПК.

**Основні матеріали дослідження.** Як показує аналіз науково-технічної літератури, що аварійність завдає сільськогосподарському виробництву додаткові збитки через непередбачене припинення роботи цілого ряду технологічно зв'язаного обладнання, недодану продукцію та незаплановані ремонти електрообладнання [3]. В науковій роботі доведено, що щорічно в сільськогосподарському виробництві з ладу виходять 15 – 25 % АД. Фактичний термін їх безвідмовної роботи складає 20 – 50 % часу, встановленого заводом-виготовлювачем. Велика аварійність АД обумовлена особливостями експлуатації їх в АПК.

При експлуатації електроприводів можливі випадки, коли раніше нормально працюючий привод починає працювати ненормально, тобто електродвигун не запускається; при пуску не набирає номінальних оборотів; при роботі гуде, вібрує, перегрівається; сильно іскрять щітки; чується ненормальний шум і т.п [4]. Обслуговуючий персонал повинний визначити несправність і при можливості усунути її чи відправити двигун у капітальний ремонт. При

визначенні несправностей рекомендується визначений порядок. Коли двигун при роботі перегрівається, необхідно перевірити навантаження, вимірюючи силу струму статора, і контролюючи напругу. У випадку перевантаження двигун перегрівається, то необхідно зменшити навантаження до номінальної. У випадку збільшення або зменшення напруги понад припустимі значення двигун також перегрівається. У цьому випадку, як правило, довести напругу до номінального значення не завжди можливо, тому що напруга регулюється на підстанціях або електростанціях. Для зменшення перегріву двигуна варто зменшити навантаження. При технічному обслуговуванні електроприводу проводять їхній огляд і контроль за роботою в терміни, запропоновані планово-попереджальний ремонт (ППР). Електроприводи оглядають тим частіше, чим важчі умови роботи, наприклад велика тривалість розгону електродвигуна, часті пуски, висока температура навколишнього середовища. Конструкція електродвигунів також може впливати на необхідну періодичність їхніх оглядів. Крім того, при встановленні періодичності оглядів треба враховувати і технічний стан електродвигунів, наприклад ступінь їхньої зношеності. У зв'язку з цим періодичність оглядів електроприводів і їхній зміст встановлюються в місцевих інструкціях і графіках ППР, при складанні яких враховують відзначені вище фактори. Важливий елемент інструкції – вимога про підтримку електродвигуна в чистоті – забруднений електродвигун нагрівається під час роботи значно сильніше.

При огляді під час обходів електроприводів перевіряють температуру нагрівання двигунів; стежать за тим, щоб вони містилися в чистоті і поблизу їх не знаходилося б непотрібних предметів, особливо небезпечних у пожежному відношенні; спостерігають, щоб пуск і зупинення електродвигунів вироблялися виробничим персоналом по інструкції й електродвигуни не працювали вхолосту; контролюють напруга електромережі, що повинне знаходитися в межах 95-110 % від номінального; перевіряють у підшипниках, реостатах і пусковій апаратурі рівень масла; звертають увагу на справність огорожень, що перешкоджають випадковим дотикам до обертового частинам електропривода; усувають дрібні несправності (наприклад, замінюють перегорілі запобіжники, регулюють натиск щіток) і проводять зовнішнє очищення електродвигунів.

Контроль за температурою електродвигуна є істотним елементом його експлуатації, тому що найбільш часті uszkodження електродвигуна викликаються його нагріванням понад гранично припустиму температуру. Розрізняють гранично припустиму температуру нагрівання і гранично припустиме перевищення температури нагрівання окремих частин електричної машини. Гранично припустиме перевищення температури нагрівання визначають шляхом вирахування з гранично припустимої температури нагрівання температури навколишнього середовища, рівної 40 °С. Отриманий результат зменшують на 10 °С. Це порозумівається необхідністю мати деякий запас на саму гарячу крапку обмотки, тому що при вимірі температури обмоток методом опору не враховується нерівномірність нагрівання, а виміряється середнє значення температури.

**Висновок.** Проведені дослідження дозволили зібрати необхідний матеріал для виконання умови попередження виникнення ненормальних режимів, та виконавши рекомендовані поради подовжити термін безвідмовної роботи усього обладнання в технологічних процесах в аграрно-промисловому комплексі. Доведено, що до специфічних небажаних умов слід віднести низьку якість напруги в мережі, зокрема, її несиметрію.

#### **Список використаних джерел.**

1. Савченко П. І., Електропривод у питаннях і відповідях/ Лисиченко М. Л., Савченко П. І., Тищенко О. К., Гузенко В. В. // Харків 2012. – с. 200-220
2. Л. Б. Масандилов, В.В. Москаленко. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. - М.: Энергия, 1978. — 96 с
3. Ганелін А. М., Коструба С. І. Довідник сільського електрика (в питаннях і відповідях). – 3-є вид., перераб. і доп. –М.: Агрпроміздат, 1988. -304 с.: іл.
4. Лаврененко Ю. М. Електропривод: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Ю. М. Лаврененко, О. С. Марченко, П. І. Савченко, О. Ю. Синявський, Д. І. Войтюк, В. П. Лисенко; Видавництво «Ліра – К.» - К., 2009. – 504 с.



УДК 635.310.8

## АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ КАК СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Токар А. А., 4 курс.

Молотков А. А., 4 курс.

*Научные руководители*

Савченко П.И., д.т.н., професор

Гузенко В.В. аспирант

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П.Василенко*

E-mail: Anastasiya.tokar@list.ru

E-mail: molotoksanya@gmail.com

*Проанализированы проблемы и перспективы применения робототехники как средства механизации в сельском хозяйстве. Даны рекомендации по разработке автоматизированной системы контроля и диагностики работы робототехнических систем и вспомогательного оборудования.*

**Постановка проблемы.** В промышленно развитых странах мира, в том числе и в Украине уже достигнутый уровень развития материально-технической базы сельского хозяйства, который позволяет перейти от наращивания энергетических мощностей и насыщения техникой к качественно новому этапу — совершенствованию структуры материально-технической базы, и повышению ее технического уровня. А также созданию комплекса машин не только для отдельных технологий, но и для определенных типов хозяйств.

Как показывают исследования такие страны как США, Швеция и другие, в которых автоматизация и механизация сельского хозяйства велика, но человек ещё играет главенствующую роль, наблюдается переход к безлюдному автоматизированному сельскохозяйственному производству [1].

Главной рабочей силой на таком производстве будет робот, который может быть как мобильным, так и стационарным. Применение роботов в перспективе позволит существенно повысить продуктивность и рентабельность сельского хозяйства – уменьшить себестоимость продукции, что особенно актуально на сегодняшний день.

**Цель работы.** Провести анализ и исследовать применение робототехники в сельском хозяйстве. На основе полученных статистических данных проанализировать перспективы применения роботов как средства механизации для сельского хозяйства в Украине. Разработать автоматизированную систему контроля и диагностики работы робототехнических систем и вспомогательного оборудования. Обосновать и определить необходимость применения роботов задолго до создания высокомоментных низкоскоростных и малогабаритных приводов, которые пригодны для применения в технологии (робототехники).

**Анализ основных исследований и публикаций.** До середины восьмидесятых годов развитие робототехники основывалось на концепции, согласно которой роботизация и гибкая автоматизация вызваны ростом стоимости труда и направлены на его сдерживание. В настоящее время комплексная автоматизация понимается как качественно новая форма организации и освоения производства, направленная главным образом на повышение его технологической и организационной гибкости, надежности и качества [2].

Как известно, создание сельскохозяйственных роботов имеет ряд особенностей. Это связано с наличием разнообразных видов сельскохозяйственных культур, животных, и разнообразием выполняемых операций. Роботы могут выполнять различные операции: раздача грубых кормов после обработки, обработка почвы, внесение удобрений, посев и посадка, операции доения, стрижка шерсти и т.д [3].

Как показывает анализ современной научно-технической литературы, ранее существующие модели промышленных роботов (ПР) в основном не могут быть непосредственно применены для выполнения технологических процессов, связанных с погрузкой, выгрузкой и

транспортировкой сельскохозяйственной продукции для животноводства. Необходимо разрабатывать специальные захватные устройства, алгоритмы управления, исполнительные устройства в пыле- и влагозащитном исполнении. Оснащение отдельных узлов исполнительных устройств сельскохозяйственных автоматических манипуляторов узлами ПР дает возможность применения микропроцессорных систем, разработанных в промышленности.

Тем не менее, необходимо отметить, что в настоящее время ни один из разработанных прототипов аграрных роботов, созданных в различных странах, еще не функционирует на полях и фермах. Все модели пока являются опытными или в лучшем случае мелкосерийными образцами. Однако в будущем агророботы и роботы в животноводстве найдут широкое применение для сбора фруктов, доения коров, раздачи грубых кормов после достижения необходимого качества, посадки растений, дренирования и орошения, вспашки и уборки урожая, ухода за лесными посадками и других работ. Согласно прогнозу потребности в таких роботах составляют: уборка овощей и фруктов — 400 шт. в год; роботизированная дойка и раздачи грубых кормов — 1000 шт. в год; ирригация-дренирование — 750 шт. год; очистка лесов — 15 шт. в год.

При длительном исследовании были получены параметры и показатели на перспективу, которые свидетельствуют о важности данного вопроса в современном сельскохозяйственном животноводстве.

**Основные материалы исследования.** На современных животноводческих комплексах уже применяются системы управления микроклиматом и раздачей кормов: овцам, свиньям, крупному рогатому скоту и др. А вот к примеру, в тепличных хозяйствах управление микроклиматом, подкормкой растений и автополив применяются повсеместно и уже сравнительно давно.

Использование роботов считается рентабельным при условии высвобождения двух работающих и его полной амортизации за период до трех лет. Экономический эффект от внедрения робота для выполнения только одной технологической операции значительно ниже, чем эффект от проведения комплексной программы автоматизации всего технологического процесса. Наибольших удельных затрат требует установка одного робота.

Наиболее важное требование к сельскохозяйственной робототехнике — их надежность. Применение робота эффективно, если коэффициент его технического использования не ниже 0,95. Уже в начале 80-х годов зарубежные роботы имели наработку на отказ в среднем 400 ч, что соответствует потерям сменного времени около 2 %. Компания «Unimathion» разрабатывает роботы с временем наработки на отказ не менее 500 ч. При этом принимается во внимание как оценка надежности компонентов, так и его конструкция в целом. Нарботка на отказ отечественных роботов составляет от 2 до 100 ч.

Одна из основных причин повышенного внимания к надежности роботов в сельскохозяйственном животноводстве связана с сложностью организации технического обслуживания и ремонта, отсутствием технических средств и специалистов.

Способность роботов выполнять заданные функции характеризуется состоянием его кинематических и динамических параметров, показателей точности, производительности. При их изменениях, превышающих допустимые пределы, происходит переход системы в неработоспособное состояние. Контроль и диагностика состояния роботов на протяжении всего их жизненного цикла — современное направление развития робототехники. Только при этом может быть обеспечена надежная работа робота в условиях неорганизованности внешней среды.

Известно, что производство систем контроля и диагностирования роботов требует больших затрат, поэтому важно на этапе проектирования систем провести научные исследования, которые позволили бы, используя минимальное количество аппаратных средств, получать достаточный объем информации о работоспособности объекта.

Такие исследования были проведены на кафедре АЭМС. В результате разработана автоматизированная система контроля и диагностирования работы робототехнических систем и вспомогательного оборудования. На начальном этапе работы создана методика определе-

ния параметрических отказов роботов, связанных с потерей точности, на основании имитационной модели функционирования роботов. На втором этапе система диагностики расширена за счет использования кинематических характеристик в качестве диагностических параметров. Отставание отечественной робототехники от мирового уровня наблюдается не только по показателям надежности, но и по материалоемкости, производительности, энергопотреблению, точности, скорости.

Проблема создания робототехнических систем — проблема комплексная, требующая объединений специалистов различного профиля. Мировой опыт создания таких систем ориентируется на комплексную проработку их одной организацией.

Для эффективного использования роботов необходима строгая и объективная оценка экономической целесообразности создания и применения средств робототехники в данных технологических процессах.

В области управления роботами на первый план выходят задачи анализа и синтеза систем управления описываемыми логико-алгебраическо-дифференциальными соотношениями, распространения теории логического управления для решения задач проектирования управляющих систем. При создании приводов особое внимание уделяется улучшению их динамических точностных и энергетических характеристик, производству высокомоментных низкоскоростных и малогабаритных приводов.

Проведение этих исследований позволит поднять уровень отечественной робототехники, заложить технические предпосылки создания систем, пригодных для применения в сельскохозяйственном производстве.

Разрабатывается на кафедре план научно-исследовательских и конструкторских работ в области робототехники имеющий следующие основные разделы: разработка комплекса научно-методической документации; методы автоматизации технологических процессов в АПК с применением средств робототехники; математическое моделирование роботизированных комплексов; приводы и системы управления; методы и средства контроля и диагностирования роботов; транспортные робототехнические системы;

**Выводы.** Как известно животноводство – трудоёмкая отрасль сельского хозяйства. А следовательно потребность в применении робототехники, которая в какой то мере заменяла б человека возрастает.

Так, на начальных этапах были проведены анализ и исследования применение робототехники в сельском хозяйстве. На основе полученных статистических данных проанализированы перспективы применения роботов как средства механизации для сельского хозяйства в Украине. Разработана автоматизированная система контроля и диагностики работы робототехнических систем и вспомогательного оборудования. Обоснована и определена необходимость применения роботов задолго до создания высокомоментных низкоскоростных и малогабаритных приводов, которые пригодны для применения в технологии (робототехники).

И в заключении следует отметить, что оценивая перспективу использования роботов в сельском хозяйстве, следует ожидать экономически оправданного применения их в ближайшие годы. Научные исследования в этой области должны продолжаться, так как есть альтернатива в применении роботов для высвобождения человека от монотонного, физически тяжелого труда.

#### **Список використаних джерел.**

1. Юревич Е. И. Основы робототехники. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 116-120 с
2. Данные сайта <http://ferma.ucoz.ru>
3. Овчаренко А.В. Вентильные электродвигатели малой мощности для промышленных роботов. / Овчаренко А.В., Косулин В.Д.- М.Высшая школа, 1988.-141с.

УДК 621.313.333

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВІБРОДІАГНОСТИКИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Кучеренко Д.В., магістрант  
Черемісінов О.В., магістрант

e-mail: [dima\\_davidov@ukr.net](mailto:dima_davidov@ukr.net)

Науковий керівник

Лисенко О.В., к.т.н., доцент

e-mail: [helga\\_vl@ukr.net](mailto:helga_vl@ukr.net)

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Розглянуті найбільш широкोजивані методи обробки та аналізу даних з метою вібраційно-го контролю стану і діагностування електродвигунів.*

**Постановка проблеми.** На підприємствах різних галузей у переважній більшості використовуються електроприводи на базі асинхронних двигунів (АД). Несподіваний вихід двигуна з ладу може привести до простоїв виробництва і аварійним ситуаціям, а також до витрат на відновлення використовуваного або навіть придбання нового обладнання. У зв'язку з цим очевидна потреба в діагностиці двигунів і своєчасному виявленні їх дефектів

**Формулювання цілей.** Провести аналіз та оцінку методів вібродіагностики асинхронних двигунів і їх класифікацію.

**Основні матеріали дослідження.** Методи діагностування асинхронних двигунів можна розділити на дві групи: контактні і безконтактні. Найпоширенішим методом діагностики в даний час є вібродіагностика, яка відноситься до контактних методів. Цей метод заснований на вимірюванні та аналізі вібрацій корпусу двигуна.

Існує ряд факторів, що впливають на обґрунтованість застосування будь-якого з методів вібродіагностики (ВД) у кожному конкретному випадку. Для аналізу та класифікації методів ВД виділені наступні критерії, за допомогою яких оцінюється ефективність застосування цих методів.

*Критерій 1.* Обсяг вхідної інформації для постановки діагнозу. Критерій визначає трудомісткість проведення експериментальних досліджень.

*Критерій 2.* Інформативність. Критерій визначає точність постановки діагнозу і можливість (неможливість) локалізації дефекту.

*Критерій 3.* Рівень програмного забезпечення (ПЗ) і апаратної реалізації. Критерій визначає рівень складності апаратури і ПЗ, застосовуваного для вимірювання параметрів та проведення операцій діагностики, і обсяги капіталовкладень.

*Критерій 4.* Тимчасові витрати на проведення операцій ВД: підготовка до проведення ВД, інтерпретація результатів і т.д.

Нижче дано опис найбільш поширених груп методів вібродіагностики АД.

*Група 1.* Діагностика АД по середньоквадратичному значенню (СКЗ) вібросигналу. Успішно оцінюється шляхом вимірювання СКЗ віброшвидкості та віброприскорення [1].

Переваги: простота реалізації і низька вартість; Недолік: неможливість точного визначення природи дефекту.

*Група 2.* Вібродіагностика АД за допомогою фазових портретів (траєкторій коливань).

Для оцінки технічного стану АД може бути застосований метод, заснований на аналізі реконструйованих фазових портретів вібросигналів з використанням теорії детермінованого хаосу для достовірного визначення таких дефектів, як дисбаланс, неспіввісність валів, втрата жорсткості опор. [1].

Перевага: висока інформативність; Недоліки: складність апаратної реалізації та ПО; складність інтерпретації результатів.

*Група 3.* Спектральний аналіз. Виявлення підвищених амплітуд вібрації на частотах, що збігаються з частотами можливих ушкоджень елементів, на резонансних частотах деталей, на

частотах протікання робочого процесу допомагає виявити і ідентифікувати несправність на різних стадіях його розвитку [1, 2].

Переваги: достатньо висока перешкодозахищеність; висока інформативність методу; Недоліки: складність в апаратній реалізації, малочуттєвість до слабких дефектів, некоректність результатів при обробці нестационарних сигналів. Класифікацію методів ВД можна представити у вигляді, наведеному на рис. 1.

1. За способом отримання діагностичної інформації	2. За видом попередньої обробки	3. За способом обробки отриманих сигналів
1.1 За типом вимірюваного сигналу:	2.1 Фільтрація з використанням:	3.1 Визначення інтегральних коефіцієнтів
1.1.1 вібраційний; 1.1.2 Акустичний	2.1.1 напівоктавних фільтрів; 2.1.2 трьохоктавних фільтрів;	
1.2 За видом інформативного параметра:	2.1.3 широкополосних фільтрів;	3.2 Аналіз в частотній області:
1.2.1 механічні вібрації: а) віброзміщення; б) віброшвидкість; в) віброприскорення;	2.1.4 ВЧ фільтрів; 2.1.5 НЧ фільтрів	3.2.1 інфранизький діапазон частот;
1.2.2 електромагнітні вібрації: а) електромагнітний момент; б) споживана потужність;	2.2 Виділення інформативних компонентів:	3.2.2 низькочастотний діапазон;
1.2.3. звуковий тиск	2.2.1 складових магнітної природи;	3.2.3 середньочастотний діапазон;
1.3 Режим роботи АД, в якому проводиться вимірювання:	2.2.2 складових, викликаних неякісністю напруги мережі;	3.2.4 високочастотний діапазон;
1.3.1 динамічний; 1.3.2 статичний:	2.2.3 складових механічної природи	3.2.5 ультрависокий діапазон частот
а) ротор обертається; б) ротор нерухомий		3.3 Аналіз в частотно-часовій області
1.4 Кількість осей, по яким проводяться вимірювання: 1.4.1 одна; 1.4.2 дві; 1.4.3 три	4. За методом аналізу і прийняття рішення	3.4 Аналіз в часовій області
1.5 Умови, в яких проводяться вимірювання:	4.1 Порівняння з пороговим значенням;	
1.5.1 машина встановлена на фундамент:	4.2 Порівняння з еталонним значенням спектру;	3.5 Аналіз в фазочастотній області
а) жорстке кріплення; б) гнучке кріплення	4.3 Статистичний аналіз	
1.5.2 машина встановлена без фундаменту;		3.6 Векторний аналіз
1.5.3 машина знаходиться в підвішеному стані		

Рис. 1. – Класифікація методів вібродіагностики

Група 4. Спектральний аналіз обвідної - метод, в якому аналізується не сама високочастотна вібрація, а низькочастотні коливання її потужності. Глибину модуляції випадкового

амплітудно-модульованого сигналу вібрації можна визначити у відсотках, використовуючи середнє значення обвідної [1, 2].

Переваги: можливість локалізувати дефект; висока чутливість і достовірність визначення виду і величини кожного з дефектів; Недоліки: висока вартість апаратури і складність реалізації.

*Група 5.* Кепстральний аналіз. В роторних машинах спостерігається велика кількість гармонійних складових, кожна з яких має відношення до деякого важливого обурення (дефекту). Для стиснення інформації використовують кепстр - перетворення Фур'є від логарифмічного спектра потужності [2].

Перевага: висока перешкодозахищеність; Недолік: складність інтерпретації результатів.

*Група 6.* Ультразвукова дефектоскопія і акустична діагностика. Об'єктами дефектоскопії є окремі елементи машин, як правило, що знаходяться в стадії виготовлення або відновлення. Дефектоскопія використовує хвильові властивості вібрації [1].

Перевага: висока інформативність; Недоліки: складність апаратної реалізації і висока вартість апаратури; застосовується тільки для визначення цілісності металевих вузлів.

*Група 7.* Спеціальні діагностичні параметри. В якості критеріїв застосовуються особливі параметри: пік-фактор, різкість, відносна глибина модуляції високочастотного сигналу віброприскорення чи віброшвидкості, відносна величина ударних імпульсів [2].

Перевага: простота реалізації; Недоліки: низька перешкодозахищеність; відсутність чітких меж значених параметрів.

*Група 8.* Вейвлет-аналіз. Розрізняють дискретний і безперервний вейвлет-аналіз, апарат яких можна застосовувати як для безперервних, так і для дискретних сигналів. Вейвлет-перетворення забезпечує двовимірне розгортання, при цьому частота і координата розглядаються як незалежна змінні [2].

Перевага: висока інформативність методу; Недоліки: трудомісткість; складність в інтерпретації результатів.

*Група 9.* Статистичні методи обробки сигналів вібрації. Такі методи допомагають виміряти, описати, проаналізувати і змоделювати подібну мінливість і за наявності обмеженого обсягу даних [3].

Перевага: досить висока інформативність; Недоліки: великий обсяг вхідної інформації і великі часові витрати.

*Група 10.* Діагностика на основі нейронних мереж. Апарат нейронних мереж відноситься до статичних математичних методів, що дозволяють ставити діагноз при значних складових оброблюваного сигналу.

Переваги: висока точність визначення дефекту; високий рівень автоматизації процесу; Недоліки: складність реалізації та навчання нейромережі; низький ступінь уніфікації.

Всі вищеперелічені методи оцінювалися за п'ятибальною системою відповідно до критеріїв, що визначають ефективність застосування методів. Результати оцінки ефективності застосування цих методів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльна оцінка методів вібродіагностики

Метод	Критерій				Сумарна оцінка
	1	2	3	4	
Група 1	4	3	4	4	14
Група 2	3	5	3	2	13
Група 3	3	4	4	4	15
Група 4	3	5	3	4	15
Група 5	3	3	3	3	12
Група 6	3	4	2	3	12
Група 7	4	3	4	3	14
Група 8	3	4	3	4	14
Група 9	2	5	3	2	12
Група 10	2	4	4	2	12

**Висновок.** Проведений аналіз і оцінка методів вібродіагностики асинхронних двигунів показали, що найбільш ефективними є методи спектрального аналізу та спектрального аналізу обвідної. Ефективно також застосування спеціальних діагностичних параметрів, вейвлет-аналізу та нейронних мереж.

**Список використаних джерел.**

- 1 Барков А. В. Интеллектуальные системы мониторинга и диагностики машин по вибрации / А. В. Барков, Н. А. Баркова – СПб., 1999. – С. 115-156
- 2 Гольдин А. С. Вибрация роторных машин / А. С. Гольдин – М.: Машиностроение, 1999. – 334 с.
- 3 Статистические методы. Руководство по применению в соответствии с ГОСТ Р ИСО-9001 (Guidance on statistical techniques for ISO 9001:2000 (IDT)): ГОСТ Р ИСО/ТО10017-2005. – Введ 31.05.2005. – М., 2005. – 50с.

УДК 621.313.333

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Дмитренко М.О., магістрант

Науковий керівник

Лисенко О.В., к.т.н., доцент

e-mail: helga\_vl@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет

У статті проведений аналіз сучасних способів діагностування силових трансформаторів, схеми та методи різних способів діагностування трансформаторів.

**Постановка проблеми.** Сучасні промислові підприємства працюють в циклі безперервного виробництва, перебої в роботі яких призводять до важких економічних втрат. Це накладає підвищені вимоги до систем виробництва і розподілу електричної енергії, а, отже, і до елементів, що становлять ці системи. Одними з найголовніших елементів систем розподілу електричної енергії є силові трансформатори. Своєчасне виявлення дефектів трансформаторів дозволяє запобігти виникненню аварійних ситуацій, а також ефективніше планувати висновок трансформаторів з роботи для проведення ремонтних робіт.

**Формулювання цілей.** Аналіз сучасних способів діагностування силових трансформаторів.

**Основні матеріали дослідження.** В даний час існує безліч методів оцінки технічного стану трансформаторів. Кращими є ті методи діагностики, для здійснення яких не потрібно зняття робочої напруги.

Найбільшого поширення набули такі методи: тепловізійне обстеження; вібродіагностування; визначення вологості в ізоляції шляхом вимірювання частотної залежності tg дельта.

### 1. Тепловізійне обстеження

Тепловізійне діагностування силових трансформаторів і автотрансформаторів є досить складною процедурою, оскільки при утворенні локальних дефектів в трансформаторах вони «заглушаються» природними тепловими потоками від муздрамтеатру і обмоток. До того ж функціонування охолоджувальних пристроїв, яке сприяє прискореній циркуляції масла, згладжує розподіл температур в місці дефекту. При аналізі результатів комп'ютерної діагностики необхідно враховувати конструктивні особливості трансформаторів, тип використовуваної системи охолодження обмоток і магнітопроводу, умови і тривалість експлуатації, технологію виготовлення і безліч інших чинників. Крім того, на похибку вимірювання впливають масивні металеві частини трансформаторів, в тому числі бак, пресуючі кільця, екрани, шпильки і т.п., в яких тепло виділяється за рахунок додаткових втрат від вихрових струмів, що наводяться полями розсіювання [4].

За допомогою тепловізійної техніки в силових трансформаторах можна виявити такі дефекти: виткове замикання в обмотках інтегрованих трансформаторів струму; несправності контактної системи регулювання під напругою (РПН); виникнення магнітних полів розсіювання в трансформаторі за рахунок порушення ізоляції окремих компонентів муздрамтеатру (консоли, шпильки тощо); дефекти в системі охолодження трансформатора (маслонасоси, фільтри, вентилятори тощо) та оцінка її ефективності; зміна внутрішньої циркуляції масла в баку трансформатора (утворення застійних зон) в результаті шламоутворення, конструктивних прорахунків, розбухання або зсуву ізоляції обмоток (характерно для трансформаторів з великим терміном експлуатації); нагрів внутрішніх контактних з'єднань обмоток низької напруги (НИ) з висновками трансформатора; обриви шинок заземлення; нагрів на апаратних затисках високовольтних вводів; несправність обігріву приводів РПН і т.п.

Тепловізор або його сканер повинні встановлюватися на штативі, по можливості якомога ближче до трансформатора, на осі середньої фази, при використанні об'єктива 7-12 °. До



того ж тепловізор повинен забезпечувати як аудіо-, так і відеозапис. Після настройки постійного температурного режиму запису тепловізора ведеться покадрова реєстрація термоізображень, починаючи з верхньої част крайньої фази (наприклад, «А») у напрямку до фази «С», з накладенням кадрів один на одного близько 10% розміру. Досягнувши поверхні бака фази «С», об'єктив сканера опускається нижче, і далі покадрова зйомка триває. Термографічної зйомки піддається вся доступна для цього поверхню бака по периметру (Рисунок 1) [2].

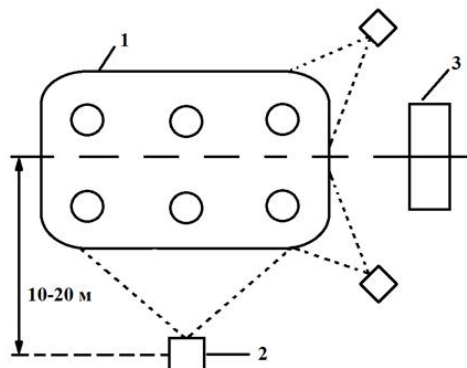


Рис. 1- Методика термографічної зйомки

## 2. Вібродіагностування

Вібрація - механічні коливання контрольованої точки агрегату щодо середнього, нейтрального положення. Вібрація властива всім працюючим механізмам. Вібрація - один з найбільш інформативних і узагальнених параметрів, який може бути застосований для "безрозбірної" оцінки поточного технічного стану обладнання, для діагностики причин підвищеної вібрації.

В міру розвитку несправностей в машині відбувається зміна динамічних процесів, відбуваються якісні і кількісні зміни сил, що впливають на деталі машин. В результаті змінюється як сам рівень механічних коливань, так і їх форма. З фізичної точки зору вібрація на поверхні бака потужного трансформатора якісно і кількісно добре корелюється зі станом пресування обмотки і муздраттеатру. Зміна ступеня пресування в процесі експлуатації призводить до зміни загальної вібраційної картини, посиленню вібрації, зміни її частоти, появи модульованих коливань. З даними змінами досить часто стикаються працівники експлуатаційних служб, які виконують огляди працюючих трансформаторів [1].

На практиці досить часто технічний стан активної частини трансформатора контролюється наступними вібраційними характеристиками: віброприскорення, віброшвидкість і вібропереміщення. Для кількісного опису вібросигналів найбільш широко використовуються вібропереміщення і віброшвидкість.

Для вимірювання вібрації використовується переносний віброаналізатор в режимі вимірювання віброприскорень, віброшвидкостей або середньоквадратичних значень вібропереміщень. При обстеженні датчик послідовно встановлюється в кожному секторі, і знімаються показання приладу. Результати вібраційного обстеження зводяться в таблицю.

Результати, отримані при вібраційному обстеженні трансформатора, порівнюються між собою, а також з результатами попередніх вимірювань. Для реакторів також проводиться порівняння з гранично допустимими значеннями.

Для трансформаторів не існує нормованих значень по вібрації. Однак існує досвід накопичений деякими організаціями який можна використовувати при видачі результатів вібраційного обстеження. Так з досвіду НДЦ "ЗТЗ-Сервіс" нормально працюючий трансформатор характеризується наступними значеннями вібраційних параметрів: прискорення - нижче  $10 \text{ м/с}^2$ ; віброшвидкість - нижче  $10 \text{ мм/с}$ ; вібропереміщення -  $100 \text{ мкм}$ .

## 3. Визначення вологи в ізоляції шляхом вимірювання частотної залежності $tg$ дельта

Головним джерелом зволоження є атмосферна волога, проникаюча під дією градієнта тиску, особливо через ослаблені ущільнення. Старіння целюлозної ізоляції також може утво-

рити значну кількість вологи, особливо якщо ізоляція працює при підвищеній температурі і значно зношена.

Внаслідок повільності процесу дифузії вологи в ізоляції трансформатора основна маса вологи в міру проникнення з навколишнього повітря зосереджується в основному в тонкій ізоляційній структурі, переважно бар'єрної ізоляції. Розподіл вологи в ізоляційній структурі нерівномірний. Так, вміст вологи в витковій ізоляції істотно нижче, ніж в електрокартонних бар'єрах. Нерівномірний розподіл вологи в ізоляційних деталях зберігається протягом усього періоду експлуатації трансформатора. Волога, що виділяється при старінні ізоляційної структури, також розподіляється нерівномірно. При цьому відбувається її міграція з ділянок з найбільшим зносом в зони з нижчими значеннями температури.

Описані вище причини обумовлюють складність діагностики ступеня зволоження і, таким чином, необхідність застосування методів, що дозволяють проводити надійну оцінку зволоження ізоляції.

Розроблений фірмою АВВ новий метод являє собою подальший розвиток абсорбційних методів з використанням вимірювання тангенса кута діелектричних втрат в широкому частотному діапазоні [5]. Новий метод знайшов широке застосування в багатьох країнах світу і використовується в якості одного з основних при оцінці стану паперово-масляної ізоляції. Основними завданнями методу є вимір вологості целюлози і провідності масла.

З початку застосування методу в 90-х рр. і по даний час фахівцями АВВ в різних країнах були проведені більше тисячі вимірювань на трансформаторах різного типу. Метод особливо добре зарекомендував себе при визначенні ступеня зволоження в рамках комплексного діагностичного обстеження.

**Висновок.** Таким чином, були розглянуті три найбільш поширених методу оцінки технічного стану силових трансформаторів. Найбільша ефективність буде досягатися у разі комбінування розглянутих методів.

Регулярне проведення діагностування силових трансформаторів дозволяє виявити на ранньому етапі виникнення неполадок, більш ефективно планувати проведення ремонтних робіт і, як наслідок, збільшити термін служби силових трансформаторів.

#### **Список використаних джерел.**

1. Гавриленко А.В. Методика вібраційного обстеження силових трансформаторів / А.В. Гавриленко, А.П. Долин, 2004.
2. Сидельников Л. Г. Діагностика масла в силових трансформаторах / Л. Г. Сидельников, А. М. Седуни, А. Ю. Сыкулев. - ООО «ТестСервис».
3. Сидельников Л. Г. Вибродіагностика и измерение частичных разрядов в силовом трансформаторе / Л. Г. Сидельников, А. М. Седуни, А. Ю. Сыкулев. - ООО «ТестСервис».
4. Голоднов Ю.М. Контроль за состоянием трансформаторов. / Ю.М. Голоднов - М. : Энергоатомиздат, 1988. - 88 с.
5. Ryder S. Frequency Response Analysis for Diagnostic Testing of Power Transformers // Electricity Today Mag. Article, Issue 0601, 2006.

УДК 681.5.01

## ИЗМЕРЕНИЕ ВИБРАЦИИ

Скорнякова Т. С., 5 курс

Научный руководитель

Кириченко И. А., д.т.н., профессор

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля (г. Северодонецк)

e-mail: skornyakovka@yandex.ru

e-mail: i\_kir@ukr.net

*В работе проведен краткий обзор существующих методов и видов датчиков измерения вибрации. Выполненный обзор позволяет определить наилучший способ измерения вибрации.*

**Постановка проблемы.** В настоящее время вибрация имеет большое влияние на жизнь человека. Еще столетие назад считали, что вибрация имеет только отрицательное влияние (на эмоциональную сферу, работоспособность, умственную деятельность), но со временем появились способы положительного ее применения. Одной из основных сфер применения вибрации является производственная сфера. Все эти обстоятельства требуют измерения и нормирования вибрации.

Вибрация принимает участие в процессах резания, разрушения и перемещения, а также на основе вибрационного принципа действия создается множество приборов, установок и машин (конвейеры, подъемники, дробилки, мельницы) [1-3]. Кроме того, вибрацию малой интенсивности используют в медицине. Вибромассаж оказывает положительное действие на сосудистую систему, увеличивает силу мышц, улучшает кровообращение [4].

**Цель работы.** Проведение краткого обзора существующих методов и видов датчиков измерения вибрации и определение наилучшего способа измерения вибрации.

**Основные материалы исследования.** Различают две основные группы методов измерения вибрации: контактные и бесконтактные [1, 2].

Контактный метод измерения основан на непосредственном контакте датчика с измеряемым объектом. Датчик – это устройство, предназначенное для преобразования сигнала в удобную для восприятия форму. Схема датчика вибрации показана на рис.1.

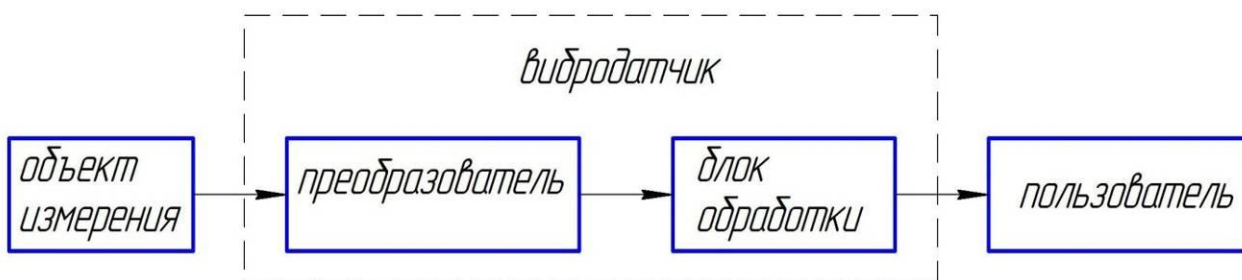


Рисунок 1 – Общая схема датчика вибрации

К наиболее распространенным контактными датчиками относят: пьезоэлектрические, электродинамические, электромагнитные, индуктивные. Предпочтительнее всего использовать пьезоэлектрические датчики. Схема пьезоэлектрического вибromетра представлена на рисунке 2.

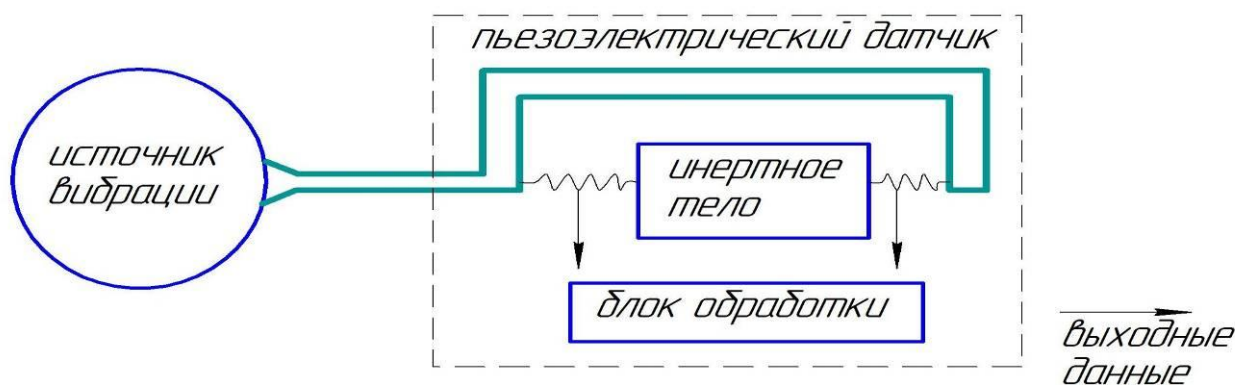


Рисунок 2 – Схема пьезоэлектрического виброметра

При присоединении пьезоэлектрического виброметра к вибрирующей поверхности, упругие элементы, состоящие из пьезоэлектрического материала, регистрируют колебания инертного тела. Пьезоэлектрические виброметры имеют массу достоинств: широкий диапазон измерений, малые габариты и вес, устойчивы к изменению окружающей среды, недорогие и просты в изготовлении. Но они имеют и некоторые недостатки: невозможность проводить измерения вибрации, начиная с 0 Гц, слабый уровень электрического сигнала, наложение на запись исследуемого процесса собственных колебаний системы.

Достоинством электродинамических и магнитных датчиков является: большой интервал рабочих амплитуд, значительная чувствительность и простота конструкции, а индуктивных – малая чувствительность к изменениям внешних условий. Главные недостатки электродинамических и магнитных датчиков – ограниченность диапазона измеряемых частот; индуктивных – малый участок линейности амплитудной характеристики, необходимость наличия не менее трех подводящих проводов к каждому датчику, нестабильность нуля.

Также существуют емкостные датчики, которые используют в стационарных условиях и при стендовых испытаниях, так как обладают низким порогом чувствительности, что требует применения сложной аппаратуры и особых мер предосторожности по защите от влаги и посторонних электрических полей.

При бесконтактном методе датчик не контактирует с измеряемым объектом. Существует три типа бесконтактных методов измерения вибрации: ультразвуковые, оптические и радиоволновые. Общими недостатками перечисленных методов является сложность, громоздкость, высокие требования к качеству поверхности и состоянию атмосферы.

Устройством для дистанционного измерения вибрации, основанном на эффекте Доплера, является лазерный виброметр повышенной чувствительности. Его недостатки: сложность устройства, необходимость использования лазера с большой длиной когерентности. В основу работы оптического виброметра также положен эффект Доплера. Схема оптического виброметра показана на рис.3.

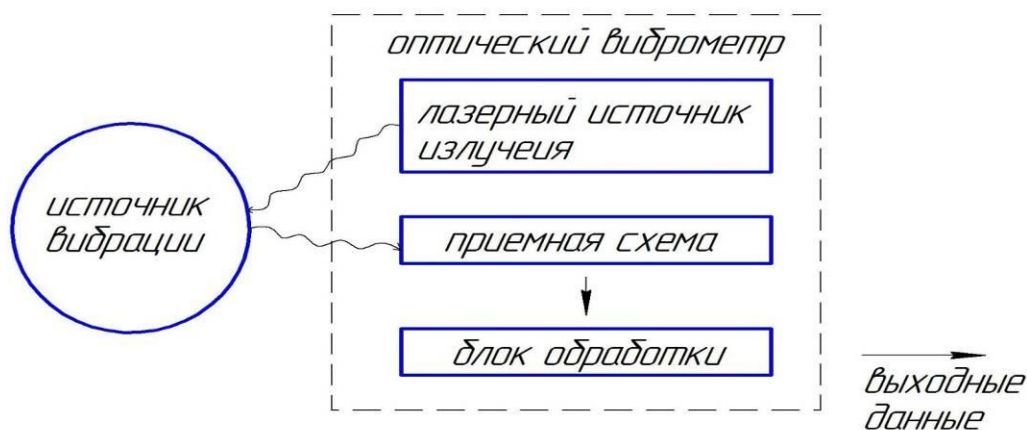


Рисунок 3 – Схема оптического виброметра

Работа виброметра основана на отражении луча, который отличается от действительной длинны лазера, от подвижного тела. Эта разность определяет характеристики движения объекта. Оптические виброметры просты в применении, безопасны и обладают высокой чувствительностью и точностью. Единственный недостаток - высокая стоимость.

**Вывод.** Преимуществом применения бесконтактных методов измерения вибрации является возможность измерения вибрации в труднодоступных местах и отсутствие механической связи датчика с объектом, что приводит к невнесению искажений в картину вибрации, но их главным недостатком является затухание сигнала в воздухе, что зависит от состояния атмосферы. Поэтому наиболее точными являются контактные методы измерения вибрации. Чтобы выполнялись измерения с наибольшей точностью, необходимо чтобы масса датчика не превышала 5% от массы измеряемого объекта. При испытаниях используются наиболее дешевые контактные датчики, масса которых незначительна, поэтому их применение практически не приводит к искажениям в вибрационном состоянии исследуемого объекта.

#### **Список использованных источников**

1. Безопасность жизнедеятельности. Конспект лекций. Ч. 2/ П.Г. Белов, А.Ф. Козьяков. С.В. Белов и др.; Под ред. С.В. Белова. – М.: ВАСОТ, 1993.
2. В.В. Болотин (Т.1); И.И. Блехман (Т.2); Ф.М. Диментберг, К.С. Колесников (Т.3); Э.Э. Лавендел (Т.4); Д.М. Генкин (Т.5); К.В. Фролов (Т.6). Вибрации в технике. Справочник. (в 6-ти томах). – М.: Машиностроение, 1978.
3. Иориш Ю.И. Виброметрия. Измерение вибрации и ударов. Общая теория. Методы и приборы. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1963.
4. Фролов К.В. Вибрация - друг или враг? – М.: Наука, 1984.

УДК 629.4.027

## БЕЗЭТАЛОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМОЙ НЕСПЛОШНОСТИ В КОЛЕСНЫХ ЦЕНТРАХ ЛОКОМОТИВОВ В ОСЕВОМ НАПРАВЛЕНИИ

Лунева И. Ю., 5 курс

e-mail: luniova1993@mail.ru

Научный руководитель

Кашура А.Л., к.т.н., доцент

e-mail: kashure@mail.ru

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля (г. Северодонецк)

*В работе приведены исследования ультразвукового диагностирования колесных центров локомотивов в осевом направлении. Выполненный комплекс работ позволяет дать оценку безэталонному методу контроля и усовершенствовать его.*

**Постановка проблемы.** В данной работе рассматривается ультразвуковое диагностирование колесных центров локомотивов амплитудным эхо-методом. Проблема безэталонного метода контроля в наше время является крайне актуальной, о чем свидетельствует достаточно большое количество публикаций отечественных ученых [1-4].

**Формулировка цели работы.** Целью данной работы является анализ технологии ультразвукового диагностирования колесных центров локомотивов в осевом направлении.

**Основные материалы исследования.** Все основные элементы машин рассчитываются на одинаковый срок службы, по истечении которого наступает их физический износ. На практике часто приходится встречаться с тем, что отдельные части изделий выходят из строя раньше этого срока. Причиной этого, как правило, являются дефекты, не обнаруженные в процессе их изготовления и контроля качества.

Для обеспечения качества и надежности колесных центров, во избежание возникновения производственных и эксплуатационных отказов они подвергаются комплексу мероприятий технического диагностирования. В комплекс мероприятий технического диагностирования входит множество контрольных операций, в том числе и ультразвуковой неразрушающий контроль на присутствие внутренних допустимых несплошностей.

Безэталонный метод основан на сравнении амплитуды эхо-сигнала от непровара с амплитудой эхо-сигнала от бесконечной плоскости, расположенной на той же глубине, что и непровар. В качестве такой плоскости следует использовать поверхность колеса. Безэталонный метод может быть реализован с помощью дефектоскопов, имеющих калиброванный аттенюатор. В связи с тем, что этот метод основан на сравнении амплитуд эхо-сигналов от непровара и плоскости, контролю должен предшествовать расчет зависимости или ее экспериментальное построение [3,2].

Прибор, который может осуществить безэталонный метод контроля – ультразвуковой дефектоскоп УД9812. Данный прибор представляет собой ручной ультразвуковой дефектоскоп общего назначения, группа 3 по ГОСТ 23049-84. Он предназначен для неразрушающего контроля продукции на наличие дефектов типа нарушения сплошности и однородности материала в изделиях из металла и пластмасс [1].

Дефектоскоп снабжен калиброванным аттенюатором и прецизионным измерителем задержки сигналов. Это позволяет использовать его для измерения физических характеристик материалов – затухания и скоростей звука. Погрешность измерения амплитуд эхо-сигналов в децибелах посредством аттенюатора, встроенного в дефектоскоп, оценивается с помощью специального аттестованного аттенюатора.

Однако в данной работе рассматривается вопрос усовершенствования технологии ультразвукового диагностирования колесных центров импульсным эхо-методом. Усовершенствованная технология отличается от ранее существующей безэталонным способом настройки чувствительности ультразвуковой аппаратуры и оценки допустимости дефектов, обнаружен-

ных в результате контроля по специфическим диаграммам амплитуда-расстояние-динаметр. Аналитические зависимости для построения диаграмм учитывают изменение размеров зерна по сечению обода и ступицы колесного центра.

При проведении ультразвукового контроля классификация обнаруженных несплошностей, как допустимых или как дефектов, осуществляется путем сравнения амплитудной характеристики от несплошности с амплитудной характеристикой от эталонного отражателя в стандартном образце предприятия. Однако такой способ может привести к недостоверной оценке несплошностей в случае разницы в затухании ультразвуковой волны в стандартном образце предприятия и в контролируемом колесном центре [4].

**Вывод.** По результатам исследования можно сделать заключение, что безэталонный метод определения допустимых несплошностей рекомендуется к использованию, однако целесообразней проводить контроль импульсным эхо-методом.

#### **Список использованных источников**

1. ГОСТ 23049-84. Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Основные параметры и общие технические требования.
2. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля / И.Н. Ермолов. – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.
3. <http://mash-xxl.info>.
4. Кіреєв А.М. Удосконалення виготовлення та контролю колісних центрів рухомого складу залізниць: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.07 „Рухомий склад залізниць та тяга поїздів” / А.М. Кіреєв. – Харків, 2007. – 20 с.

УДК 621.316.23

## ТЕМПЕРАТУРНО-СТРУМОВИЙ ЗАХИСТ ІНДУКЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

**Миронов О.М., 4 курс,**

**Тодоров В.О., 4 курс,**

*Науковий керівник*

**Попова І.О., к.т.н., доцент**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*Робота присвячена розробці структурної електричної схеми керування комбінованого захисного пристроя асинхронного електродвигуна.*

**Постановка проблеми.** Для захисту індукційних електродвигунів, до яких відносяться асинхронні електродвигуни з короткозамкнутим ротором, використовують різноманітний релейний захист: тепловий, струмовий, температурний, фільтровий і комбінований. Багатолітній досвід експлуатації асинхронних електродвигунів показав, що більшість існуючих захистів не забезпечують безаварійну роботу асинхронних електродвигунів. Правильний вибір захисного пристрою – це важливий в забезпеченні безпечної експлуатації асинхронних електродвигунів. А вибір захисту асинхронних електродвигунів необхідно проводити виходячи з особливостей режимів їх роботи, можливостей виникнення аварійних ситуацій і наслідків, які проявляються потім [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Пристрої захисту від аварійних режимів можна розділити на декілька видів: теплові, струмозалежні, термочутливі, комбіновані та інші.

Струмові захисні пристрої реагують на струм, що тече в обмотці статора захищає його електродвигуна. Недоліком струмових захистів є неоднакова чутливість к зміні перевантажень. Найбільшу чутливість вони мають у діапазоні великих перевантажень, пов'язаних з різким зростанням струму у обмотках статора асинхронного електродвигуна. А в діапазоні малих перевантажень чутливість їхня знижується, що є основним недоліком струмових захистів.

Температурні захисні пристрої реагують на температуру нагріву обмоток електродвигуна і дозволяють захищати двигун від багатьох складних типів перевантажень (збільшення механічних втрат, тривалих невеликих перевантажень і інше). При досягненні небезпечної для обмотки температури захист відключає двигун незалежно від причин, що викликали перегрів. Однак цей вид захисту погано діє при великих поштовхових перевантаженнях, оскільки тепла інерція ізоляції обмоток статора, через яку тепло передається від обмотки чутливому елементу пристрою, призводить до спізнення спрацювання захисту. В наслідок цього температурний захист неефективний при загальмованому роторі електродвигуна, що є його суттєвим недоліком [2,3].

Температурно-струмові захисні пристрої поєднують в собі позитивні якості температурних і струмових пристроїв і вільні від недоліків, властивих кожному з них окрема. Температурно-струмові захисні пристрої достатньо добре захищають асинхронні електродвигуни як при виникненні невеликих тривалих перевантаженнях, так і при короткочасних значних [4].

**Мета статті.** Розробити структурну схему комбінованого захисного пристрою, що зможе зберегти експлуатаційні властивості і ресурс електричної ізоляції асинхронних електродвигунів.

**Основні матеріали дослідження.** Аналізуючи аномальні режими роботи електродвигунів було вирішено розробити пристрій призначений для контролю, діагностування режимів роботи і захисту асинхронних електродвигунів лінії виробництва м'ясокісткового борошна від перевантаження за струмом електродвигунів і від перевищення



температури обмотки двигунів більше допустимого значення в залежності від класу ізоляції асинхронних двигунів.

Пристрій призначений для контролю і діагностування експлуатаційних режимів роботи асинхронного двигуна від перевантаження за струмом і температурою. Він повинен забезпечувати виконання наступних умов:

- здійснювати контроль струмів в обмотках асинхронного електродвигуна;
- здійснювати контроль температури обмоток асинхронного електродвигуна;
- забезпечувати включення світлової сигналізації при перевищенні фазних струмів і температури обмоток асинхронного двигуна більш допустимого значення;
- забезпечувати відключення асинхронного електродвигуна при перевищенні фазних струмів і температури обмоток асинхронного двигуна більш допустимого значення;
- забезпечувати включення звукової сигналізації при перевищенні фазних струмів і температури обмоток асинхронного двигуна більш допустимого значення.

Структурна схема пристрою діагностування режимів роботи силового електрообладнання наведена на рисунку 1.

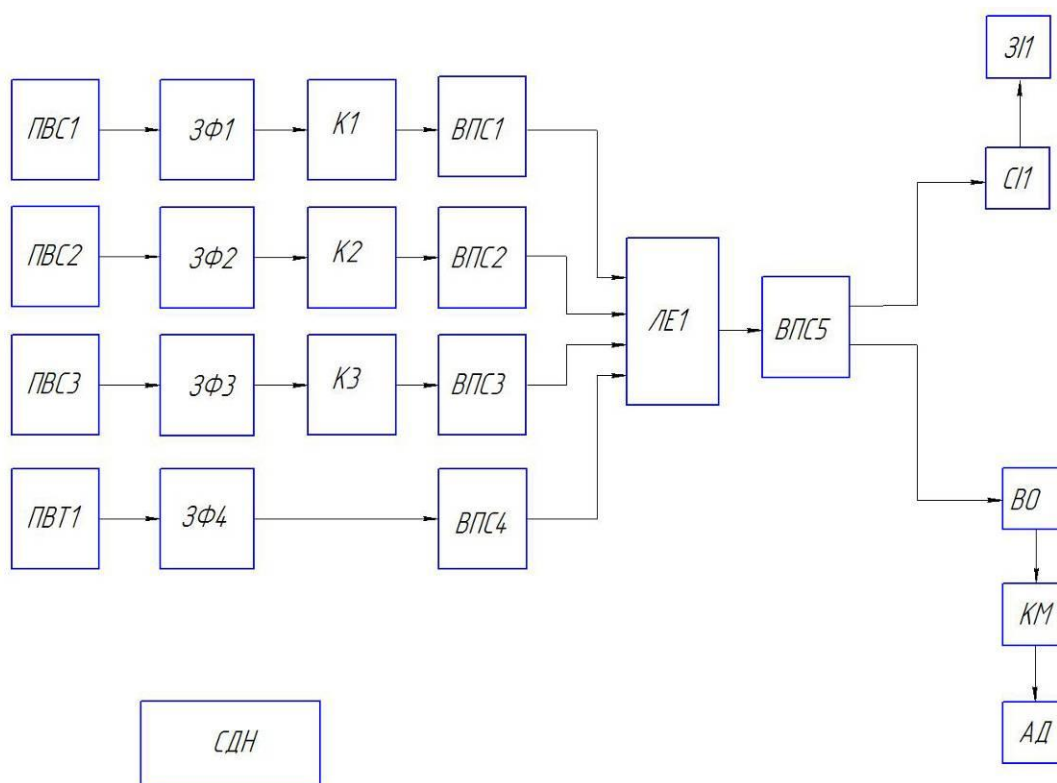


Рисунок 1 - Структурна схема пристрою діагностування режимів роботи силового електрообладнання.

В структурній схемі прийняти наступні мовні позначення: ПВС1...ПВС3 - первинні вимірювальні перетворювачі струму; ПВТ1 - первинний вимірювальний перетворювач температури; ЗФ1...ЗФ4 - згладжуючі фільтри; К1...К3 - операційний підсилювач на основі компаратора; ВПС1...ВПС5 - вузол підсилення сигналу; ЛЕ1 - логічний елемент; ЗЧ – затримка часу спрацювання виконавчого органу; СІ1 - світлова індикація; ГРСК – гальванічна розв'язка струмових кіл; ЗІ1 - звукова індикація; ВО - виконавчий орган; АД - асинхронний двигун; СДН - стабілізоване джерело напруги.

Пристрій має наступні блоки: первинні вимірювальні перетворювачі фазних струмів у напругу (~/-); згладжуючі фільтри; операційні підсилювачі на основі компаратора; логічний елемент «АБО-НІ»; світлова сигналізація при перевищенні фазного струму допустимого значення і температури обмотки; підсилюючий пристрій; звукова сигналізація при

перевищенні фазного струму і температури обмотки допустимого значення; пристрій затримки часу включення діагностуючого пристрою; гальванічна розв'язка електричних кіл; виконавчий орган; стабілізоване джерело напруги; котушка магнітного пускача.

В якості первинного вимірювального перетворювача фазного струму у напругу використані датчики Холла (~/-), це три мікросхеми, кожна з яких вимірюють змінний синусоїдний фазний струм і перетворюють сигнал на виході мікросхеми у постійну напругу, пропорційну фазному струму. Існуючі датчики Холла дозволяють включати їх без трансформатора струму.

В якості первинних перетворювачів температури застосовані три послідовно з'єднані терморезистори (термістри) з негативним динамічним опором, які укладені в лобових частинах трьох обмоток статора двигуна і мікросхема, виконуюча функцію ідеального джерела струму.

Згладжуючими фільтрами є конденсатори. Для обмеження величини сигналу (напруги) з первинного вимірювального перетворювача фазного струму і первинних перетворювачів температури, що подаються на компаратори використані потенціометри.

Затримка часу спрацювання виконавчого органу забезпечується резистором і конденсатором. Час спрацювання розраховується через постійну часу перехідного процесу накопичення зарядів на конденсаторі. Гальванічною розв'язкою між колами з доволі великими струмами – виконавчим органом і колами з малими струмами – мікросхемами використаний оптрон. Світлова сигналізація виконана на світлодіоді. Компаратори використані в якості підсилювачів сигналів з первинних перетворювачів фазного струму і перетворювачів температури.

Стабілізоване джерело постійної напруги для живлення операційних підсилювачів створення опорної напруги на них, і мікросхем виконано на двох біполярних транзисторах і двох випрямляючих діодних мостах, які видають напругу +15 В і -15 В.

На виході логічного елемента «АБО-НІ» включені три транзистори, які виконують функцію ключа для подачі сигналу. Якщо присутній сигнал хоча б на одному вході логічного елемента, наприклад при збільшенні температури обмотки або при нерівномірному збільшенні струмів у обмотках асинхронного електродвигуна, при перевантаженні з боку робочої машини, несиметрії напруг мережі або неповнофазний режим або відхилення напруги на електродвигуні, тоді з'являється сигнал на виході логічного елемента «АБО-НІ». Для сигналізації аварійного відключення асинхронного двигуна використана звукова сигналізація.

**Висновки.** Пристрій дозволяє підвищити експлуатаційну надійність асинхронного електродвигуна за рахунок безперервного діагностування режимів їхньої роботи, що дозволяють збільшити термін їхньої служби у сільськогосподарчому виробництві.

#### **Список використаних джерел**

1. Кондратюк О.Ю. Анализ аварийных режимов работы асинхронных двигателей к вопросу выбора их эффективной защиты./ О.Ю. Кондратюк, Егоров А.Б. //Системы обработки інформації. – 2006. – Вип. 4(53). – С.79-86.
2. Данилов В.Н.. Классификация устройств защиты электродвигателей от аварийных режимов. /В.Н. Данилов. //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – С. 34-37.
3. Некрасов А.И. Система технического сервиса электрооборудования в АПК./А.И. Некрасов. //Механизация и электрификация сельского хозяйства, – 2002. – №5, - С.23-25.
4. Лучук В.Д. Защита электродвигателей на основе электронных реле РЭЗЭ-6, РЭЗЭ-7. / В.Д.Лучук, А.М. Марков, И.С. Щукин//Електротехніка і Електромеханіка. –2003, № 3. – с.88.

УДК 621.313.13

## РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ВІД НЕПОВНОФАЗНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Миронов О.М., 4 курс,

Тодоров В.О., 4 курс,

Лабудєв С.Є., 4 курс,

Науковий керівник

Попова І.О., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

*В роботі наведена структурна електрична схема пристрою, виконаного на базі мікроконтролера, який виконує контроль, діагностування і захист групи асинхронних двигунів від обриву фазного проводу.*

**Постановка проблеми.** Ефективність роботи робочих машин сільськогосподарського виробництва значною мірою залежить від надійності електроприводів: асинхронних електродвигунів.

Досвід експлуатації електрообладнання в сільському господарстві свідчить: аварійність основного елемента електроприводу – асинхронного електродвигуна значна, що завдає сільськогосподарському виробництву додаткові збитки через непередбачене припинення роботи цілого ряду технологічно зв'язаного обладнання, недодану продукцію та незаплановані ремонти електрообладнання. Велика аварійність асинхронних електродвигунів обумовлена особливостями експлуатації їх в агропромисловому комплексі, до специфічних умов якої слід віднести низьку якість напруги в мережі, зокрема її несиметрію.

Сільські розподільчі мережі 0,38/0,22 кВ відзначаються великою довжиною та змішаним підключенням однофазних і трифазних споживачів, тому в них має місце неприпустима несиметрія напруг. Аварійність асинхронних електродвигунів, яка пов'язана з їх роботою при несиметрії напруг мережі і неповнофазному режимі досягає 45 % від загальної кількості тих, що виходять з ладу [1].

Крім цього, робота в умовах несиметричних і неповнофазних режимів супроводжується зменшенням моменту обертання, підвищенням фазних струмів і, як наслідок, перегріву фазної ізоляції і підвищеній витраті ресурсу ізоляції. Таким чином, розробка пристроїв захисту асинхронних двигунів в процесі їх експлуатації є доцільним питанням, яке спрямоване на підвищення їх експлуатаційної надійності [2].

**Аналіз останніх досліджень.** Існує велика кількість пристроїв, призначених для постійного контролю значення напруги мережі і керування трифазними електроустановками шляхом відімкнення їх від електричної мережі у випадку аварійних режимів, таких як: недопустимі перепади напруги (стрибки й провали напруги); обриви, перекося фаз, порушення послідовності фаз і наступне автоматичне повторне вмикання електродвигуна після повернення параметрів мережі в норму, якщо інше не передбачено технологічним процесом. Більшість із присутніх на ринку реле захисту не мають зазначеної універсальності. Одні з них, наприклад, контролюють тільки сили струмів, інші - перевищення або зниження напруги, треті - перекіс фаз тощо. Це призводить до необхідності використання декількох аналогічних реле одночасно, що невиправдано ускладнює схему, підвищує енергоспоживання і тепловиділення, зменшує надійність.

Пристрої захисту умовно можна розділити на дві групи: аналогові й цифрові. Характеристики аналогових реле напруги і струму дуже сильно залежать від параметрів самої вимірюваної напруги і температури навколишнього середовища. Їх вирізняє низька надійність, більші габарити і підвищене енергоспоживання, робота з піковими значеннями напруги і

струму, тому що засобами аналогової техніки практично неможливо обчислити діюче значення напруги і струму.

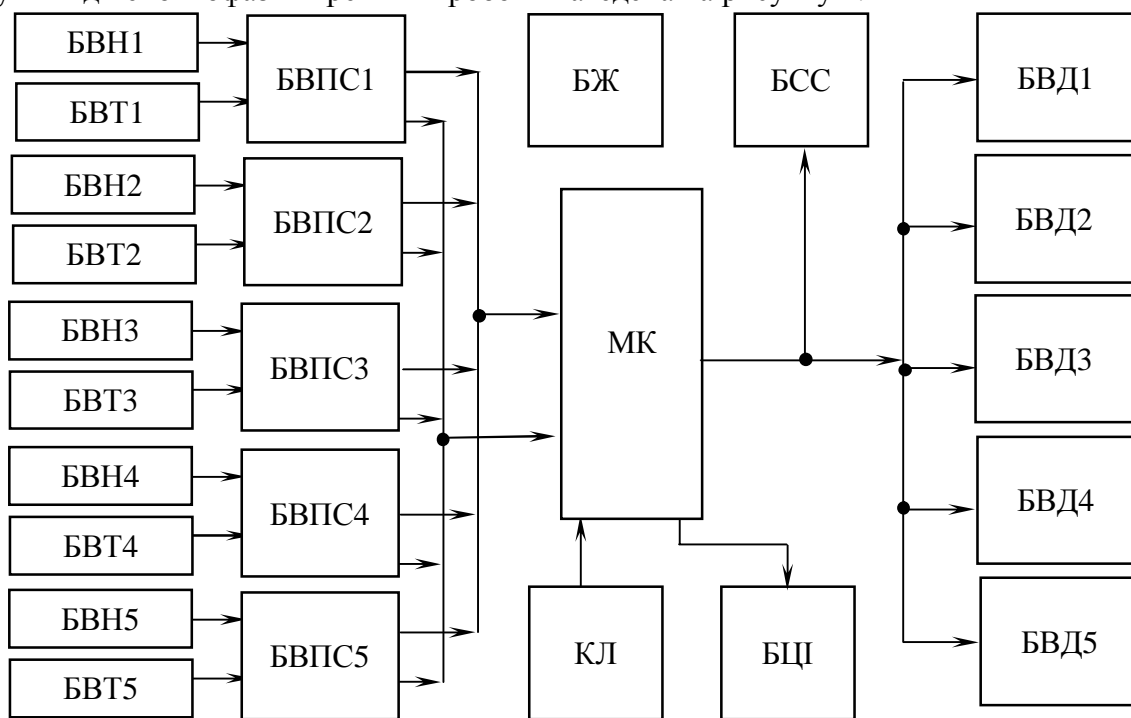
Цифрова техніка має багато переваг перед аналоговою. Мікропроцесорні пристрої здатні в одному малогабаритному пристрої поєднати значно більшу кількість функцій, вони працюють з діючими значеннями напруги і струму, можуть розрізняти види аварій, мають безліч регулювань і параметрів, що налаштовуються [1].

**Мета статті.** Завданням є розробити ресурсозберігаючий електронний пристрій захисту асинхронних двигунів від неповнофазних режимів роботи групи асинхронних двигунів технологічної лінії з контролем несиметрії напруг мережі і температури обмоток статора кожного асинхронного двигуна, а також відключення їх в разі перевищення граничного значення кожного з контрольованих параметрів.

**Основні матеріали дослідження.** Розроблений електронний пристрій захисту забезпечує виконання наступних умов [3]:

- контроль обриву фази (глибокої несиметрії напруг) мережі на затискачах асинхронних електродвигунів;
- відключення електродвигунів при досягненні граничного значення несиметрії напруги на їх затискачах;
- контроль перевищення температури обмоток асинхронних електродвигунів впродовж їх роботи;
- відключення електродвигунів при досягненні граничного значення перевищення температури обмотки асинхронних двигунів;
- забезпечувати сигналізацію аварійного режиму відключення електродвигуна досягненні граничного значення перевищення температури обмотки асинхронних двигунів.
- всі блоки пристрою захисту асинхронних двигунів забезпечити постійною напругою величиною 5 В;
- сигналізацію нормального робочого режиму блоку живлення пристрою.

Структурна схема електронного пристрою захисту групи з п'яти асинхронних електродвигунів від неповнофазних режимів роботи наведена на рисунку 1.



**Рисунок 1 – Структурна схема пристрою захисту асин-**

Пристрій захисту містить наступні основні блоки: вимірювання несиметрії напруг мережі БВН1-БВН5; вимірювання перевищення температури обмоток асинхронних електродвигунів (БВТ1-БВТ5); вторинного перетворення сигналів перетворювачів і збору даних про

режими роботи асинхронних двигунів БВП1-БВП5; мікроконтролер для обробки даних режимів роботи асинхронних двигунів МК; виводу даних контролю режимів роботи асинхронних двигунів БВД1-БВД5; – живлення елементів пристрою БЖ; світлової сигналізації аварійного відключення електродвигуна при неповнофазному режимі роботи (глибокій несиметрії напруг) або при перевищенні температури обмоток асинхронного електродвигуна БСС; виконавчий елемент ВО1-ВО5; блок вводу даних КЛ;

У блоці вимірювання несиметрії напруг мережі БВН1-БВН5 датчики контролю несиметрії напруг мережі на затискачах асинхронних електродвигунів складаються з трифазного знижуючого трансформатора напруги, для зменшення напруги, яка подається з затискачів електродвигуна, фільтру напруги зворотної послідовності, який виконаний на базі двох резисторів і двох конденсаторів, які включені за визначеною схемою.

До блоку вимірювання температури обмоток статора двигунів БВТ1-БВТ5 входять датчики контролю температури обмоток асинхронних електродвигунів БВТ1-БВТ5, які складаються з трьох послідовно з'єднаних терморезисторів з негативним диференціальним опором (термісторів), які зменшують свій опір при підвищенні температури обмоток електродвигуна, які знаходяться в його обмотках.

Блок вторинного перетворення сигналів перетворювачів про режим роботи асинхронних двигунів БВП1-БВП5 містить випрямляючого діодного мосту, який випрямляє сигнал з фільтру напруги зворотної послідовності і передає його на блок обробки даних режимів роботи електродвигунів МК і мікросхеми, що виконує функцію стабілізованого джерела струму. Блок обробки даних режимів роботи асинхронних електродвигунів МК складається з мультиплектора, який виконує функцію цифрового пристрою опитування датчиків вимірювання несиметрії напруги БВН1-БВН5 і датчиків вимірювання температури обмоток електродвигунів БВТ1-БВТ5 і передає ці дані в мікроконтролер, де вони обробляються, порівнюються з гранично заданими значеннями і результати порівняння через демультіплексор передаються на блоки виводу даних контролю режимів роботи асинхронних двигунів БВД1-БВД5.

Визначення вхідних параметрів діагностування, порівняння їх з уставками, прийом і видача сигналів управління виконуються за програмою. Програмою передбачений ввід даних щодо конструктивних, режимних і експлуатаційних чинників.

Для вводу даних і управління пристроєм в схемі передбачена клавіатура (КЛ), а за спостереженням за поточним значенням діагностичних параметрів – цифрова індикація БЦІ.

Блоки виводу даних контролю режимів роботи асинхронних двигунів БВД1-БВД5 містять транзисторний ключ, який призначений для підсилення сигналу для управління виконавчим органом ВО, яким є котушка проміжного реле.

Блок світлової сигналізації аварійного відключення електродвигуна БСС1-БСС5 виконаний світлодіодами, які світяться червоним кольором. Блок живлення електронних блоків складається з трансформатора напруги, випрямляючого діодного мосту, фільтрів напруги, стабілізатора напруги.

**Висновок.** Розроблений пристрій дозволяє контролювати роботу групи з п'яти асинхронних двигунів, захищати їх від неповнофазних режимів, підвищити їх експлуатаційну надійність та збільшити строк експлуатації.

#### **Перелік посилань.**

1. Кондратюк О.Ю. Анализ аварийных режимов работы асинхронных двигателей к вопросу выбора их эффективной защиты./ О.Ю. Кондратюк, Егоров А.Б. //Системы обработки информации. – 2006. – Вип. 4(53). – С.79-86.
2. Данилов В.Н.. Классификация устройств защиты электродвигателей от аварийных режимов. /В.Н. Данилов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – С. 34-37.
3. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В.Овчаров. – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 168 с.

УДК 621.310.98

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ЕКОНОМІЧНИМ РЕЖИМОМ РОБОТИ В БДЖІЛЬНИЦТВІ

Черкашин А. І., 5 курс,

Сілаєв І. О. 5 курс,

Наукові керівники:

Савченко П. І., д.т.н., професор,

Гузенко В. В., аспірант

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка

E-mail: A\_Breesy.POD@mail.ru

E-mail: Ivan\_sil@mail.ru

*Проведено аналіз використання електропривода в бджільництві. Розроблена автоматизована система керування регульованим електроприводом з можливістю установки частоти обертання барабана медогонки для ефективної відкачки меду з сот.*

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах господарювання у 95% випадків бджолярі здійснюють відкачку меду з використанням власної фізичної сили для приводу центрифуги (медогонки), що знижує продуктивність праці більш ніж в 4,5 рази [1]. Вироблювані в даний час медогонки з електроприводом неефективні і призводять до неякісної відкачки, так як не враховують закономірності видалення меду з соторамок в системі змінних мас [2].

**Аналіз останніх досліджень.** В результаті аналізу машин і механізмів, призначених для відкачки меду, поширених на території Росії, нами було встановлено, що використовувані в даний час центрифуги для відкачки меду мають нерегульований електропривод або регульований вручну [2], без будь-яких рекомендацій по установці частоти обертання барабана медогонки. Крім того, при виборі частоти обертання абсолютно не враховується в'язкість меду, яка істотно залежить від його температури і вологості. В результаті невірному вибору швидкості обертання до 20% меду залишається в соторамках, крім того, до 35% соторамок схильні до руйнування і подальшого вибракування, що призводить до підвищеної витрати меду бджолами для їх відновлення.

**Мета статті.** Розробити САУ регульованим електроприводом з можливістю установки частоти обертання барабана медогонки для ефективної відкачки меду з сот.

**Основні матеріали дослідження.** Україна входить до п'ятірки світових лідерів з виробництва меду [3]. Бджільництво та пасіки в Україні більш ніж на 90% складаються з приватних господарств. До слова буде сказати, що в Україні також знаходиться і найбільша в Європі пасіка, а український мед, за оцінками деяких експертів і лабораторій, володіє унікальним змістом набору мікроелементів, незрівняним ні з яким іншим медом у світі.

На руки пасічника дуже багато приходить трудомістким справ. Як показують дослідження на основі сучасної науково-технічної літератури, найбільш трудомістким процесом є відкачка меду [3,4].

Своєчасна відкачка меду сприяє підвищенню медо-продуктивності, так як бджолині сім'ї зі збільшеною активністю відновлюють медові запаси.

По мірі збільшення фізичної втоми, пасічника важко підтримувати необхідну швидкість обертання центрифуги постійною. Це призводить до поломки соторамок або неповної відкачки товарного меду. Відомо, що на відбудову 1 кг воску бджолина сім'я витрачає 3,6 кг меду, тобто цінна енергія бджолиної сім'ї витрачається не на вигодовування розплуду і відновлення медових запасів, а на реставрацію сотів.

Відповідно до технічних рішень, прийнятих при реалізації САУ раціональним електроприводом, була розроблена принципова електрична схема, представлена на рисунку 1.



УДК 664.723

## ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА НА ЕЛЕВАТОРІ

Дашкіна Г. К., магістрант

e-mail: dashkina.anna@gmail.com

Науковий керівник

Федюшко Ю. М., д.т.н., професор

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Стаття розкриває особливості процесу очищення зерна,  
а також розглядає переваги сучасних технологій післязбиральної обробки урожаю на елева-  
торі.*

**Постановка проблеми.** Період збирання урожаю є напруженим та відповідальним етапом в процесі виробництва зернових культур. Однак найголовніше завдання, яке стоїть перед всіма сільськогосподарськими підприємствами у післязбиральний період, - зберегти врожай. Визначальним у процесі зберігання є очищення, адже ступінь засміченості зерна визначає в подальшому його термін зберігання, якісні показники, ціну продажу і отриманий дохід.

**Постановка завдання.** Показати основні переваги застосування сучасних технологій для очистки зерна на елеваторі.

**Основні матеріали дослідження.** Ступінь засміченості урожаю в кожного господарства є різним і залежить від багатьох факторів: застосування органічних добрив, засобів захисту рослин для боротьби з бур'янами, використання підготовленого очищеного насіння, методи обробки землі та тривалість використання посівних площ...

Таким чином кожному господарству потрібна своя схема очистки. Останню визначають відповідно до завдання, яке стоїть перед господарством: наприклад, підготовка товарного зерна. Як і будь-яке інше насіння, зерно пшениці при взаємодії з робочими органами машин та механізмів піддається різноманітним механічним діям: стискуванню, зрушенню, тертю, ударам. Таким чином зерна пшениці отримують в десятки разів більше мікропошкодження, ніж макропошкодження. Для твердих сортів пшениці найбільш типовим є розколювання, тоді як для м'яких здебільшого притаманні деформації, вм'ятини.

Засміченість зернової маси визначають як під час збирання врожаю та надходження її на токи для встановлення технології очищення, так і після первинного очищення з метою підготовки партій зерна для реалізації та вторинного - при очищенні насінневого матеріалу.

Слід зазначити, що для свіжозібраного насіння з підвищеним вмістом вологості допускається використання потужності очисної машини тільки на 60-80 %.

Здебільшого, у сільськогосподарських підприємствах використовують очисні машини двох видів - решетні та барабанні. Останні, у свою чергу, поділяються на горизонтальні та вертикальні. Решетні машини добре працюють на сухому зерні (для приготування насінневого матеріалу, а також зерна, яке приходить з поля сухим), тоді як вертикальні барабанні очисні машини з легкістю справляються з «мокрим» та липким матеріалом.

Через конструктивні особливості, площа решітної поверхні очисних машин з горизонтальними ситами, використовується лише на 30%. Зерноочисні машини, які використовують відцентрову силу інерції, мають показники питомої продуктивності в декілька раз вищі, ніж гравітаційні. Існує думка, що відбувається посилене травмування зерна в очисних машинах такого типу, однак на основі практичного дослідження доведено, що це помилкове твердження.

На прикладі очисної машини Prof-Seed, німецької торгової марки RIELA, пропонуємо розглянути принцип дії барабанної вертикальної зерноочисної машини з використанням відцентрової сили:





Рис. 1. Принцип дії зерноочисної машини Prof-Seed

Зерноочисна машина складається з пневматичного ситового сепаратора та механічних сепараторів - барабанних сит. Конструкційні елементи виготовлені зі сталі та покриті спеціальною захисною фарбою.

Неочищене зерно подається в головку (1) і через розділювач (2) направляється до окремих очисних ситових барабанів (3), що складаються з внутрішнього (4) і зовнішнього (5) сит. Ситовий сепаратор обертається навколо осі машини, а барабани - навколо своєї осі. Відцентрова сила відкидає зерно у бік зовнішнього сита барабана, де відбувається розділення на фракції. Більші за розміром забруднення затримуються на внутрішніх ситах, а частково очищене зерно проходить наступну стадію очистки на зовнішніх ситах. Легкі та дрібні забруднення залишаються на стінках машини. Відокремлені фракції (щупле, бите зерно) збираються в кільцевих каналах (6) і виводяться з машини через вивантажувальні жолоби (7). Після чого очищений матеріал по каналах потрапляє у повітряний сепаратор AIR SEED, де легкі часточки та порошок втягуються вентилятором (9) в циклон або в ємкість для забруднень, а чисте зерно подається на вихід (10). Видалення сміття з отворів (7) відбувається в розташований під машиною бункер.

Використання для сепарації вертикальних сит дозволяє до 70 % краще очищати зерно і знищувати цвіль, грибки, бактерії і пил, в порівнянні зі сепараторами, в яких застосовуються горизонтальні сита. Виділимо переваги використання очисних машин з барабанними вертикальними ситами: економія місця; відсутність вібрації; не забруднює навколишнє середовище; дозволяє чистити вологе зерно; не потребує монтажу системи аспірації; самоочистка сит; знижується зараженість зерна; простота в обслуговуванні.

**Висновок.** Застосування сучасних технологій у процесі очищення зерна призведе до підвищення якості виготовленої продукції.

#### Список використаних джерел

1 Гвоздев О.В. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу : підруч. для учнів проф.-техн. навч. закл. / О. В. Гвоздев, Ф. Ю. Ялпачик, Ю. П. Рогач, М. М. Сердюк. – К. : Вища освіта, 2006. – 478 с.

2 Подпратов Г.І. Зберігання і переробка продукції рослинництва: Навч. посібник / Г. І. Подпратов, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. -К.: Мета, 2002 — 495 с

3 Богомоллов О. В. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств: Навч. Посібник / О.В. Богомоллов, П.В. Гурський, В.П. Богомоллова . - Х.: Еспада, 2005. - 432 с.

УДК 664:621.3

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ФАСУВАЛЬНО -ЗАКУПОРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ БЗ-ВРБ/3

**Черемісінов О., магістрант**

*Науковий керівник*

**Квітка С.О., к.т.н., доцент**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**e-mail: Olegcheremisinov@mail.ru**

**e-mail: sergei.kvitka@yandex.ua**

*Робота присвячена удосконаленню системи керування  
фасувально-закупорювальної машини типу БЗ-ВРБ/3.*

**Постановка проблеми.** Проведений аналіз характерних несправностей, що зустрічаються при експлуатації фасувально-закупорювальних машин показав, що простота і висока надійність механічної конструкції фасувально-закупорювальних машин в сукупності зі своєчасним виконанням регламентних сервісних робіт забезпечують довговічність обладнання.

Але зовсім інша ситуація з електрообладнанням. Електродвигуни, електроприводи змінного струму працюють зі швидкістю нижче 50% від номінальної, що веде к його перегріву. Важливим чинником при виході з ладу двигунів, приводів, панелей управління також є висока вологість навколишнього середовища.

**Мета статті.** В основу даної статті поставлена мета удосконалення системи керування фасувально - закупорювальної машини БЗ-ВРБ/3.

**Основні матеріали дослідження.** Машина фасувально-закупорювання БЗ-ВРБ/3 призначена для розливу безалкогольних напоїв і мінеральної води в пляшки з поліетилен-терефталату (ПЕТ-пляшки) місткістю від 250 до 2000 см<sup>3</sup> і закупорювання їх пластмасовим гвинтовим ковпачком.

Подача живлення на шафу електроапаратури здійснюється перемикачем QS1 (рис.1). Про наявність напруги в шафі електроапаратури сигналізує HL1 на пульті керування.

Перед пуском машини необхідно включити автоматичні вимикачі QF1-QF5, які служать для захисту окремих ланцюгів від перевантажень і струмів короткого замикання.

Привід машини може працювати в ручному й автоматичному режимі.

1. При ручному керуванні приводом перемикач SA2 перемикається вправо в положення "Поштовх". На перетворювач UZ1 подається напруга. При натисканні кнопки SB2 ("вкл. привода") замикається контакт KV11 тоді перетворювача UZ1 і двигун M1 включається "вперед" зі швидкістю обертання, яка встановлюється вручну резистором R2 на панелі керування. Після відпускання кнопки SB2 двигун гальмується і зупиняється.

2. У режимі автоматичного циклу роботи приводу перемикач SA2 перемикається вліво в положення "Автоматичний цикл" включається реле KV11 і самоблокується, двигун M1 включається "вперед" зі швидкістю обертання, регульованою резистором R2. Відключається привід вручну кнопкою SB3 або автоматично при спрацьовуванні блокувань: при порушенні огороження; при переповненні відвідного транспортера; при відсутності кришок в лотку.

При переповненні пляшками відвідного транспортера реле KV3.1 відключається, розмикає свій контакт. Двигун приводу M1 гальмується. Одночасно загоряється лампа HL2 ("Переповнення відвідного транспортера") - при замиканні контакту KV3.2.

При відсутності пробок в лотку відключається вимикач A1 і реле KV1. Замикаючим контактом KV1.2 включається реле КТ1 і з затримкою часу 1,5 с відключається двигун приводу M1 і загоряється лампа HL5 ("немає пробок в лотку").

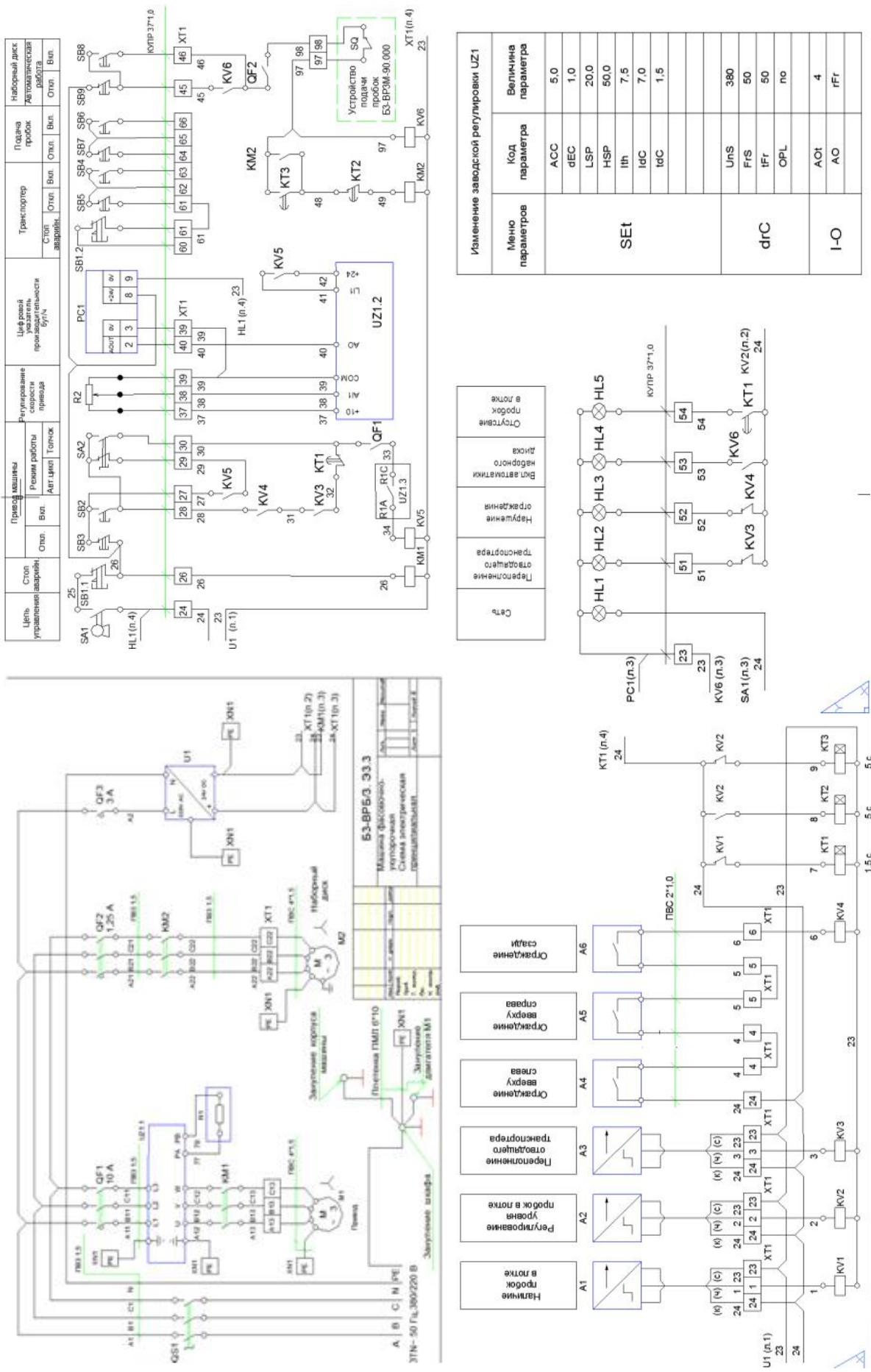


Рисунок 1 – Принципова схема роботи фасувально-закупорювальної машини БЗ-ВРБ/3

При аварійній ситуації привід машини необхідно відключити вимикачем SB1, забезпеченим грибоподібним штовхачем і засувкою від самовключення.

3. Набірний диск включається в автоматичну роботу вимикачем SB8 і реле KV12 включається і самоблокується. При цьому контакт KV12 замикається і включається лампа HL4 ("включення автоматики набірної диска").

При відсутності пробок в лотку вимикач A2 і реле KV2 відключені і включається реле часу KT3. Із затримкою часу близько 5с. включається пускач KM2 і самоблокується. При цьому включається двигун M2 приводу подачі кришок і вони подаються в лоток. При заповненні лотка кришками до рівня вимикача A2 включається A2 і реле KV2. Реле KT3 відключається, а реле KT2 включається і з затримкою часу близько 5с контактом KT2 відключається пускач KM2. Подача кришок в лоток припиняється. Після витрачання кришок і опускання їх до рівня в лотку нижче вимикача A2 автоматично починається наступний цикл роботи набірної диска. Відключається автоматика набірної диска вручну вимикачем SB9.

4. Для керування приводом, що проходить через машину транспортеру, на пульті керування передбачені вимикачі SB4 ("вкл. транспортера") і SB5 ("відкл. транспортера").

Для керування пристроєм подачі кришок на пульті керування передбачені вимикачі SB6 ("вкл.") і SB7 ("відкл.").

5. Регулювання швидкості приводу здійснюється перетворювачем частоти UZ1 типу ATV-28HU54N4 фірми "Groupe Schneider". Всі необхідні установки параметрів виконані при пусконаладжувальних роботах. Для зміни параметрів слід керуватися тех. описом, що подається фірмою разом з перетворювачем.

При будь-якому втручанні в електричну або механічну частину приводу машини необхідно натиснути вимикач SB1 і враховувати, що перетворювач UZ1 зберігає небезпечний потенціал протягом 1 хвилини після відключення.

В основній схемі керування механізмами фасувально-закупорювальної машини БЗ-ВРБ/3 можна застосовувати одне програмоване реле ОВЕН ПР114. Живлення (24 В) для ПР114 може забезпечувати блок живлення ОВЕН БП60Б-Д4-24. Застосування ПР114 в нашому випадку виключатиме масу релейних блокувань (раніше вся логіка будувалася на релейних схемах). Також дозволяє видалення пневматичних вузлів затримок на включення/вимикання реле, зменшує велику кількість проводів, що з'єднували контактні групи, що на порядок підвищило надійність і безпеку роботи. Шафа керування прийме компактний вигляд.

Також для покращення керування фасувально-закупорювальної машини замінимо застарілі перетворювач частоти на новий фірми ОВЕН ПЧВ1,2 це дозволить забезпечити:

- плавний пуск і зупинку двигуна;
- ковзання, яке змінюється в широкому діапазоні;
- гнучку структуру управління з можливістю одночасного управління з фізичною входів і по інтерфейсу RS-485, що забезпечує зручну інтеграцію в сучасні системи управління та диспетчеризації.
- вольт-частотний або векторний алгоритми управління

**Висновок.** Запропонована система керування фасувально-закупорювальної машини БЗ-ВРБ/3. дозволить автоматизувати основні операції при фасуванні та закупорці безалкогольних напоїв у ПЕТ пляшки, спростити обслуговування та заощадити кошти на придбання нової машини.

Список використаних джерел

1. Сорокопуд А.Ф. Технологическое оборудование предприятий харчової промисловості. Оборудование для автоматичної розливочної установки: Учебное пособие. / А.Ф. Сорокопуд – СПб.: ГИОРД, 2004. – 569 с.: ил.
2. Горячкина Н.М., Монтаж, наладка, диагностика и ремонт оборудования предприятий харчової промисловості: Учебное пособие / Н.М. Горячкина – СПб.: ГИОРД, 2005. – 369 с.: ил.

УДК 637.1 : 658:5

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ТЕХНІЧНОГО РОЗВИТКУ МОЛОЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА

**Большак В. Б., магістрант**

*Науковий керівник*

**Федюшко Ю. М., д.т.н., професор**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**e-mail: verabo112@mail.ru**

*Стаття розкриває особливості процесу виробництва йогурту,  
а також визначає переваги автоматизованої системи управління виробничими процесами.*

**Постановка проблеми.** Молочна промисловість – одна з найважливіших серед харчових галузей народного господарства. Відомо, що якість продукції на більшості молочних заводів сьогодні практично цілком залежить від людського чинника, наприклад, від дотримання оператором технологічного регламенту. В той же час з ряду причин (тривалість процесів, широта асортименту і т. д.) забезпечити повноцінний контроль його роботи практично неможливо.

**Постановка завдання.** Показати основні переваги автоматизованої системи управління виробничими процесами.

**Основні матеріали дослідження.** Сьогодні вчені, застосовуючи накопичений досвід у виробництві кисломолочних продуктів, направляють свої зусилля на вдосконалення технологій і техніки виробництва, його автоматизацію і механізацію, розширення асортименту продуктів, підвищення його харчової та біологічної цінності, вдосконалення господарчого механізму взаємовідносин у виробників йогурту з урахуванням ринкових відносин. У центрі уваги поставлено завдання розробити якісно "нові продукти, які як задовольняли фізіологічні потреби організму людини у харчових речовинах і, а й виконували б профілактичні і лікувальні функції, який відповідає «Концепції Державної політики у сфері здорового харчування населення нашої країни».

Автоматизація молочного підприємства є найважливішим показником рівня його технічного розвитку. Забезпечуючи технологічні і економічні переваги, яких неможливо досягти при традиційній організації виробництва, вона є основою перспективного розвитку сучасної молочної індустрії. Поглиблення рівня автоматизації в молочної промисловості має величезне значення, що проявляється через підвищення ефективності праці, поліпшення якості молочних продуктів, оптимальне використання виробничих ресурсів та ін.

Вибір міри автоматизації багато в чому залежить від специфіки молочного виробництва, економічної доцільності, стратегії виробника і його фінансових можливостей. Зрозуміло, що технічні передумови для автоматизації виробництва, наприклад, цільномолочної продукції і сиру дуже розрізняються незалежно від фінансового положення підприємства. Проте доцільність впровадження саме комплексної автоматизації доведена досвідом ряду успішних молокопереробних підприємств, що використовують передові комплексно-інтегровані системи автоматизації.

Рівень автоматизації виробничих (технологічних) процесів в молочної промисловості може визначатися рядом показників : питомою вагою вартості машин-автоматів, засобів автоматизації, контрольних пристроїв і ін. в загальній вартості технологічного устаткування; мірою охоплення робітників автоматизованою працею; долею продуктивності машин-автоматів в сумарній продуктивності устаткування по випуску окремого виду продукції і т. д.

Сучасний вітчизняний і зарубіжний досвід комплексної автоматизації молокопереробних виробництв дозволяє максимально скоротити участь людини в складних технологічних процесах, виключити його вплив на рівень дотримання технологічних інструкцій, звільнити

працівника від управління локальними операціями, залишаючи за ним організацію взаємодії устаткування.

Таким чином, кінцевою метою автоматизації виробничих процесів на молочних підприємствах є створення повністю автоматизованого виробничого сектора, в якому функції працівників зводяться до налаштування виробничого циклу на певний режим роботи, спостереженню за ним, налагоді контрольних приладів, механізмів і пристроїв, профілактичному ремонту і усуненню несправностей. Результатом же стає впроваджена комплексна автоматизована система управління виробничими процесами, що дозволяє:

- підтримувати заданий технологічний режим, забезпечувати високу точність дотримання параметрів технологій, рецептур, дозування компонентів;
- контролювати якість продукції на основних етапах;
- відстежувати кількість і асортимент продукції, оперативно змінювати їх;
- виявляти відхилення, мінімізувати втрати сировини і матеріалів ;
- отримувати в оперативному режимі комплексну інформацію про виробництво для подальшого техніко-економічного аналізу.

Приведемо функціональну схему автоматизації

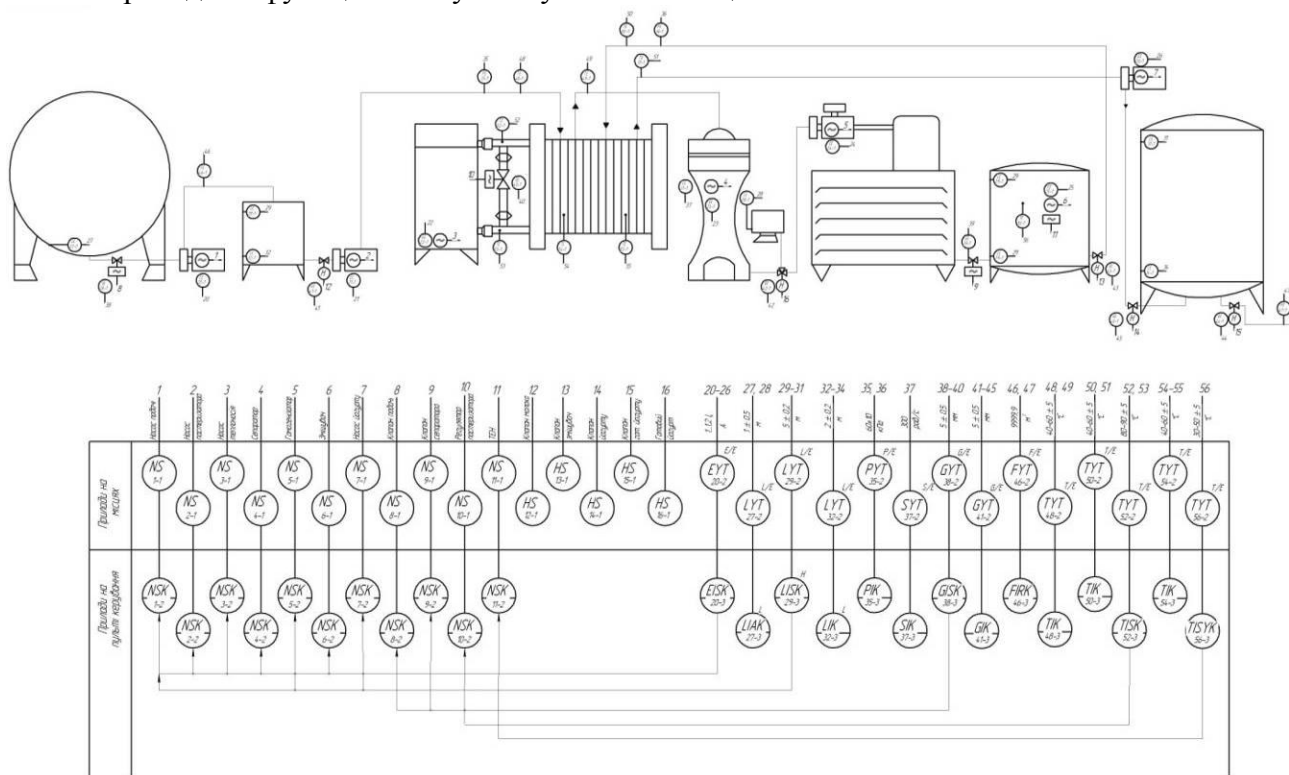


Рисунок 1 – Функціональна схема автоматизації

Розроблена схема дозволяє ідентифікувати та контролювати основні режими роботи технологічних машин та етапи технологічного процесу, забезпечити певну послідовність включення силових елементів згідно стану датчиків, котрі приведені у таблиці 1, які надають вичерпну інформацію про поточний стан технологічного комплексу.

В таблиці 1 перераховані не всі параметри за якими можна контролювати забезпечення нормального ходу технологічного процесу, але вони піддаються автоматизації легше ніж інші та не потребують суттєвих капітальних вкладень [17].

Таблиця 1 – Технічні та технологічні параметри технологічного процесу виробництва йогурту, які реєструються технічними засобами

Назва параметру	Позн.	Од. вим.	Примітки, фізичний зміст
Рівень сирого молока, баку додавання ферментів, закваснику та готового продукту	L	м	Вимірювання рідини
Положення засувок кранів та клапанів	G	мм	Положення ручних та електрифікованих кранів
Частота обертання ротору сепаратора	S	об/хв	Для контролю оптимального режиму процесу сепарування
Струм приводних двигунів	E	A	Тривале перевантаження
Контроль потоку молока	P	Па	Наявність подачі молока
Контроль температури молока та теплоносія у пастеризаторі	T	°C	Вимірювання та індикація температури
Контроль витрати вхідного та вихідного продукту	F	м <sup>3</sup>	Індикація витрати
Робота технологічних машин	-	вкл/викл	Забезпечення індикації
Режими роботи електросилового обладнання	-	норм/авар	Забезпечення звукової сигналізації

**Висновок.** Автоматизації виробничих процесів на молочних підприємствах призведе до підвищення якості виготовленої продукції.

#### Список використаних джерел

- 1 Власенко В.В. Технологія виробництва і переробки молока та молочних продуктів / В.В. Власенко, М.І. Машкін – Вінниця: ГПАНІС, 2000 – 306 с.
- 2 Богомолов О.В. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств: навч. посібник. / О.В.Богомолов, П.В. Гурський, В.П. Богомолова – Харків.: Еспада, 2005. – 432 с.
- 3 Бредихин С. А. Технология и техника переработки молока/ С. А. Бредихин, Ю. В. Космодемьянский, В. Н. Юрин. - М.: Колос, 2003. - 400 с.

УДК 631.624

## ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ЧАСТОТНОГО КЕРУВАННЯ НАСОСНИМИ АГРЕГАТАМИ

Подкур О.О., магістрант

e-mail: podkur.mail@gmail.com

Науковий керівник

Куценко Ю.М., д.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Проведено побудову та економічний аналіз рішення по впровадженню  
системи керування насосною станцією.*

**Постановка проблеми.** Сучасний рівень розвитку електроніки, нанотехнологій, мікропроцесорних засобів керування та регулювання дає можливість максимально використовувати досягнення науки для керування насосними агрегатами.

Існують новітні способи з оптимізації технологічних процесів, які спільно з можливостями автоматизації дозволять значно скоротити енергетичні ресурси підприємства і збільшити надійність пристроїв.

Швидкий ріст цін на енергоносії і ресурси привів до того, що їх вартість в сумарних витратах на виробництво стала занадто великою. В результаті перед багатьма підприємствами гостро постала задача зменшення енерго- і ресурсозатратності для випуску продукції, тобто задача енергозбереження. Аналіз витрат енергоресурсів на багатьох підприємствах показує, що вирішення поставленої задачі має два напрямки – організаційно-технічні заходи, направлені на виключення безкорисних витрат енергоресурсів, та введення енергоефективних технологій і енергозберігаючого обладнання, що дозволяє виконувати той же обсяг роботи при менших затратах енергії.

Впровадження систем частотного керування насосними агрегатами потребує проведення техніко-економічне обґрунтування, що дозволяє визначити не тільки економічну ефективність застосування систем, але і терміни окупності від впровадження. Доцільно використання перетворювачів частоти не в якості елементів системи управління конкретного агрегату, а як складових комплексних системних рішень з підключенням широкого набору засобів автоматизації технологічного процесу. Такі рішення дозволять отримати додатковий ефект, який свідомо більше простий економії електричної енергії.

**Аналіз останніх досліджень.** Згідно з даними статистики, приблизно 60% енергії, споживаної промисловими підприємствами, витрачається електродвигунами. Це означає, що можна значно скоротити енергоспоживання, якщо модернізувати тим чи іншим чином приводи для вентиляторів, насосів, компресорів та інших машин і механізмів зі змінним режимом роботи.

Економічний ефект від використання системи частотного керування для електродвигунів забезпечується за рахунок:

- зменшення витрати електроенергії (до 70%) в компресорних, вентиляторних та насосних системах за допомогою переходу від механічних засобів регулювання (за допомогою засувки, дроселів і засувки) до більш ефективних електронних (із застосуванням розглянутого енергозберігаючого обладнання);
- зниження зносу запірної арматури і трубопроводів завдяки тому, що засувки більшу частину часу перебувають у відкритому стані;
- скорочення числа витоків, що виникають через прориви труб, так як тиск в системі тримається на стабільному рівні і не збільшується, наприклад, у нічний час (традиційний період зниженого споживання води);
- збільшення довговічності системи і зниження кількості аварій завдяки відсутності гідравлічних ударів в насосних системах;



- збільшення терміну служби частотного перетворювача (пускові струми і напруга обмежуються заданим рівнем, завдяки чому значно зменшується знос крильчатки і підшипників).[1]

**Мета статті.** Побудова ефективної структури системи управління насосними агрегатами. Розрахунок енергетичних показників та з'ясування економічної ефективності запропонованої системи частотного керування насосними агрегатами.

**Основні матеріали дослідження.** Існує велика кількість різноманітних систем автоматичного керування системами водопостачання. З існуючих систем автоматичного керування мною була обрана система керування насосної станції з використанням перетворювача частоти зі спеціальною функцією керування та регулювання продуктивністю одного з насосів. При перевищенні його продуктивності над встановленого рівня, перетворювач частоти забезпечує синхронізацію вхідної та вихідної напруги по фазі та амплітуді. Після синхронізації забезпечується шунтування перетворювача з прямим підключенням електродвигуна до мережі, що живить. Синхронізація забезпечує зниження скачків струму приблизно до рівня пускових з більш коротким періодом часу. Зашунтовані перетворювачі частоти з допомогою комутаційних вихідних кіл переключуються на наступний електродвигун. При цьому другий насос стає регульованим.[2, 3]

На базі цієї системи керування електродвигунами була розроблена схема функційна насосної станції яка наведена на рис. 1. На цій схемі наведені: 38-40 основні насосні агрегати, 1-3 електродвигуни основних насосних агрегатів, 4-9 електродвигуни засувки, 34 датчик тиску, 22, 23, 24-26 електроклапани вакуум системі, 27-29 датчики рівня у вакуум системі, 41, 42 вакуум насос, 10, 11 електродвигун вакуум насосів.

Схема функційна працює наступним чином: перш за все подається живлення на електродвигуни 10, 11 приводу вакуум насосів, відкриваються клапани 22, 23 відбувається заповнення ресивера вакуум системи, після заповнення датчики 27-29 подають сигнал на відкриття електроклапанів 24-26 для заливки основних насосних агрегатів. Після заливки відбувається частотний пуск насосного агрегату 38, засувки 4, 5 відчиняються та відбувається подача води у трубопровід. З витримкою часу датчик тиску 34 подає інформацію о підвищенні тиску у трубопроводі, якщо тиску не вистачає відбувається шунтування насосного агрегату 38 та частотний запуск насосного агрегату 39 та суміжним відкриттям засувки 6, 7. Той же самий процес відбувається с останнім насосним агрегатом. Якщо тиск у трубопроводі наростає частотний перетворювач починає знижувати частоту обертання розмінного насосного агрегату та зупиняти насосні агрегати використовуючи тільки необхідну кількість насосних агрегатів в залежності від потреби споживачів.

Щоб зрозуміти чи доцільно впровадження системи керування та орієнтовний термін окупності капіталовкладень потрібно зробити розрахунок енергетичних показників на підприємстві. Для визначення енергетичних показників необхідно розрахувати енерговитрати при виробництві продукції. Оскільки насосна станція працює на протязі 120 днів і тривалість зміни складає вісім годин, виробничий час роботи обладнання – 6 годин, кількість робочих змін за рік – 120, коефіцієнт одночасності роботи обладнання – 0,8, коефіцієнт втрат електроенергії – 1,05, коефіцієнт завантаження приводних електродвигунів насосного обладнання – 0,71, сумарні потужності насосного обладнання складають – 650 кВт.

Витрати електроенергії визначаємо за формулою:

$$E_{eimp.} = T_{zm} \cdot H_{zm} \cdot K_0 \cdot K_n \cdot \sum_{i=0}^n \frac{P_{ni} \cdot K_{zi}}{\eta_{ni}}, \quad (1)$$

- де  $T_{zm}$  – тривалість зміни (наприклад 7 годин);  
 $H_{zm}$  – кількість робочих змін обладнання за рік (наприклад при 2-х змінній роботі  $H_{cm} = 610$  змін);  
 $K_0$  – коефіцієнт одночасності роботи обладнання ( $K_0 = 0,6 \dots 0,8$ ) приймаємо  $K = 1$ ;  
 $K_n$  – коефіцієнт втрат електроенергії ( $K_n = 1,05$ );

$$E_{\text{випр.}} = 0,71 \cdot 6 \cdot 120 \cdot 0,8 \cdot 1,05 \cdot 650 = 279115,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Енергоємність виробництва розраховуємо за виразом:

$$E_{\text{емн.}} = \frac{E_{\text{випр.}}}{Q}, \quad (2)$$

де  $E_{\text{емн.}}$  – енергоємність виробництва;  
 $E_{\text{випр.}}$  – енерговитрати на виробництво продукції;  
 $Q$  – обсяг виробленої продукції.

$$E_{\text{емн.}} = \frac{0,71 \cdot 650}{2246} = 0,2 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$$

При проведенні комплексної електрифікації і автоматизації при модернізації насосної станції порівняно зі стандартними типовими проектами електрифікації таких підприємств було проведено заміну насосного обладнання. Додаткові капітальні вкладення при модерні-

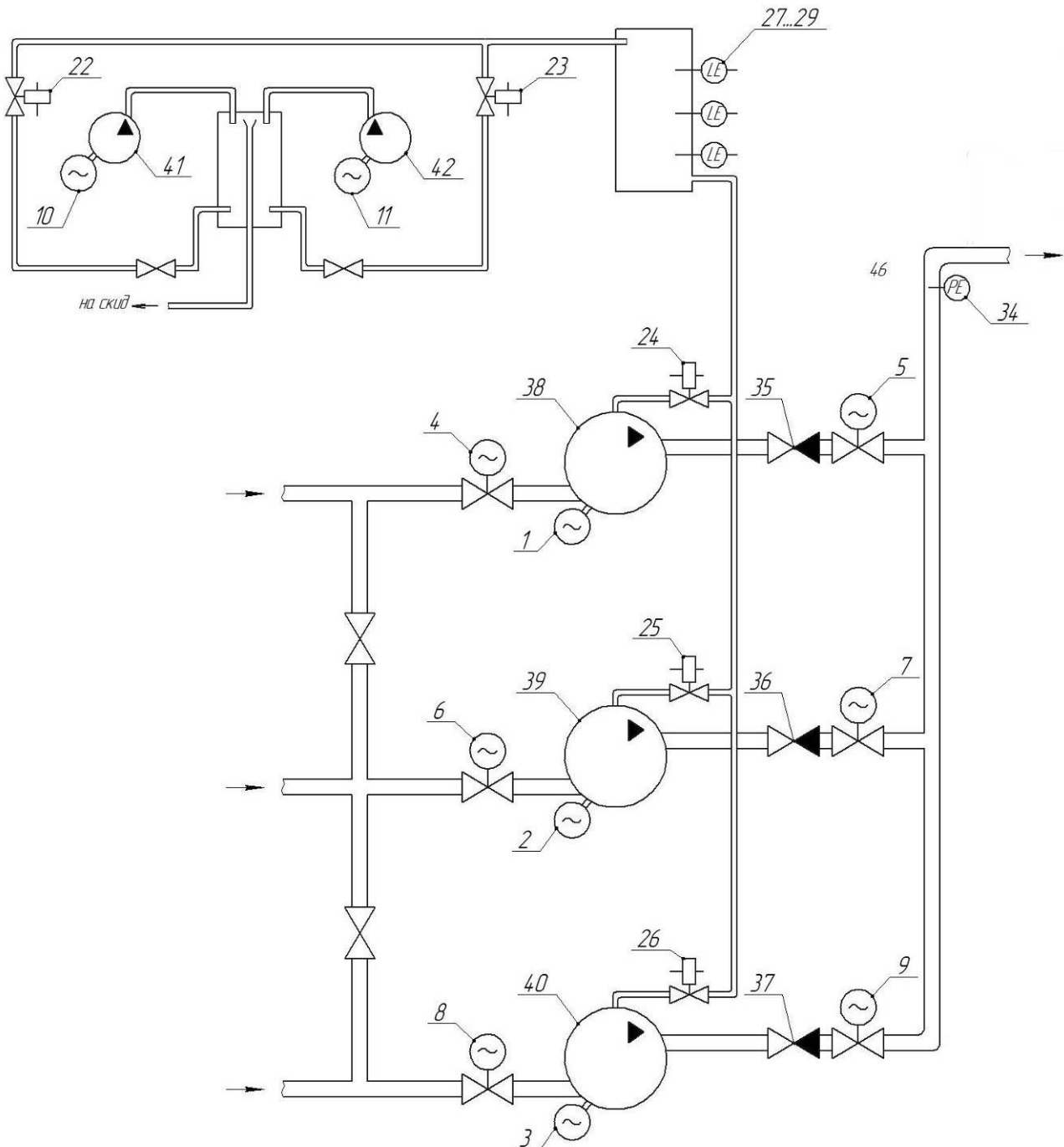


Рис. 1. Схема функційна системи керування насосними агрегатами

зації склали 286 тис. грн. За рахунок використання нового обладнання, зменшилося навантаження приводних електродвигунів насосного обладнання. Як наслідок, за рахунок збільшення ККД насосного обладнання, зменшилися енерговитрати. Приріст прибутку складається з прибутку від зниження.

$$\Delta\Pi = (349876,8 - 279115,2) \cdot 1,29 = 91282,5 \text{ грн.}$$

Сумарний прибуток склав 91282,5 грн.

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень розраховуємо за формулою:

$$E_{\text{к.в.}} = \frac{\Delta\Pi}{K}, \quad (3)$$

де  $\Delta\Pi$  – приріст прибутку підприємства у випадку вкладення капіталу в реконструкцію, модернізацію, технічне переоснащення;  
 $K$  – загальна сума капіталовкладень.

$$E_{\text{к.в.}} = \frac{91282,5}{286000} = 0,31$$

Строк окупності додаткових капіталовкладень визначаємо за рівнянням:

$$T = \frac{K}{\Delta\Pi}, \quad (4)$$

де  $K$  – загальна сума капіталовкладень

$\Delta\Pi$  – приріст прибутку.

$$T = \frac{286000}{91282,5} = 3,1 \text{ року}$$

Провівши розрахунок енергетичних показників введення системи керування та визначивши термін окупності капіталовкладень можна сказати, що за рахунок заміни насосного обладнання, яке використовувалися раніше, на сучасну систему керування насосною станцією, значно скоротилися енерговитрати на виробництво одиниці продукції за рахунок збільшення енергетичних показників насосного обладнання, що призвело до збільшення прибутку.

Також треба відмітити, що завдяки впровадженню гнучкої системи керування вдалось звести до мінімуму аварійні ситуації на трубопроводах, значно знизити навантаження на запірну арматуру, це також позитивно позначиться на коштах які будуть використані на ремонт електрообладнання.

Таким чином, використані заходи дають змогу, при необхідності додаткових капітальних вкладень, говорити про доцільність використання даного обладнання, системи електрифікації і системи автоматизації.

**Висновок.** Виходячи з вище викладеного можна зробити висновки про доцільність впровадження систем частотного керування насосними станціями. З наведених розрахунків видна економічна ефективність застосування систем частотного керування насосними агрегатами. Термін окупності капітальних вкладень вкладається в норми, які загально прийняті у системах водопостачання.

#### Список використаних джерел.

1. Экономический эффект от применения преобразователей частоты на насосных агрегатах. Режим доступа [Електронний ресурс] [http://www.ruselkom.ru/economicheskii\\_effect\\_ot\\_primeneniya](http://www.ruselkom.ru/economicheskii_effect_ot_primeneniya)

2. Подкур О.О Аналіз сучасних систем керування насосними агрегатами / О.О. Подкур, А.В. Вужицький, Ю.М. Куценко // Матеріали науково-технічної Інтернет-конференції студентів та магістрантів за підсумками наукових досліджень 2013 року «Проблеми механізації та електрифікації АПК» Випуск 1. - Мелітополь ТДАТУ, 2014. – С.254-257

3. Грабко В. В. Метод та засоби оптимізації роботи електроприводів насосної станції водопостачання: монографія / В. В. Грабко, М. М. Мошноріз. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 138 с.

УДК 681.51

## АВТОМАТИЗАЦІЯ НВЧ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ МАГНЕТРОНІВ

Сафонов О.В., магістрант

e-mail: safonov4dive@gmail.com

Науковий керівник

Лобода О.І., к.т.н., старший викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет

У статті розглядається можливість та основні моменти автоматизації НВЧ установок.

**Постановка проблеми.** В результаті порушення номінальних режимів роботи знижується термін служби магнетрона і джерела його живлення, а також надійність технологічного процесу в цілому. Опосередковано це відбувається через підвищення понад допустимих меж температури магнетрона або живильного трансформатора. Найбільш раціональними способами вирішення цього питання представляється побудова автоматизованої системи підтримки потрібних температур.

**Формулювання цілей.** Дослідити можливість впровадження автоматизації процесу НВЧ обробки сільськогосподарських продуктів.

**Основні матеріали досліджень.** Основною причиною виходу магнетронів з ладу є втрата емісійних властивостей його катода.

Оскільки термоелектронна емісія можлива при досить високих температурах, а подальше їх підвищення за певну межу призводить до руйнування емісійного шару. Катод повинен знаходитися в тепловому балансі.

Найбільш частою причиною перегріву катодів магнетронів є невихід СВЧ ЄМ-енергії через відбиття її оброблюваним матеріалом. Залежно від рівня відбиття зростає нагрів всього магнетрона, а швидше за все додає температуру його найгарячіший елемент - катод, що як правило, закінчується його руйнуванням. Основний шлях вирішення цієї проблеми - постійна присутність оброблюваного матеріалу в зоні поглинання НВЧ ЄМ-енергії і досить швидке відключення магнетрона в разі його відсутності.

Другою за частотою причиною перегріву катода є недостатнє охолодження анода, в результаті чого його теплове випромінювання поглинається катодом до того ж до власного нагрівання. Безпечні температури анодів магнетронів відомі. Звідси впливає завдання - утримання температури магнетрона в заданому межі шляхом його обдування повітряним потоком і відключенням магнетрона в небезпечному випадку.

Обдув магнетронов можна зробити автоматично керованим, наприклад, використовуючи частотерегулюємий електропривод. Але умови використання цього шляху повинні оцінюватися економічно. Швидше за все при якійсь потужності установки це стане раціональним.

Алгоритм функціонування автоматизованої системи управління НВЧ установками можна розділити на такі пункти:

- Функція підтримки рівня зерна в приймальному бункері НВЧ-установки;
- Контроль температури магнетрона зі своєчасним включенням обдування і відключенням при її критичних величинах;
- Підтримання технологічно обумовленої температури зерна на виході НВЧ-установки;
- Відключення джерел живлення магнетрона в разі їх перегріву.

Кожна з функцій передбачає виконання таких етапів:

- вироблення сигналу про стан регульованого параметра (виконується датчиками);
- обробка сигналу, тобто його порівняння з величиною, відповідної тому чи іншому стану (виконується контролером);

–видача команди виконавчому пристрою про зміну регульованого параметра (виконується контролером);

–зміна регульованого параметра (виконується виконавчим пристроєм).

Виходячи з рівня планованої автоматизації та умов технологічного процесу доцільно використовувати структурно-функціональну схему управління супервізорного режиму (рис.1).

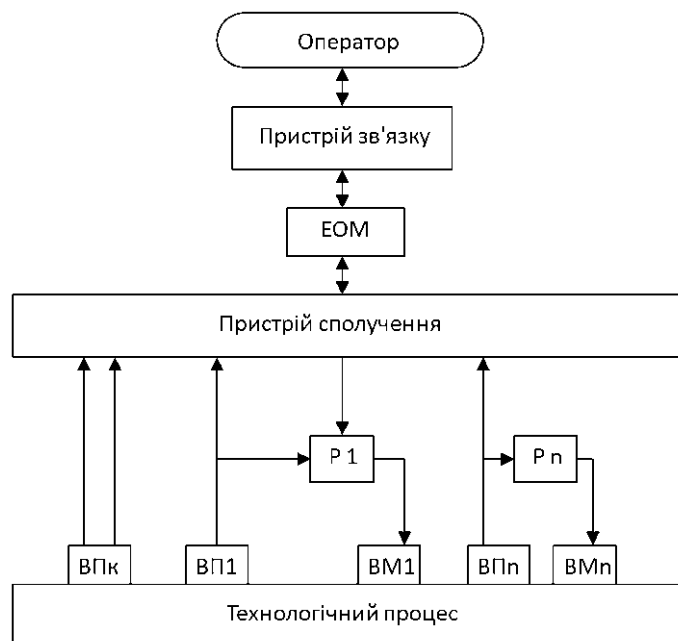


Рис.1 – Структурно-функціональна схема супервізорного режиму

Принцип функціонування АСУТП у супервізорному режимі являє собою дворівневу ієрархічну систему, причому нижній рівень управління, безпосередньо зв'язаний із ТП, реалізують локальні регулятори Р. На верхньому ж рівні встановлена ЕОМ, основою функцією якої є визначення оптимальних параметрів технологічного процесу та розрахунок на їх основі значень уставок локальних регуляторів. Супервізорний режим призначений для управління динамічно повільними процесами.

**Висновок.** Впровадження систем автоматизації НВЧ установок для обробки сільськогосподарських продуктів на основі магнетронів може вирішити проблеми надійності експлуатації НВЧ установок. Таким чином, можна вважати, що основні завдання щодо забезпечення ефективного функціонування НВЧ ЄМ-пристрої для впливу на зерно цілком вирішувані за допомогою сучасних засобів автоматизації. З рахунком того, що елементи системи й сама вона будуть удосконалюватися.

#### Список використаних джерел.

1. Діордієв В.Т. Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах реформованих господарств АПК: Навчальний посібник / В.Т. Діордієв – Сімферополь. : ДОЛЯ, 2004. – 138 с.
2. Явчуновский, В.Я. Микроволновая и комбинированная сушка: физические основы, технологии, оборудование / В.Я. Явчуновский. – Саратов: Изд. Саратовского университета, 1999. – 212 с.: ил.
3. Зерно-журнал современного агропромышленника. Об эффекте предпосевной микроволновой обработки семян. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://www.zerno-ua.com/?p=11347](http://www.zerno.ua.com/?p=11347)

УДК 681.51

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ЛІНІЇ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ

Сафонова Ю.В., магістрант

e-mail: yulias\_4@mail.ua

Науковий керівник

Лобода О.І., к.т.н., ст. викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет

*У статті розглядається розробка функціональної схеми автоматизації лінії крапельного зрошення.*

**Постановка проблеми.** Одним з чинників підвищення продуктивності праці, ефективності виробництва, прискорення науково-технічного процесу є автоматизація технологічних виробництв у промисловості. Також автоматизація є одним із основних чинників зниження собівартості продукції.

**Формулювання цілей.** Розробити схему автоматизації лінії крапельного зрошення функціональну.

**Основні матеріали досліджень.** У відповідності до технологічного процесу крапельного зрошення, функціональних ознак технологічного обладнання та процесу в цілому складено схему автоматизації функціональну.

Розроблена схема дозволяє контролювати основні режими роботи технологічних машин та етапів технологічного процесу (таблиця 1). На технологічній частині схеми вказані основні параметри, які використані для забезпечення нормального ходу технологічного процесу та мають певні літерні позначення (таблиця 2). На ефекторній частині схеми вказані функції датчиків та їх взаємодія з виконавчими механізмами.

Таблиця 1 – Технічні та технологічні параметри технологічного процесу крапельного зрошення, які регулюються технічними засобами

Назва параметру	Од. вим.	Примітки
Витрати води	м <sup>3</sup> /с	Витратомір
Час поливу	хв	Таймер
Концентрація добрив	ррм	рН – метр
Рівень рідких добрив	м	Реле поплавкове
Тиск води	Па	Манометр

Таблиця 2 – Параметри технологічного процесу крапельного зрошення, які підлягають контролю, реєстрації або регулювання

№ з/п	Найменування технологічної машини	Контрольований параметр	Літерне позначення
1	Насосна станція	Витрата води	FE
2	Клапан електромагнітний	Час поливу	KE
3	Система подачі добрив	Концентрація добрив	QE
		Рівень рідких добрив	LE
4	Регулятор тиску	Тиск води	PE

Рис.1. Технологічний процес крапельного зрошення. Схема автоматизації функціональна

Для системи автоматичного керування, яка проектується, при виборі технічних засобів, перевагу віддаємо тим засобам автоматизації, які входять у зазначену вище систему, та приладам, параметри входних та вихідних сигналів яких узгоджені з нею.

1. Витратомір води ФЛОУТЕК-ТМ-1-5:

- межі допустимої відносної похибки від  $\pm 0,3$  до  $\pm 1,0$  %;
- тривалість циклу вимірювань і обчислень виконуваних комплексами, не перевищує 1 с.

Період оновлення інформації формований комплексами, встановлюється на вимогу користувача в межах від 5 до 30 с;

- електричне живлення комплексів здійснюється від двох літєвих батарей, що мають номінальну вихідну напругу 3,6 В і встановлених в корпусі перетворювачів-коректорів "ПК-3" і "ПК-4";

- габаритні розміри - 360 x 210 x 100 мм.

2. Цифровий електронний програмований водяний таймер.

- тип клапана: Соленоїд
- максимальний тиск: 8 бар
- харчування: 1 батарея 9 В (крона);
- програми по днях тижня: до 8 програм включення / відключення на добу;
- дисплей: LCD дисплей, час, день тижня, програма;
- діаметр труби: Вхід - 3/4 дюйма, пластик (32 мм);
- вихід 3/4 дюйма, пластик (25 мм).

3. Концентрація добрив TDS 9999 PPM

- діапазон вимірювань мінералізації (солемісту) 0 - 9999 частинок на мільйон (мг / л);
- оцінка загальної жорсткості води перетворенням мінералізації в одиницю жорсткості:

1 dH = 17.8 ppm, 1 f = 10 ppm, 1 мг-екв / л = 50.05 ppm CaCO<sub>3</sub>;

- ціна поділки 1 частинка на мільйон для TDS;
- похибка  $\pm 2\%$ ;
- харчування: батареї 2x1, 5 у комплекті;
- тривалість роботи понад 1000 годин безперервного використання;
- розміри 14.2x2.5x1.5 см;
- вага 40 г.

4. Рівнемір ультразвуковий поплавковий РУ-ПТЗ

- діапазон виміру - до 12 м;

- гранично допустимий робочий надлишковий тиск - 2,5 МПа;
- харчування: напругою 220 В, частотою 50 Гц  $\pm$  2% або 60 Гц  $\pm$  2% ;
- похибка вимірювання:  $\pm$  2 мм плюс одиниця найменшого розряду для довжини чутливого елемента.

#### 5. Манометр ДМ 05 063

- діапазон вимірювання - 0-60 кПа;
- корпус - сталь, пофарбована в чорний колір;
- скло – технічне;
- механізм - мідно-латунний сплав;
- ступінь захисту - IP40;
- експлуатація в діапазоні від -40 до +150 ° С.

#### **Висновок.**

Розроблена функціональна схема автоматизації лінії крапельного зрошення може підвищити продуктивність праці і знизити собівартість продукції. Таким чином, можна вважати, що основні завдання щодо забезпечення ефективності виробництва будуть вирішені при впровадженні розробленої схеми.

#### **Список використаних джерел.**

1. Діордієв В.Т. Методичні вказівки по виконанню розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Автоматичні системи управління технологічними процесами» / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкар'юв. – Мелітополь. : Таврійський державний агротехнологічний університет, 2014. – 20 с..
2. ОВЕН – измерительные приборы, датчики, регуляторы. Каталог продукции ОВЕН [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.owen.ru>
3. ВАТ «Електросвіт». Компоненти автоматики та телемеханіки [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.es.ua/ua/>



УДК 620.178

## РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ ТВЕРДОСТІ МАТЕРІАЛІВ

Литвінова Д. М., 5 курс

Науковий керівник

Кузьменко Н. М., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Сєвєродонецьк)

e-mail: lifegreen@inbox.ru

e-mail:natik94000@mail.ru

*В роботі розглянуто основні методи вимірювання твердості та показано актуальність визначення механічних властивостей матеріалів через твердість. Встановлені основні переваги та недоліки методів визначення твердості. Проаналізований сучасний напрямок розвитку твердомерії.*

**Постановка проблеми.** Вимірювання твердості - найбільш доступний і легко здійснюваний на практиці метод визначення механічних властивостей матеріалів. Оскільки контроль твердості є значно менш трудомісткою операцією, ніж більшість інших видів випробувань, і не супроводжується руйнуванням виробу, цей вид випробувань широко поширений в промисловості і сільському господарстві. На цьому методі заснований контроль технологічних процесів в різних галузях народного господарства, визначення експлуатаційних характеристик виробів при різних напруженнях, вибір режимів механічної обробки і т. і. [1]. Найчастіше довговічність будь якої конструкції в більшій мірі залежить від правильності обраного матеріалу, і його твердості, тому вкрай важливо проводити вимірювання твердості з максимальною точністю.

**Мета статті.** Основною метою роботи є розглядання різних методів вимірювання твердості матеріалів та виділення універсального і найбільш точного з методів.

**Основні матеріали дослідження.** Про величину твердості судять за отриманою деформацією. Залежно від методу випробування, властивостей наконечника і випробовуваного матеріалу твердість може оцінюватися різними критеріями [2]. Твердість можна вимірювати різними способами: втискуванням наконечника під дією статичних та динамічних навантажень, дряпанням поверхні, а також по відскоку вільно падаючого наконечника. Для вимірювання твердості найбільш часто застосовують методи статичного вдавлювання в матеріал кульки, алмазного конуса або алмазної пірамідки [3]. До цих методів належать: метод Брінелля по ГОСТ 9012-59 - сталева кулька; метод Роквелла по ГОСТ 9013-59 - алмазний конус; метод Супер-Роквелла по ГОСТ 22975-78 – сталева кулька або алмазний конус; метод Віккерса по ГОСТ 2999-75 – алмазна піраміда; метод випробування мікротвердості по ГОСТ 9450-75 – алмазна пірамідка.

Динамічні методи вимірювання твердості:

1. Метод ударного відбитка по ГОСТ 18661-73. Застосовується для масивних деталей і конструкцій, коли інші способи не можна застосувати. Вимірювання твердості проводиться за допомогою спеціального приладу. У прилад закладають еталонний брусок з відомою твердістю. Прилад встановлюють на поверхні досліджуваної деталі. При ударі молотком по верхній частині бойка кулька діаметром 10 мм вдавлюється одночасно в деталь і в еталон. Шляхом порівнювання лунок на деталі і зразку судять про твердість матеріалу деталі.

2. Метод пружного відскоку бойка (метод Шора) по ГОСТ 23273-78. Застосовують спеціальний прилад – склероскоп, всередині якого вільно падає боек з алмазним наконечником. Вимірювання твердості проводять по висоті відскоку бойка.

Описані методи є незамінними для експрес-контролю на виробництві та широко застосовуються в дослідницьких цілях. Проте їх застосування обмежується макродіапазоном ( $2 \text{ Н} < F < 30 \text{ кН}$ ).

Для дослідження мікроскопічно малих обсягів металу використовується метод мікротвердості. В якості індентора використовуються чотириох- і тригранні алмазні піраміди. Згід-

но ISO 14577: 2002 мікродіапазон охоплює значення твердості в проміжку:  $h > 0,2 \text{ мкм}$ ,  $F < 2 \text{ Н}$ . ГОСТ 9450-76 передбачає два способи проведення досліджень. З основного методу відновленого відбитка твердість розраховується по середній довжині діагоналі відбитка після зняття навантаження. По додатковому методу - не відновленого відбитка - твердість визначається відношенням максимального навантаження до глибини впровадження індентора в матеріал.

У зв'язку з розвитком сучасної техніки в напрямку мініатюризації деталей і підвищення вимог до властивостей дуже тонких поверхневих шарів особливого значення набув метод наноіндентування (depth sensing indentation. DSI). Він полягає у впровадженні в поверхню матеріалу алмазного пірамідального індентора (частіше Віккерса або Берковича з кутом при вершині  $65,03^\circ$  ( $65,27^\circ$ )).

**Висновок.** Встановлено, що важливим напрямком в забезпеченні точності вимірювання твердості є розробка та впровадження в промисловість новітніх засобів вимірювань твердості, що мають ряд незаперечних переваг і, насамперед, дозволяють проводити контроль твердості дистанційно, на важкодоступних ділянках виробів, тобто в тих місцях, де використання стаціонарних твердомірів не представляється можливим.

#### **Список використаних джерел**

1. Биргер И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 256 с.
2. Контроль качества продукции в машиностроении / Под. ред. А.Э. Артеса. – М: Машиностроение, 1974. – 216с.
3. Ноулер Л. Статистические методы контроля качества продукции / Л. Ноулер и др. – М: Издательство стандартов, 1989. – 384с

УДК 658.011.56

## АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯМ МАШИНИ ВТОРИННОГО ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА

Сідак С.В., 3 курс

Науковий керівник

Постнікова М.В., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

e-mail: s\_sidak@mail.ru

e-mail: Marina\_P1963@mail.ru

*Для автоматичного регулювання завантаження машини вторинного очищення зерна пропонується схема електрична функційна САР*

**Постановка проблеми.** Ручне керування технологічним процесом післязбиральної обробки зерна не дозволяє повністю використовувати можливості машин. Так із-за недосконалості керування фактична продуктивність машин вторинного очищення зерна на 30 % нижче від пропускну здатності [1-3]. Причиною низької ефективності машин вторинного очищення зерна є робота з заниженим завантаженням. Оптимізація режиму роботи машин вторинного очищення зерна дозволить використати всі переваги автоматичного способу ведення процесу.

**Аналіз останніх досліджень.** Одним з основних факторів, що впливає на якість роботи зерноочисних машин, є їх завантаження зерною масою. Для досягнення найбільшої ефективності очистки, завантаження машини необхідно підтримувати на оптимальному рівні. В теперішній час на зерноочисному пункті ЗАВ-20 регулятором рівня завантаження машин очистки і потокової лінії в цілому є засувка шибера, встановлена між завальною ямою і завантажувальною норією. Керування шибером ручне. Про ступінь відкриття засувки спостерігають по спеціальним міткам на приводі. Привід керування засувкою шибера виконаний у вигляді гвинта, зі сторони оператора на приводі закріплений штурвал. При укрученні або викрученні такого гвинта відбувається підняття або опускання засувки. Крім цього, на зерноочисних даного типу застосовується привід засувки, виконаний у вигляді зубчастої пари. Зусилля від штурвала через проміжний вал передається зубчастому колесу, яке в свою чергу переміщує в одну або другу сторону зубчасту рейку з жорстко прикріпленою до неї засувкою шибера.

Дослідження показали, що під час роботи оператору на протязі часу доводиться 10-12 разів впливати на засувку. При чому, якість очистки зерна, що залежить від ступеня завантаження, буде багато в чому пов'язана з кваліфікацією оператора, а завантаження машин буде далеке від оптимального режиму.

Тому питання автоматизації завантаження потокової лінії дуже важливо, і в зв'язку з цим розроблений автоматичний регулятор завантаження потокової лінії ЗАВ-20.

**Мета статті.** На основі аналізу стану питання ставиться задача розробити систему автоматичного регулювання (САР) завантаження зерноочисної машини.

**Основні матеріали дослідження.** Вимірювальним елементом завантаження зерноочисної машини служить витратомір, який представляє собою циліндричний лоток, один кінець якого жорстко закріплений в підшипниках, а другим кінцем він вільно опирається на сталеву балочку. Маса лотка врівноважується регульованою вагою. Зерно з проміжного бункера через шибер з засувкою поступає на лоток і далі в зерноочисну машину. Деформація балочки внаслідок тиску зерна служить мірою завантаження (витрати). В якості електричних перетворювачів використовуються наклеєні на балочку тензодатчики  $R_d$ , які з'єднані по мостовій схемі.

Функційна схема САР завантаженням потокової лінії очищення зерна представлена на рисунку 1. Об'єктом регулювання є засувка шибера, розташована між бункером і зерноочис-

ною машиною. Вимірювальним елементом є витратомір, який встановлюється на вході зерноочисної машини.

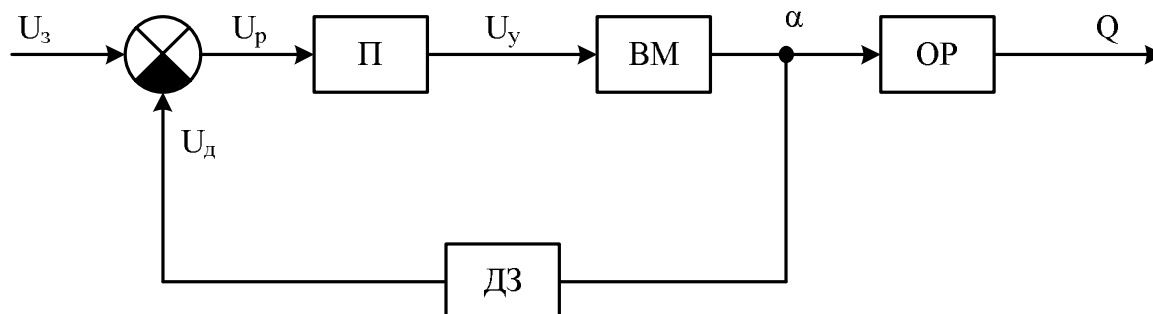


Рисунок 1 - Функційна схема САР завантаження потокової лінії очищення зерна

На рисунку 1 позначено: ДЗ – датчик положення засувки; П – підсилювач; ВМ - виконавчий механізм; ОР – об’єкт регулювання;  $U_z$  – сигнал задатчика;  $U_p$  – сигнал розбалансу;  $U_d$  – сигнал датчика;  $U_y$  – сигнал керування;  $\alpha$  – кут повороту виконавчого механізму; Q - завантаження зерноочисної машини.

Електричними перетворювачами є тензодатчики. Сигнал витратоміра  $U_p$  складається з сигналу уставки регулятора  $U_z$  і датчика  $U_d$ . Утворюється сигнал розбалансу  $\Delta U$ , який подається на вхід підсилювача П. З виходу підсилювача П сигнал команди  $U_y$  подається на виконавчий механізм ВМ – електродвигун, який діє на об’єкт регулювання ОР – засувку.

**Висновок.** Система автоматизації забезпечує точність регулювання завантаження  $\pm 0,04$  т/год. в межах до 3 т/год.

#### Список використаних джерел.

- 1 Котов Б.І. Технічні засоби для зберігання зерна в господарствах України / Б.І. Котов, Є.О. Коваль, Л.І. Шустик // Пропозиція. – 1999. - №10. - С.15.
- 2 Дринча В.М. Проблемы и перспективы использования агрегатов ЗАВ и комплексов КЗС / В.М. Дринча, В.С. Стягов, Б.И. Шахсандов, С.В. Ратенков //Тракторы и сельскохозяйственные машины. –2002.-№3.-С.31- 33.
- 3 Котов Б.І. Перспективи розвитку конструкцій зернонасінноочисної техніки / Б.І.Котов, М.І. Волошин // Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин. – Кіровоград, 2001. – Вип. 31.- С. 110-112.

УДК 681.5.043

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРИЙОМНОГО ВІДДІЛЕННЯ ЕЛЕВАТОРА

Земляна Т.П., магістрант

e-mail: tanja\_zemljanaja@rambler.ru

Науковий керівник

Федюшко Ю. М. д.т.н., професор

Таврійський державний агротехнологічний університет

*У статті розглядається розробка функціональної схеми автоматизації прийомного відділення елеватора*

**Постановка проблеми.** Автоматизація виробництва завжди була однією з основних складових прискорення науково-технічного прогресу в агропромисловому комплексі. Для підвищення ефективності роботи елеватора його необхідно автоматизувати. Комплексна автоматизація елеватора дозволить зменшити роль людського чинника і оптимізує облік.

**Формулювання цілей.** Розробити функціональну схему автоматизації прийомного відділення елеватора

**Основні матеріали досліджень.** Елеватор є найбільш досконалим типом зерносховища. Ця велика інженерна споруда, що має компактно розташовані великі місткості, забезпечує комплексну механізацію виробничих процесів, велику продуктивність праці і автоматизоване управління усіма процесами.

На елеваторі використовується поточна технологія післязбиральної обробки зерна, коли за один пропуск виконуються всі операції для доведення зерна до потрібної кондиції. Післязбиральна обробка зерна дозволяє не тільки підвищити стійкість, але й зберегти його якість. Основна схема роботи елеватору - це паралельне очищення зерна на двох зерноочисних машинах та надходження його на зберігання в силоса.

У відповідності до технологічного процесу очистки зерна складемо схему автоматизації функціональну.

На технологічній частині схеми вказані основні параметри, які використані для забезпечення нормального ходу технологічного процесу та мають певні літерні позначення (таблиця 1). На ефекторній частині схеми вказані функції датчиків та їх взаємодія з виконавчими механізмами.

Таблиця 1 - Параметри контролю та управління

Найменування та тип обладнання	Параметри			
	Контроль	Позн.	Управління	Позн.
Подача повітря	Положення регулятора	G	Керування	S
	Потік аспірації	P	Регулювання	C
Потік зерна	Рівень у бункері	L	Керування	S
			Індикація	I
	Наявність домішок	Q	Індикація	I
Норія	Швидкість обертання барабанів норії	S	Індикація	I
Зерноочисник	Частота коливання решіт	S	Індикація	I
Перекидний клапан	Положення	G	Індикація	I
			Керування	S
Електродвигуни	Тривале первантаження	E	Індикація	I
			Керування	S
Облік ресурсі	Витратомір	F	Реєстрація	R

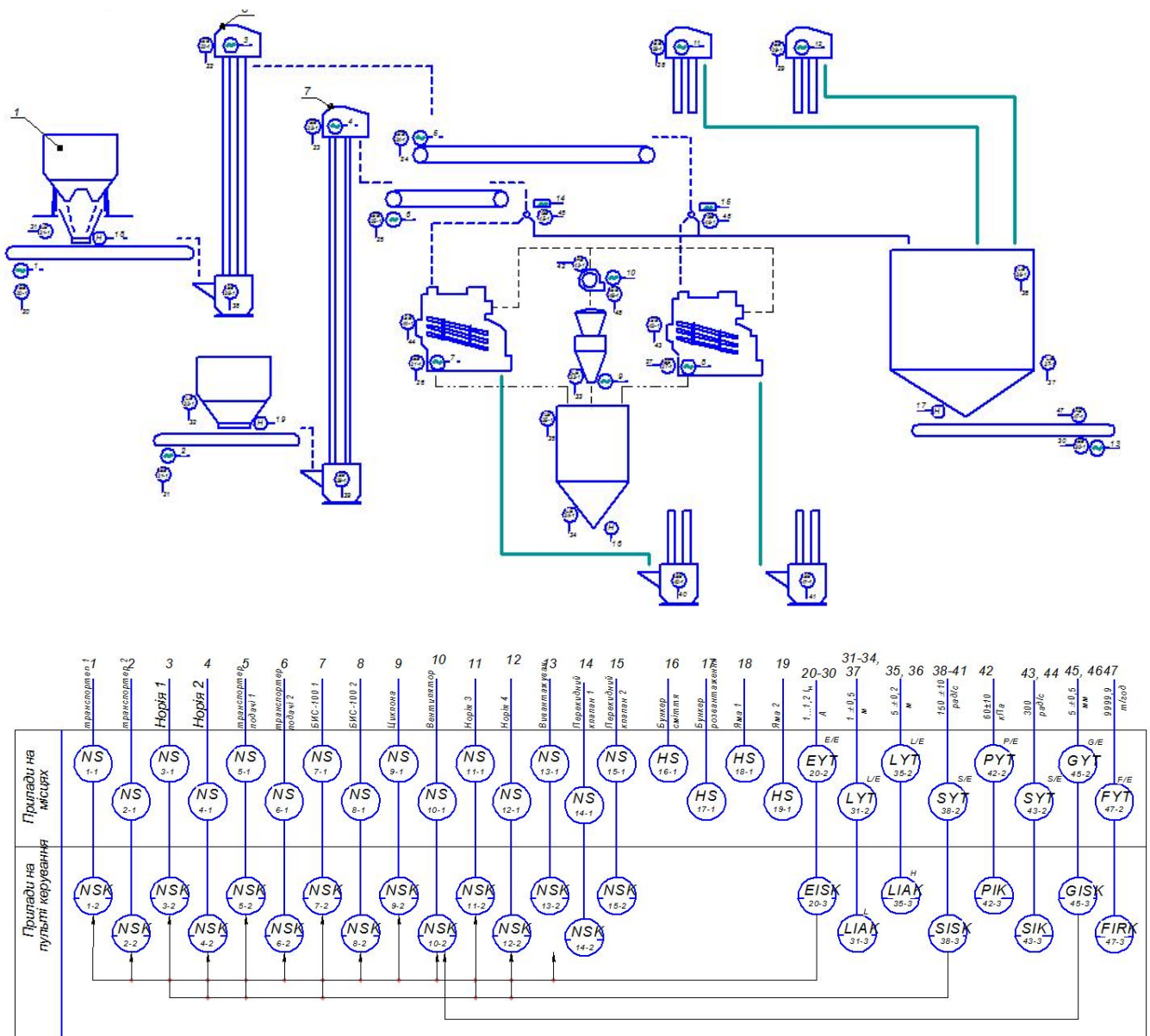


Рис. 1. Схема автоматизації прийомного відділення елеватора

Для системи автоматичного керування, яка проектується, при виборі технічних засобів, перевагу віддаємо тим засобам автоматизації, які входять у зазначену вище систему, та приладам, параметри вхідних та вихідних сигналів яких узгоджені з нею.

1. Витратомір Millflo

- точність  $\pm 1,0\%$ ;
- діапазон швидкості потоку від 1 до 230 т/г
- конструкція відбиття- нержавіюча сталь
- робоча температура  $-40 \dots +65^\circ\text{C}$

2. Датчик положення ВПК 2112 БУ2

- прямій хід – 4,5 мм
- габаритні розміри: 108×63×48

3. Датчик тиску ПД100-ДИ.1,0.1

- похибка вимірювань:  $\pm 1,0\%$
- ступінь захисту IP65
- Габаритний розмір (по висоті) не більше 127,5 мм
- Тип з'єднувача DIN 43650

#### 4. Датчик рівня СУМ-1У2

- зусилля спрацьовування -  $0,5 \pm 20\%$
- Встановлена безвідмовне напрацювання, циклів, не менш 30000
- габарити 115 x 115 x 71
- струм комутації – 2А

**Висновок.** Розроблена функціональна схема автоматизації прийомного відділення елеватора може підвищити продуктивність праці знизити собівартість продукції. Таким чином, можна вважати, що основні завдання щодо забезпечення ефективності виробництва будуть вирішені при впровадженні розробленої схеми.

#### Список використаних джерел

1. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Тре губ, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. – К.: Аграрна освіта, 2001 . – 224 с.
2. Братерський Ф.Д. Послеуборочная обработка зерна / Ф.Д. Братерський, С. А. Карбанов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 190 с.
3. Мельник Б. Е. Технология приемки и хранения, переработки зерна / Б. Е. Мельник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 234 с.
4. ОВЕН – измерительные приборы, датчики, регуляторы. Каталог продукции ОВЕН [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.owen.ru>

УДК 621.313

## ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВІД АСИМЕТРІЇ НАПРУГИ

Ніфантьєв О.М., магістрант

E-mail: Aleks181092@yandex.ua

Науковий керівник

Нестерчук Д.М., к.т.н., доцент

E-mail: dina-nesterchuk@mail.ru

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Робота присвячена вирішенню проблеми підвищення експлуатаційної надійності асинхронних електродвигунів на базі пристрою захисту трифазних асинхронних електродвигунів від асиметрії напруги.*

**Постановка проблеми.** Аналіз відмов трифазних асинхронних електродвигунів показує, що найбільш розповсюдженими причинами є: коротке замикання в обмотці, обрив фази, заклинювання в підшипникових вузлах ротора або виконавчого механізму, технологічні перевантаження, погіршення охолодження, зниження опору нижче допустимого значення, асиметрія напруги живлення. Одними з найбільш небезпечними аварійними режимами є асиметричні та неповно фазні режими, які виникають при спотворенні симетрії напруги мережі, при асиметрії опору у колах статора і ротора, при асиметричній схемі з'єднання обмоток АД, при нерівномірному розподіленні навантаження по фазам за рахунок однофазних споживачів, при обриві однієї з фаз [1,2,3].

**Формулювання цілей (постановка завдання).** Метою роботи є обґрунтування структури пристрою захисту трифазних асинхронних електродвигунів від дії асиметрії напруги.

**Основні матеріали дослідження.** В агропромисловому виробництві дуже часто поєднують живлення силового та побутового (освітлювального) навантаження, як наслідок, на затискачах електродвигунів напруга є несиметричною. Граничним випадком асиметрії напруги є робота електродвигуна при випаданні фази. Слід відзначити, що при несиметричній напрузі обертовий магнітний потік буде еліптичним, який можна замінити на два кругових: прямо та зворотно обертовими. Магнітний потік прямої послідовності створює рушійний момент, а зворотної послідовності – гальмівний. Для кожного з обертових магнітних полів рівняння механічних характеристик мають вигляд [4]

$$M_{np} = \frac{2M_{np.sp.}(1+\varepsilon)}{\frac{s}{s_{sp}} + \frac{s_{sp}}{s} + 2\varepsilon}; \quad (1)$$

$$M_{zv} = \frac{2M_{zv.sp.}(1+\varepsilon)}{\frac{2-s}{s_{sp}} + \frac{s_{sp}}{2-s} + 2\varepsilon}, \quad (2)$$

де  $M_{np}$ ,  $M_{zv}$  – рушійний момент від магнітного потоку прямої послідовності та гальмівний момент від магнітного потоку від зворотної відповідно, Н·м;

$M_{np.sp.}$ ,  $M_{zv.sp.}$  – граничні моменти прямої та зворотної послідовності, Н·м;

$s$  – ковзання електродвигуна;

$s_{sp}$  – граничне ковзання електродвигуна;

$\varepsilon$  – коефіцієнт, який дорівнює  $\varepsilon = s_n \frac{R_1}{R_2}$ ,

$s_n$  – номінальне ковзання електродвигуна;

$R_1, R_2$  – параметри схеми заміщення електродвигуна, Ом.

Пусковий момент, який створюється зворотним магнітним потоком, визначається за виразом:



$$M_{n2} = M_n \cdot k_{u2}^2 \cdot s \quad (3)$$

Пусковий момент, який створюється прямим магнітним потоком, визначається за виразом:

$$M_{n1} = M_n \cdot k_{u1}^2 \cdot \frac{s}{s_n} \quad (4)$$

Результуючий момент визначається за виразом

$$M = M_{n1} - M_{n2} = \left( \frac{k_{u1}^2 \cdot M_n}{s_n} - M_n k_{u2}^2 \right) \cdot s ; \quad (5)$$

Після проміжних перетворень отримані залежності ковзання від напруги прямої та зворотної послідовності  $k_{u1}$  та  $k_{u2}$  та коефіцієнта завантаження  $k_3$

- для незалежної механічної характеристики

$$s = \frac{k_3}{k_{u1}^2 - \mu_n k_{u2}^2 s_n} s_n \quad (6)$$

- для механічної характеристики, що лінійно збільшується

$$s = \frac{k_3 - m_0 s_n}{(1 - s_n) \left( \frac{k_{u1}^2}{s_n} - \mu_n k_{u2}^2 \right) + k_3 - m_0} \quad (7)$$

Таким чином, при асиметрії напруги ковзання електродвигуна залежить від кратності напруги прямої та зворотної послідовності ( $k_{u1}$  і  $k_{u2}$ ), коефіцієнта завантаження ( $k_3$ ), кратності пускового моменту  $\mu_n$ , відносного моменту рушання ( $m_0$ ) та номінального ковзання ( $s_n$ )[4].

За результатами теоретичних досліджень в роботі було прийняте рішення розробити пристрій захисту АД від дії асиметрії напруги. На рисунку 1 наведена схема електрична структурна пристрою захисту АД від дії асиметрії напруги. Пристрій складається з таких структурних блоків: трансформаторні датчики струму – (ТС1), (ТС2), герконові реле (ГР1), (ГР2), фільтр напруги зворотної послідовності (ФНЗП), випрямляч (В), аналог динистора (ДА), виконавче реле (ВР), блок світлової сигналізації (БСС), блок регулювання (БР), фазометричний блок (ФБ).

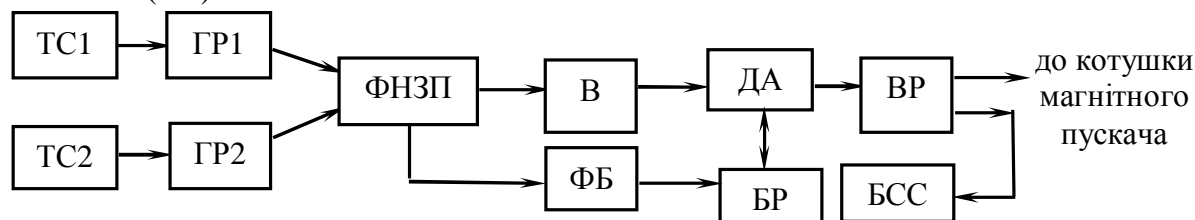


Рис. 1 - Схема електрична структурна пристрою захисту АД від асиметрії напруги

На рисунку 2 наведена схема електрична принципова запропонованого пристрою захисту. Після включення магнітного пускача по силовим колам електродвигуна М проходить струм, величину який фіксують трансформаторні датчики ТА1, ТА2. При цьому величина вторинного струму трансформаторів ТА1, ТА2 недостатня для замикання герконових реле струму КА1 та КА2. При симетричній нарузі живлення на виході фільтра напруги зворотної послідовності ФНЗП існує напруга небалансу, до якого заряджається конденсатор С3. Величина цієї напруги недостатня для відкриття аналога динистора, який виконаний на транзисторах VT1 та VT2 різної структури, тому змін в роботі пристрою не виникає. Тривала несиметрія напруги живлення при такій самій потужності призводить до збільшення напруги на виході фільтра ФНЗП. З витримкою часу конденсатор С4 заряджається до амплітудного значення напруги зворотної послідовності. Як тільки це значення досягне значення напруги спрацювання аналога динистора ( транзистори VT1 та VT2), конденсатор С4 розряджається на виконавчий елемент КЛ1, при цьому заряджається світлодіод НЛ1. Контакти КЛ1 виконавчого елементу КЛ1 розмикаються у колі живлення котушки магнітного пускача КМ1, що

призводить до зупинки АД М1. Теж саме здійснюється при перевірці роботи пристрою за допомогою кнопок SB3 та SB4. Для АД для електроприводу робочих машин з вентиляторною механічною характеристикою, при виникненні несиметричного режиму із-за зменшення ковзання виникає зменшення споживаної потужності при зменшенні  $k_3$ .

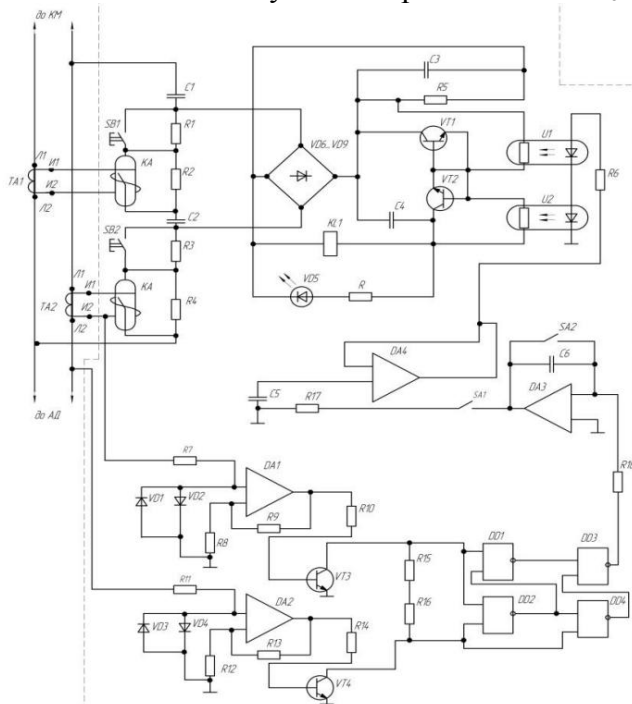


Рис. 2. Схема електрична принципова пристрою захисту АД.

Тому АД тривало працюють з більш високим значенням коефіцієнта асиметрії. Для цього в схемі емітерні переходи транзисторів зашунтовані фоторезисторами оптронів U1 та U2. Опори резисторів змінюється в залежності від коефіцієнта завантаження електродвигуна, який є функцією величини кута зсуву між струмом та напругою. При збільшенні  $k_3$  збільшується кут зсуву фаз між струмом та напругою. За допомогою компараторів DA1 та DA2 в пристрої утворюються прямокутні імпульси. Логічні елементи 2И-НЕ DD1...DD4 перетворюють два вхідних сигнали в прямокутні імпульси, ширина яких пропорційна куту зсуву фаз між струмом та напругою. За допомогою інтегратора (операційний підсилювач DA3), виникає інтегрування отриманих імпульсів, а аналогова чарунка пам'яті (мікросхема DA3), здійснює зміну напруги. Пристрій працює при зміні кута від 0 до 90°. Збільшення напруги на виході фазометричного блоку призводить до збільшення потоку освітленості фото резисторів оптронів U1 та U2 та до збільшення напруги спрацювання аналога динистора.

**Висновок.** Запропонований пристрій дозволить захистити АД від асиметрії напруги з корекцією установки спрацювання захисту в залежності від коефіцієнту завантаження [ ].

#### Список використаних джерел.

1. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. / В.В.Овчаров. – К.: Изд – во УСХА, 1990. – 168 с.
2. Гольдберг О.Д. Надежность электрических машин: учебник для студ. высш. учеб. заведений / О.Д. Гольдберг, С.П. Хелемская; под ред. О.Д. Гольдберга. – М.: Издательский центр “Академия”, 2010. – 288 с.
3. Кузнецов Н.Л. Надежность электрических машин/ Н.Л. Кузнецов – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 432 с.
4. Овчаров С.В. Эксплуатационные режимы работы асинхронных электродвигателей поточных технологических линий в условиях агропромышленного комплекса: Дис...канд. техн. наук; 05.09.16 / ХГТУСХ. – Харьков, 2004. – 164 с.

УДК 631.371

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЇХ У СІЛЬКОГОСПОДАРЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Антонішин П., 5 курс

Науковий керівник

Сотнік О.В., к.т.н., доцент

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

e-mail: pavlo.antonsshin@mail.ru

e-mail: o.sotnik@list.ru

Показано, що використання системи керування електроприводом сільськогосподарських машин на базі мікропроцесорної логіки дозволить захистити асинхронний двигун від перевантажень при роботі кормоприготувальних машин

**Постановка проблеми.** Найбільш розповсюдженим видом трифазного електрообладнання, у тому числі й в Україні, є асинхронні електродвигуни. Згідно зі статистикою, в країні в даний час експлуатується приблизно 5 мільйонів одиниць трифазних асинхронних двигунів. Значна частина яких використовується в електроприводах сільського господарства, від їх надійної роботи залежить технічний рівень, і якість випущеної сільськогосподарської продукції. В свою чергу надійність роботи асинхронного електродвигуна знижується з кожним його ремонтом. Це пояснюється тим, що сталь в процесі ремонту зазнає механічних ушкоджень і електричний двигун, що знову став до роботи, має реальні експлуатаційні показники значно нижчі, ніж задекларовані заводом-виробником. Часті ремонти призводять до виходу з ладу двигуна і його заміни на новий, а це пов'язано з витратою коштів, яких при даній економічній ситуації не вистачає. Тому основною проблемою на сьогодні є зниження аварійних режимів роботи електродвигунів, які призводять до частих поломок останнього [1–5].

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз пошкоджень асинхронних двигунів показав, що основною причиною виходу їх із ладу є руйнування ізоляції обмоток статора перегрів, що викликане частими перевантаженнями двигуна. Пошкодження ізоляції обмотки статора викликає міжвиткові та міжфазні замикання. На сьогоднішній день існують багато способів підвищення надійності роботи асинхронних двигунів за рахунок автоматизації електроприводів. Як показав аналіз, створення універсальної автоматичної системи керування електроприводом сільськогосподарських машин на базі мікропроцесорної логіки дозволить зменшити кількість відмов асинхронних двигунів кормоприготувальних машин [6].

**Мета статті.** Довести, що автоматизація електропривода сільськогосподарських машин підвищує надійність роботи електродвигунів кормоприготувальних машин.

**Основні матеріали досліджень.** Багато сільськогосподарських машин характеризуються частими перенавантаженнями. В більшості кормоприготувальних машин подачу сировини регулюють вручну. Тільки для сипучих матеріалів створені дозатори, які регулюють навантаження машини [7]. В таких умовах зростає імовірність появи перевантаження двигуна і в результаті – велика імовірність створення аварійної ситуації. Все це вказує на необхідність пошуку і створення принципово нових науково-технічних рішень, які відрізняються ефективністю і простотою експлуатації.

Зазначену проблему можна вирішити шляхом створення універсальної автоматичної системи керування електроприводом сільськогосподарських машин на базі мікропроцесорної логіки, яка зображена на рисунку 1. Дана система забезпечує керування дозуючим пристроєм, а тим самим і регулювання навантаження електричного двигуна.

Принцип роботи даної системи наступний: сприймальний елемент (СЕ) – знімає показники температури нагріву обмоток електродвигуна; керуючий елемент (КЕ) – складається з елементу порівняння (ПЕ), що порівнює сигнали стандартних параметрів із сигналами  $X_{ex}$  сприймального елементу і сигналами зворотного зв'язку  $X_{33}$ ; (ФЕ) – формуючий елемент, що формує сигнали  $X_{ex} \pm X_{33} \cdot X_{зв}$ . Отримавши в результаті сигнал управління  $X_{ex}$ , що надхо-

дять до виконавчого елементу (ВЕ). Робочий орган (РО) – зазнає впливу збоку виконавчого елементу і вже безпосередньо виконує зміну витрати сировини. Сприймальний елемент зворотного зв'язку (СЕЗЗ) – сприймає вихідний сигнал  $X_{вих1}$  у вигляді частоти обертання двигуна і перетворює його в сигнал  $X_{зз}$ . І подає його до елементу порівняння замикаючи коло слідкуючої автоматичної системи.

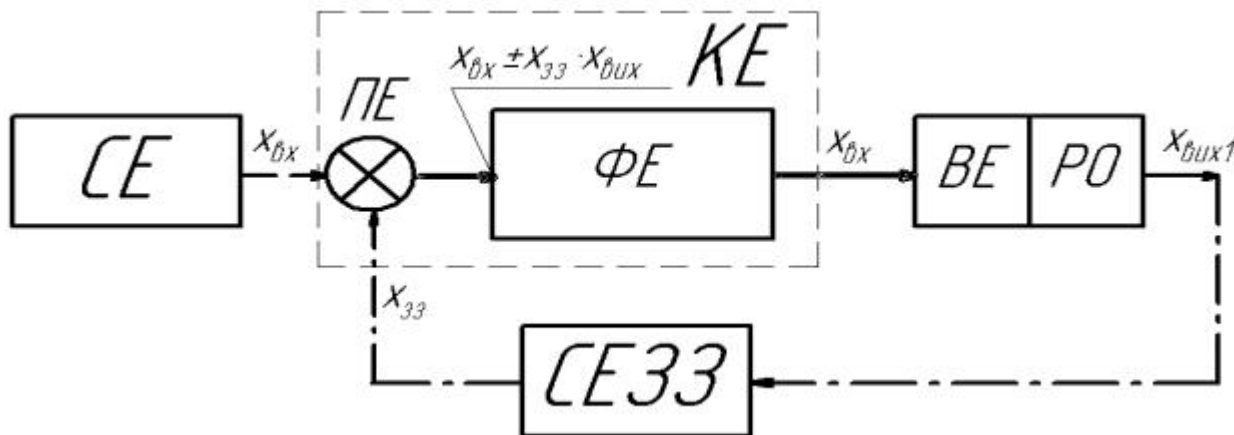


Рис. 1. Структурна схема універсальної системи автоматичного управління.

**Висновок.** При виникненні частих перевантажень асинхронних двигунів кормоприготувальних машин можна застосувати універсальну автоматичну систему керування електроприводом на базі мікропроцесорної логіки. Ця автоматична система регулює подачу сільськогосподарської сировини слідкуючи за параметрами: температурою статорної обмотки електродвигуна і за частотою його обертання. Таким чином, досягається скорочення аварійних режимів через перевантаження двигуна. В результаті чого ми отримуємо підвищуємо надійність роботи останнього.

Дана автоматична система може застосовуватися в електроприводі кормоприготувальних машин тваринницьких комплексів, а також в системах поточкових ліній при обробці зерна.

#### Список використаних джерел.

1. Мусин А. М. Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты / Асхат Миргалимович Мусин. – М.: Колос, 1979. – 112 с.
2. Справочник по электрическим машинам [автор М. Кацман ] – М.: Академия, 2005. – 480 с.
3. Справочник по электрическим машинам [автор И. Копылов и др.] – М.: Высш. шк., 1985. – 207 с.
4. Кравчик А. Э. Выбор и применение асинхронных двигателей / Кравчик А. Э., Стрельбицкий Э. К., Шалаф М. М. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 96 с.
5. Балахонов А. М. Методы и средства диагностики технического состояния электрифицированных машин сельскохозяйственного производства: дис. канд. техн. наук: 05.20.02“Электрификация сельскохозяйственного производства”/ А.М. Балахонов.– М.: МИИСХ им. Горячкина, 1989. – 220 с.
6. Мартиненко І. І. Основи автоматики навчальний посібник для сільськогосподарських технікумів / Мартиненко І. І. – К.: Вища школа, 1980. – 127 с.
7. Савченко П. І. Основи електропривода сільськогосподарських машин в питаннях та задачах. Методичні рекомендації / П. І. Савченко, Н. Г. Косуліна. – Харків: ХНТУСГ, 2001. – 127 с.

УДК 621.313.333.004.58

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОБМОТКИ РОТОРУ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Кавун В.С., 3 курс

Науковий керівник

Вовк О.Ю., к.т.н., доцент

e-mail: vovk020405@mail.ru

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Робота присвячена обґрунтуванню параметрів функціонального стану обмотки ротора асинхронного електродвигуна при періодичному контролі.*

**Постановка проблеми.** У процесі експлуатації асинхронних електродвигунів, встановлених у господарствах агропромислового комплексу, відмови відбуваються головним чином внаслідок ушкодження обмотки статора (85 – 95 % відмов) [1]. У той же час асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором, що відмовили, мають ослаблення перетину стрижнів обмотки ротора (6,8 % – одного стрижня, 10,5 % – двох стрижнів і 26,3 % – трьох і більше стрижнів) і повітряний зазор, що перевищує своє номінальне значення (68 % двигунів, що відмовили) [2]. Це свідчить про те, що найбільш вразливим елементом конструкції електродвигуна є обмотка статора, але до її пошкодження, окрім зовнішніх експлуатаційних впливів, може призвести і пошкодження обмотки ротора. Тому що пошкодження обмотки ротора призводить до збільшення споживаного електродвигуном струму і, як наслідок, до перегрівання обмотки статора та до виникнення внаслідок цього у ній пошкоджень.

**Аналіз останніх досліджень.** Існуючі методи діагностування короткозамкнених обмоток ротора асинхронного електродвигуна детально розглянуто у [3]. Цей аналіз показав, що кожен з методів має як переваги, так і недоліки. Неefективними можна вважати методи, які потребують встановлення спеціального обладнання, виведення об'єкту діагностики з технологічного процесу, розбирання двигуна та неодноразової перевірки результатів діагностики кількома методами обробки діагностичних сигналів.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Згідно [4] більшість несправностей обмотки ротора асинхронного електродвигуна супроводжуються підвищеним виділенням тепла. Наприклад, обрив стрижня обмотки ротора приводить до збільшення її нагрівання. Тому в роботі поставлене завдання обґрунтувати параметри періодичного контролю функціонального стану обмотки статора асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, які б дозволили уникнути недоліків, які означені вище.

**Основна частина.** Втрати активної потужності, які виділяються в електродвигуні, обумовлені різними фізичними процесами. Кожний вид втрат локалізований у визначених ділянках об'єму асинхронного двигуна: в обмотці статора, в обмотці ротора, у магнітопроводі, у підшипниках. Тому зміна втрат активної потужності в обмотці ротора у порівнянні з базовим значенням (тобто тим, яке було на початку періоду контролю) є коефіцієнтом функціонального стану вказаної обмотки.

Запишемо коефіцієнт функціонального стану обмотки ротора (коефіцієнт  $\delta_{E2}$ ):

$$\delta_{E2} = \frac{P_2}{P_{2Б}}, \quad (1)$$

де  $P_2$  – поточні електричні втрати в обмотці ротора при роботі електродвигуна в контрольному режимі, Вт;

$P_{2Б}$  – базові електричні втрати в обмотці ротора при роботі електродвигуна в контрольному режимі, Вт.

Під контрольним режимом роботи асинхронного електродвигуна будемо розуміти такий, при якому електродвигун працює з номінальною потужністю на валу при номінальній напрузі на затискачах і номінальній частоті струму.

Електричні втрати в обмотці ротора дорівнюють:

$$P_2 = m_2 I_2^2 r_2; \quad (2)$$

$$P_{2Б} = m_2 I_{2Б}^2 r_{2Б}, \quad (3)$$

де  $m_2$  – кількість фаз обмотки ротора;

$I_2$  – поточне значення сили струму у фазі обмотки ротора при роботі електродвигуна в контрольному режимі, А;

$I_{2Б}$  – базове значення сили струму у фазі обмотки ротора при роботі електродвигуна в контрольному режимі, А;

$r_2$  – поточне значення активного опору фази обмотки ротора, приведене до розрахункової робочої температури, Ом;

$r_{2Б}$  – базове значення активного опору фази обмотки ротора, приведене до розрахункової робочої температури, Ом.

Отже, коефіцієнт  $\delta_{E2}$  дорівнює:

$$\delta_{E2} = \left( \frac{I_2}{I_{2Б}} \right)^2 \frac{r_2}{r_{2Б}}. \quad (4)$$

Введемо позначення:

$$\delta_{I2} = \frac{I_2}{I_{2Б}}, \quad (5)$$

де  $\delta_{I2}$  – коефіцієнт зміни сили струму у фазі обмотки ротора при роботі електродвигуна в контрольному режимі внаслідок несправності;

$$\delta_{R2} = \frac{r_2}{r_{2Б}}, \quad (6)$$

де  $\delta_{R2}$  – коефіцієнт зміни активного опору фази обмотки ротора внаслідок несправності.

Тоді рівняння (4) остаточно прийме вид:

$$\delta_{E2} = \delta_{I2}^2 \cdot \delta_{R2}. \quad (7)$$

Проаналізуємо зміну активного опору обмотки ротора внаслідок її несправності, що виникла в процесі експлуатації, для чого розглянемо конструкцію обмотки ротора. Схему обмотки ротора, на якій враховуються активні опори стрижнів і кілець, можна представити у вигляді, показаному на рис.1.

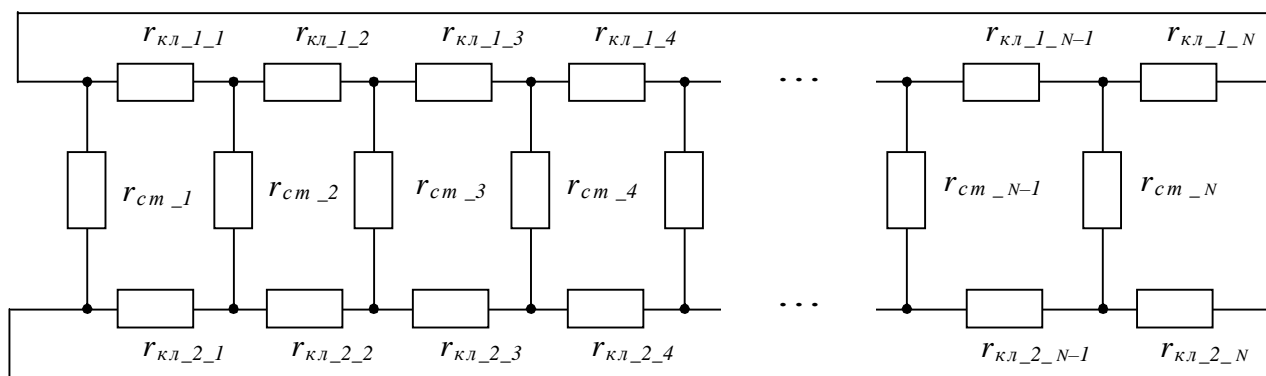


Рис. 1. Схема обмотки ротора, на якій враховуються активні опори стрижнів і кілець.

На схемі (рис.1) наведені наступні позначення:

$r_{ст\_1} \dots r_{ст\_N}$  – активні опори стрижнів обмотки ротора;

$r_{кл\_1\_1} \dots r_{кл\_1\_N}, r_{кл\_2\_1} \dots r_{кл\_2\_N}$  – активні опори ділянок замикаючих кілець обмотки ротора.

Перетворимо цю схему обмотки ротора (рис.1) у наступний вид, показаний на рис.2.

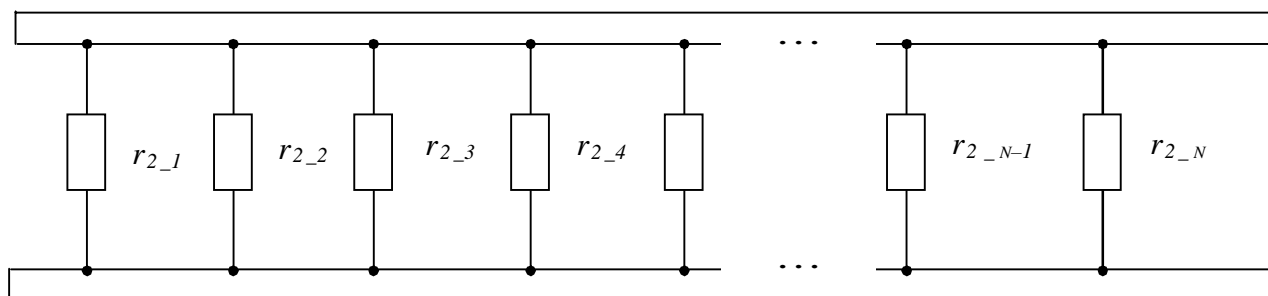


Рис. 2. Схема обмотки ротора, на якій враховуються активні опори стрижнів и кілець.

На даній схемі (рис.2) наведені наступні позначення:  $r_{2_1} \dots r_{2_N}$  – сумарні активні опори стрижнів і прилягаючих до них двох ділянок замикаючих кілець обмотки ротора.

Опір фази обмотки ротора пропорційно кількості стрижнів обмотки ротора:  $r_2 \sim n_{cm}$ . Тому при обриві стрижня, вважаючи, що інші величини, які визначають опір фази обмотки ротора, при обриві стрижня не змінюються, можемо записати:

$$\delta_{R2} \approx \frac{n_{cm} - n'_{cm}}{n_{cm}} \approx 1 - \frac{n'_{cm}}{n_{cm}}, \quad (12)$$

де  $n'_{cm}$  – кількість стрижнів обмотки ротора, що відірвалися.

Отже, при обриві одного або більше стрижнів активний опір обмотки ротора зменшується: якщо  $n'_{cm} \geq 1$ , то  $\delta_{R2} < 1$ .

При експлуатації можливий не тільки обрив стрижня, але й погіршення контактних з'єднань в обмотці ротора (зменшення перерізів з'єднань стрижнів із замикаючими кільцями). У результаті цього активний опір обмотки збільшиться ( $\delta_{R2} > 1$ ), тому що зменшиться середній переріз провідників (стрижнів), з яких складається обмотка.

**Висновки.** Таким чином, обґрунтовано параметри, які характеризують функціональний стан обмотки ротора асинхронного електродвигуна та можуть бути використані при періодичному контролі. Отже, при виникненні несправності в обмотці ротора зміниться її активний опір ( $\delta_{R2} \neq 1$ ), а споживаний у контрольному режимі електродвигуном струм збільшиться ( $\delta_{R2} > 1$ ), тобто навантаження на двигун зросте. Тому в процесі експлуатації можливі наступні варіанти значень коефіцієнта функціонального стану обмотки ротора (коефіцієнта  $\delta_{E2}$ ):

- номінальний функціональний стан:  $\delta_{E2} = 1$  (при цьому  $\delta_{R2} = 1$ );
- неномінальний функціональний стан:  $\delta_{E2} > 1$  (при цьому  $\delta_{R2} \neq 1$ ).

#### Список використаних джерел.

1. Єрмолаєв С.О., Мунтян В.О., Яковлев В.Ф. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК / С.О.Єрмолаєв, В.О.Мунтян, В.Ф.Яковлев // За ред. С. О. Єрмолаєва. – К.: Мета, 2003. – 534с.
2. Таран В.П. Диагностирование электрооборудования / Таран В.П.. – К.: Техніка, 1983. – 200с.
3. Ухань Ж.І. Класифікація методів діагностики пошкоджень обмоток ротора асинхронних електродвигунів / Ж.І.Ухань, А.П.Калінов // Вісник КДУ ім.Михайла Остроградського. – Вип.3 (62), Частина 2, 2010. – С.138-144.
4. Гемке Р.Г. Неисправности электрических машин / Р.Г.Гемке // Под ред. Р. Б. Уманцева. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 336с.

УДК 631.6: 621.3

## ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ПЛАВНОГО ПУСКУ НА НАСОСНИХ СТАНЦІЯХ ЗРОШЕННЯ

Шматко О.В. 4 курс

Науковий керівник

Вужицький А. В., асистент

Таврійський державний агротехнологічний університет

E-mail: olex\_777@mail.ru

*Статтю присвячено методам запуску асинхронних електродвигунів та доведена ефективність застосування пристроїв плавного пуску. Обґрунтовано особливості виникнення аномальних і аварійних режимів під час пуску. Показано, що забезпечення безаварійної експлуатації таких систем досягається шляхом застосування пристроїв плавного пуску.*

**Постановка проблеми.** При роботі насосів на насосній станції зрошення велике навантаження йде на електродвигуни: великий пусковий струм, перегрів обмоток, а також від гідравлічних ударів, що супроводжуються різким пуском, страждають труби та запірна арматура. Також велике споживання електроенергії, що важливо заощаджувати в наш час. Це приводить до значного погіршення економічних показників та зниження ресурсу роботи обладнання, спостерігаються часті зриви в роботі, а також ускладнені пускові режими і режими самозапуску.

**Мета статті.** Аналіз переваг використання пристроїв плавного пуску асинхронних двигунів.

**Аналіз останніх досліджень.** Асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором є найбільш підходящим електроприводом для насосів на насосних станціях зрошення. Пуск цих електродвигунів - прямий, при цьому не потрібно яких-небудь додаткових пристроїв, що дає можливість значно спростити схему автоматичного керування агрегатами. Однак при прямому включенні короткозамкнених асинхронних електродвигунів дуже висока кратність пускового струму, який для двигунів потужністю 0,6 - 100 кВт при  $n = 750 \dots 3000$  хв<sup>-1</sup> в 5...7 разів вище номінального струму. Такий короткочасний поштовх пускового струму безпечний для двигуна, але викликає різке зниження напруги в мережі, що може несприятливо позначитися на інших споживачах енергії, приєднаних до тієї ж розподільної мережі. З цих причин допустима номінальна потужність асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором, що мають прямий пуск, залежить від потужності мережі і в більшості випадків обмежується 50 кВт.

Асинхронні електродвигуни з фазним ротором мають більш складну і дорожу конструкцію, так як обмотки ротора у них з'єднуються з зовнішнім пусковим реостатом через три контактні кільця з ковзаючими по ним щітками. Перед пуском такого електродвигуна в коло ротора з допомогою реостата вводять додатковий опір, завдяки чому при включенні електродвигуна зменшується сила пускового струму по мірі збільшення частоти обертання двигуна опір поступово зменшується, а після того як електродвигун досягне частоти обертання близької до нормальної опір пускового реостата цілком виводять, обмотки закорочують, двигун продовжує працювати як короткозамкнений [1-3].

**Основні матеріали дослідження.** Для досягнення плавного пуску в асинхронному двигуні можливо використовувати наступні способи:

- пуск при пониженої напрузі;
- пуск за допомогою реостата в колі ротора;
- використання пристроїв плавного пуску.

Недоліками методу пуску при зниженій напрузі є значне зменшення пускового та максимального моменту двигуна, які пропорційні квадрату прикладеної напруги тому їх можливо використовувати ці двигуни лише без навантаження або при незначній загрузці [1-3].



А при пуску за допомогою реостата є відносна складність та необхідність використання більш дорогих двигунів з фазним ротором.

Використання пристроїв плавного пуску дають можливість уникнути проблем, що мають попередні два методи за рахунок плавного розгону двигуна, а це дозволяє знизити пускові струми та уникнути ривків у механічній частині привода та гідравлічні удари у трубах та засувках в момент пуску і зупинки двигунів.

Головною задачею пристроїв плавного пуску (ППП) є забезпечення контролю пускових струмів і зниження ударно пускових навантажень. В роботі ППП регулює вихідну напругу, при цьому не зменшує частоту струму. Коли електродвигун починає свою роботу або закінчує її, то у цей час пристрій зменшує гідравлічний удар або зовсім ліквідує його.

Поглянувши на функційну схему пристрою бачимо, що для експлуатації та ремонту установки не потрібно наймати висококваліфікований, високооплачуваний персонал. Сама вартість ППП є меншою від вартості ремонту двигуна після аварійного режиму, що може бути викликаний відсутністю пристрою, а це вже великі економічні плюси на користь використання цих пристроїв.

До переваг використання ППП можна віднести:

- керування двигуном по трьом фазам;
- проста установка та підключення ;
- обмеження пускового струму;
- режим захисту від перенавантаження;
- зникнення фази;
- короткого замикання;
- перегріву двигуна;
- легка настройка параметрів ППП з панелі керування;
- можливість приєднання пристрою до персонального комп'ютера.

Сучасні пристрої плавного пуску на даний час всі майже з однаковими функціями для прикладу приведемо ППП що пропонує СВ «Альтера» типу ADX [4] розроблений у відповідності з «методом найгіршого випадку», що дозволяє використовувати у тяжких режимах. В пристрої використані новітні електронні компоненти (SMD, Flash мікропроцесор, високочастотні пристрої) і сучасні технології, які забезпечують ППП високу надійність і коефіцієнт корисної дії.

Під час пуску здійснюється:

- керування кривою струму і моменту,
- керування кривою напруги і струму;
- поступове підвищення напруги.

Під час зупинки:

- плавне гальмування;
- динамічне гальмування при вільному обертанні.

В аварійній ситуації: пуск без захисних функцій, прямий пуск з використанням вбудованого обхідного контактора.

Захист:

- двигуна: подвійний тепловий захист (перша під час пуску, друга під час роботи) або РТС-сенсор, заклинювання ротора, асиметрія струмів, мінімальне навантаження і порушення кривої пуску.
- мережі: обрив фази, чередування фаз та перевищення частоти;
- пускача: захист від перегріву, SCR і обхідний контактор.

Також в даному пристрої передбачена компенсація реактивної потужності.

Конденсаторні батареї для компенсації повинні бути ввімкнені в кінці періоду пуску і вимкнені до періоду зупинки або гальмування. Для керування контактором КМ1 використовується реле К2- налаштоване на функцією "Up to speed".

Пуск двигуна керується через входи START і STOP, доступні з терміналу керування. Два входи приєднані до "+24 V", коли система повністю зупинена. Кнопки СТАРТ і СТОП

підключаються відповідно до схем. Відключення входу STOP від "+24 V" коли сигнал тривоги обнулений. Керування START/STOP може здійснюватися клавіатурою, якщо таке налаштування активоване. Важливо використати цю функцію при настройці пускача.

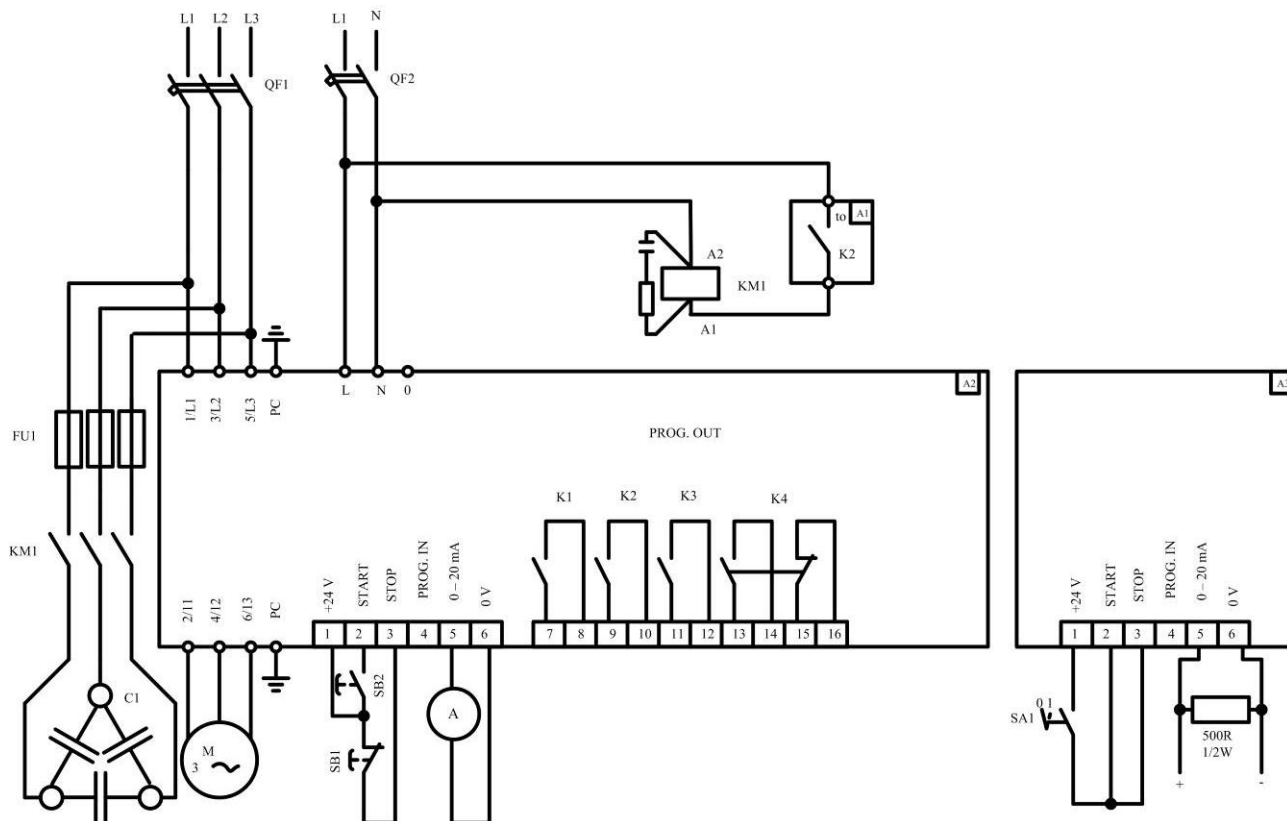


Рисунок 1 – Функційна схема пристрою ADX плавний пуску, або м'яка зупинка

**Висновок.** Пристрій плавного пуску дозволяє вирішити наступні задачі: обмежити пусковий струм, оптимізувати пусковий та гальмівний моменти, аварійно захистити живлячу мережу від струмових перевантажень та ін. Також плавний запуск насосного агрегату захищає мережу від гідроударів, вода подається в магістраль поступово та рівномірно, що сприяє збереженню запірної арматури, зворотних клапанів, дозволяє уникнути поривів та розривів у трубах.

Використання цих пристроїв веде до збільшення терміну експлуатації асинхронного двигуна, а звідси і до економії.

#### Список використаних джерел.

1. Електропривод: підручник / Ю.М. Лаврінченко, О.С. Марченко, П.І. Савченко [та інш.]; за ред. Ю.М. Лаврінченка. – К.: «Ліра-К», 2009. – 504 с.
2. Електропривод: ч.1 / О.С. Марченко, Ю.М. Лаврінченко, П.І. Савченко, Є.Л. Жулай; За ред. О.С. Марченка. – К.: Урожай, 1995. – 208 с.
3. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 572 с.
4. СВ АЛЬТЕРА Електротехніка та автоматизація [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://www.svaltera.ua/solutions/typical/energy/6711.php>

УДК 681.516

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІНІЄЮ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРОВОЇ МАСИ

**Яременко О. С., магістрант**

**e-mail: alena.yaremenko.93@mail.ru**

*Науковий керівник*

**Кашкар'юв А.О., к.т.н., доцент**

**e-mail: anton\_kashkarev@mail.ru**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*У статті розглядається розробка системи автоматизації лінії  
виробництва паперової маси.*

**Постановка проблеми.** Автоматизація сучасних технологічних об'єктів супроводжується застосуванням великого числа електромеханічних систем, за допомогою яких вирішуються завдання підвищення якості продукції і ефективності технологічного устаткування. Прагнення до електрозбереження в результаті заміни нерегульованих електроприводів регульованими призводить до необхідності розглядати взаємозв'язки електромеханічних систем по ланцюгах навантаження в об'єктах, для яких раніше такі завдання не ставилися.

**Мета статті.** Розробити систему автоматичного управління лінією виробництва паперової маси з використанням сучасних засобів автоматизації.

**Основні матеріали досліджень.** У багатьох випадках автоматичні системи управління електроприводами слід розглядати як взаємозв'язані системи, оскільки до складу технологічного устаткування можуть входити десятки електроприводів, об'єднаних по ланцюгах управління, живлення і навантаження. Слід зазначити і взаємозв'язок вихідних змінних електромеханічних систем при формуванні технологічних показників оброблюваних виробів, що характеризують їх якість. Цей взаємозв'язок здійснюється через систему функціональних пристроїв технологічного об'єкту.

У відповідності до прийнятої технології для нормального протікання технологічного процесу необхідно контролювати рівень у накопичувальному резервуарі, а також робота лінії повинна розпочатись при макулатури.

Перелік параметрів контролю та регулювання надано в таблиці 1.

Принцип контролю засновано на використанні тиску знаходженого продукту на контактний пристрій. Регулятор представляє собою два контакти (що розмикає та що замикає) виконаних з нержавіючої сталі і вмонтованих в корпусі датчику. Цей датчик встановлений в приймальному бункері і може через проміжне реле здійснювати включення або виключення схеми керування процесом.

Таблиця 1. – Перелік параметрів контролю та регулювання

Найменування засобу автоматизації	Позиційне позначення	Параметри	
		контролю	регулювання
1 Регулятори рівня	SL1- SL3	<b>ВЕРХНІЙ РІВЕНЬ</b>	Розмикання контактів поплавкового реле
2 Регулятор тиску	SP1	Контроль наявності паперової маси в приймальному бункері	Замикання контакту реле тиску

Контроль рівня у накопичувальному резервуарі застосовується за допомогою поплавкового реле. Поплавок супроводжує рівень у ємності, при досягненні заданого рівня розмикає, або замикає контакти.

Датчики-реле ДУЖЭ-200М призначені для подачі електричного сигналу при підвищенні або пониженні рівня рідини відносно заданої відмітки в технологічній апаратурі, що працює під тиском. Датчики-реле рівня ДУЖЭ-200М упевнено працюють на воді, зрідженому газі, паливно-мастильних матеріалах, різних технологічних розчинах, що не кристалізуються і не випадних в осад і інших рідинах, у тому числі агресивних і вибухонебезпечних (рис.1).

Датчик складається з двох основних частин: корпусу і перетворювача сполучених між собою проміжною втулкою. Принцип дії датчика заснований на використанні виштовхуючої сили, діючої на буйок. Величина цієї сили пропорційна глибині занурення буйка в рідину. Перемикання контактів відбувається в результаті взаємодії магнітних полів постійних магнітів. Зміна виштовхуючої сили, що відбувається при підвищенні (пониженні) рівня рідини, викликає пропорційне переміщення буйка, а, отже, і магніту.

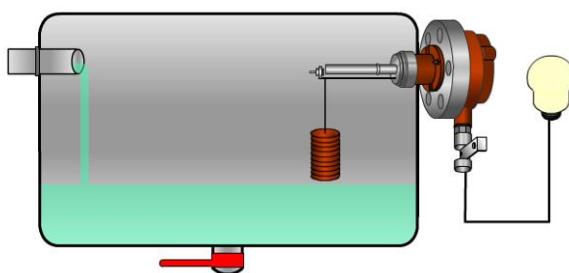


Рис. 1. Датчик-реле рівня ДУЖЭ-200М  
Технічні характеристики датчика - реле рівня зведені в таблиці 2.  
Таблиця 2. – Технічна характеристика датчика рівня

Тип	Чутливий елемент	Діапазон вимірювань	Похибка	Вихідний сигнал	Призначення
ДУЖЭ-200М	Поплавок	0,1 – 3 м	$\pm 10$ мм	Контакти (3+Р)	для подачі електричного сигналу при підвищенні або пониженні рівня рідини

**Висновок.** Завдяки впровадження в технологію виробництва паперової маси датчика-реле рівня ДУЖЭ-200М здійснюється контроль рівня в приймальній ємності, що значно підвищує автоматизацію лінії виробництва паперової маси.

**Список використаних джерел.**

1. Белянчиков Н. Н. Технические средства автоматики / Н. Н. Белянчиков, И. Ф. Бородин. -М. : Колос, 1982. - 303 с.
2. Молчанов Л.Г. Монтаж, наладка и эксплуатация автоматических приспособлений в деревообрабатывающей промышленности: Учебник для техникумов. - 2-е изд., перераб. й доп. - М.: Экология, 1991.- 272 с.
3. Попов В.И. Монтаж, эксплуатация и ремонт контрольно-измерительных и регулирующих приборов. 1969 г.
4. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник / Дж. Фрайден; пер. с англ. Ю.А.Заболотная. — Москва: Техносфера, 2005. — 592 с.

УДК 631.362:633.1

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНО - ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ ІНКУБАТОРІЮ ВИРОЩУВАННЯ КАЧОК НА БАЗІ AVR МІКРОКОНТРОЛЕРУ

Шевченко К.С., 4 курс

Науковий керівник

Лобода О.І., к.т.н., старший викладач

e-mail: [aleks\\_loboda@mail.ru](mailto:aleks_loboda@mail.ru)

Таврійський державний агротехнологічний університет

В статті розглядається система автоматичного керування інкубаторієм з використанням мікроконтролеру типу AVR. Розроблена система підтримує встановлену температуру та вологість шляхом вироблення керуючих сигналів для нагрівання та зволоження, а також відраховує час, по закінченню якого, відбувається поворот комірки з яйцями. В системі передбачається ручне керування та індикація процесу.

**Постанова проблеми.** В сучасному світі розвиток мікроелектроніки має велике значення за її широке застосування в промисловості, в устроях і системах керування самими різноманітними об'єктами. Використання мікроконтролерів приводе до підвищення надійності виробів, пониженню вартості, споживаної потужності, габаритних розмірів і дозволяє скоротити строки розробки.

**Формування мети.** Контролер інкубатору призначено для спостереження за температурою та вологістю і їх регулювання в камері. Система повинна підтримувати встановлену температуру шляхом вироблення керуючих сигналів для нагріву та зволоженню, а також відраховування часу, по закінченні якого, відбувається поворот комірок яєць на кут  $45^\circ$ . В даній системі необхідно передбачити можливість зміни діапазону температур і вологості.

**Основні матеріали дослідження.** Проектування будь-якої системи починається з розробки структурної схеми, що складається з різних блоків і зв'язків між ними. Структурну схему контролеру інкубатору представлено на рис.1 і складається з 11 блоків.

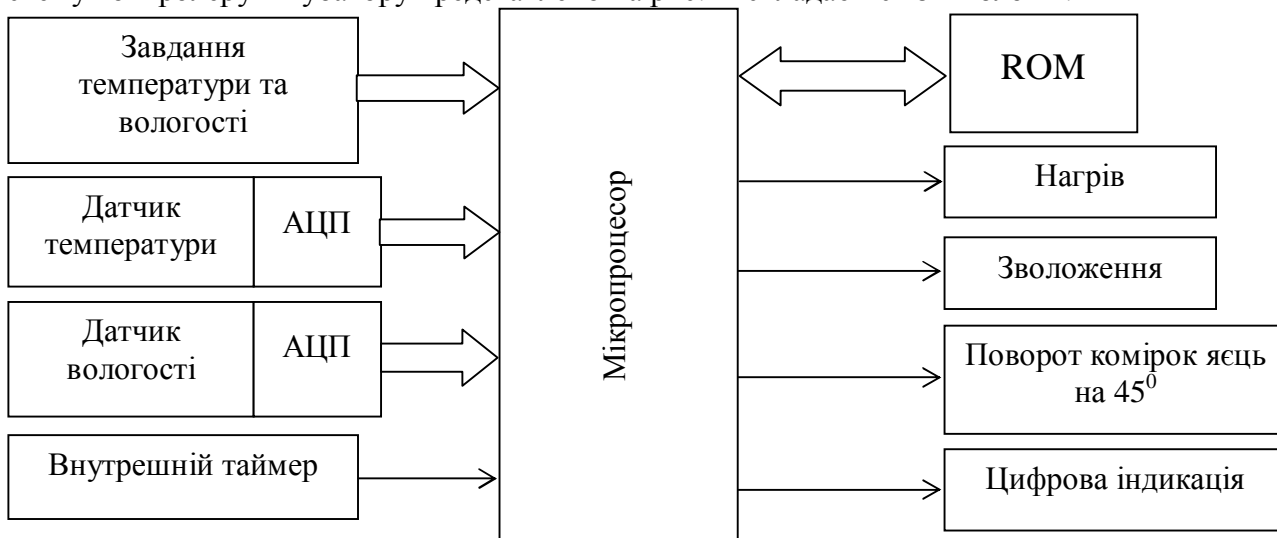


Рис. 1 Структурна схема контролеру

Мікропроцесор проводить обробку даних, що надходять від датчиків температури, вологості та положення комірок, відраховує час, по проходженню якого відбувається нагрів та зволоження і поворот комірок яєць на кут  $45^\circ$ , керує іншими пристроями системи, а блок ROM необхідний для організації зовнішньої пам'яті. Завдання температури та вологості в інкубаторі відбувається з пульта в діапазоні від  $20^\circ$  до  $40^\circ$  С. Внутрішній таймер відраховує

рівно 1 годину, після чого відбувається обертання комірок яєць на  $45^\circ$ . Таймер реалізовано програмно. Блок індикації виводить показання термометру та вологоміру в інкубаторі безперервно на двох символічних семисегментних індикаторах. Блок АЦП (аналого-цифровий перетворювач) необхідний для перекладу даних, що надходять з датчиків температури та вологості, в цифровий вид, для подальшого аналізу.

Принципова електрична схема контролера повністю відповідає функціональній схемі по смислово навантаженню. В якості керуючого мікропроцесору використовуємо мікропроцесор K1816BE31 - DD1 рис. 2. І має такі характеристики: живлення +25В; середня спожита потужність 572 мВт; тактова частота задаючого генератору 6 МГц.

Рис. 2 Принципова схема контролера інкубатору

K1816BE31 не має внутрішньої пам'яті програм і тому підключаємо зовнішню пам'ять програм на мікросхемі K573PФ6A (DD6). Для утримання адреси використано регістри KP1533ИP37 (DD5, DD7, DD9, DD11 і DD13). В якості сьомисегментних індикаторів DD8, DD10, DD12 і DD14 використовується індикатор КЛЦ302Б (зеленого коліру). Для роботи індикатору встановлено додатково регістри KP1533ИP37 і 4 логічних елементи 2-АБО серії ТТЛ, DD15.1-DD15.4. Сигнали з кнопок поступають на буфер даних мікросхема K155ЛП10 (DD4). Сигнали з датчиків температури і вологості з інкубатору поступають на аналоговий мультиплексор 590KH6 (DD3). З аналогового мультиплексору DD3 дані поступають на АЦП KP572ПВ3 (DD2). Розрахунки показали, що даний пристрій споживає 10,4 Вт.

Систему автоматичного керування процесом підтримки мікроклімату в інкубаторі можна представити у вигляді блок схеми алгоритму функціонування, що наведена на рис. 3.

Рис. 3. Блок схема алгоритму функціонування інкубатору в автоматичному режимі

#### **Висновки.**

В статті представлена контролер, що керує роботою інкубатору. Ця система відповідає технології виведення птахів в інкубаторі.

- складено структурну схему з подальшим її перетворенням в працездатну функціональну схему;
- згідно функціональній схемі підібрані відповідні реальні елементи, і побудована принципова схема контролеру;
- розроблено алгоритм і лістинг програми, за яким дана система функціонує.

#### **Список використовуваної літератури**

1. Бойко В.И. Схемотехника электронных систем. Микропроцессоры и микроконтроллеры / В.И. Бойко, А.Н. Гуржий, В.Я. Жуйков, А.А. Зори, В.М. Спивак, Т.А. Терещенко, Ю.С. Петергеря. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. - 464 с.
2. Корнеев В.В. Современные микропроцессоры / В.В. Корнеев, А.В. Киселев. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. - 468 с.
3. Хвощ С.Т. Микропроцессоры и микро ЭВМ в системах автоматического управления: Справочник / С.Т. Хвощ, Н.Н. Варлинский, Е.А. Попов. – Л: Машиностроение, 1987. – 640 с.

УДК 628.8

## ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ У ТЕПЛИЦІ

**Погребняк В.В., магістрант**

*Наукові керівники*

**Федюшко Ю.М., д.т.н., професор**

**E-mail: fedushko26@rambler.ru**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*В роботі пропонується удосконалити систему керування за рахунок покриття теплиці полікарбонатом та використання частини контуру водяного опалення через теплообмінник разом з електричними нагрівачами для нагріву вентиляційного повітря, а також використання сучасних засобів автоматизації.*

**Постановка проблеми.** Середня річна норма споживання овочів складає 126 кг. Споживання овочів повинно бути рівномірним на протязі всього року. Однак кліматичні умови такі, що з відкритого ґрунту до 1 серпня поступає 20-22% всіх овочів [5]. У серпні-вересні поступає 70% огірків та 60 % томатів. З метою забезпечення населення овочами на протязі всього року необхідно використовувати споруди захищеного ґрунту. Для збалансованого споживання овочів на протязі року у спорудах захищеного ґрунту повинно вирощуватись 25% всієї кількості овочів [6]. Як відомо, виробництво продукції рослинництва в умовах захищеного ґрунту є енерговитратним [2, 6]. Саме цей фактор стримує розвиток даного напрямку аграрного комплексу України. Тому необхідно приділити увагу дослідження питань енергоефективності та енергоощадності споруд. При загалом високому рівні електрифікації та автоматизації існуючих технологічних схем підтримання параметрів мікроклімату залишаються ще не вирішені проблеми та вузькі місця, що головним чином відносяться до засобів автоматизації та технологічних схем [2, 6, 7].

**Аналіз останніх досліджень.** Технологічний процес рослинництва відбувається за сучасними технологіями, але технологічне обладнання потребує постійного технічного переозброєння, будівництва нових виробничих об'єктів. Здебільшого регулювання параметрів мікроклімату залежить від людського фактора, що в сучасних інтенсивних умовах господарства є не ефективним. Кожна теплиця обладнання опалювальним багатопаливним котлом.

Як правило, в умовах виробництва опалення виконується комбінованим методом за допомогою водяного та електричного опалення. Обігрів на рівні ґранту виконується гладкими трубами з температурою теплоносія до 80°C [7, 8].

**Мета статті.** На основі аналізу існуючої технології регулювання параметрів мікроклімату спорудами захищеного ґрунту та аналізу їх матеріалу покриття, удосконалити технологічний процес, з метою зменшення витрати на виробництво, розробити схему функціональну автоматизації та згідно з нею виконати вибір технічних засобів автоматизації.

**Основні матеріали дослідження.** Поставлена мета досягається за рахунок покриття теплиці полікарбонатом та використання частини контуру водяного опалення через теплообмінник разом з електричними нагрівачами для нагріву вентиляційного повітря. В роботі пропонується використання сучасних засобів автоматизації, які дозволять реалізувати керування технологічним процесом та дистанційний моніторинг.

Сучасна теплиця як об'єкт електрифікації та автоматизації керування параметрами мікроклімату характеризується незадовільною динамікою параметрів, що пов'язано з особливостями технології виробництва [1]. Обслуговуючий персонал та система управління, можуть лише частково регулювати її складний і такий, що динамічно змінюється мікроклімат. Він повинен навчитися виявляти ці зміни і прогнозувати їх, проте це не означає, що він повинен весь свій час знаходитися там. Існують прості автоматичні пристрої, за допомогою яких можна регулювати мікроклімат в теплиці [3, 8].



Теплиці, як об'єкт управління температурним режимом відносяться до найбільш складних об'єктів автоматизації, а визначення їх характеристик супроводжується деякими складнощами, які слідує з особливостей об'єкта та умов його функціонування. Згідно прийнятої технології підтримання параметрів мікроклімату складена функціональна схема автоматизації (рис. 2) [2, 7]. Розроблена схема дозволяє ідентифікувати та контролювати основні режими роботи технологічних машин та етапи технологічного процесу, забезпечити певну послідовність включення силових елементів згідно стану датчиків (табл. 1), які надають вичерпну інформацію про поточний стан технологічного комплексу.

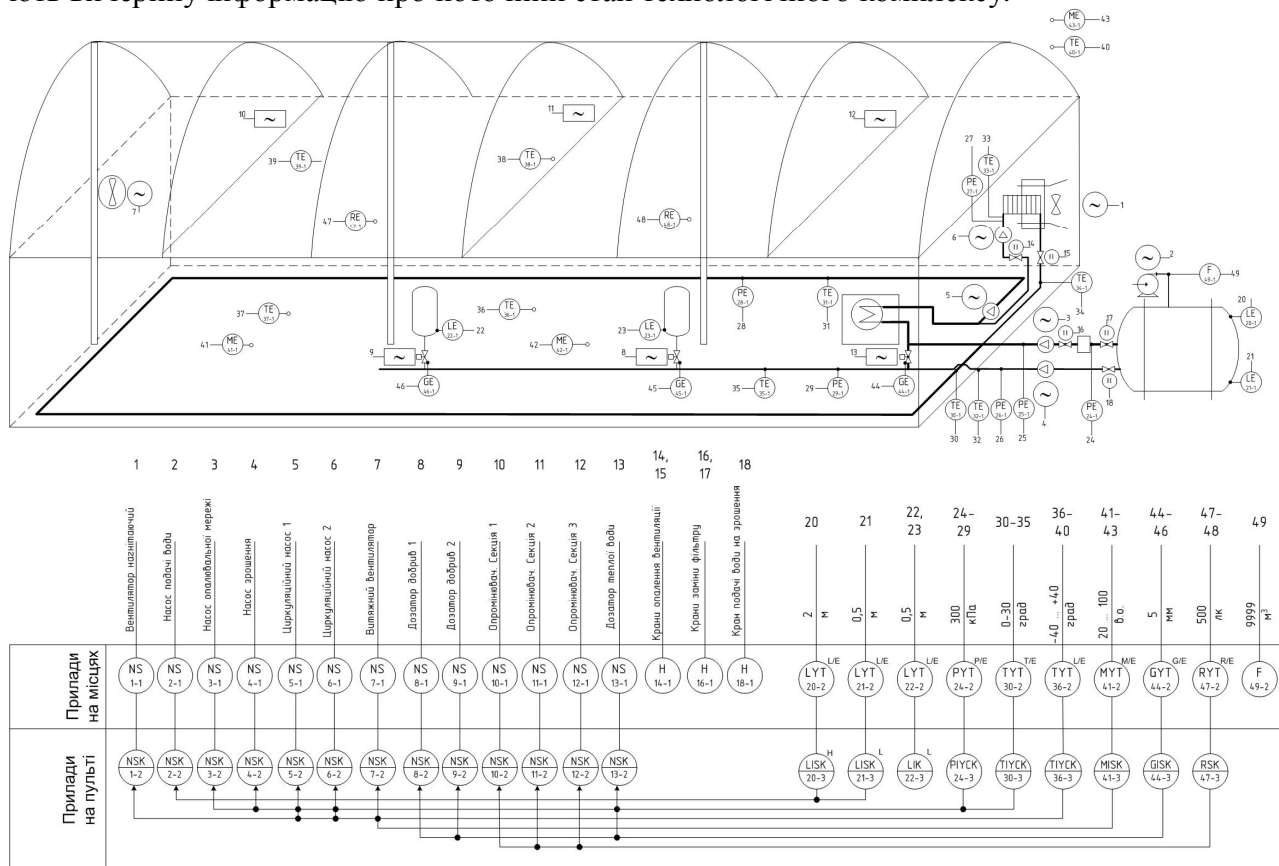


Рисунок 2 – Керування параметрами мікроклімату теплиці. Схема автоматизації функціональна  
Таблиця 1 – Параметри технологічного процесу виробництва томатного соку, які підлягають контролю, реєстрації або регулюванню.

№	Найменування технологічної машини	Контрольований параметр	Літерне позначення
1	<i>Насос</i>	Тиск в оприскувачах Витрата води	PE FE
2	<i>Циркуляційний насос</i>	Тиск у системі Зовнішня температура, пряма та зворотна вода, всередині теплиці	PE TE
3	<i>Крани</i>	Положення	GE
4	<i>Вентилятор</i>	Включено / виключено	-
5	<i>Опромінення</i>	Надходження сонячної радіації Температура теплиці	RE TE
6	<i>ТЕН</i>	Положення заслінок Температура вхідного, вихідного та внутрішнього повітря, теплоносія	GE TE
7	<i>Бак компенсації</i>	Рівень води у баку	LE
8	<i>Котел</i>	Тиск води у системі Температура вхідної та вихідної води Витрата газу	PE TE FE

Технічні засоби автоматизації обираємо відповідно до ДСП (табл. 2). Реалізація автоматичного керування виконується на базі контролерів серії ES-ForthLogic, компанії ПП "Електросвіт" [3]. Інжинірингові рішення підприємства дозволяються реалізувати автоматичні системи керування на базі модульних рішень, які включають не тільки компоненти релейної автоматики та програмовані логічні комплекси, а ще й лінійки типових датчиків фізичних величин з уніфікованим сигналом, можливість поєднання з засобами автоматизації інших виробників та типові системи з GSM/GPRS-контролерами для вирішення завдань диспетчеризації, моніторингу та керування.

Таблиця 2 - Технічні засоби автоматизації.

Параметр контролю, функції	Тип обладнання	Кіл.
Датчик тиску вода	ПД100-ДИ.1,0.1	
Датчик температури вода	ДТС3225-РТ1000.В2	5
повітря	ДТС075-50М.В2.20/05	3
Датчик положення: кран / заслінка	МЕ8111 / МЕ8108	2 / 2
Датчик рівня води	ПДУ-1.1	2
Вологість	ES-DH-1M	2
Датчик опромінення	ФР-7Е	2
Витратомір газ / вода	ВК-G6 0,06 / S100	1 / 1
Програмний логічний комплекс	ES-ForthLogic	1
Електромагнітне реле	РЕ-4PP	3
Блок живлення	БЖ-І	1
Модуль розширення дискретний	ES-DIO-1M	3
Модуль розширення аналоговий	ES-AI-1M / ES-PT-1M	2 / 2

**Висновок.** Для досягнення поставленої мети теплиця проаналізована як об'єкт автоматизації, розроблена схема функціональна автоматизації та згідно з нею вибрані технічні засоби автоматики. Прийняті технічні засоби автоматизації дозволяють узгодити роботу багатопаливного котла та водяного обігріву припливної вентиляції. В результаті цього стає можливим зменшення витрат на опалення, за рахунок збільшення використання більш дешевих енергоресурсів

#### Список використаних джерел

1. Агаркова А.М. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации теплиц/ А.М. Агаркова, Г.Г. Ивешко. - К.: Будівельник, 1985.-120с.
2. Богомолів О.В. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств: Навч. Посібник / О.В. Богомолів, П.В. Гурський, В.П. Богомолів. – Харків: Еспада, 2005. – 432 с.
3. Будинкова та промислова автоматика. ПП "Електросвіт" - 2011. Каталог продукції [Електронний ресурс]. – 68 с. - Режим доступу: <http://www.es.ua>
4. Зеєман І. Климат теплиц и его регулирование / И. Зеєман [пер. с немецкого под ред. Н.И. Гаврилова] – М.: Сельхозиздат. – 1960 – 126 с.
5. Климов В.В. Оборудование теплиц для подсобных и личных хозяйств/ В.В. Климов. - М.: Энергоатомиздат,1992. – 96 с.
6. Корчемний М.. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, – 2001. – 984 с.
7. Мартиненко І.І. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: Підручник / [І.І. Мартиненко, В.П. Лисенко, Л.П. Тищенко та ін.]. – К.: НМЦ МінАПК України, 2008. – 330 с.
8. Тигранян Р.Э. Микроклимат. Электронные системы обеспечения / Р.Э. Тигранян. – М.: ИП РадиоСофт, 2005. – 112 с.

УДК 631.3.02-585.2.006.26

## АВТОМАТИЗАЦІЯ СТЕНДУ ЗНОСНИХ ВИПРОБУВАНЬ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ ПРИВОДІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Леліков В.О., магістр

E-mail: john\_wein@mail.ru

Наукові керівники

Мушкевич О.І., аспірант

E-mail: mushkevicho@gmail.com

Дідур В.А., д.т.н., професор

E-mail: didurva@mail.ru

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Робота присвячена автоматизації стенду для випробування ресурсу гідророзподільників при змодельованих реальних режимів роботи розподільника.*

**Постановка проблеми.** Робота на стенді зносних випробувань гідророзподільників виконується під контролем людини, що знижує ефективність його роботи. Зазначене зниження пов'язане із наступними причинами: робота стенду повільна у порівнянні із автоматизованими технічними комплексами; можливість роботи стенду тільки при присутності оператора; вагомий вплив людського фактору; необхідність контролю параметрів, захист від аварійних режимів. Отже розробка системи автоматичного керування роботою стенду та впровадження сучасних засобів автоматизації є доцільною.

**Мета статті.** Розробити систему автоматизованого керування обладнанням для проведення ресурсних випробувань та діагностування гідророзподільників.

**Основні матеріали досліджень.** В результаті аналізу літературних джерел з технології випробувань [2, 3, 6, 8] та автоматизації процесу доцільно вимірювання технологічних параметрів, контроль роботи стенду та його захист від аварійних режимів. Це досягається шляхом контролювання технологічних параметрів (табл. 1), впровадження засобів індикації та керування [1].

Таблиця 1 – Контрольовані параметри

Параметр	Літерне позначення	Од. вим.	Функції	Примітка
Значення першої літери, яка позначає параметр				
Будь-яка електрична величина	E	п, об/хв	C – регулювання, управління	-
Положення, переміщення	G	-	A – Сигналізація; C – регулювання, управління; I – показання; S – вмикання, вимикання, перемикавання	Положення золотника
Рівень	L	м	L – нижня межа вимірювального розміру; H – верхня межа вимірювального розміру	Рівень шару абразиву
Тиск, вакуум	P	МПа	A – сигналізація; C – регулювання, управління; I – показання; S – вмикання, вимикання, перемикавання; R - реєстрація	-
Температура	T	°C	I – показання	Масло на виході з системи

Функціональна схема стенда для проведення ресурсних випробувань гідророзподільників приведена на рисунку 1.

Технологічний процес полягає в наступному. Масло з баку через двопозиційний кран поступає на фільтр або напряму до насоса в залежності від позиції крану. Далі після відкриття вентиля масло під тиском поступає до секцій гідророзподільника. За контроль тиску у кожній секції відповідають манометри. Переміщення золотників у розподільнику відбувається за допомогою електрокотушок зворотно-поступальної дії. Після гідророзподільника масло поступає у зливний трубопровід та через радіатор потрапляє знову у бак. На зливному трубопроводі розташовані манометр для контролю тиску, а на радіаторі – датчик для контролю температури масла на зливі.

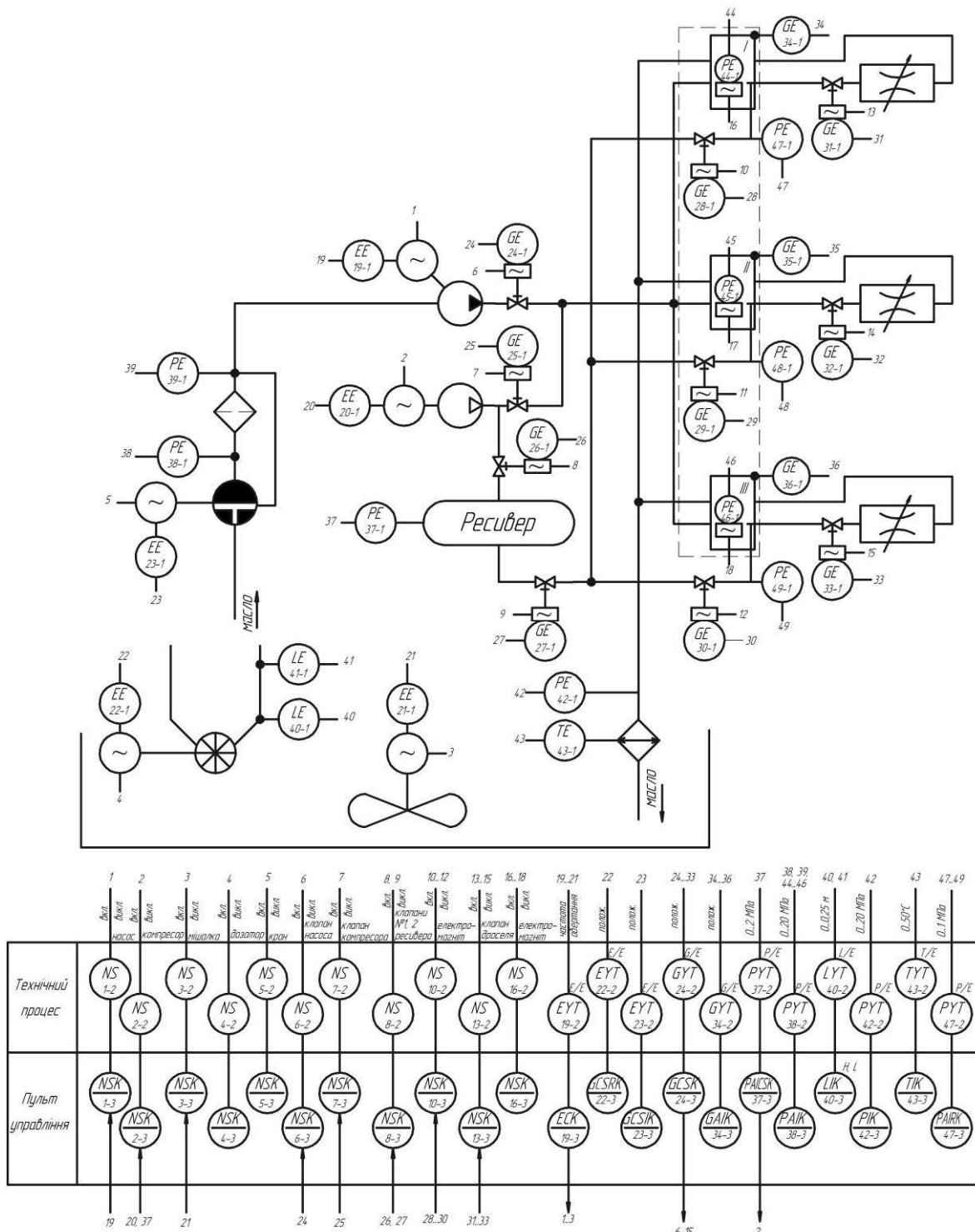


Рисунок 2 – Функціональна схема стенда для проведення ресурсних випробувань гідророзподільників

Після проведення випробувань виникає необхідність пневматичної діагностики системи. Для цього в системі передбачено пневматичне обладнання. Перед вмиканням компресора

перекриваються вентилі на насосі та компресорі. Перед початком пневматичної діагностики гідравлічну систему звільняють від масла, для цього вентиль подачі гідронасоса перекривається, і напряду від компресора за допомогою повітря виконується пневматична діагностика. Вентиль ресивера №2 закривається, а вентиль №1 відкривається. Компресор нагнітає повітря у ресивер. Контроль тиску у ресивері виконує манометр. Коли тиск у ресивері досягне робочого значення, відбудеться перекриття вентиля ресивера №1 та відкриється вентиль №2. Золотники перемикаються в положення «нейтральне». Для пневматичної діагностики секцій гідророзподільника треба, щоб відкрився спочатку вентиль біля першої секції (на функціональній схемі верхній I). Відбувається діагностика секції I. Коли тиск спаде, вентиль секції I закриється; також закриється вентиль ресивера №2, а вентиль ресивера №1 відкриється. Знову нагнітається повітря в ресивер. При досягненні робочого тиску вентиль №1 ресивера закривається, відкривається вентиль ресивера №2 та вентиль секції II. Проходить пневматична діагностика. Секція III гідророзподільника буде продуватися за таким самим принципом. Після продувки секції III гідророзподільника закривається її вентиль та вентиль №2 ресивера. Відкривається вентиль біля насоса для продовження випробувань. Для проведення прискорених зносних випробувань гідророзподільника в системі передбачено дозатор, в який поміщується абразивний матеріал (наприклад, пил) та шляхом натискання кнопки певна кількість абразиву висипається в бак. Для рівномірного перемішування та підтримки часток абразиву у зваженому стані передбачена мішалка, яка приводиться в дію електричним двигуном.

**Висновок.** Таким чином розроблений стенд дозволить проводити зносні випробування гідророзподільників в однакових умовах при можливості моделювання реальних режимів роботи та активно відстежувати стан герметичності золотникових пар.

#### Список використаних джерел

- 8) Бородин И. Ф. Автоматизация технологических процессов. / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник.– М. : КолосС, 2004. – 344 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
- 9) Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. / Гаркунов Д. Н. – М., 2001. 616 с.
- 10) Грилихес С. Я. Электролитические и химические покрытия. / Грилихес С.Я., Тихонов К.И. – Л.: Химия, 1990. – 288 с.
- 11) Дидур В. А. Способ ускоренных эксплуатационных испытаний гидроагрегатов / Дидур В. А., Шипов В. В. // Ваш надежный партнер в обеспечении качества ремонта гидроаппаратуры. – Запорожье-Мелитополь, 1991. с. 9-10.
- 12) Капустин Н. М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учеб. для вузов / Н. М. Капустин, П. М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе и др.; Под ред. Н. М. Капустина. – М.: Высш. шк., 2004. – 415 с.: ил.
- 13) Лепешкин А. В. Гидравлика и гидропневмопривод: Учебник, ч.2. Гидравлические машины и гидропневмопривод. / Лепешкин А. В., Михайлин А. А., Шейпак А. А., под ред. А. А. Шейпака. – М. : МГИУ, 2003. – 352 с.
- 14) Молодык Н. В. Восстановление деталей машин. / Н. В. Молодык, А. С. Зенкин. – М. : Машиностроение, 1989. 480 с.
- 15) Патент на корисну модель №110435, F15B19. Устройство для ресурсных испытаний гидроагрегатов / Мартынов А. В. и др. Опубл. 20.11.2011.
- 16) Патент України на корисну модель №70697, B23P 6/02. Ресурсозберігаючий спосіб відновлення герметичності золотникової пари тракторних гідророзподільників / Мушкевич О.І. Опубл. 25.06.2010, Бюл. № 12.
- 17) Патент України на корисну модель №94717, F15B 19/00. Спосіб контролю герметичності золотникової пари в порожнині високого тиску / Мушкевич О.І. Опубл. 25.11.2014, Бюл. № 22.
- 18) Черкун В. Е. Ремонт тракторных гидравлических систем / В. Е. Черкун – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 253 с., ил.

УДК 681.518.3

## АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ У КАРТОПЛЕСХОВИЩІ

Канюка М.М., магістрант

E-mail: mishakanyuka1992@gmail.com

Наукові керівники

Федюшко Ю.М., д.т.н., професор

E-mail: fedushko26@rambler.ru

Таврійський державний агротехнологічний університет

На основі аналізу агротехнічних вимог зберігання картоплі та рівня автоматизації технологічного процесу розроблена функціональна схема автоматизації та обрані технічні засоби автоматизації.

**Постановка проблеми.** Кліматичні умови України сприятливі для вирощування багатьох плодово-ягідних та овочевих культур. Однак урожай деяких культур швидко псується, тому його використовують у день збирання, а плоди інших культур надходять на зберігання [2, 6]. Межа в'янення, нижче якої плоди втрачають здатність відновлювати тургор, така: бульби картоплі - 5 %, моркви, буряків - 6-7, листових овочів 3 - 4 %. Тому для нормального зберігання більшість плодів утримують в умовах високої відносної вологості повітря або коли вологість дорівнює чи перевищує вміст води в об'єкті, що зберігається[6].

Якщо відносна вологість навколишнього середовища висока, то невеликі втрати води при в'яненні можуть відновлюватись. При різкому зниженні температури навколишнього середовища утворюється конденсаційна волога на плодах, а отже, виникають сприятливі умови для розвитку мікрофлори, яка викликає захворювання плодів (табл. 1) [2].

Таблиця 1 - Вплив температури на вихід повноцінних бульб картоплі

Сорти картоплі за стиглістю	Вихід повноцінних бульб за період зберігання, %							
	- 1 °С	0 °С	+1 °С	+2 °С	+3 °С	+5 °С	+7 °С	
Ранньостиглі	Бородянська рожева	59	88	88	91	91	89	85
	Житомирська	88	95	95	97	95	95	92
	Прискульська рання	75	81	93	94	94	85	73
	Чарівниця	63	75	91	95	88	85	84
Середньостиглі	Гатчинська	89	95	92	94	93	91	91
	Столова 19	76	80	91	95	91	90	88
	Юбель	67	91	92	96	94	91	90
Пізньюстиглі	Поліська рожева	-	-	87	87	92	88	92
	Сулев	87	93	92	94	93	91	84
	Темп	70	87	92	94	89	91	89

Враховуючи це, для продовження періоду дозрівання насіння штучно створюють несприятливі для інтенсивного дихання умови і досягають пізнішого настання повної стиглості, яка збігається з набуттям плодом найкращих товарних та харчових якостей. Ці плоди не мають здатності заліковувати пошкодження, тому в день збору їх закладають у холодильники, що є однією з умов тривалого зберігання. При більшому доступі кисню (наприклад, до порізаних плодів та бульб), а також при будь-якому коливанні температури інтенсивність дихання підвищується. Отже, необхідно зазначити важливу роль системи керування температурним режимом.

**Мета статті.** Проаналізувати об'єкт автоматизації та запропонувати технічні рішення по розробці системи автоматичного керування технологічним процесом створення температурного режиму.

**Основні матеріали дослідження.** У сучасних типових проектах сховищ враховують основні особливості технології приймання та зберігання продукції, а також природно-кліматичні умови, у тому числі максимальні мінусові температури: -20, -30 та -40 °С. У регіонах з температурою повітря до -20 °С використовують наземні сховища, а з температурою мінус 30 °С (північні та східні області України) будують напівзаглиблені сховища з обвалуванням частини стін землею. Наземними є також цибулесховища, де треба підтримувати низьку відносну вологість повітря [4]. Місткість сховищ неоднакова. З урахуванням інфекційного навантаження вона вважається оптимальною: для зберігання картоплі - 1500 т, капусти - 750, коренеплодів - 300, цибулі - 200, яблук - 400 т. Крім того, місткість камер менше 200 т ускладнює їх експлуатацію. Великі сховища є більш економічними [2].

Характерною особливістю приміщень для зберігання є те, що правильний вибір опалювально-вентиляційного обладнання забезпечує лише принципову можливість утримання заданих значень температури. Для підготовки повітря для картоплесховища використовують спліт-системи [8], які бувають низькотемпературними (-18/-25 °С), середньотемпературними (-5/+5°С), високотемпературними (+5/+15 °С) [5].

Сучасні овочесховища як об'єкт керування температурним режимом характеризуються не задовільною динамікою та не стаціонарністю параметрів, які витікають з особливостей технології виробництва [2]. У той же час агротехнічні вимоги вимагають високу точність стабілізації температури ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ). Всі ці обставини пред'являють високі вимоги до функціонування та технічного удосконалення обладнання автоматизації [2, 6, 8]. У відповідності до технологічного процесу [2, 6] складена функціональна схема автоматизації (рис. 1). Розроблена схема автоматизації функціональна (рис. 1) дозволяє контролювати основні фізичні параметри клімату у картоплесховищі (табл. 2), перераховані параметри, контроль яких піддається автоматизації легше ніж інші [5].

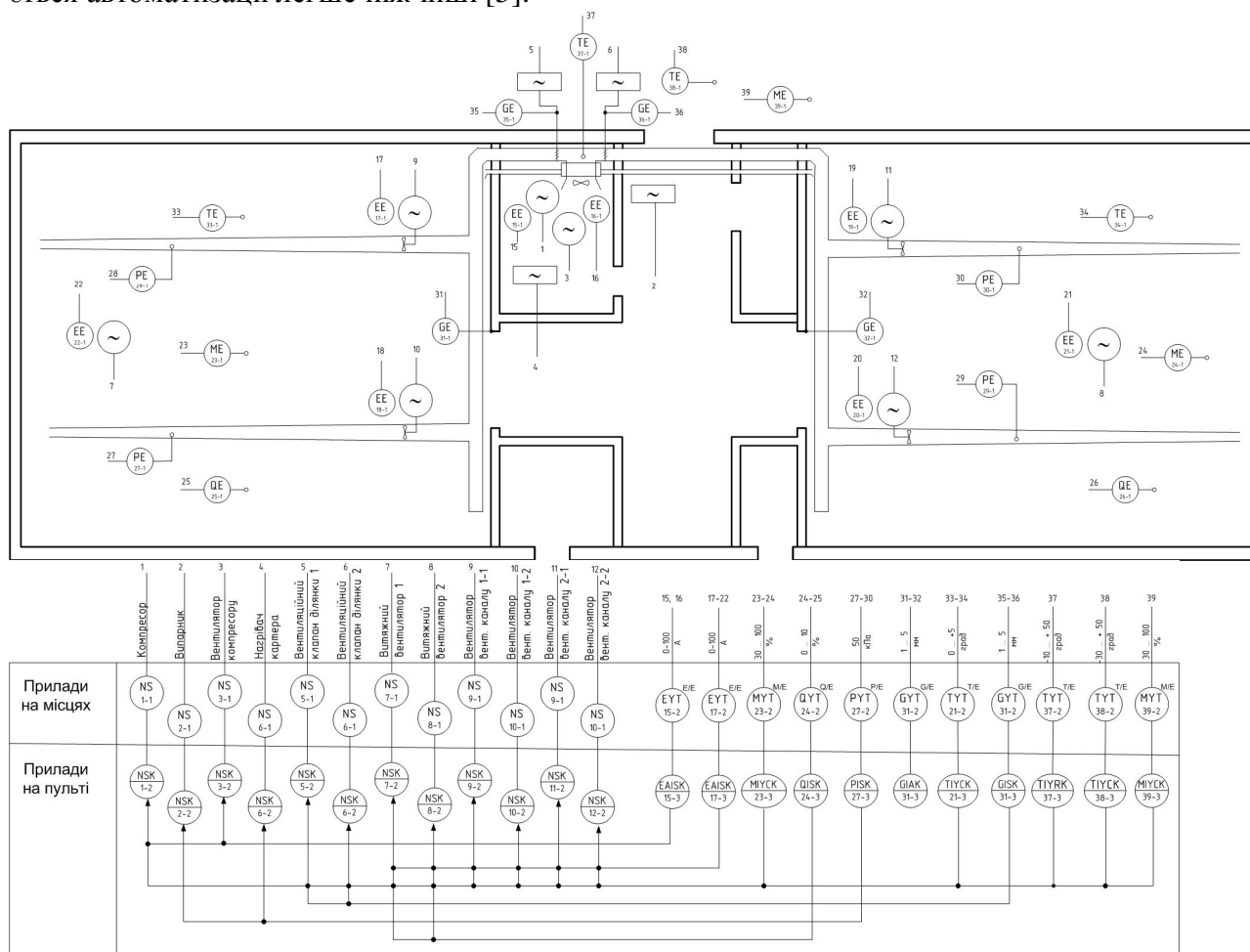


Рисунок 1 – АСК керування параметрами мікроклімату. Схема автоматизації функціональна.

Таблиця 2 – Контрольовані параметри та літерні позначення

Назва параметру	Од. вим.	Познач.	Реалізація
Об'ємна концентрація вуглекислого газу	%	Q	Датчик концентрації
Температура припливного повітря та у сховищі	°С	T	Термоопір
Відносна вологість повітря	%	M	Гігрістор
Швидкість повітряного потоку	м/с	P	Датчик тиску
Положення клапанів та дверцят ділянок	відер./закр.	G	Датчик положення
Струм приводних двигунів	A	E	Теплові реле

Для системи автоматичного керування, яка проектується, при виборі технічних засобів, перевагу необхідно віддавати тим засобам автоматизації [1, 3, 8, 9], які входять в систему ДСП або приладам параметри вхідних та вихідних сигналів узгоджені з комплексами системи (табл. 3).

Таблиця 3 - Технічні засоби автоматики

Параметри які контролюються	Тип обладнання
Підготовка повітря	спліт-системи TechnoBlock
«Сухий» та «зволожений» термометр у приміщенні, керування технологічним та електросиловим обладнанням	ОВЕН МОДУС
Концентрація вуглекислого газу	ADT-D3-1164
Положення	ВПК-21
Перевантаження	Теплове реле РТ
Довгоходовий електромагніт	МИС4100Е
Датчик температури	ДТС-125Л
Швидкість потоку повітря	АСЦ-3М

**Висновок.** Запропонований принцип керування параметрами мікроклімату та обрані технічні засоби автоматизації дозволять реалізувати комплексну автоматизацію об'єкту, а також забезпечити підвищення точності регулювання параметрів мікроклімату.

**Список використаних джерел.**

1. Анемометр сигнальный цифровой АСЦ-3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://chemtest.com.ua/anemometr\\_signalniy\\_asc\\_3](http://chemtest.com.ua/anemometr_signalniy_asc_3)
2. Зберігання і переробка продукції рослинництва: навч. Посібник / Г.І. Подпрятков, Л.Ф. Скалецька, В.С. Хилевич. – К.: Мета, 2002. – 495 с.
3. Каталог продукции «ОВЕН» - 2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.owen.ru>.
4. Корчемний Миколай, Федорейко Валерій, Щербань Володимир. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: Підручники і посібники, – 2001. – 984 с.
5. Мартиненко І.І. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК/ І.І. Мартиненко, В.П. Лисенко, Л.П. Тищенко, І.М. Болот, П.В. Олійник. – К., 2008. – 330 с.
6. Подпрятков Г.І. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Практикум / Г.І. Подпрятков, Л.Ф. Скалецька, А.М. Сеньков. – К.: Вища освіта. – 2004. – 272 с.
7. Садовой А.Ф., Советов В.П. Установки искусственного климата. - М.: Агропромизда, 1985. – 72 с
8. Сотников А.Г. Автономные и специальные системы кондиционирования воздуха. Теория, оборудование, проектирование, испытание, эксплуатация. / А.Г. Сотников. – Санкт-Петербург: АТ-Publishing. – 2005. – 240 с.
9. TechnoBlock [Электронный ресурс]. Производство, монтаж, наладка климатического оборудования. - Режим доступа: <http://www.technoblock.ru>



УДК 681.5

## РОЗРОБКА БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ АСУТП ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ НА БАЗІ МКУ

**Іванова А.В., магістрант**

**E-mail: anastasia1602ivanova@gmail.com**

Науковий керівник

**Діордієв В.Т., д.т.н., професор**

**E-mail: diovlatr@ukr.net**

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*Робота присвячена розробці блок-схеми алгоритму функціонування виробництва комбікормів на базі малогабаритних комбікормових установок.*

**Постановка проблеми:** Для невеликих реформованих господарств АПК необхідним є збільшення обсягів виробництва комбікормів, поліпшення їхньої якості та асортименту, а також використання місцевої сировинної бази, що вимагає створення міжгосподарських (арендно-кооперативних) і фермерських малогабаритних комбікормових цехів. [1].

**Аналіз останніх досліджень:** В даний час важко уявити собі велике виробництво, яке не має в своєму складі автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУ ТП). Автоматизація процесів виробництва багато в чому визначає його ефективність і рентабельність. [2].

**Мета статті:** Розробити блок-схему алгоритму функціонування виробництва комбікормів на базі малогабаритних комбікормових установок.

**Основні матеріали дослідження.** В результаті аналізу функцій відомих систем дозування було встановлено, що система управління повинна передбачати ручний (використовується для налагодження та пошуку несправностей) і автоматичний режими дозування.

Система повинна здійснювати :

- контроль ваги бункера-дозатора, бункера-змішувача і видаткових бункерів;
- контроль стану засувок змішувача і дозатора;
- контроль часу змішування компонентів;
- повинна формувати сигнали управління двигунами шнекових живильників, змішувача і розпушувача,
- сигнали управління засувками дозатора і змішувача,
- автоматичне формування сигналів аварії при позаштатному стані засувок в будь-якій точці контролю.

З метою досягнення високої надійності програмно-технічний комплекс системи управління повинен складатися, як мінімум, із трьох рівнів. Слід, однак, відзначити, що експлуатуються на сьогоднішній день АСУ ТП змішування і дозування, як правило, мають дворівневу організацію.

Для управління в реальному часі електроприводами шнекових живильників найчастіше використовуються два алгоритми. Один з них передбачає ступінчасте регулювання швидкості двигуна. При цьому виникає необхідність експериментально визначити і врахувати масу «падаючого стовпа» з шнекового живильника в бункер-дозатор для кожного матеріалу окремо.

Зважаючи на те що властивості матеріалів змінюються (через різну дисперсності, вологості тощо), а зупинка шнекового живильника при завершенні дозування відбувається на великій швидкості двигуна (для забезпечення високої продуктивності), похибка може істотно збільшуватися; меншим ж швидкостям відповідає низька продуктивність при більш високій точності.

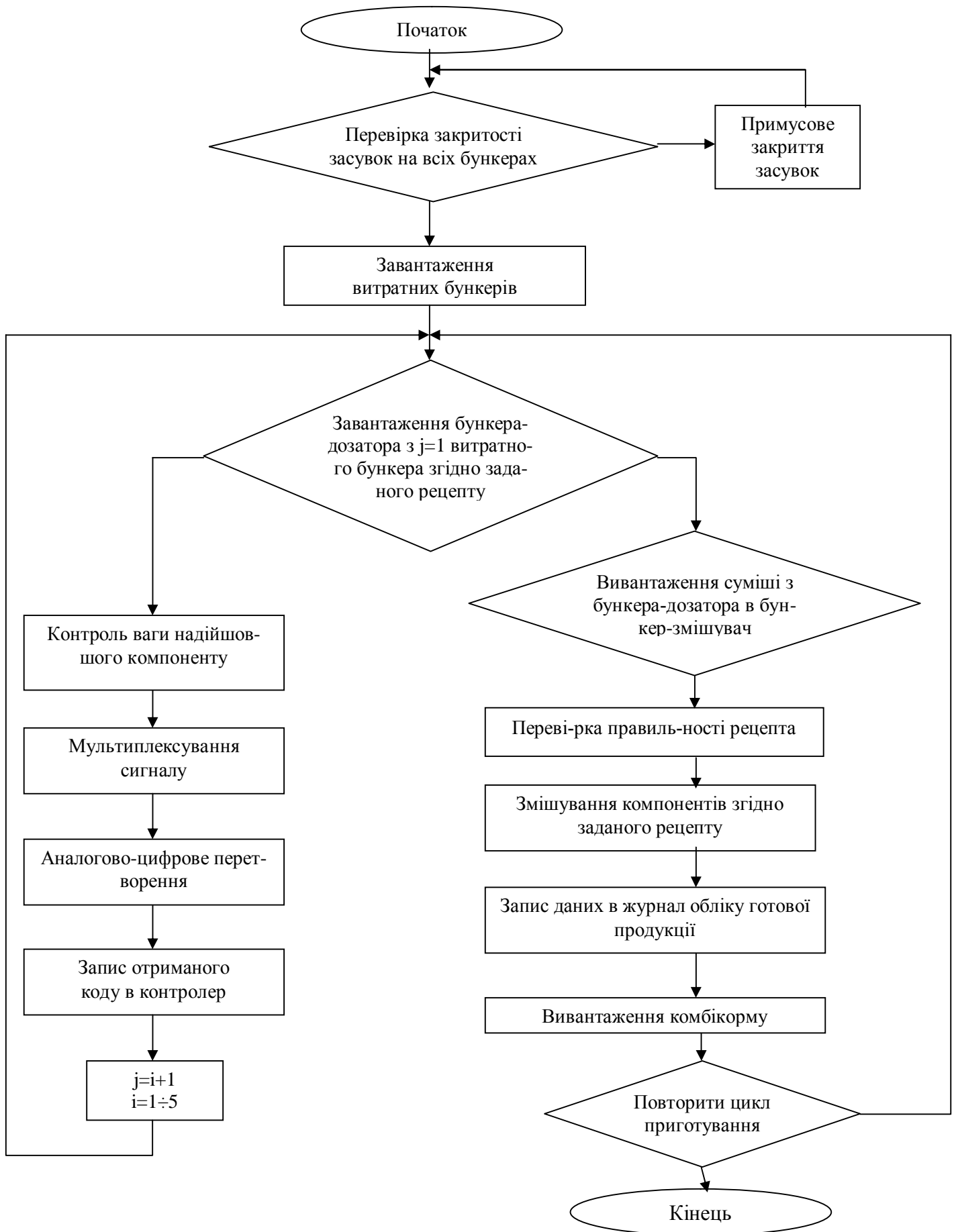


Рисунок 1 - Блок – схема керування процесом виготовлення комбікорму

Інший алгоритм полягає в автоматичному регулюванні швидкості двигуна з використанням програмно реалізованого регулятора ваги. Сигнал з виходу регулятора ваги є завданням на швидкість регульованого електроприводу. Так як в цьому випадку зупинка двигуна проводиться на невеликій швидкості (причому без шкоди продуктивності), маса «падаючого стовпа» невелика, і нестабільність властивостей матеріалу позначається на точності дозування незначно. Правильний вибір параметрів регулятора ваги дозволяє оптимізувати співвідношення продуктивності і точності, особливо на малих вагах.

**Висновок.** Таким чином, була визначено та розглянуто алгоритми дозування комбікормів та розроблена блок-схема алгоритму функціонування виробництва комбікормів на базі малогабаритних комбікормових установок.

#### Список використаних джерел

1. Діордієв В. Т. Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах реформованих господарств АПК: Навчальний посібник/ М-во освіти і науки України. – Сімферополь: ДОЛЯ, 2004. – 138 с.
2. Діордієв В.Т. Методичні вказівки по виконанню розрахунково-графічної роботи з дисципліни “Автоматичні системи управління технологічними процесами” / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов / - Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет. - 2014. - 20 с.
3. Федоров Ю.Н. *Справочник інженера по АСУТП: проектирование и разработка.* М.: Инфра-Инженерия, 2008 г. - 928 стр., 12 ил.

УДК 631.67.6

**РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ  
КРАПЕЛЬНИМ ЗРОШЕННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕМЕНТІВ  
МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ТОМАТІВ  
В УМОВАХ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА**

Дервіш Д.С., 5 курс  
Науковий керівник

e-mail: ops-2007@ya.ru

Лобода О.І., к.т.н., старший викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет

*В статті представлено варіант автоматизованої системи керування крапельним зрошенням з використанням елементів мікросхемотехніки при вирощуванні томатів в умовах тепличного господарства.*

**Постанова проблеми.** Подача води в прикореневу зону рослин може здійснюватися по різних програмах. Вибір тієї або іншої програми або, іншими словами, режим поливу визначається умовами змісту рослин в теплиці і зовнішніми погодними умовами.

**Формування мети.** Ті або інші умови змісту рослин забезпечуються певним набором контрольованих параметрів мікроклімату. Так, стабілізація температури в теплиці дозволяє застосовувати жорсткі програми поливу. При різких змінах погодних умов в місцевості, де розташована теплиця, швидше за все оптимальним можна рахувати використання гнучкої програми, коли час і тривалість поливу визначаються станом датчика вологості ґрунту.

**Основні матеріали дослідження.**

Система краплинного зрошення (рис. 1) містить герметичний накопичувальний бак з підігрівом води до температури +25...28 °С, гідравлічну мережу, що складається з магістральних труб, укладених уздовж теплиці і відвідних гнучких трубочок, що закінчуються крапельницями.

Рис. 1 Технологія крапельного поливу в умовах тепличного господарства

Окремий накопичувальний бак можна не вмонтовувати - його роль може грати водонапірна ємкість, забезпечена системою підігріву води аналогічної.

У разі потреби установки розбризкуючих і дощувальних пристроїв, їх можна врізати в магістральні труби або прокласти ще одну магістральну трубу.

Потужність ТЕНу, що встановлюється у водонапірній ємкості, складає 1...2 кВт. У середині водонапірної ємкості на трійнику, встановленому на нижньому днищі, встановлюється водозабірний труба. Торець трубки має бути вище за рівень розташування ТЕНів на 5...7 см - у разі припинення надходження води у водонапірну ємність при відкритому електромагнітному клапані і включеному ТЕНу він не оголятиметься і не вийде з ладу.

Жорсткі програми поливу будуються по двох різних схемах, хоча відправним, моментом для обох програм є їх запуск в одні і ті ж фіксовані моменти часу (протягом доби) і на один і той же час. Проте, вибір тієї або іншої програми поливу узгоджується з виглядом рослин і особливостями поглинання вологи кореневою системою і її випаровуванням листами.

Перший варіант поливу – "класичний", коли полив рослин йде у вечірні години перед заходом сонця. В цьому випадку включення електромагнітного клапану здійснюється подачею командного сигналу від блоку годинника один раз на добу о 19 годині. Час подачі води при цьому може регулюватися в межах 30...60 хвилин.

Другий варіант - подача води протягом дня дрібно кілька разів. Кількість включень системи поливу і тривалість кожного поливу встановлюються відповідно до поливних норм для кожного конкретного виду рослин.

Для здійснення дозованого поливу система краплинного зрошення включає електронний дозатор з регульованим часом поливу, встановлюваним користувачем. Залежно від виду програми, електронний дозатор підключається до одного з виходів блоку годинника з різною періодичністю.

За літературними даними середньодобова поливна норма для огірка з моменту розсадного періоду до кінця плодоносіння змінюється від 0,65 до 1,5 л, максимум доводиться на період масового плодоносіння - 2,5...3,0 л. Для томатів - від 0,45 до 2,5 л, максимум в період масового плодоносіння - 1,5...2,5 л.

Таким чином, множить середньодобову норму на кількість рослин, отримуємо необхідний об'єм води для поливу конкретного виду рослини в дану фазу розвитку.

При дробовому поливі середньодобова норма поливу ділиться на кількість поливів протягом дня. Командний сигнал знімається безпосередньо з одного з виходів блоку годинника і поступає на блок дільників частоти командних сигналів електронного дозатора, потім на блок гальванічної розв'язки і далі на включення електромагнітного клапана, включеного послідовно з електронним вмикачем (рис.2).

Рис. 2 - Схема електрична принципова електронного дозатору дробового поливу

На мікросхемах DD1, DD2 зібраний подільник частоти командних сигналів. Командні сигнали з періодичністю 10 хвилин поступають від блоку годинника (вивід 2 DD2) на вхід мікросхеми DD1 (вивід 4) з коефіцієнтом ділення на десять, що дозволяє отримати на виході

(вивід 2) періодичність сигналу рівну 1 година 40 хвилин. Далі сигнал поступає на вхід першого тригера DD2.1 (вивід 3), на виводі 2 якого періодичність сигналу рівна 3 години 20 хвилин. Нарешті, на виході другого тригера (DD2.2, вивід 12) сигнал з'являється з періодичністю 6 годин 40 хвилин. Вихідні сигнали з дільників частоти поступають на перемикач SA1 і далі на пристрій формування пускових імпульсів на мікросхемі DD3 для запуску електронного дозатора на транзисторах VT1-VT3.

Короткий пусковий імпульс позитивної полярності поступає на базу транзистору VT1 і заряджає конденсатор С3. Після закінчення дії пускового, імпульсу ємкість С3 розряджається через резистори R4, R5. Поки ємкість розряджається транзистор VT2 замкнутий, VT3 - відкритий, спрацює оптрон і включає ланцюг живлення елементу симістору VS1, що управляє. Через відімкнений симістор і електронний клапан, підключений до роз'єднувача XS1, тече струм, клапан відкритий, і з водонапірної ємкості вода поступає в гідравлічну систему, звідки і виливається через крапельниці.

Коли ємкість С3 розрядиться, транзистор VT3 закриється і електромагнітний клапан перекриє воду - полив припиниться.

Час відкритого стану клапану визначається величиною ємкості С3 і змінного резистора R5 і при повністю введеному резисторі (двигжок знаходиться у верхньому по схемі положенні) складає 60 хвилин. Відповідно, переміщаючи двигжок, можна змінювати цей час практично від нуля до однієї години. Забезпечивши змінний резистор шкалою і відкалібрувавши її по годиннику, отримуємо орган управління часом поливу.

Таким чином, число поливів можна встановлювати рівним сьома (положення 1 перемикача SA1), трьом - в положенні 2 і одному - в положенні 3. Тобто дістаємо можливість дискретно міняти число поливів залежно від сезону (весна - зима) і плавно встановлювати поливну норму залежно від виду рослини, середньодобової норми поливу і кількості рослин. Так формується жорстка програма дробового поливу.

"Класична" програма поливу формується установкою перемикача SA1 в положення 1 і підключення входу дільника частоти до виходу блоку годинника з періодичністю 1 година.

Мікросхеми і електронний дозатор живляться від акумуляторної батареї. Дозатор - через електронний ключ VT2, VT3 годинника, тобто підключений паралельно шині живлення фотореле. З 19 години до 7 години електронний дозатор по живленню відключається. Мікросхема DD3 - безпосередньо до виходу загального блоку живлення (до плюсової шини). При жорстких програмах управління поливом, БКР вологості ґрунту з складу системи забезпечення мікроклімату виключається.

М'яка програма крапельного поливу реалізується за наявності БКР вологості ґрунту. При такому управлінні електромагнітним клапаном вода поступає в систему зрошення при сильному підсиханні ґрунту. Проте моменти включення і виключення поливу можна регулювати шляхом різного ступеня заглиблення в ґрунт датчика вологості, тобто міняти ступінь зволоження ґрунту відповідно до поливної норми.

**Висновки.** Розроблена система автоматизованого керування крапельним поливом в тепличному господарстві може працювати по "жорсткий", "м'якій" та "класичній" програмам включення та виключення технологічного обладнання для крапельного поливу

#### **Список використовуваної літератури**

1. Системы капельного полива для теплиц, орошение гидропонных линий, рассадных и цветочных комплексов. - <http://www.fito-agro.ru/poliv.htm>
2. Монтаж системы автоматического полива. - [Електроний ресурс]. – Режим доступу . <http://www.irtec.ru/watering/articles/assembly>
3. Ромашенко М.І. Системи краплинного зрошення: навчальний посібник / М.І. Ромашенко, В.І. Доценко, Д.М. Онопрієнко, О.І. Шевелєв. - Дніпропетровськ., ООО ПКФ "Оксамит-тест", 2007 – 175 с.
4. Тигранян Р.Э. Микроклимат. Электронные системы обеспечения / Р.Э. Тигранян – М.: ИП РадиоСофт. - 2005. – 112 с.: ил. – (Книжная полка радиолюбителя. Вып. 9)

УДК 637.02.73

## СИСТЕМА КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ТЕРМООБРОБКИ ВАРЕНИХ КОВБАС

Донець А.М., 4 курс

Науковий керівник

Лобода О.І., к.т.н., старший викладач

e-mail: [aleks\\_loboda@mail.ru](mailto:aleks_loboda@mail.ru)

Таврійський державний агротехнологічний університет

*Представлено структурну схему автоматичної системи керування технологічним процесом термообробки варених ковбас. Для проектування мікропроцесорної системи управління складено циклограму технологічного процесу.*

**Постанова проблеми.** Технологічний процес термообробки м'ясопродуктів рекомендується починати з прогрівання виробів в термокамері при температурі 50...55 °С з циркуляцією теплого повітря усередині камери. Завдяки даному прогріванню значно скорочується час подальшої просушки, і відповідно зменшуються термовитрати. Тривалість прогрівання залежить від діаметру ковбасних виробів і складає 20...30 хвилин. Оптимальна температура після прогрівання в центрі ковбасного батона малого діаметру повинна досягти 40 °С, великого діаметру - 30 °С. Порушення температурних режимів термообробки погіршує якість готових виробів.

**Формування мети.** Розробка системи автоматичного управління процесом обробки варених ковбас в термокамері періодичної дії на базі AVR мікроконтролера з метою забезпечення автоматичного підтримання температури та вологості повітря в камері та зміни режимів термічної обробки ковбасних виробів в залежності від температури всередині контрольного ковбасного батону.

**Основні матеріали дослідження. Основна частина.** На рис. 1 представлена технологічна схема термокамери періодичної дії. Контейнери 1, в яких розміщена партія ковбасних батонів (напівфабрикати), подаються на вхід камери. Оператор, керуючий режимами роботи, отримує інформацію k1 про характеристики партії сировини. На основі цих характеристик обирається програма обробки даної партії.

Оператор подає команду на завантаження партії. Програмний пристрій завантаження 2 здійснює завантаження і розміщення в об'ємі камери 13 партії контейнерів 11, які підлягають обробці. Сигнал щодо готовності камери до роботи k2 поступає при закритті дверцят 14.

Запускається програма, яка формує технологічні операції термообробки даної партії:

- операція "підсушка";
- операція "обжарювання";
- операція "варка";
- операція "охолодження".

При реалізації цих операцій за програмою відбувається керування:

- подачею пари для зволоження повітря в об'ємі камери 3;
- скиданням повітря з об'єму камери 4;
- подачею диму в об'єм камери 5;
- включення вентилятору, який забезпечує циркуляцію повітря через об'єм продукту 6;
- подачею атмосферного повітря в об'єм камери 7;
- подачею енергоносія (пара) 8 через регулятор РТ у повітрянагрівач 12 для підтримки заданої за програмою температури повітря в камері.

При реалізації операцій термообробки за програмою відбувається також контроль:

- температури повітря на вході до камери з підігрівача k9;
- температури всередині контрольного ковбасного батону k7;
- вологості повітря в об'ємі камери k3, k5.

При реалізації програми термообробки запускається таймер, який контролює часові проміжки:

- тривалість операції "обжарювання"  $\tau_0$ ;
- тривалість циклу подачі диму в об'єм камери  $\tau_d$ ;
- граничне значення тривалості режиму "варка"  $\tau_v$ .

Сигнал завершення програми реалізації операції термообробки поступає від вимірювача температури повітря в камері k9 (зниження температури до значення, при якому можна почати розвантаження). По цьому сигналу оператор запускає програмний пристрій розвантаження 9, і контейнери з готовим продуктом 10 виводяться з камери 13.

Передбачено переривання програми і перевід системи в ручний режим керування, якщо тривалість режиму "варка" перевищить припустиму величину.

Періодично з метою контролю якості продукції і моніторингу стану обладнання з партії готового продукту 10 роблять вибірку і проводять оцінювання показників якості готового продукту k10.

На рис. 2 представлено циклограму послідовності реалізації операцій контролю і керування при обробці партії ковбас. Масштаб по осі часу циклограми умовний.

Рис. 1. Технологічна схема камери періодичної дії для термообробки ковбас

Рис. 2. Циклограма реалізації операції контролю і керування при термообробці партії варених ковбас в камері періодичної дії

Технологічний цикл термообробки партії ковбас починається з контрольної операції k1 визначення характеристик завантаженої партії сировини (код ковбаси, що виготовляється, код оболонки, маса партії та інше). Тривалість цієї операції  $\Delta t_1$ , яка виконується в основному ручним методом, може складати від декількох десятків хвилин до декількох годин.

Циклограма, яка представлена на рисунку 2 є основою для розробки алгоритму реалізації програмно – логічної системи керування циклами роботи термокамери, а також програми для мікроконтролера, на якому реалізована така система.

В нашому випадку краще використовувати мікропроцесор (МП) з тришинною структурою - з шинами даних ШД, адреси ША і управління ШУ (рис. 3). [6]

Програма функціонування МП занесена до енергонезалежної пам'яті ПЗП, необхідні змінні і вибірки вимірів зберігаються в оперативній пам'яті ОЗП. Об'єкт управління ОУ (термокамера) має аналогові і дискретні виконавчі механізми ВМ і має систему аналогових датчиків  $D_1 \dots D_n$ . Для можливості зміни оператором режимів роботи системи використовується пульт керування ПК.



Взаємодія МП з ОК і ПК напряму неможлива, і для їх сполучення застосовано ряд периферійних пристроїв. Дешифратор ДС доповнює ШУ сигналами активізації пристроїв по їх адресу. Пристрій вводу - виводу ПВВ<sub>1</sub> на основі інформації з ШД під дією сигналів з ШУ керує мультиплексором MUX для подачі на вхід аналого-цифрового перетворювача АЦП аналогового сигналу з одного із датчиків. [7]

Рис. 3. Структурна схема управління процесом термообробки варених ковбас на базі AVR мікроконтролеру

АЦП перетворює сигнал в цифрову форму і видає його на ШД під дією сигналів з ШУ. Пристрій вводу - виводу ПВВ<sub>2</sub> передає до системи інформацію о дії оператора та взаємодіє з ПК. Цифроаналоговий перетворювач ЦАП по коду з ШД і керуючим сигналом з ШУ видає на виконавчий механізм ВМ об'єкта керування ОК керуючу дію. Представлена структурна схема побудована AVR мікроконтролері з RISC структурою фірми Atmel.

#### **Висновки.**

1. На основі технологічного процесу термічної обробки вареної ковбаси розроблена схема автоматичного керування термокамерою, для якої визначені інформаційні та силові потоки.

2. Розроблена циклограма реалізації операції контролю і керування при термообробці партії варених ковбас в камері періодичної дії.

3. Складено структурну схему системи автоматичного керування процесом на базі AVR мікроконтролеру з RISC структурою фірми Atmel.

#### **Список використаної літератури**

1. Мищенко Е.П. Технология и оборудование колбасного производства / Е.П. Мищенко, Е.И. Гольдман. - М: Пищевая промышленность, 1969. - 304 с.
2. Корнюшко Л.М. Оборудование для производства колбасных изделий. Справочник / Л.М. Корнюшко – М: Колос, 1993. - 304 с.
3. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности : уч. пос. для вузов / В.И. Ивашов. - М: Пищевая промышленность, 2007г.
4. Трамперт В. AVR RISC микроконтроллеры.: Пер. с нем. /В. Трамперт. – К.: "МК-Пресс", 2006. 464 с.
5. Белов А.В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR / А.В. Белов. – СПб.: Наука и Техника, 2008. – 544 с.

УДК 628.81:621.314

## РЕГУЛИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ТЕЧЕНИЕ СУТОК

Овчаров В.С., 4 курс

Научный руководитель

Стребков А. А., аспирант

e-mail: sashko@yandex.ru

Овчаров В.В., д.т.н., профессор

Таврический государственный агротехнологический университет

*В статье разработан метод регулирования мощности теплоносителя для целей отопления в течение суток. Аналитически исследован процесс нагрева (охлаждения) отапливаемого помещения. Получено выражение мощности теплоносителя в функции температуры наружного воздуха. Предложен метод регулирования мощности теплоносителя используя повторно-кратковременный режим подачи тепловой энергии.*

**Постановка проблемы.** В Украине существует народно-хозяйственная проблема энергосбережения. Суть проблемы заключается в том, что собственными энергетическими ресурсами Украина обеспечена примерно лишь на 40%. Одним из существенных потребителей энергии является жилищно-коммунальный сектор, который потребляет более 30% покупаемого и добываемого природного газа на нужды теплоснабжения.

Одним из путей оптимального использования энергетических ресурсов для целей отопления является создание автоматизированных систем подачи и регулирования теплоносителя в отапливаемые здания.

**Анализ последних достижений.** Для целей отопления помещений используются газовые котлы, электрические котлы и котлы на твердом топливе. Известны способы регулирования потребляемой тепловой энергии от электрических котлов [1], однако они не учитывают колебания температуры наружного воздуха в течение суток.

**Формулировка целей статьи.** Поэтому целью статьи является исследование и разработка метода регулирования мощности теплоносителя с учетом температуры наружного воздуха.

**Основная часть.** Известно, что энергия, поступающая помещение, расходуется в двух направлениях: идет на нагрев помещения и отдается в окружающую среду.

Энергетический баланс отапливаемого помещения опишем следующим дифференциальным уравнением:

$$C d\tau + \lambda \tau dt = P dt, \quad (1)$$

где  $C$  – теплоёмкость помещения, Дж/°С;

$\tau$  – превышение температуры помещения над температурой окружающей среды, °С;

$\lambda$  – теплоотдача помещения в окружающую среду, Дж/с°С;

$P$  – мощность теплоты, поступающей в помещение, Вт;

$t$  – текущее время, с.

Разделим правую и левую часть на  $\lambda dt$ :

$$\frac{C}{\lambda} \cdot \frac{d\tau}{dt} + \tau = \frac{P}{\lambda} \quad (2)$$

Введём обозначение:

$$C/\lambda = T \quad (3)$$

Введенную величину назовём **постоянной времени нагрева** помещения.

Введём обозначение:

$$P/\lambda = \tau_y \quad (4)$$

Введенную величину назовём **установившимся превышением температуры** помещения над температурой окружающей среды.

Перепишем уравнение:

$$T \frac{d\tau}{dt} + \tau = \tau_y \quad (5)$$

Решение уравнения даёт закон нагревания (охлаждения) отопливаемого помещения во времени с горячего состояния:

$$\tau = \tau_y \left( 1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \tau_{нач} e^{-\frac{t}{T}} \quad (6)$$

где  $\tau_{нач}$  – начальное превышение температуры помещения над температурой окружающей среды, °С.

В установившемся режиме отопления мощность теплоносителя, которая вводится в помещение  $P$ , равна мощности теплоты  $\lambda\tau$ , отдаваемой в окружающую среду, то есть:

$$P = \lambda\tau \quad (7)$$

В свою очередь превышение температуры помещения над температурой окружающей среды запишем следующим образом:

$$\tau = \vartheta - \vartheta_{cp}, \quad (8)$$

где  $\vartheta$  – заданная температура отопливаемого помещения, °С;

$\vartheta_{cp}$  – температура окружающей среды (наружного воздуха), °С.

Известно, что в течение суток температура наружного воздуха изменяется по синусоидальному закону[2]:

$$\vartheta_{cp} = \vartheta_0 + \vartheta_m \sin(\omega t + \psi_\vartheta) \quad (9)$$

где  $\vartheta_0$  – среднесуточная температура наружного воздуха, °С;

$\vartheta_m$  – амплитуда колебания температуры наружного воздуха, °С;

$\omega$  – круговая частота колебательного процесса, рад/ч;

$t$  – текущее время, ч;

$\psi_\vartheta$  – начальная фаза колебания температуры наружного воздуха, рад.

Запишем выражение круговой частоты колебания температуры наружного воздуха:

$$\omega = 2\pi f, \quad (10)$$

где  $f$  – частота колебания температуры наружного воздуха, 1/ч.

Принимаем период колебаний температуры наружного воздуха равным 24 часам. Тогда частота колебания температуры наружного воздуха равна 1/24 колебаний за час.

Определяем значение круговой частоты колебания температуры наружного воздуха:

$$\omega = \frac{2\pi}{24} = \frac{\pi}{12} \text{ рад/с} \quad (11)$$

Принимаем температуру помещения равной 18 °С.

Тогда превышение температуры помещения над температурой окружающей среды запишем следующим образом:

$$\tau = 18 - \vartheta_0 + \vartheta_m \sin\left(\frac{\pi}{12}t + \psi_\vartheta\right) \quad (12)$$

В результате получаем выражение мощности теплоносителя, поступающей в помещение, во времени:

$$P = \lambda(\vartheta_y - (\vartheta_0 + \vartheta_m \sin(\frac{\pi}{12}t + \psi_\vartheta))) \quad (13)$$

Полученное выражение позволяет регулировать во времени суток мощность теплоносителя, обеспечивающую постоянную температуру в отопливаемом помещении.

Как было показано ранее, необходимая мощность теплоносителя для отопления помещения должна быть прямо пропорциональной температуре окружающей среды, то есть:

$$P = \lambda\tau, \quad (14)$$

$$\tau = \vartheta - \vartheta_{cp}, \quad (15)$$

$$P = \lambda(\vartheta - \vartheta_{cp}). \quad (16)$$

Предлагается для регулирования мощности теплоносителя использовать повторно-

кратковременный режим работы преобразователя электрической энергии в тепловую, графически представленный на рисунке 1.

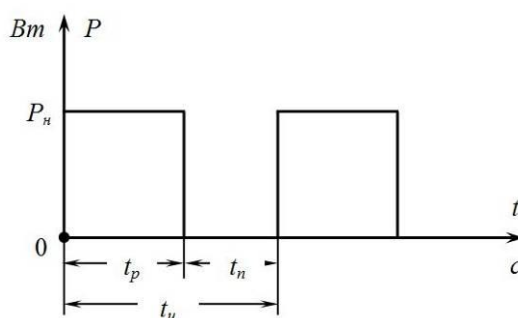


Рисунок 1 – Повторно – кратковременный режим работы преобразователя электрической энергии в тепловую

На этом графике:

$t_u$  – длительность цикла, с;  $t_p$  – длительность работы, с;  $t_n$  – длительность паузы, с.

Запишем выражение мощности теплоносителя в повторно - кратковременном режиме работы преобразователя электрической энергии в тепловую:

$$P = P_n \frac{t_p}{t_u} \quad (18)$$

откуда:

$$t_p = t_u \frac{P}{P_n} = t_u \frac{\lambda(\vartheta - \vartheta_{cp})}{P_n} \quad (19)$$

где  $P_n$  – номинальная мощность преобразователя, Вт.

Составляем структурную схему устройства регулирования мощности теплоносителя с преобразователем электрической энергии в тепловую (рис. 2)

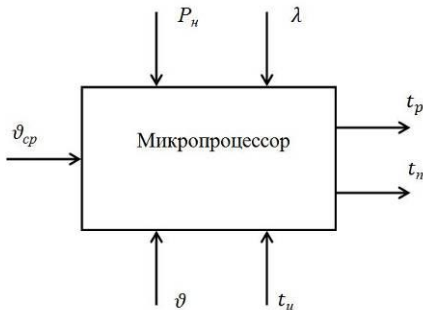


Рисунок 2 – Структурная схема регулирования мощности теплоносителя с преобразователем электрической энергии в тепловую

### Выводы

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Температура окружающей среды изменяется в течение суток по синусоидальному закону.
2. Найдено выражение необходимой для отопления жилого здания активной мощности теплоносителя в течение суток в функции температуры окружающей среды.
3. Предложен метод регулирования мощности теплоносителя путем повторно-кратковременного режима его работы.

### Список использованных источников:

1. Овчаров С. В. Разработка комбинированной системы отопления жилых домов и коммунальных объектов в сельской местности [Текст] / С. В. Овчаров, А. А. Стребков, А. В. Буряк // Технологический аудит и резервы производства №1/1 (21), 2015 с. 46-51
- 2 Овчаров В. В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве [Текст] / В. В. Овчаров. – Киев: УСХА, 1990. – 168 с. – ISBN 5-7987-044-5.

УДК 621.319.4

## ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРУ ЄМНОСТІ КОНДЕНСАТОРІВ З ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ AVR

Подмазка С.К., 3 курс;

Кравчук С.Ю., 3 курс

Науковий керівник

Тодоріко О.М., викладач I категорії,

Новокаховський агротехнологічний коледж

Таврійський державний агротехнологічний університет

*В статті розглядається методи виміру ємності конденсаторів та процеси, що відбуваються при їх зарядах (розрядах), а також пристрій по виміру ємності конденсаторів в широкому діапазоні ємностей від одиниць до пФ сотень мкФ з використанням мікроконтролерів серії AVR (AT90S2313). Представлена принципова електрична схема пристрою, та методи-ка його калібрування*

**Постанова проблеми.** Існують різні методи вимірювання ємності конденсаторів: метод амперметра-вольтметра, метод двох вольтметрів, мостовий метод, метод балістичного гальванометру, з часу розряду конденсатора через резистор відомого опору, резонансний метод, за часом розряду конденсатору до напруги  $0,367U_0$ , дискретний метод та інші.

**Формування мети.** Електричний конденсатор являє собою систему з двох провідників електричного струму, що розділені діелектриком. Основною характеристикою конденсатора є його електрична ємність, яка характеризує здатність конденсатору накопичувати електричний заряд. Ємність конденсатору визначається відношенням електричного заряду, що накопичується на одній з обкладинок до прикладеної напруги:

$$C = q / U \quad (1)$$

Вона залежить від матеріалу діелектрика, форми і взаємного розташування обкладинок.

Існують конденсатори постійні, напівзмінні (підстроювальні) і змінні. За родом діелектрика виділяють паперові, металлопаперові, плівкові, металлоплівкові, слюдяні, керамічні, скляноемалеві і повітряні конденсатори. В електролітичних конденсаторах в якості діелектрика використовується шар оксиду, утворений на металі, що виступає однією з обкладинок конденсатора. Другою обкладкою є рідкий або пастоподібний електроліт. Електролітичні конденсатори мають малими розмірами, великою місткістю, але і великими втратами енергії.

**Основні матеріали дослідження.** За допомогою даного вимірника ємності можна легко виміряти будь-яку ємність від одиниць до пФ сотень мкФ. Існує кілька методів вимірювання ємності. В даному проекті використовується інтеграційний метод.

Головна перевага використання цього методу в тому, що вимірювання ґрунтується на вимірі часу, що може бути виконано на мікроконтролері досить точно. Цей метод дуже підходить для саморобного вимірювача ємності, до того ж він легко реалізуємо на мікроконтролері.

Явища, що відбуваються при зміні стану схеми називаються перехідними процесами. Це одне з фундаментальних понять цифрових схем. Коли ключ на рисунку 1, а розімкнений, конденсатор заряджається через резистор R, і напруга на ньому змінюється як показано на рисунку 1, б. Співвідношення визначає напруга на конденсаторі має вигляд:

$$U_C = E \left( 1 - e^{-t \frac{1}{RC}} \right) \quad (1)$$

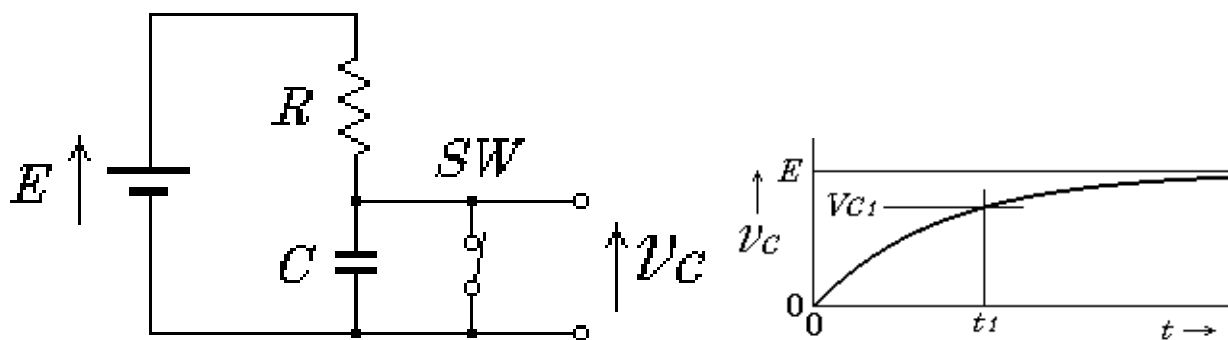


Рисунок 1 – Вивчення явищ, що відбуваються в конденсаторі при зміні стану схеми

Час за який напруга на конденсаторі досягне значення  $V_{C1}$ , наближено виражається наступною формулою:

$$t_1 = -RC \cdot \ln\left(1 - \frac{V_{C1}}{E}\right) \quad (2)$$

З цієї формули випливає, що час  $t_1$  пропорційно ємності конденсатора. Отже, ємність може бути обчислена з часу зарядки конденсатора.

Для вимірювання часу зарядки, досить компаратора і таймера мікроконтролера, і мікросхеми цифрової логіки. Цілком розумно використовувати мікроконтролер AT90S2313 (сучасний аналог - ATtiny2313). Вихід компаратора використовується як тригер ТС1. Порогова напруга встановлюється резисторним подільником. Час зарядки не залежить від напруги живлення. Час зарядки визначається формулою 2, отже воно не залежить від напруги живлення т. к. співвідношення у формулі  $V_{C1}/E$  визначається тільки коефіцієнтом дільника. Звичайно, під час вимірювання напруга живлення повинно бути постійно.

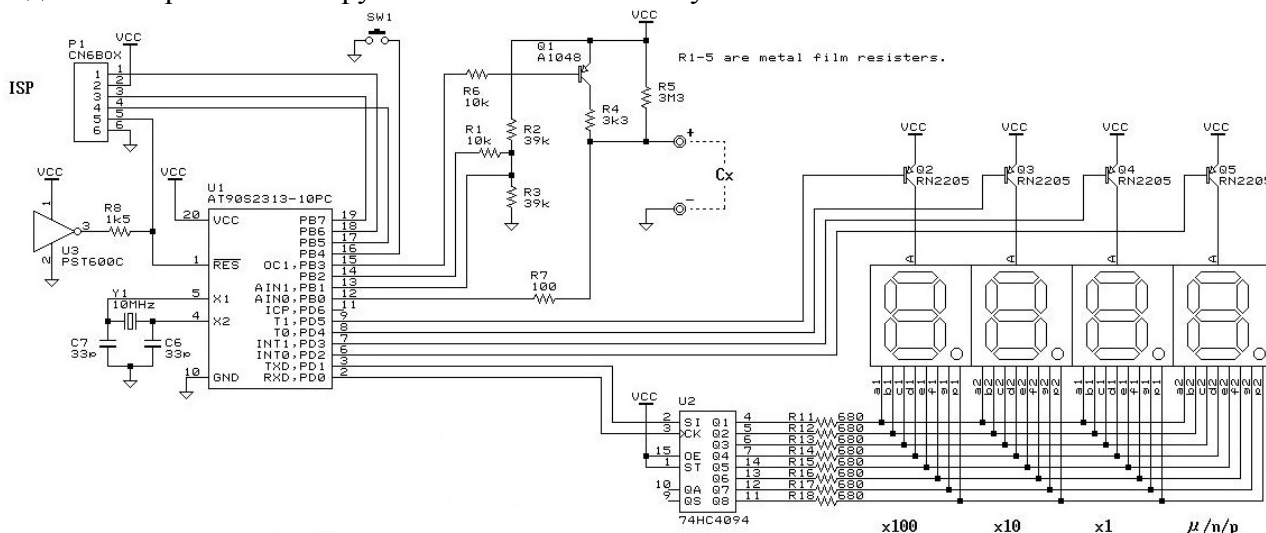


Рисунок 2 - Принципова електрична схема вимірювача ємності конденсаторів на базі мікроконтролера AT90S2313

Формула 2 висловлює час зарядки конденсатора від 0 вольт. Однак з напругою близьким до нуля складно працювати з таких причин:

- Напруга не падає до 0 Вольт. Для повної розрядки конденсатора необхідно час. Це призведе до збільшення часу виміру.
- Необхідний час між початком зарядки і запуску таймеру. Це викличе похибку вимірювання. Для AVR це не критично тому що на це необхідний всього один такт.

- Витік струму на аналоговому вході. Згідно характеристики AVR, витік струму зростає при напрузі на вході близькому до нуля вольт.

Для запобігання даних ускладнень використано дві порогові напруги VC1 (0,17 Vcc) і VC2 (0,5 Vcc). Поверхня друкованої плати повинна бути чистою для мінімізації струмів витоку. Необхідну напругу живлення мікроконтролеру забезпечується DC-DC - перетворювачем, що працює від 1,5 VAA батареї. Замість DC-DC перетворювача, бажано використувати 9 V батарею і перетворювач 78L05, бажано також не вимикати BOD, інакше можуть виникнути проблеми з EEPROM.

При першому включенні пристрою, на сьомисегментних індикаторах загоряється значення ємності в кілька пФ (паразитна ємність). Необхідно провести калібрування пристрою. Для цього необхідно два конденсатора 1nF і 100 nF з допуском  $\pm 1\%$ .

Для калібрування нижнього діапазону необхідно з'єднати pin #1 і pin #3 на роз'ємі P1, вставити конденсатор 1nF і натиснути SW1.

Для калібрування верхнього діапазону необхідно з'єднати pin #4 і pin #6 роз'єму P1, вставити конденсатор на 100 nF і натиснути SW1.

Напис "E4" при включенні означає, що калібрувальне значення в EEPROM не знайдено.

Зарядка починається через резистор 3,3 М. Якщо напруга на конденсаторі не досягне 0.5 Vcc менш ніж за 130 mS ( $>57\text{nF}$ ), відбувається розрядка конденсатора і нова його зарядка, але вже через резистор 3,3 кОм. Якщо напруга на конденсаторі не досягає 0.5 Vcc за 1 секунду ( $>440\mu\text{F}$ ), з'являється напис "E2". Коли час заміряне, відбувається обчислення та відображення ємності. Останній сегмент відображає діапазон вимірювання (pF, nF,  $\mu\text{F}$ ).

#### **Висновки.**

1. Зроблено перелік методів визначення ємності конденсаторів.
2. Наведений в статі матеріал представляє варіант принципової електричної схеми визначення ємності конденсаторів в широкому діапазоні на базі мікроконтролера серії AT90S2313
3. Представлено шлях калібрування приладу із допомогою конденсаторів з допуском  $\pm 1\%$ .

#### **Список використаної літератури**

1. Дьяконов М.Н. Справочник по электрическим конденсаторам / М.Н. Дьяконов, В.И. Карабанов, В.И. Пресняков; под общ. ред. И.И. Четверткова и В.Ф. Смирнова. – М. : Радио и связь, 1983. – 576 с.
2. Белов А.В. Самоучитель по микропроцессорной технике / А.В. Белов. – СПб.: Наука и техника, 2003. -224 с.
3. Рынок микроэлектроники. AT89C2051. 8-разрядный КМОП микроконтроллер с Flash ПЗУ. <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/mcs51/at89c2051.htm>
4. Шпак Ю.С. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров./ Ю.А. Шпак – К.: "МК-Пресс", 2006. – 400 с.
5. Крупник А.Б. Изучаем Ассемблер / А.Б. Крупник. – СПб.: Питер, 2005. – 249 с.

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ 1.

<b>ПРОЦЕСИ, МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ В АПК.....</b>	<b>3</b>
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСЕРВУЮЧОЇ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ .....	4
Рябов В.О., Кувачов В.П.	
УДОСКОНАЛЕННЯ МУЛЬЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ .....	7
Данченко О.А., Кувачов В.П.	
ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО АДАПТЕРА ДЛЯ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ .....	10
Зінченко М.В., Кувачов В.П.	
МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД В ОБҐРУНТУВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ПОЗИЦІЇ «ЧОРНОЇ СКРИНЬКИ» .....	13
Курбатов К.Б., , Конюхов Р.Д., Кувачов В.П.	
ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА НА ЕЛЕВАТОРІ .....	16
Білоус І., Ковальов О.В.	
ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ВИКОРИСТАННЯ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ ФРУКТОВОГО САДУ .....	18
Сафонова Ю.В., Федюшко Ю. М.	
ВИКОРИСТАННЯ ЗМАЩУВАЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ РІДИН ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ШЛІФУВАННЯ.....	20
Яременко О.С., Гулевський В.Б.	
РОЗРОБКА СТЕНДУ ЗНОСНИХ ВИПРОБУВАНЬ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ ПРИВОДІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ.....	21
Леліков В.О., Мушкевич О.І., Дідур В.А.	
ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА РЯЖАНКИ .....	24
Селіванова О. М., Федюшко Ю. М.	
УДОСКОНАЛЕННЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА КАРТОННОЇ ТАРИ.....	27
Яременко О.С., Федюшко Ю. М.	
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДОГЛЯДУ ЗА ПАРОМ.....	29
Дурман Н.М., Ігнат'єв Є.І.	
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ДОГЛЯДУ ЗА ВИНОГРАДНИКАМИ В УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «АГРОТІС» ПРИАЗОВСЬКОГО РАЙОНУ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	32
Зуєв О.С., Ігнат'єв Є.І.	
РОЗРОБКА РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ПІДҐРУНТОВОГО ВНЕСЕННЯ ГЕРБИЦІДІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СОНЯШНИКУ .....	34
Овчаренко А.Г., Ігнат'єв Є.І.	



ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ КУЛЬТИВАТОРА-РОСЛИНОПІДЖИВЛЮВАЧА .....	37	
Осенін Є.А., Чорна Т.С.		
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....	41	
Мартиненко І.М., Коломієць С.М.		
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РАДІАЛЬНОГО КУВАННЯ.....	43	
Гаврилюк Д.В., Коломієць С.М.		
СУЧАСНІ МЕХАНІЧНІ ПЕРЕДАЧІ.....	45	
Кривцун В.Ю., Коломієць С.М.		
УМОВИ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ .....	45	
Саржан А.С., Дереза О.О.		
СУЧАСНІ МЕХАНІЧНІ НАКОПУВАЧІ ЕНЕРГІЇ .....	49	
Шрамко Є., Михайленко Е.Ю.		
<b>СЕКЦІЯ 2</b>		
<b>РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ПО ПІДВИЩЕННЮ НАДІЙНОСТІ ТА</b>		
<b>ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В</b>		
<b>АГРОВИРОБНИЦТВІ.....</b>		<b>51</b>
ЗАХИСТ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ВІД ПЕРЕНАПРУГ .....	52	
Костюк М., Коваленко Л.Р.		
РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ для скидання ожеледяних відкладень з ЛЕП .....	54	
Вялкова А. О., Коваленко Л.Р.		
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С АВТОНОМНЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ .....	56	
Ревуненков А.В., Журавель Д.П.		
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПЕРЕГРУЗОЧНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ .....	59	
Минза Д.В., Курашкин С.Ф.		
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСТУ ВІД ОДНОФАЗНИХ ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ .....	62	
Костюк М. О., Адамова С.В.		
АНАЛІЗ СПОСІБ ВИДАЛЕННЯ ожеледі з проводів ЛЕП.....	65	
Костюк М.О., Адамова С.В.		
СУЧАСНІ ЗАХОДИ ПО БОРОТЬБИ З ОЖЕЛЕДДЮ НА ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЯХ.....	68	
Вялкова А. О., Лисенко О.В.		
ПРОБЛЕМА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ ОЖЕЛЕДЯНИХ АВАРІЙ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ.....	71	
Коропацький Д., Коваленко О.І.		
ПРО ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНИХ ТА ЕРОЗІЄ- СТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ КОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ КОМУТАЦІЙНИХ АПАРАТІВ .....	74	
Гребенюк О.В., Радько І. П.		

ЗАХИСТ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ВІД ПЕРЕНАПРУГ .....	75
Костюк М., Коваленко О.І.	
ШЛЯХИ ЕНЕРГООЩАДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ НЕВИРОБНИЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ .....	77
Гоц О.К., Саплін С.В., Богатирьов Ю.О.,	
<b>СЕКЦІЯ 3. ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ АПК.....</b>	<b>80</b>
АНАЛІЗ РЕЖИМІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ З НАПІВПРОВІДНИКОВИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ .....	81
Кононенко Є.В., Сухін В.В., Міленін Д.М.	
УДОСКОНАЛЕННЯ СВІТЛОДІОДНОЇ СИСТЕМИ ОПРОМІНЕННЯ РОЗСАДИ У ТЕПЛИЦІ .....	84
Піхтарь О., Селіванова Н., Жарков В.Я.	
РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЕНЕРАТОРА СИНУСОЇДАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ НА ОСНОВІ МОСТА ВІНА.....	87
Піхтарь О., Чураков А.Я.	
ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ В ОДНОФАЗНІЙ МЕРЕЖІ ПРИ ВЕКТОРНО-АЛГОРИТМІЧНІЙ КОМУТАЦІЇ.....	89
Бельська Ю. І., Ворвуль О. В., Савченко П. І., Гузенко В. В.	
АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПІДЙОМНИХ МЕХАНІЗМІВ В АПК .....	92
Замніус В. Ю., Заїкін В. О., Савченко П. І., Гузенко В. В.	
ЧАСТОТНИЙ СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА.....	95
Індерович С. Р., Ульяновченко С. В., Савченко П.І., Гузенко В.В.	
СОВЕРШЕНСВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ.....	98
Ревуненков А.В., Журавель Д.П.	
ТЕХНИКО-ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА МАШИН ВТОРИННОГО ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА .....	101
Клименко О.А., Постнікова М.В.	
ВИКОРИСТАННЯ НВЧ ПОЛЯ ДЛЯ ОБРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРОДУКТІВ.....	103
Сафонов О.В., Федюшко Ю. М.	
АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ ОСВІТЛЕННЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ .....	105
Бінчев М.В., Вовк О.Ю.	
ОСОБЛИВОСТІ НАГРІВУ ДІЕЛЕКТРИКІВ В ДІАПАЗОНАХ НАДВИСОКИХ ЧАСТОТ.....	109
Єрмак І.С., Яковлєв В. Ф., Лисенко О.В.	
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	111
Темченко Д. В., Хандола Ю. М.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НАСОСІВ ПРИ ПАРАЛЕЛЬНІЙ РОБОТІ ТА РЕГУЛЬОВАНОЮ ЧАСТОТОЮ ОБЕРТАННЯ.....	113
Кононенко Е.В., Хандола Ю.М.	
УЛЬТРАЗВУКОВА РІЗКА МАТЕРІАЛІВ.....	116

Стрикун С.М., Яковлев В. Ф., Литвин А. В.

МАЛОГАБАРИТНИЙ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИЙ МОТОБЛОК: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ..... 118

Кучеренко Д.В., Ковальов О.В.

ВИКОРИСТАННЯ МАЛОГАБАРИТНОЇ СУШАРКИ НА ОСНОВІ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ ..... 121

Павлюковець Д. С., Таран Є. С., Тодоріко О.М.,

РОЗРОБКА АНТИГРАВІТАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ФІЗИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ РЕАКТИВНИМИ СИЛАМИ ІОННОГО ВІТРУ ..... 123

Шквиря В.В., Лобода О.І.

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ВОДИ..... 126

Чистяков С., Коваленко Л.Р.

ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ В ЕЛЕКТРОФІЛЬТРАХ ..... 128

Філіпішен М. В., Гулевський В.Б.

РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИДІЛЕННЯ ВОСКУ З МЕРВИ З ВИКОРИСТАННЯМ НВЧ ЕНЕРГІЇ..... 130

Хоменко О.А., Лобода О.І.

РОЗРОБКА ДЕТЕКТОРА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НВЧ ГЕНЕРАТОРІВ ПОТУЖНІСТЮ ДО 5 кВт ..... 133

Ворона І.О., Лобода О.І.

ВИКОРИСТАННЯ ОСОБЛИВОЇ ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НАДВИСОКОЇ ЧАСТОТИ (ЕМП НВЧ) ДЛЯ СУШКИ ОВОЧІВ У НЕВЕЛИКИХ ОБ'ЄМАХ В ЗИМОВИХ УМОВАХ ..... 136

Гордевський М.С., Лобода О.І.

#### **СЕКЦІЯ 4.**

**АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ, СТАНЦІЇ ТА ПІДСТАНЦІЇ..... 139**

ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ ..... 140

Голуб І.С., Постол Ю.О.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ОПРОМІНЕННЯ РОЗСАДИ ..... 143

Піхтарь О.В., Жарков В.Я.

АНАЛІЗ МАТЕРІАЛУ ФОТОЕЛЕКТРОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ПРИСАДИБНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ..... 148

Саніна О.С., Жарков В.Я.

АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ СУПЕРМАХОВИКА ..... 151

Дудіна М. П., Вовк О. Ю.

ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ ..... 154

Мешкова М.О., Голик О.П.

РОЗРОБКА ПРОЕКТІВ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНИ ..... 157

Сафонов О.В., Сафонова Ю.В., Лисенко О.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ..... 160

Іванова А.В., Лисенко О.В.

ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОДИЗЕЛЬНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ .....	162
Шебуняєв О.В., Адамова С.В.	
СПОСОБИ ПЕРЕТВОРЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	164
Чистяков С.Ю., Лисенко О.В.	
РОЗРОБКА ПРОЄКТІВ МАЛИХ ГЕС УКРАЇНИ.....	167
Селіванова О. М., Лисенко О.В.	
АНАЛІЗ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ ТА ВИЯВЛЕННЯ.....	170
Подкур О.О., Адамова С.В.	
МЕТОД РОЗРАХУНКУ СОНЯЧНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ (f-метод).....	172
Піхтарь О.В., Адамова С.В.	
РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРУ .....	174
Піхтарь О.В., Адамова С.В.	
ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРАХУНКУ АВТОНОМНИХ ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ .....	177
Піхтарь О.В., Лисенко О.В.	
КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВІТРЯНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	182
Осіпов Д.І., Лисенко О.В.	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МГД- ГЕНРАТОРІВ В ПРОМИСЛОВОСТІ .....	184
Ніфантаєв О.М., Ткаченко О.О., Мінза Д.В., Адамова С.В.	
КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРУ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ БУДИНКІВ.....	187
Іванова А.В., Адамова С.В.	
розрахунок ПОТУЖНОСТІ ТЕПЛОВОГО НАСОСА.....	189
Даценко М.В., Адамова С.В.,	
ГЕЛІОСИСТЕМИ – ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ МАЙБУТНЬОГО.....	191
Мамонтов Р.В., Миронець С.Д.	
ОТОПЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ОТРАБОТАНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ.....	193
Толкачов К. Б., Стручаєв Н. И.	
ПРИСАДИБНИЙ КОГЕНЕРАЦІЙНИЙ ВІТРОПАРК ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА .....	196
Червонченко С., Жарков В.Я.	
ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТИПІВ ВІТРОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК.....	199
Волков П.Є., Вороновський І.Б.	
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПЕТРОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ.....	203
Кравцов Д., Вороновський І. Б.	
<b>СЕКЦІЯ 5.</b>	
<b>АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ДІАГНОСТИКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМІВ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ.....</b>	<b>206</b>
ВИКОРИСТАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ В КОТЛОАГРЕГАТАХ.....	207
Земляна А.А., Григорова А.В., Сорокін М.С.	

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗЕРНОСУШИЛЬНИМ АГРЕГАТОМ.....	210
Солод М. М., Ващенко М. Г., Савченко П. І., Гузенко В. В.	
ПЕРСПЕКТИВИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЗАСТАРІЛИХ КУТЕРІВ НА М'ЯСОКОМБІНАТАХ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....	213
Кучеренко Д.В., Квітка С.О.	
ОГЛЯД ТА ОЦІНКА УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ В АПК.....	216
Колесник В. Е., Лихопуд А. І., Савченко П. І., Гузенко В. В.	
АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИКИ КАК СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ .....	218
Токар А. А., Молотков А. А., Савченко П.И., Гузенко В.В.	
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВІБРОДІАГНОСТИКИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ .....	221
Кучеренко Д.В., Лисенко О.В.	
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ.....	225
Дмитренко М.О. Лисенко О.В.	
ИЗМЕРЕНИЕ ВИБРАЦИИ.....	228
Скорнякова Т. С., Кириченко И. А.	
БЕЗЭТАЛОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМОЙ НЕСПЛОШНОСТИ В КОЛЕСНЫХ ЦЕНТРАХ ЛОКОМОТИВОВ В ОСЕВОМ НАПРАВЛЕНИИ.....	231
Лунева И. Ю., Кашура А.Л.	
ТЕМПЕРАТУРНО-СТРУМОВИЙ ЗАХИСТ ІНДУКЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ .....	233
Миронов О.М., Годоров В.О., Попова І.О.	
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ВІД НЕПОВНОФАЗНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ.....	236
Миронов О.М., Годоров В.О., Лабудев С.Є., Попова І.О.	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ЕКОНОМІЧНИМ РЕЖИМОМ РОБОТИ В БДЖІЛЬНИЦТВІ.....	239
Черкашин А. І., Сілаєв І. О., Савченко П. І., Гузенко В. В.	
ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА НА ЕЛЕВАТОРІ .....	241
Дашкіна Г. К., Федюшко Ю. М.	
Удосконалення системи керування ФАСуВально -ЗАКУПОРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ БЗ-ВРБ/З.....	243
Черемісінов О., Квітка С.О.	
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ТЕХНІЧНОГО РОЗВИТКУ МОЛОЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	246
Большак В. Б., Федюшко Ю. М.	
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ЧАСТОТНОГО КЕРУВАННЯ НАСОСОНИМИ АГРЕГАТАМИ .....	249
Подкур О.О., Куценко Ю.М.	
АВТОМАТИЗАЦІЯ НВЧ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ МАГНЕТРОНІВ.....	253
Сафонов О.В., Лобода О.І.	
АВТОМАТИЗАЦІЯ ЛІНІЇ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ.....	255

Сафонова Ю.В., Лобода О.І.	
РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ ТВЕРДОСТІ МАТЕРІАЛІВ.....	258
Литвінова Д. М., Кузьменко Н. М.	
АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯМ МАШИНИ ВТОРИННОГО ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА.....	260
Сідак С.В., Постнікова М.В.	
СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРИЙОМНОГО ВІДДІЛЕННЯ ЕЛЕВАТОРА.....	262
Земляна Т.П., Федюшко Ю. М.	
ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВІД АСИМЕТРІЇ НАПРУГИ.....	265
Ніфантьєв О.М., Нестерчук Д.М.	
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЇХ У СІЛЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ.....	268
Антонішин П., Сотнік О.В.	
ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОБМОТКИ РОТОРУ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА.....	270
Кавун В.С., Вовк О.Ю.	
ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ПЛАВНОГО ПУСКУ НА НАСОСНИХ СТАНЦІЯХ ЗРОШЕННЯ.....	273
Шматко О.В., Вужицький А. В.	
СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІНІЄЮ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРОВОЇ МАСИ.....	276
Яременко О. С., Кашкар'юв А.О.	
РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНО - ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ ІНКУБАТОРІЇ ВИРОЩУВАННЯ КАЧОК НА БАЗІ AVR МІКРОКОНТРОЛЕРУ.....	278
Шевченко К.С., Лобода О.І.	
ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ У ТЕПЛИЦІ.....	281
Погребняк В.В., Федюшко Ю.М.	
АВТОМАТИЗАЦІЯ СТЕНДУ ЗНОСНИХ ВИПРОБУВАНЬ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ ПРИВОДІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ.....	284
Леліков В.О., Мушкевич О.І., Дідур В.А.	
АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ У КАРТОПЛЕСХОВИЩІ.....	287
Канюка М.М., Федюшко Ю.М.	
РОЗРОБКА БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ АСУТП ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ НА БАЗІ МКУ.....	290
Іванова А.В., Діордієв В.Т.	
РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КРАПЕЛЬНИМ ЗРОШЕННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕМЕНТІВ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ТОМАТІВ В УМОВАХ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА.....	293
Дервіш Д.С., Лобода О.І.	

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ І КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ТЕРМООБРОБКИ ВАРЕНИХ КОВБАС .....	296
Донець А.М., Лобода О.І.	
РЕГУЛИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ТЕЧЕНИЕ СУТОК.....	299
Овчаров В.С., Стребков А. А., Овчаров В.В.	
ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРУ ЄМНОСТІ КОНДЕНСАТОРІВ З ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ AVR.....	302
Подмазка С.К., Кравчук С.Ю., Годоріко О.М.	
<b>ЗМІСТ .....</b>	<b>305</b>