

УДК 631.37

МЕТОДИКА ВИБОРУ КОЕФІЦІЄНТА КІНЕМАТИЧНОЇ НЕВІДПОВІДНОСТІ В ПРИВОДІ КОЛІС МЕЗ ТЯГОВОГО КЛАСУ 1,4-3

Надикто В.Т., д.т.н., чл.-кор. НААНУ

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-06-94,

E-mail: imesh@zp.ukrtel.net

Анотація – викладено методику вибору коефіцієнта кінематичної невідповідності в приводі коліс модульного енергетичного засобу (МЕЗ) тягового класу 1,4-3 в залежності від вертикального навантаження на колеса технологічного модуля та тиску повітря в шинах його рушіїв.

Ключові слова – МЕЗ, енергетичний модуль (ЕМ), технологічний модуль (ТМ), кінематична невідповідність, синхронний вал відбору потужності (ВВП), тиск, рушій

Проблема. МЕЗ перемінного тягового класу 1,4-3 (рис. 1) має блокований привід заднього мосту енергетичного та мосту технологічного модулів, для яких існує кінематична невідповідність колових швидкостей коліс (K_v). Взагалі існування останньої погіршує тягові показники енергетичного засобу.

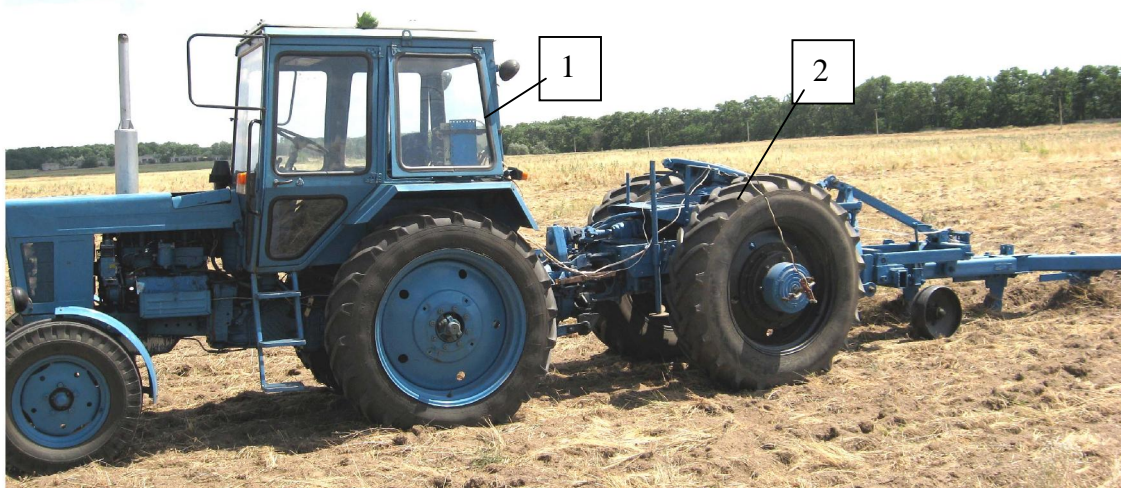


Рис. 1. МЕЗ перемінного тягового класу 1,4-3:
1 – енергетичний модуль; 2 – технологічний модуль.

Водночас, в реальних умовах експлуатації сільськогосподарського МТА із-за перемінного характеру вертикального навантаження на мостах МЕЗ строге кінематичне погодження швидкостей його коліс ($Kv=1$) практично неможливе. У зв'язку з цим конструктори закладають таку значину Kv , яка б забезпечувала енергетичному засобу досить високі тягові показники при найменших витратах потужності. При цьому приймають до уваги той факт, що зчіпні властивості коліс, які відстають, використовуються в меншій мірі по відношенню до тих, що забігають [1].

У МЕЗ найбільше тягове зусилля можуть розвивати (і, як показує практика, розвивають) колеса технологічного модуля. Тому вони як по відношенню до передніх, так і по відношенню до задніх коліс енергетичного модуля повинні забігати.

Виходячи із цього, під коефіцієнтом кінематичної невідповідності приводу ТМ (Kv) бути розуміти відношення колових швидкостей його коліс (V_M) і задніх коліс енергетичного модуля (V_T):

$$Kv = V_M/V_T,$$

$$\text{або} \quad Kv = n_M \cdot r_M / n_T \cdot r_T, \quad (1)$$

де n_M , n_T і r_M , r_T - частота обертання та статичні радіуси коліс технологічного і енергетичного модулів МЕЗ відповідно.

Величину n_M можна представити наступним чином [2]

$$n_M = 2 \cdot \pi \cdot N_s \cdot r_T \cdot n_T \cdot i_{тр}, \quad (2)$$

де N_s - кінематична характеристика синхронного валу відбору потужності енергетичного модуля МЕЗ; r_T - статичний радіус кочення коліс ТМ; $i_{тр}$ - передаточне число приводу коліс технологічного модуля МЕЗ.

Статичний радіус кочення коліс ТМ (r_M) - це різниця між вільним радіусом шини (r_B) і величиною її угину (h), який утворюється під дією конкретного вертикального навантаження

$$r_M = r_B - h. \quad (3)$$

Угин шини колеса технологічного модуля МЕЗ можна знайти із відомої формули Р.Хедекеля [3]

$$h = M_M \cdot g / [2 \cdot \pi \cdot \rho_M \cdot (2 \cdot V_{ш} \cdot r_B)^{1/2}], \quad (4)$$

де M_M - маса ТМ; ρ_M , $V_{ш}$ - тиск повітря та ширина профілю шини технологічного модуля.

Після підстановки (2), (3) та (4) в (1), отримаємо

$$Kv = 2 \cdot \pi \cdot N_s \cdot i_{тр} \cdot (r_B - M_M \cdot g / [2 \cdot \pi \cdot \rho_M \cdot (2 \cdot V_{ш} \cdot r_B)^{1/2}]). \quad (5)$$

Синхронний ВВП енергетичного модуля МЕЗ характеризується числом обертів його хвостовика на 1 м пройденого шляху. Звідси випливає, що характеристика N_s залежить від радіусу кочення (r_T) коліс ЕМ. Особливо це стосується задніх рушіїв, оскільки вони є постійно привідними.

В свою чергу, радіус кочення колеса залежить від вертикального навантаження, яке припадає на нього, та від тиску повітря в шині (ρ_T). Взаємозв'язок між кінематичною характеристикою N_s і параметром ρ_T визначали експериментальним шляхом.

Методика. Під час проведення лабораторно - польових досліджень енергетичний модуль МЕЗ рухався по рівній ділянці на одній і тій же передачі з постійною швидкістю. Тиск повітря в задніх шинах ЕМ змінювали в діапазоні 0,060 - 0,160 мПа у двократній повторності.

В кожному досліді реєстрували число обертів заднього колеса ЕМ (n_T) та число обертів хвостовика синхронного ВВП ($n_{ВВП}$). Для реєстрування n_T і $n_{ВВП}$ використовували струмознімачі (рис. 2), електричні сигнали яких фіксували з допомогою лічильників СБ-100М.

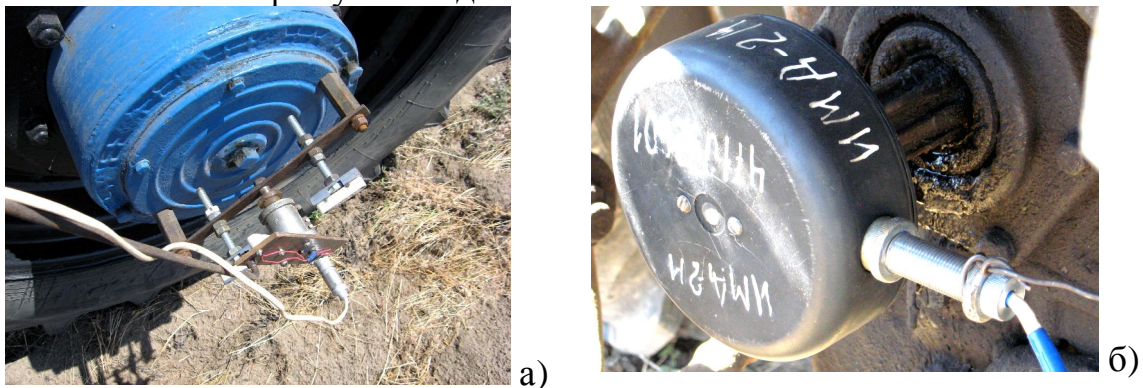


Рис. 2. Струмознімачі для реєстрації числа обертів задніх коліс (а) і синхронного ВВП (б) енергетичного модуля МЕЗ.

Радіус кочення задніх коліс ЕМ МЕЗ визначали наступним чином. На шину одного із рушіїв наносили кольорову позначку, яка могла залишати слід після контакту з поверхнею шляху. Після проходження ЕМ заміряли відстань (L_k) між першим та N -м слідами позначки. Шуканий параметр розраховували по формулі

$$r_T = L_k / [2 \cdot \pi \cdot (N - 1)].$$

Кінематичну характеристику синхронного ВВП енергетичного модуля МЕЗ (N_s) знаходили із наступної залежності

$$N_s = n_{ВВП} \cdot (N - 1) / (L_k \cdot n_T).$$

Результати. В результаті аналізу отриманих даних встановлено, що із збільшенням тиску в шинах задніх коліс енергетичного модуля ρ_T частота обертання синхронного ВВП енергетичного модуля МЕЗ (N_s) зростає (рис. 3).

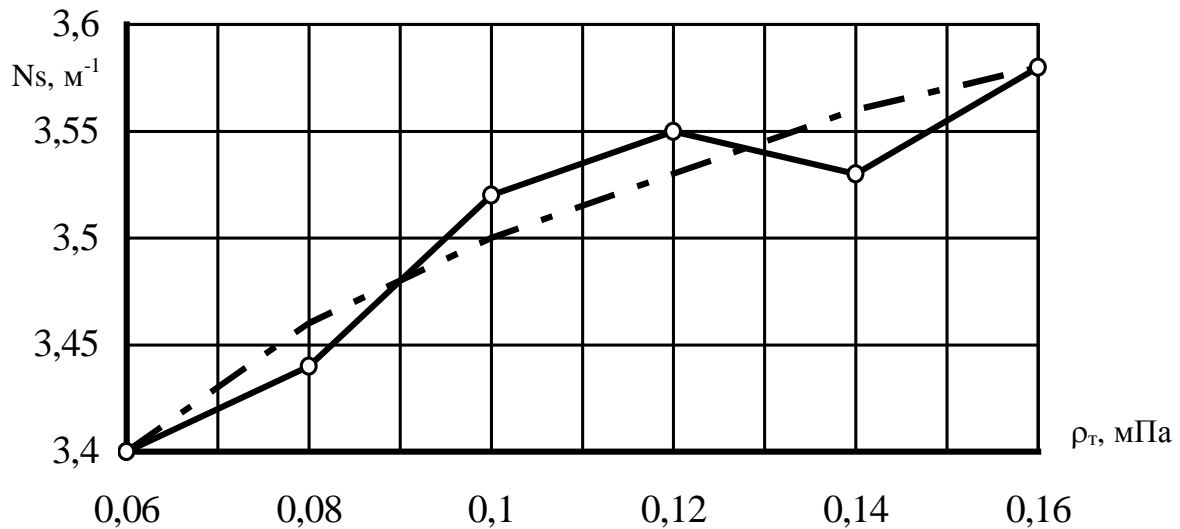


Рис. 3. Залежність частоти обертання синхронного ВВП енергетичного модуля МЕЗ від навантаження, що припадає на його задні колеса.

Характер функціональної залежності між цими параметрами задовільно описується рівнянням виду

$$N_s = A + B \cdot \rho_r + C \cdot \sqrt{\rho_r}, \quad (6)$$

де A , B і C - константи апроксимації.

Для умов досліджень $A = 2,82$, $B = -3,04$ і $C = 3,10$. Розбіжність розрахункових (штрих-пунктирна крива на рис.3) та експериментальних даних не перевищує при цьому 1% .

Практична цінність формули (6) полягає в тому, що вона дозволяє визначити величину ρ_r , при якій дійсна значина параметру N_s буде найближчою до тієї, що закладена в конкретну конструкцію модульного енергетичного засобу.

Підставивши (6) в (5) остаточно отримаємо

$$K_v = (17,73 - 19,07 \cdot \rho_r + 19,47 \cdot \rho_r^{1/2}) \cdot [r_B - M_m \cdot g/2 \cdot \pi \cdot \rho_m \cdot (2 \cdot V_{sh} \cdot r_B)^{1/2}] \cdot i_{tr}. \quad (7)$$

Аналіз виразу (7) показує, що менша значина ρ_r зменшує, а більша - збільшує коефіцієнт кінематичної невідповідності між коловими швидкостями коліс технологічного та енергетичного модулів. В обох випадках це може суттєво погіршити тягово-зчіпні властивості МЕЗ. З метою додержання оптимальної значини K_v тиск повітря в шинах ЕМ (ρ_r) і ТМ (ρ_m) повинен бути взаємно обумовленим. Це дає можливість (приспосовуючись до ґрунтових умов) змінювати ρ_r і ρ_m таким чином, щоб значина коефіцієнта K_v постійно залишалась оптимальною.

Оскільки зміна тиску повітря в шинах коліс енергетичного модуля МЕЗ впливає і на кінематичну характеристику N_s , в реальних умовах експлуатації значину ρ_T доцільніше видержувати постійною, а оптимальну величину K_v встановлювати зміною тиску повітря в шинах коліс ТМ.

Під час експериментального визначення впливу ρ_M на величину K_v тиск повітря в шинах задніх коліс енергетичного модуля макетного зразка МЕЗ був постійним і дорівнював 0,1 мПа. Тиск повітря в шинах коліс технологічного модуля змінювали від 0,08 до 0,16 мПа.

В процесі досліджень реєстрували: частоту обертання задніх коліс енергетичного та коліс технологічного модулів МЕЗ; статичні радіуси кочення задніх коліс ЕМ та коліс ТМ.

Експериментально отримані дані задовільно узгоджується з теоретичними, знайденими із виразу (7). Розрахунки проводили при наступних вихідних даних: $\rho_T=0,1$ мПа; $r_b=0,84$ м; $M_M=2500$ кг; $V_{ш}=0,43$ м; $i_{тр} = 0,06$. В діапазоні тиску повітря в шинах коліс технологічного модуля МЕЗ 0,08...0,12 мПа розбіжність аналітичної та натурної кривих не перевищує 1% (рис. 4).

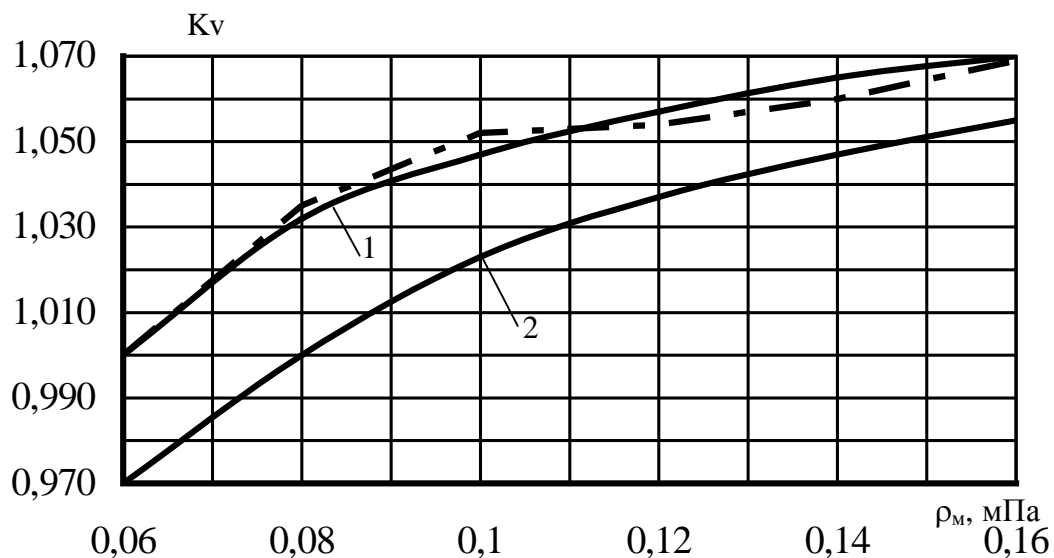


Рис. 4. Теоретичні (—) та експериментальна (- - -) залежності K_v від тиску повітря в шинах технологічного модуля МЕЗ:
1- $M_M = 2500$ кг; 2- $M_M = 3500$ кг.

Із аналізу рис. 4 випливає, що із збільшенням тиску повітря в шинах технологічного модуля коефіцієнт кінематичної невідповідності в приводі його коліс зростає і навпаки.

Збільшення маси ТМ шляхом його баластування приводить до зменшення K_v (рис. 4, крива 2). Причому, майже рівномірно у всьому діапазоні зміни величини ρ_M .

Висновки. Дослідженнями встановлено, що оптимальна значина коефіцієнта кінематичної невідповідності в приводі коліс технологічного модуля МЕЗ має дорівнювати 1,03 [2]. Для забезпечення цієї вимоги тиск повітря в шинах ТМ за відсутності його баластування має становити 0,08 мПа (див. рис. 4, крива 1). Якщо ж його експлуатаційна маса буде збільшена до 3500 кг, то величина ρ_m повинна бути збільшена до 0,11 мПа (рис.4, крива 2). А при довантаженні коліс технологічного модуля й наявною вертикальною складовою тягового опору технологічної частини агрегату, цей параметр повинен бути ще більшим, що обов'язково треба враховувати при агрегуванні МЕЗ.

Література.

1. Чудаков Д.А. Основы теории трактора и автомобиля / Д.А. Чудаков. - М.: Сельхозгиз, 1962. - 312 с.
2. Надькто В.Т. Основы агрегатирования модульных энергетических средств / В.Т. Надькто. – Мелитополь: КП «ММД». – 2003. – 240 с.

МЕТОДИКА ВЫБОРА КОЭФФИЦИЕНТА КИНЕМАТИЧЕСКОГО НЕСООТВЕТСТВИЯ В ПРИВОДЕ КОЛЕС МЭС ТЯГОВОГО КЛАССА 1,4-3

Надькто В.Т.

Аннотация - приведена методика выбора коэффициента кинематического несоответствия в приводе колес модульного энергетического средства (МЭС) тягового класса 1,4-3 в зависимости от вертикальной нагрузки на колеса технологического модуля и давления в шинах его толкателей.

A METHOD CHOICE COEFFICIENT OF KINEMATICS DISPARITY IS IN DRIVE WHEELS OF MPM HAULING CLASS 1,4-3

V. Nadykto

Summary

The method choice coefficient of kinematics disparity is expounded in the occasion of wheels module power mean (MPM) hauling class 1,4-3 depending on the vertical loading on the wheels of the technological module and pressure of air in the tires of his wheels.



УДК 621.225.001.1

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОПРИВОДА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Панченко А.И., д.т.н.,

Волошина А.А., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0169) 42-04-42

Аннотация – работа посвящена разработке математической модели гидропривода вращательного действия для исследования динамики изменения его выходных характеристик.

Ключевые слова – физическая модель, математическая модель, гидропривод, насос, гидромотор, предохранительный клапан.

Постановка проблемы. В процессе развития производства отечественного гидрооборудования сформировались традиционные его потребители: станкостроение со сложившимися конструктивными формами гидрооборудования, сельскохозяйственное и строительно-дорожное машиностроение. В несколько меньших масштабах, но с большими потенциальными возможностями развивается гидрооборудование горного машиностроения, особенно в угольной промышленности.

Недостаточно широкое применение силовых гидроприводов, как у нас в стране, так и за рубежом, объясняется ограниченной номенклатурой гидроагрегатов и их конструктивным выполнением. Качество гидропривода в большей мере определяется его динамическими характеристиками. Поэтому, большого внимания заслуживают вопросы расчета и исследования динамических процессов, возникающих в гидравлических системах и их элементах. В этой связи необходимо разработать математические модели отдельных элементов и гидропривода в целом, описывающих динамику изменения его выходных характеристик.

Цель работы. Разработка математических моделей отдельных элементов и гидропривода в целом для исследования динамики изменения его выходных характеристик.

Основная часть. Физические процессы, протекающие в гидроприводах и их элементах в процессе работы, всегда связаны с движе-

нием рабочей жидкости по трубопроводам, по каналам с местными сопротивлениями, через окна и щели гидравлических устройств. Составляя математическую модель гидропривода необходимо рассматривать различные гидромеханические и динамические явления, такие как забросы и колебания давления, пульсации расходов, воздействие потоков рабочей жидкости на элементы гидропривода, которыми сопровождается течение рабочей жидкости. Математическое описание гидромеханических процессов основано на известных из механики жидкости общих уравнениях движения сплошной среды с использованием экспериментальных значений коэффициентов гидравлических сопротивлений, коэффициентов расходов и коэффициентов гидродинамических сил [1].

Для разработки математической модели гидропривода рассмотрим математические модели, составленные на основе уравнений неразрывности потоков, перемещения подвижных частей элементов гидропривода и уравнений расхода через гидравлическую аппаратуру [1,2].

1. Математическая модель насоса.

На рис. 1 представлена физическая модель насоса. Математическая модель насоса представляется уравнением подачи насоса $Q_{н.г}(t)$

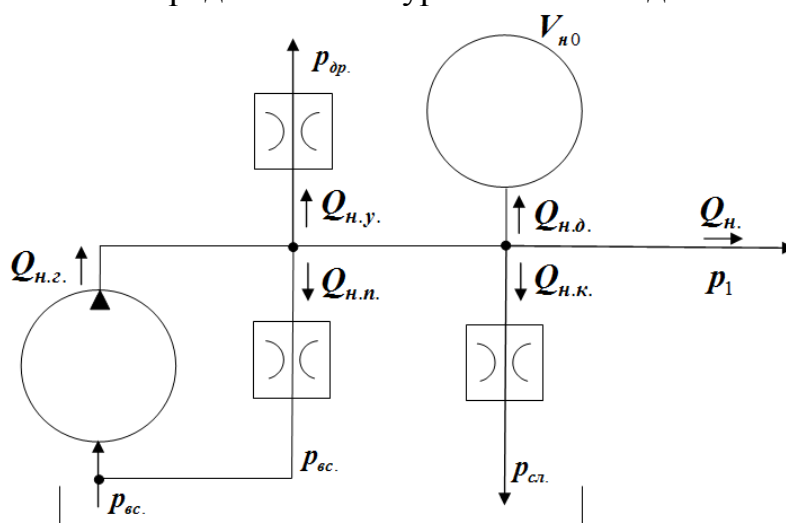


Рис. 1. Физическая модель насоса.

и имеет вид [3]

$$Q_n(t) = Q_{н.г}(t) - Q_{н.у.}(t) - Q_{н.п.}(t) - Q_{н.к.}(t) - Q_{н.д.}(t), \quad (1)$$

где $Q_{н.г}(t)$ – геометрическая подача насоса (изменяется только при регулировании насоса или от изменения угловой скорости приводного двигателя);

$Q_{н.у.}(t)$ – расход утечек (в дренажную магистраль);

$Q_{н.п.}(t)$ – расход перетечек (во всасывающую магистраль);

$Q_{н.к.}(t)$ – расход, вызванный компрессией рабочей жидкости;

$Q_{н.д.}(t)$ – деформационный расход;

Геометрическая подача насоса $Q_{н.г}(t)$ определяется из выражения

$$Q_{н.г}(t) = \frac{V_{н0}}{2\pi} \cdot \omega_n(t) \cdot e, \quad (2)$$

где $V_{н0}$ – рабочий объем насоса;

$\omega_n(t)$ – угловая скорость вала насоса;

e – параметр регулирования (для нерегулируемого насоса $e=1$).

Расходы утечек $Q_{н.у}(t)$ и перетечек $Q_{н.п}(t)$ в насосе определяются из выражений

$$Q_{н.у}(t) = C_{н.у} \cdot [p_1(t) - p_{др}], \quad (3)$$

$$Q_{н.п}(t) = C_{н.п} \cdot [p_1(t) - p_{вс}], \quad (4)$$

где $C_{н.у}$, $C_{н.п}$ – коэффициенты утечек и перетечек;

p_1 – давление рабочей жидкости, развиваемое насосом в напорной магистрали;

$p_{вс}$ – давление во всасывающей магистрали, на входе в насос;

$p_{др}$ – давление в дренажной магистрали гидросистемы;

Расход $Q_{н.к}(t)$, вызванный компрессией и декомпрессией рабочей жидкости, определяется из выражения

$$Q_{н.к}(t) = C_n \cdot [p_1(t) - p_{сл}] \frac{\omega_n(t)}{E_{жс}}, \quad (5)$$

где C_n – коэффициент пропорциональности,

$$C_n = \frac{(2W_{н.м} + W_n)}{2},$$

где $W_{н.м}$ – характерный «мертвый» объем насоса, $W_{н.м} = V_{н.м} / (2 \cdot \pi)$;

где $V_{н.м}$ – «мертвый объем», составляет до 10% от рабочего объема насоса, $V_{н.м} = 0,1 \cdot V_{н0}$;

W_n – характерный объем насоса, $W_n = V_{н0} / (2 \cdot \pi)$,

$p_{сл}$ – давление в сливной магистрали гидросистемы;

$E_{жс}$ – объемный модуль упругости двухфазной рабочей жидкости.

Уравнение для определения модуля упругости двухфазной рабочей жидкости имеет вид [3]

$$E_{жс} = K(p_1 + 1) \cdot (Ap_1 + B) \cdot \frac{(1 - m_0) \cdot D_1 + m_0 \cdot D_2}{K(p_1 + 1) \cdot (1 - m_0) \cdot D_1 + m_0 (Ap_1 + B) \cdot D_2}, \quad (6)$$

где $D_1 = \sqrt[A]{\frac{Ap_0 + B}{Ap_1 + B}}$, $D_2 = \sqrt[K]{\frac{p_0 + 1}{p_1 + 1}}$;

K – показатель политропы, $K=1 \dots 1,4$, (принимается $K=1,2$);

A и B – параметры рабочей жидкости, зависящие от типа масла и рабочей температуры системы;

m_0 – содержание нерастворенного воздуха в рабочей жидкости в относительных единицах;

p_0 – начальное давление (атмосферное давление), $p_0=0,1$ МПа.

Деформационный расход $Q_{н.д}(t)$ в насосе, обусловленный сжатием рабочей жидкости определяется из выражения

$$Q_{н.д}(t) = \frac{V_n}{E_{жс}} \frac{dp_1(t)}{dt},$$

где V_n – объем рабочей жидкости в полости насоса, $V_n = 0,5 \cdot V_{н0}$.

$$Q_{н.д}(t) = \frac{V_{н0}}{2 \cdot E_{жс}} \frac{dp_1(t)}{dt}. \quad (7)$$

Таким образом, математическую модель насоса можно представить уравнениями расходов [3]:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_n(t) = Q_{н.з}(t) - Q_{н.у}(t) - Q_{н.н}(t) - Q_{н.к}(t) - Q_{н.д}(t), \\ Q_{н.з}(t) = \frac{V_{н0}}{2\pi} \cdot \omega_n(t) \cdot e, \\ Q_{н.у}(t) = C_{н.у} \cdot [p_1(t) - p_{dp}], \\ Q_{н.н}(t) = C_{н.н} \cdot [p_1(t) - p_{вс}], \\ Q_{н.к}(t) = C_n \cdot [p_1(t) - p_{сл}] \frac{\omega_n(t)}{E_{жс}}, \\ Q_{н.д}(t) = \frac{V_{н0}}{2 \cdot E_{жс}} \frac{dp_1(t)}{dt}, \end{array} \right. \quad (8)$$

Из уравнения расходов геометрическая подача насоса равна

$$Q_{н.з}(t) = Q_{н.у}(t) + Q_{н.н}(t) + Q_{н.к}(t) + Q_{н.д}(t) + Q_n(t).$$

При подстановке в полученное выражение значения всех составляющих расходов, получим количество жидкости, подводимое к гидромотору

$$Q_n(t) = \frac{V_{н0}}{2\pi} \cdot \omega_n(t) \cdot e - C_{н.у} \cdot [p_1(t) - p_{dp}] - C_{н.н} \cdot [p_1(t) - p_{вс}] - C_n \cdot \frac{\omega_n(t)}{E_{жс}} \cdot [p_1(t) - p_{сл}] - \frac{V_{н0}}{2 \cdot E_{жс}} \frac{dp_1(t)}{dt}.$$

2. Математическая модель предохранительного клапана

На рис. 2 представлена физическая модель предохранительного клапана. Расход через открытый клапан определяется выражением [4]

$$Q_{кл}(t) = \mu \cdot \pi \cdot d_n \cdot x(t) \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} [p_1(t) - p_{сл}]}, \quad (9)$$

где μ – коэффициент расхода от числа Рейнольдса;

d_n – диаметр плунжера;

$x(t)$ – перемещение плунжера от его закрытого положения;

$p_1(t)$ – давление, без учета гидравлических сопротивлений принимается одинаковым во всех сечениях напорной линии;

$p_{сл}$ – давление слива;

ρ – плотность рабочей жидкости.

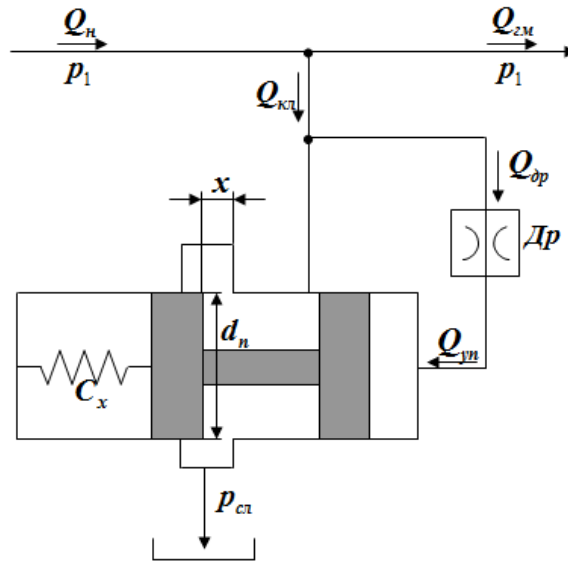


Рис. 2. Физическая модель предохранительного клапана.

Деформационный расход, определяемый сжимаемостью рабочей жидкости, определяется из выражения

$$Q_{сж} (t) = \frac{V_{mp}}{E_{жс}} \frac{dp_1}{dt}, \quad (10)$$

где V_{mp} – объем рабочей жидкости в трубопроводах от источника питания к гидромотору и предохранительному клапану.

Расход через демпфирующий дроссель

$$Q_{др} (t) = K_{др} \cdot [p_{др} (t) - p_{сл}], \quad (11)$$

где $K_{др}$ – проводимость дросселя. При ламинарном течении рабочей жидкости в дросселе,

$$K_{др} = \frac{\pi \cdot d_{др}^4}{128 \mu_{жс} \cdot l},$$

где $d_{др}$ – диаметр дроссельного отверстия;

$\mu_{жс}$ – динамический коэффициент вязкости;

l – длина дросселя.

Расход, необходимый для управления клапаном, определяется из выражения

$$Q_{yn} (t) = S_{nl} \frac{dx}{dt},$$

где S_{nl} – эффективная площадь плунжера.

При малом объеме демпфирующей полости можно пренебречь сжимаемостью рабочей жидкости в этом объеме. Тогда расход дросселя можно записать в виде

$$Q_{др} (t) = S_{nl} \frac{dx}{dt}.$$

Так как, расход, необходимый для управления клапаном $Q_{yn}(t)$ равен расходу через дроссель $Q_{dp}(t)$, получим

$$K_{dp} \cdot [p_{dp}(t) - p_{cl}] = S_{nl} \frac{dx}{dt}.$$

Тогда, при $p_{cl}=0$

$$K_{dp} \cdot p_{dp}(t) = S_{nl} \frac{dx}{dt}.$$

Откуда
$$p_{dp}(t) = \frac{S_{nl}}{K_{dp}} \frac{dx}{dt}. \tag{12}$$

Непрерывность расходов при открытом предохранительном клапане [4]

$$Q_n(t) = Q_{zm}(t) + Q_{кл}(t) + Q_{сжс}(t) + Q_{yn}(t), \tag{13}$$

где $Q_n(t)$ – количество рабочей жидкости, поступающий от насоса к гидромотору;

$Q_{zm}(t)$ – количество рабочей жидкости, подводимое к гидромотору.

Таким образом, математическую модель предохранительного клапана можно представить системой уравнений [4]:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_n(t) = Q_{zm}(t) + Q_{кл}(t) + Q_{сжс}(t) + Q_{yn}(t), \\ Q_{кл}(t) = \mu \cdot \pi \cdot d_n \cdot x(t) \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} [p_1(t) - p_{cl}]}, \\ Q_{сжс}(t) = \frac{V_{mp}}{E_{жс}} \frac{dp_1}{dt}, \\ Q_{dp}(t) = K_{dp} \cdot [p_{dp}(t) - p_{cl}], \quad K_{dp} = \frac{\pi \cdot d_{dp}^4}{128 \mu_{жс} \cdot l}, \\ Q_{yn}(t) = S_{nl} \frac{dx}{dt}, \\ p_{dp}(t) = \frac{S_{nl}}{K_{dp}} \frac{dx}{dt}. \end{array} \right. \tag{14}$$

Уравнение движения плунжера имеет вид

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = S_{nl} \cdot [p_1(t) - p_{dp}(t) - F_{np}(t) - F_{z0}(t) - F_{mp}],$$

где m – масса подвижных частей клапана;

$F_{np}(t)$ – сила пружины, $F_{np}(t) = C \cdot [x(t) - x_0]$;

где C – жесткость пружины;

x_0 – величина предварительного сжатия пружины, т.е. размер, на который плунжер должен переместиться от своей опоры до положения начала слива рабочей жидкости;

$F_{z\theta}(t)$ – гидродинамическая сила

$$F_{z\theta}(t) = 2\mu_{жс}^2 \cdot \pi \cdot d_n \cdot x(t) \cdot p_1(t) \cdot \cos\theta,$$

где θ – угол между вектором скорости потока, проходящего через щель и осью плунжера, $\theta=69^\circ$;

$$F_{mp} – \text{сила трения, } F_{mp} = F_{mp0} \cdot \text{sign} \frac{dx}{dt},$$

где F_{mp0} – модуль силы трения, $F_{mp0} = 0,03S_n \cdot p_{1(\text{номин})}$

$$\text{sign} \frac{dx}{dt} = \begin{cases} +1 & \text{при } \frac{dx}{dt} > 0 \\ -1 & \text{при } \frac{dx}{dt} < 0 \end{cases} .$$

Представленная математическая модель системы (14) является нелинейной ввиду нелинейности уравнения (9) и силы трения. Если уравнения (9 - 14) решить относительно одной переменной, то получим нелинейное дифференциальное уравнение 3-го порядка. Для получения единственного решения уравнения 3-го порядка или системы уравнений (9 - 14) необходимо иметь 3 начальных условия.

Начальные условия можно определить из уравнений статики и физической картины функционирования исследуемого объекта.

В установившемся режиме (при $\dot{x}(0) = \ddot{x}(0) = 0$) выражения (9 - 14) примут вид:

$$Q_n(0) - Q_{z.m}(0) = \Delta Q(0) = \mu \cdot \pi \cdot d_n \cdot x(0) \cdot \sqrt{\frac{2p_1(0)}{\rho}}, \quad (15)$$

$$p_{op}(0) = 0, \quad (16)$$

$$S_{nl} \cdot p_1(0) - C[x(0) + x_0] - 2 \cdot \mu \cdot \pi \cdot d_n x(0) \cdot p_1(0) \cdot \cos\theta = 0. \quad (17)$$

При заданных $\Delta Q(0)$ (входное воздействие) и $p_1(0)$ (начальное условие), находим третье начальное условие

$$x(0) = \frac{\Delta Q(0)}{\mu \cdot \pi \cdot d_n \cdot \sqrt{\frac{2p_1(0)}{\rho}}}. \quad (18)$$

Величина положительного перекрытия клапана из выражения (17) равна

$$x_0 = \frac{S_{nl} \cdot p_1(0) - C \cdot x(0) - 2 \cdot \mu^2 \cdot \pi \cdot d_n x(0) \cdot p_1(0) \cdot \cos\theta}{C}. \quad (19)$$

Таким образом, начальными условиями для исследуемой системы являются: $x(0)$, $x(0)=0$ и $p_1(0)$.

3. Математическая модель гидромотора

Физическая модель гидромотора представлена на рис. 3.

Уравнение расходов гидромотора [5]:

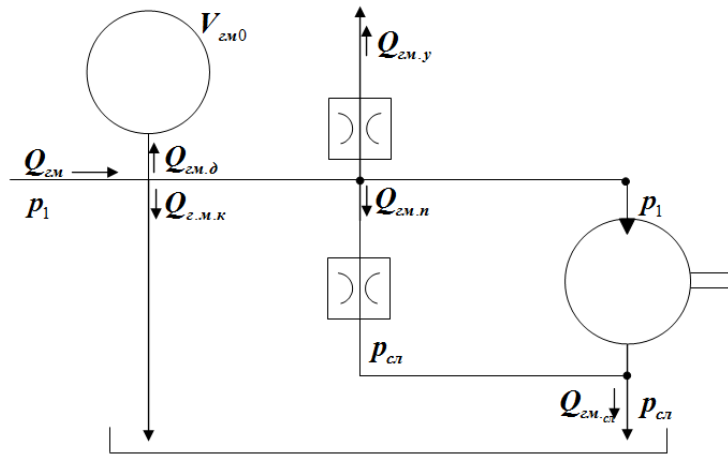


Рис. 3. Физическая модель гидромотора.

$$Q_{2M}(t) = Q_{2M.сл}(t) + Q_{2M.y}(t) + Q_{2M.n}(t) + Q_{2M.k}(t) + Q_{2M.d}(t), \quad (20)$$

где $Q_{2M.y}(t)$ – утечки (в корпус),

$$Q_{2M.y}(t) = C_{2M.y} \cdot p_1(t),$$

где $C_{2M.y}$ – коэффициент утечек;

$Q_{2M.n}(t)$ – перетечки,

$$Q_{2M.n}(t) = C_{2M.n} [p_1(t) - p_{сл}(t)];$$

где $C_{2M.n}$ – коэффициент перетечек;

$Q_{2M.k}(t)$ – расход, вызванный компрессией рабочей жидкости,

$$Q_{2M.k}(t) = \frac{C_{2M} \cdot \omega_{2M}(t) \cdot [p_1(t) - p_{сл}(t)]}{E_{жс}},$$

где C_{2M} - коэффициент пропорциональности;

$$C_{2M} = \frac{(2W_{2M.M} + W_{2M})}{2},$$

где W_{2M} – характерный объем гидромотора, $W_{2M} = 0,5 \cdot V_{2M.0} / \pi$,

$W_{2M.M}$ – характерный «мертвый» объем гидромотора,

$$W_{2M.M} = 0,5 \cdot V_{2M.M} / \pi;$$

$V_{2M.0}$ – рабочий объем гидромотора;

$V_{2M.M}$ – «мертвый» объем гидромотора, составляет до 1% для планетарного гидромотора, т.е. $V_{2M.M} = 0,01 \cdot V_{2M.0}$;

$Q_{2M.d}(t)$ – деформационный расход,

$$Q_{2M.d}(t) = \frac{V_{2M.0}}{2 \cdot E_{жс}} \frac{dp_1(t)}{dt}.$$

Количество жидкости, выходящее из гидромотора на слив, определяется выражением

$$Q_{2M.сл}(t) = \frac{V_{2M.0}}{2\pi} \cdot \omega_{2M}(t).$$

Математическую модель гидромотора можно представить системой уравнений [5]:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{2M}(t) = Q_{2M.cl}(t) + Q_{2M.y}(t) + Q_{2M.n}(t) + Q_{2M.k}(t) + Q_{2M.d}(t), \\ Q_{2M.y}(t) = C_{2M.y} \cdot p_1(t), \quad Q_{2M.n}(t) = C_{2M.n} [p_1(t) - p_{cl}(t)], \\ Q_{2M.k}(t) = \frac{C_{2M} \cdot \omega_{2M}(t) \cdot [p_1(t) - p_{cl}(t)]}{E_{жс}}, \\ Q_{2M.d}(t) = \frac{V_{2M0}}{2 \cdot E_{жс}} \frac{dp_1(t)}{dt}, \\ Q_{2M.cl}(t) = \frac{V_{2M0}}{2\pi} \cdot \omega_{2M}(t). \end{array} \right. \quad (21)$$

Из уравнения расходов количество жидкости, выходящее из гидромотора на слив, равно

$$Q_{2M.cl}(t) = Q_{2M}(t) - Q_{2M.y}(t) - Q_{2M.n}(t) - Q_{2M.k}(t) - Q_{2M.d}(t).$$

При подстановке в полученное выражение значения всех составляющих расходов, получим

$$Q_{2M.cl}(t) = Q_{2M}(t) - C_{2M.y} \cdot p_1(t) - C_{2M.n} \cdot [p_1(t) - p_{cl}(t)] - C_{2M} \cdot \frac{\omega_{2M}(t)}{E_{жс}} \cdot [p_1(t) - p_{cl}(t)] - \frac{V_0^{2M}}{2 \cdot E_{жс}} \frac{dp_1(t)}{dt}.$$

Полученные математические модели насоса, гидромотора и предохранительного клапана позволяют использовать их при разработке математической модели гидропривода для исследования динамики изменения его выходных характеристик.

На рис. 4 представлена физическая модель гидропривода [6,7], которая представляет собой совокупность соединенных между собой таких гидравлических устройств, как насос, гидромотор и предохранительный клапан, связанных формами взаимодействия и взаимозависимости с помощью рабочей жидкости и образующих единое целое.

Так как в гидроприводе (рис. 4) установлен предохранительный клапан, срабатывающий, от превышения давления в нагнетательной магистрали, то количество жидкости, подводимое к гидромотору, будет определяться выражением:

$$Q_{2M}(t) = Q_n(t) - Q_{кл}(t),$$

а математическая модель расходов гидросистемы с планетарным гидромотором будет иметь вид [6,7]

$$\begin{aligned} & Q_{2M.cl}(t) + Q_{2M.y}(t) + Q_{2M.n}(t) + Q_{2M.k}(t) + Q_{2M.d}(t) = \\ & = Q_{н.г}(t) - Q_{н.у}(t) - Q_{н.н}(t) - Q_{н.к}(t) - Q_{н.д}(t) - Q_{кл}(t). \end{aligned} \quad (22)$$

Для определения давления нагнетания $p_1(t)$ в системе, решим уравнение расходов относительно деформационного расхода, а затем найдем производную давления $dp_1(t)/dt$

$$\frac{dp_1(t)}{dt} = \frac{2 \cdot E_{жс}}{(V_{н0} + V_{зм0})} \cdot \left[\frac{V_{н0}}{2\pi} \cdot \omega_n(t) \cdot e - \frac{V_{зм0}}{2\pi} \cdot \omega_{зм}(t) - C_{н.у} \cdot [p_1(t) - p_{др}] - \right. \\ \left. - C_{н.п} \cdot [p_1(t) - p_{вс}] - C_{зм.у} \cdot p_1(t) - C_{зм.п} \cdot [p_1(t) - p_{сл}] - \right. \\ \left. - \frac{1}{E_{жс}} \cdot [C_n \cdot \omega_n(t) + C_{зм} \cdot \omega_{зм}(t)] \cdot [p_1(t) - p_{сл}] - Q_{кл}(t) \right]. \quad (23)$$

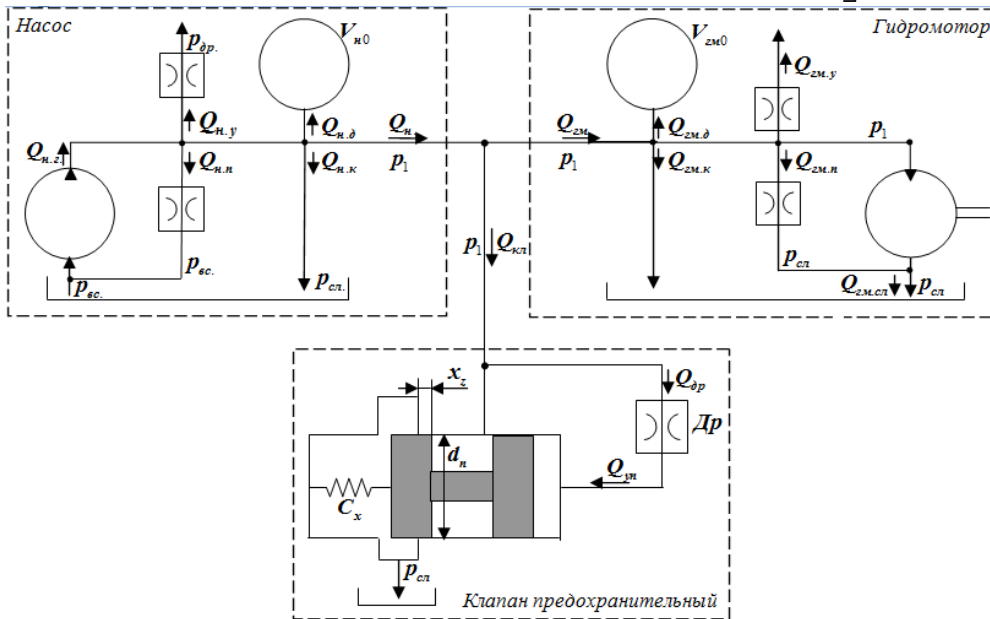


Рис. 4. Физическая модель гидроагрегата.

Интегрируя полученное выражения, получим давление $p_1(t)$ в нагнетательной магистрали гидроагрегата.

Считая, что подача насоса $Q_n(t)$ и нагрузка M_c постоянны, угловая скорость гидромотора будет определяться из уравнения моментов:

$$M_{зм.кр} = M_j + M_c, \quad (24)$$

где $M_{зм.кр}$ - крутящий момент на валу гидромотора,

$$M_{зм.кр} = \frac{V_{зм0}}{2\pi} \cdot \eta_{мех} \cdot p_1(t), \quad (25)$$

где $\eta_{мех}$ - гидромеханический КПД гидромотора, $\eta_{мех} = 0,9$;

M_j - момент инерции,

$$M_j = J \cdot \frac{d\omega_{зм}(t)}{dt}, \quad (26)$$

где J - момент инерции вращающихся масс;

M_c - момент сопротивления.

Подставив в уравнение (24) все составляющие моментов и решив его относительно производной $d\omega_{зм}(t)/dt$, получим

$$\frac{d\omega_{зм}(t)}{dt} = \frac{1}{J} \cdot \left[\frac{V_{зм0}}{2\pi} \cdot \eta_{мех} \cdot p_1(t) - M_c \right]. \quad (27)$$

Интегрируя выражение (28), получим угловую скорость $\omega_{zm}(t)$ вала гидромотора.

В этом случае количество жидкости, проходящее через гидромотор, будет равно

$$Q_{zm,cl}(t) = Q_n(t) - C_{zm,y} \cdot p_1(t) - C_{zm,n} \cdot [p_1(t) - p_{cl}(t)] - C_{zm} \cdot \frac{\omega_{zm}(t)}{E_{жс}} \cdot [p_1(t) - p_{cl}] - \frac{V_{zm0}}{2 \cdot E_{жс}} \frac{dp_1(t)}{dt}. \quad (28)$$

С учетом принятых условий для определения угловой скорости вала гидромотора $\omega_{zm}(t)$, частота вращения вала гидромотора будет определяться выражением

$$n(t) = \frac{\omega_{zm}(t)}{2\pi}. \quad (29)$$

Математическая модель гидропривода представлена системой [7]:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{zm}(t) = Q_n(t) - Q_{кл}(t), \\ Q_{zm,cl}(t) + Q_{zm,y}(t) + Q_{zm,n}(t) + Q_{zm,k}(t) + Q_{zm,d}(t) = \\ = Q_{n,z}(t) - Q_{n,y}(t) - Q_{n,n}(t) - Q_{n,k}(t) - Q_{n,d}(t) - Q_{кл}(t), \\ \frac{dp_1(t)}{dt} = \frac{2 \cdot E_{жс}}{(V_{н0} + V_{zm0})} \cdot \left[\frac{V_{н0}}{2\pi} \cdot \omega_n(t) \cdot e - \frac{V_{zm0}}{2\pi} \cdot \omega_{zm}(t) - C_{н,y} \cdot [p_1(t) - p_{dp}] - \right. \\ \left. - C_{н,n} \cdot [p_1(t) - p_{вс}] - C_{zm,y} \cdot p_1(t) - C_{zm,n} \cdot [p_1(t) - p_{cl}] - \right. \\ \left. - \frac{1}{E_{жс}} \cdot [C_n \cdot \omega_n(t) + C_{zm} \cdot \omega_{zm}(t)] \cdot [p_1(t) - p_{cl}] - Q_{кл}(t) \right], \quad (30) \\ M_{zm,кр} = M_j + M_c, \quad M_{zm,кр} = \frac{V_{zm0}}{2\pi} \cdot \eta_{мех} \cdot p_1(t), \quad M_j = J \cdot \frac{d\omega_{zm}(t)}{dt} \\ \frac{d\omega_{zm}(t)}{dt} = \frac{1}{J} \cdot \left[\frac{V_{zm0}}{2\pi} \cdot \eta_{мех} \cdot p_1(t) - M_c \right], \\ Q_{zm,cl}(t) = Q_n(t) - C_{zm,y} \cdot p_1(t) - C_{zm,n} \cdot [p_1(t) - p_{cl}(t)] - \\ - C_{zm} \cdot \frac{\omega_{zm}(t)}{E_{жс}} \cdot [p_1(t) - p_{cl}] - \frac{V_{zm0}}{2 \cdot E_{жс}} \frac{dp_1(t)}{dt}. \end{array} \right.$$

Полученная математическая модель гидропривода, описывает динамические и статические процессы, происходящие в его элементах во взаимосвязи как единое целое, учитывает особенности функционирования и взаимное влияние всех элементов гидропривода, а также особенности рабочей жидкости.

Выводы. В результате исследований получены физическая и математическая модели гидропривода вращательного действия, позволяющие исследовать динамику изменения его выходных характеристик.

Литература

1. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем / Д.Н. Попов – М.: Машиностроение, 1977. – 424 с.
2. Лурье З.Я. Оптимальное проектирование высокомоментного гидромотора и оценка динамических свойств гидросистемы на его базе / З.Я. Лурье, И.Г. Лищенко // Промислова гідравліка і пневматика. – 2004. – № 1(3). – С. 30-34.
3. Панченко А.И. Математическая модель насосного элемента гидроагрегата / А.И. Панченко, С.В. Кюрчев, И.И. Милаева // Праці ТДАТА. – Мелітополь. – 2006. – Вип. 35. – С. 64-69.
4. Панченко А.И. Математическая модель предохранительного клапана прямого действия / А.И. Панченко, В.Н. Кюрчев, П.В. Обернихин // Праці ТДАТА. – Мелітополь. – 2006. – Вип. 38. – С. 122-127.
5. Панченко А.И. Математическая модель гидромотора привода активных рабочих органов мобильной техники / А.И. Панченко, А.А. Волошина, С.Д. Гуйва // Праці ТДАТА. – Мелітополь. – 2006. – Вип. 36. – С. 165-169.
6. Панченко А.И. Математична модель гідроагрегату для приводу активних робочих органів мобільної сільськогосподарської техніки / А.И. Панченко, А.А. Волошина, Д.С. Титов // Праці ТДАТА. - Мелітополь. - 2006. - Вип. 37. - С. 53-66.
7. Панченко А.И. Математическая модель планетарного гидромотора / Панченко А.И. // Промислова гідравліка і пневматика. - 2007. – №3(17). – С. 23-35.

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГІДРОПРИВОДА
ОБЕРТАЛЬНОЇ ДІЇ**

Панченко А.И., Волошина А.А.

Анотація - робота присвячена розробці математичної моделі гідропривода обертальної дії для дослідження динаміки зміни його вихідних характеристик.

**MATHEMATICAL MODEL HYDRAULIC DRIVE
ROTARY ACTION**

A. Panchenko, A. Voloshina

Summary

Is devoted to developing a mathematical model of hydraulic drive rotary fjr study the dynamics of change in its output characteristics



УДК 631.363.636

ПЕРСПЕКТИВЫ ФУНКЦИОНАЛЬНО-КАЧЕСТВЕННОГО НАСЫЩЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ЖИВОТНОВОДСТВА

Шацкий В.В., д.т.н.,

Коломиец С.М., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-05-70

Аннотация – предложены теоретические предпосылки определения закономерностей качественного изменения и конкурентоспособности технико-технологического обеспечения животноводства Украины.

Ключевые слова – технология, производство, продукция, качество, конкурентоспособность, оптимизация, функционально-качественное насыщение, техническое оснащение.

Постановка проблемы. Развитие отечественного животноводства недостаточно интенсивное из-за отсутствия крупных инвестиций. В большей мере это связано с рисками ресурсного обеспечения (неопределенность использования земли, отсутствие льготного стабильного финансового кредитования, низкий уровень качества выполнения технологических функций и надежности отечественного технологического оборудования), и отсутствием гарантий сбыта продукции по заранее известной цене.

Анализ последних исследований. Риски использования отечественного оборудования усиливаются в связи с изменением стратегии ведения животноводства, где техническая политика от комплексной механизации трудоемких производственных процессов переходит на качественно новый уровень – обеспечение среды комфортного жизнеобеспечения, продуцирования и воспроизводства животных при восстановлении и усилении средо-формирующих, а также ресурсопродуцирующих функций природы [1-3].

Это требует качественного изменения функционального предназначения технологического оборудования. Поэтому выявление направлений развития механизированных технологий и техники для отечественного животноводства является актуальной проблемой.

Формулировка целей статьи. Цель статьи - определение направлений управляемого развития технологического оборудования во взаимосвязи с ростом продуктивности животных при обеспечении его конкурентоспособности для отечественного животноводства.

Основная часть. Объектом исследований являются технико-технологические системы производства продукции животноводства, а предметом исследований – закономерности изменения концентрации функционально-качественного насыщения технологических процессов и оборудования в течение ближайшего десятилетия.

В современных условиях конкуренции предприятие сможет производить конкурентоспособную продукцию при условии, что его технико-технологическое оснащение способно своевременно и надежно выполнять технологические функции (η_1) при определенных уровнях полезности (или удовлетворения технологических требований) (η_2), индустриализации производства (η_3), эффективности ресурсного обеспечения (потерь) (η_4) и экологии производства (η_5).

В этом случае количественно оценить концентрацию функционально-качественного насыщения технологического процесса возможно по выражению [1]

$$K_F = \prod_{n=1}^n \eta_n, \quad (n=1...5). \quad (1)$$

Выражая своевременность и надежность выполнения процесса как отношение используемой части продукта Π_i^{akt} ко всему объему продукции Π_i [1] определяем:

$$\eta_1 = \Pi_i^{akt} \Pi_i^{-1} \eta_{над},$$

полезность – как отношение дополнительно полученной продукции от выполнения данного технологического процесса (операции) к расходам на его осуществление, выраженным в одном эквиваленте

$$\eta_2 = \Delta \Pi_{(\Phi_i)}^r \Delta \Phi_i^{-1},$$

потери при производстве продукции – как отношение эквивалентного содержимого полученного продукта Π_i ко всем расходам на материалы для его производства, выраженным в том же эквиваленте

$$\eta_3 = (1 - k_{ноо}),$$

уровень индустриализации процессов – отношением дополнительно полученной продукции животноводства к дополнительным затратам на осуществление или усовершенствование процесса

$$\eta_4 = k_{этех} k_{эж}^{-1},$$

влияние выполнения технологического процесса на окружающую среду – как отношение разницы затрат на выполнение процесса и затрат на устранение убытка от выполнения этого процесса к затратам на его выполнение

$$\eta_s = (\Phi_i - \Delta\Pi RO)\Phi_i^{-1},$$

получаем показатель концентрации функционально-качественного насыщения технологических процессов (производства)

$$K_F = \frac{\Pi_i^{akt}}{\Pi_i} \eta_{над} \frac{\Delta\Pi_{(\Phi_i)}^r (1 - k_{nom}) k_{Этех}}{\Delta\Phi_i k_{Эж}} \frac{(\Phi_i - \Delta\Pi RO)}{\Phi_i}, \quad (2)$$

где Π_i^{akt} , Π_i - используемая и производимая продукции;

$\eta_{над}$ - показатель надежности;

$\Delta\Pi_{(\Phi_i)}^r$ - дополнительная продукция, полученная в результате выполнения технологического процесса (операции);

$\Delta\Phi_i$ - дополнительные затраты на осуществление или усовершенствование процесса;

k_{nom} - показатель потерь;

$k_{Этех}$, $k_{Эж}$ - эквивалентные затраты овеществленной энергии технико-технологического обеспечения и живого труда;

Φ_i - затраты на осуществление процесса;

$\Delta\Pi RO$ - убыток окружающей среды от выполнения процесса.

На сегодня показатель K_F , определенный по формуле (2), составляет 0,171-0,201, является показателем внутренних требований производства и зависит от параметров технологических процессов.

Для определения закономерностей управляемого развития функционально-качественного насыщения технического оснащения технологий животноводства, при условии обеспечения его конкурентоспособности для отечественного производства, рассмотрим прогнозные внешние требования к качеству технико-технологического обеспечения животноводства Украины со стороны развивающегося рынка техники и технологий.

Методология оптимизации концентрации функционально-качественного насыщения технико-технологического обеспечения производства животноводческой продукции представлена на рис. 1.

В этой схеме конкурентоспособность технической продукции для потребителя, которым является производство животноводческой продукции, определяется ее качеством и ценой как основными факторами достижения конкурентоспособности. Кроме качества и цены продукции конкурирующими факторами на рынке техники стали качество хранения и технического сервиса, затраты потребителя при использовании продукции. Поэтому конкурентоспособность продукции для потребителя можно представить выражением [2]

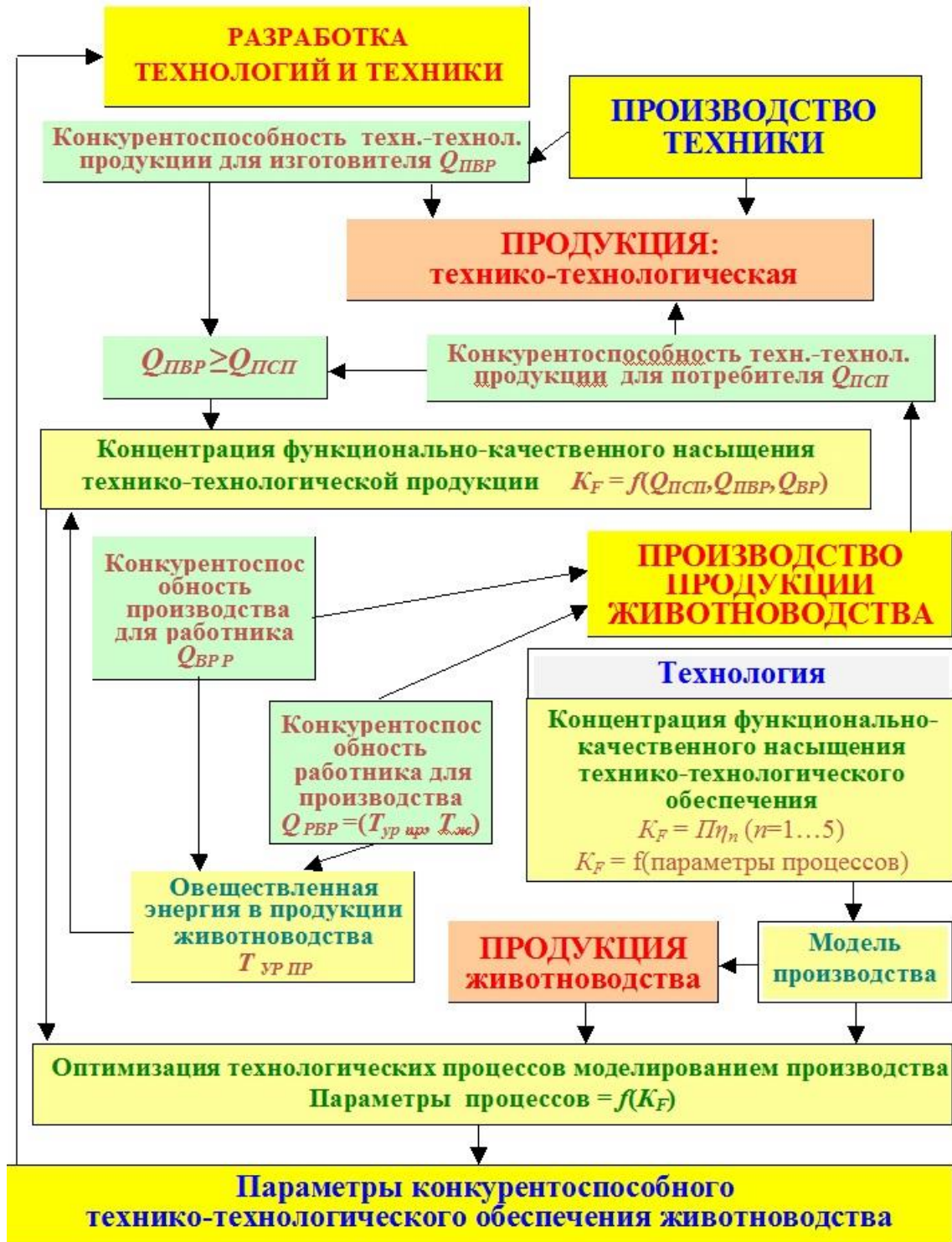


Рис. 1. Блок-схема оптимизации функционально-качественного насыщения технико-технологического обеспечения животноводства.

$$Q_{ПСП} = K \frac{\Delta П}{C_{пр} k_{пр}} = \frac{V}{C} \frac{\Delta П}{C_{пр} k_{пр}}, \quad (3)$$

где K - качество продукции;
 $\Delta П$ - дополнительный эффект от качества продукции, грн;
 $C_{пр}$ - цена продукции;

k_{np} - коэффициент удовлетворения спроса на продукцию (уровень насыщения рынка);

C - расходы потребителя на использование и утилизацию продукции.

Оценка конкурентоспособности продукции для ее производителя проводится по некоторым другим параметрам, связанным с эффективностью производства и гарантией реализации, где качество продукции связано с двумя ее базовыми составляющими – качеством изготовления и потребительской полезностью продукции P , которая определяется как

$$P = K_F M_L,$$

где P - потребительская полезность продукции;

K_F - концентрация функционально – качественного насыщения технической продукции;

M_L - физическая величина продукции (масса, параметры) или результат ее активной эксплуатации (использования).

Вместе с потребительской полезностью конкурентоспособность продукции для изготовителя определяет - качество изготовления, цена технической продукции и качество производства [2]

$$Q_{ПВР} = \frac{K_F C_{\bar{o}} P_p \mathcal{E}_B}{C_{з_{вр}} C_{np} k_{zn}}, \quad (4)$$

где $C_{\bar{o}}$ - себестоимость продукции;

P_p - прибыль производства;

$З_{вр}$ - затраты производства продукции ;

\mathcal{E}_B - полезный эффект использования технической продукции в животноводстве;

C - затраты производства животноводческой продукции.

Учитывая, что потребительская ценность (как полезность) товара устанавливается фактом его приобретения, то на момент купли-продажи можно предположить равенство конкуренто-способностей для производителя и потребителя или первое больше второго.

Приравняв эти конкурентоспособности, определяем зависимость концентрации функционально-качественного насыщения технико-технологической продукции с учетом ее конкурентоспособности для производителя и потребителя [2]

$$K_F \geq \frac{T_{урпр} k_{ПОТ} \Delta Пк_{\bar{o}np} З_{вр}}{C C_{\bar{o}} P_p} . \quad (5)$$

Анализ зависимости (5) показывает, что при определении концепции развития технико-технологической продукции в первую очередь ресурсы должны быть направлены на повышение качества про-

изводства и наукоемкости продукции путем увеличения в ней овеществленной энергии элементов производства, снижения ее ресурсоемкости и безопасности, при минимально достаточном уровне себестоимости и величины прибыли производителя.

Однако реализация основных принципов конкурентоспособности технико-технологического обеспечения животноводства возможна на работающих животноводческих предприятиях, которые будут конкурентоспособны для работающих там людей. То-есть, необходимо предложить рабочим конкурентоспособное производство животноводческой продукции, где качество труда и его оплата должны удовлетворять материальные и духовные потребности рабочих (покупка современного жилья, медицинское обслуживание, воспитание детей и др.) Это оценивается показателем полезности структуры производства для рабочих η_B (отношение величины производственных элементов для воспроизводства рабочей силы ко всему потенциалу производства).

На трудовую мотивацию работников также влияют перспективы развития, качество, цели предприятия (потенциал E , уровень наукоемкости и индустриализации технологий - соотношение уровней овеществленной энергии технико-технологического обеспечения производства и живого прямого труда $k_{Турп}/k_{Тж}$), карьера рабочих и безопасность труда.

Исходя из вышеизложенного, можно предложить выражение конкурентоспособности предприятия для рабочего $Q_{вр\ p}$ [2]

$$Q_{вр\ p} = \frac{\eta_B EK_u k_{\sigma} k_{Тур\ m} k_{Тур\ p}}{З_{р\ вр} k_{Тж}}, \quad (6)$$

где η_B - показатель полезности производства для рабочих;

E - потенциал производства;

K_u - уровень развития потенциала предприятия;

k_{σ} - уровень безопасности производства;

$k_{Тур\ m}, k_{Тж}$ - эквивалентные уровни овеществленной энергии технико-технологического обеспечения и прямого труда на производстве (приведенные к единице продукции);

$k_{Тур\ p}$ - уровень профессиональной подготовки рабочего;

$З_{р\ вр}$ - затраты рабочего для производства.

Производство считается конкурентоспособным, когда уровень индустриализации его технологии будет постоянно обеспечивать максимальное полезное использование живого труда рабочих. При этом качество труда (создание овеществленной энергии в продукции), а точнее отношение $T_{ур\ пр}/T_{ж}$ должно стремиться к максимальной вели-

чине, а уровень профессиональной подготовки рабочего $k_{Tурр}$ должен обеспечивать это.

Когда интересы работника относительно предприятия и предприятия относительно работника совпадают, можно записать равенство $k_{Tур м} = T_{ур нр} (T_{жс})^{-1}$, выразив из которого $T_{ур нр}$ и подставив в уравнение (5), получим зависимость концентрации функционально-качественного насыщения технико-технологического обеспечения с учетом конкурентоспособности животноводческого предприятия и его технико-технологического оснащения как потребителя [2]

$$K_F \geq \frac{k_{Tур м}}{k_{Tжс}} \frac{T_{жс}}{З_{рер}} \frac{\eta_w \eta_{кч}}{\eta_{нр}} K_{ц} k_{\sigma} k_{\sigma нр} k_{пот} , \quad (7)$$

где $\eta_{нр}$ - норма прибыли;

$\eta_{кч}$ - коэффициент эффективности качества ($\eta_{кч} = \Delta\Pi/C$).

Главной составляющей концентрации функционально-качественного насыщения технической продукции является уровень индустриализации технологических процессов $k_{Tур м}/k_{Tжс}$. Анализ изменений его составляющих - уровней овеществленной энергии технико-технологического обеспечения производства и живого прямого труда $k_{Tур м}/k_{Tжс}$ на 1ц валовой продукции животноводства в течение 1967 - 1991 годов [3] показывает, что первая повышается, а вторая уменьшается в зависимости - единица овеществленной энергии промышленности экономит 5,6 МДж прямых затрат живого труда [3].

На этой основе построены зависимости эквивалентных затрат овеществленной энергии технико-технологического обеспечения и прямых затрат живого труда в течение 1967 - 2020 годов (рис. 2), которые определяют, что затраты прямого труда снижаются до 33,426 МДж/ц, а затраты овеществленной энергии технико-технологического обеспечения повышаются до 227,64 МДж/ц. Соотношение $K_{Tур м}/K_{Tжс}$ в этом случае составляет 6,8.

Принимая к сведению, что энергооснащенность труда в животноводстве ниже, чем в промышленности в 2,5 - 3,0 раза, а энергооснащенность сельскохозяйственного рабочего в США - в 2,3 раза, в Германии - в 2,1, а в Швеции - в 1,6 раз выше, чем в промышленности, то можно допустить, что соотношение $K_{Tур м}/K_{Tжс}$, которое определяет уровень индустриализации, в 2020 году должно быть в 2 - 3 раза больше, чем значение 6,8. Достичь этих показателей, как показывает опыт европейских стран, можно в течение 7 - 10 лет.

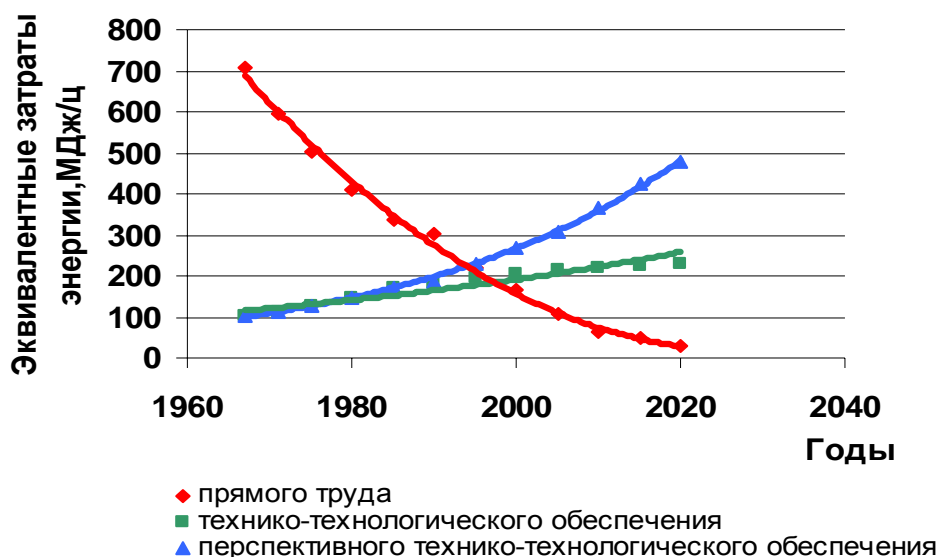


Рис. 2. Зависимости эквивалентных затрат производства животноводческой продукции.

Также, принимая во внимание, что технико-технологическое обеспечение животноводства страны развивалось очень медленно, начиная с 1991 года, где соотношение $K_{Тур\ m}/K_{Тж}$ равнялось 0,65, то можно предположить, что на сегодня оно улучшилось и достигло уровня 1,0. Тогда в течение 10 лет (T) оно должно будет развиваться согласно зависимости

$$\frac{k_{Тур\ m}}{k_{Тж}} = e^{(-0,0076 K_u^2 + 0,06931 K_u + 0,1941)T}, \text{ при } K_u = 1 \dots 2, \quad (8)$$

значения, которого располагаются между двумя зависимостями (рис. 3), которые допускают увеличение $K_{Тур\ m}/K_{Тж}$ в 2 раза при интенсивности развития 1 уровня ($K_u=1$) и в 3 раза при интенсивности развития 2 уровня ($K_u=2$).

Для расчета принимаем, что коэффициент эффективности качества $\eta_{кч}$ увеличивается с 0,16 до 0,18 согласно зависимости $\eta_{кч} = 1,1587e, 0,0139T$, а норма прибыли $\eta_{пр}$ составляет 0,15. Тогда концентрация функционально-качественного насыщения технико-технологического обеспечения животноводства в общем виде будет иметь вид экспоненциальной зависимости

$$K_F = 0,1716e^{(-0,081K_u^2 + 0,0721K_u + 0,3183)T}, \text{ при } K_u = 1 \dots 2. \quad (9)$$

Зависимость (9), которая определяет стратегический путь развития технико-технологического обеспечения животноводства в течение 10 лет, изменяется с 0,1716 до 6,945 при интенсивности развития 1 уровня ($K_u=1$), и до 10,416 при интенсивности развития 2 уровня (рис.4).

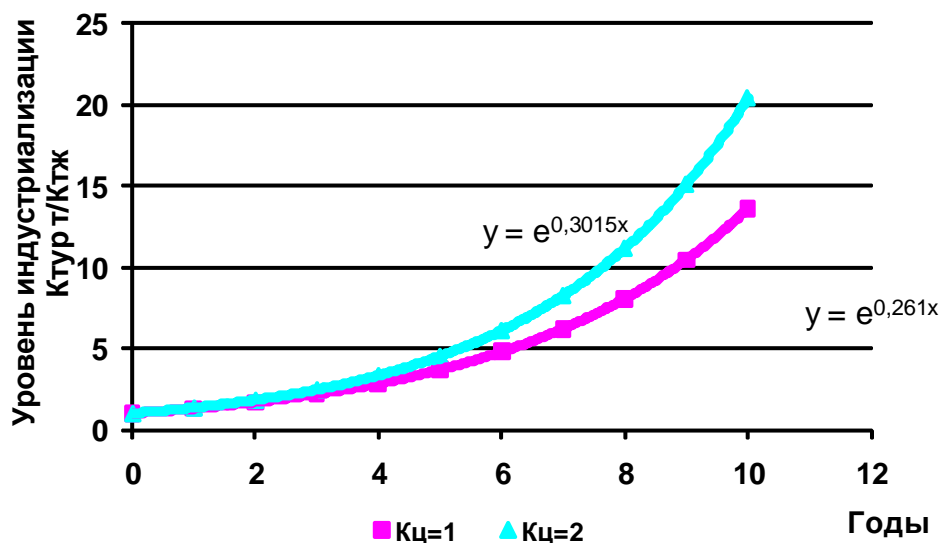


Рис. 3. Уровень индустриализации животноводства во времени.

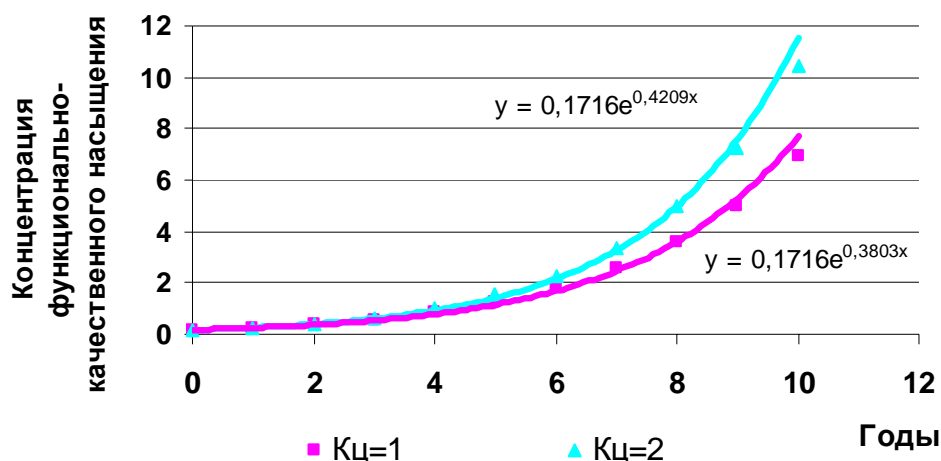


Рис. 4. Зависимость концентрации функционально-качественного насыщения технико-технологического обеспечения во времени.

Расчет показателя K_F , по (7) при $T = 0$ показывает, что его значение 0,1716 коррелирует с показателем, определенным по (7), - 0,1708 - 0,2009. Это подтверждает адекватность метода оптимизации функционально-качественного насыщения технико-технологического обеспечения животноводства.

Проведенные расчеты для свиноводческих комплексов показывают, что затраты технико-технологического обеспечения (рис. 5) должны находиться между зависимостями при $K_u=1$ и $K_u=2$.

Полученные данные позволяют выявить закономерность развития потенциала технико-технологического обеспечения свиноводческого комплекса с полным циклом производства (рис б), который изменяется от 5648,58 ГДж до 32898,71 ГДж при $K_{ц}=1$ и до 51417,03ГДж – при $K_{ц}=2$.

Развитие технико-технологического обеспечения животноводства происходит с развитием всех элементов производства животноводческой продукции, но не допускает повышения уровня механизации и автоматизации всех технологических процессов одновременно, так как это может привести к неоправданному повышению затрат и себестоимости животноводческой продукции. Поэтому оно осуществляется при дифференцированном подходе с определением полезности выполнения процессов как при повышении уровня их механизации и автоматизации, так и при передаче управления процессами животному. Последнее базируется на принципиальном подходе к минимально-достаточному уровню механизации процессов, которые отдаются в управление животным (содержание, кормление, поение, гигиена тела, профилактика заболеваний опорно-двигательной системы) и процессов с использованием энергетического потенциала животных.

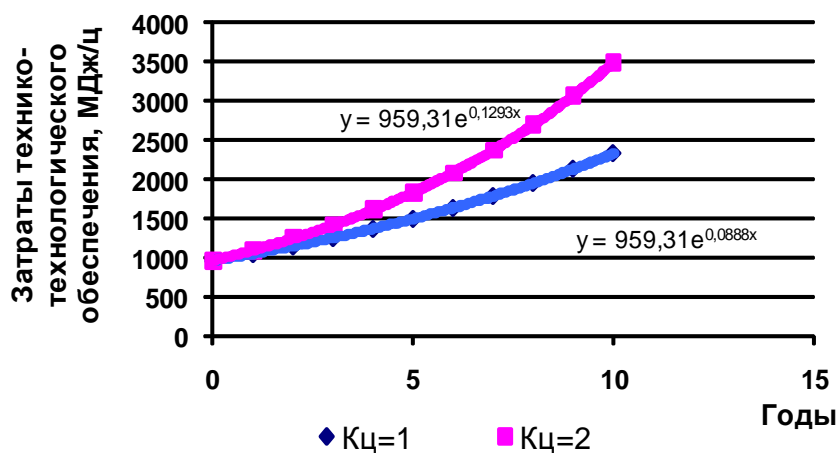


Рис. 5. Зависимость затрат технологического обеспечения свиноводческого комплекса.

Определение нужного уровня концентрации функционально-качественного насыщения технико-технологического обеспечения свиноводства на определенном этапе его развития осуществляется моделированием производства животноводческой продукции с учетом требований рынка относительно стоимости и качества производимой продукции. Моделирование осуществляется при условии наиболее полной гармонизации взаимодействия всех элементов производства и животных, или системы «рабочий-машина-корма-животное-среда обитания».

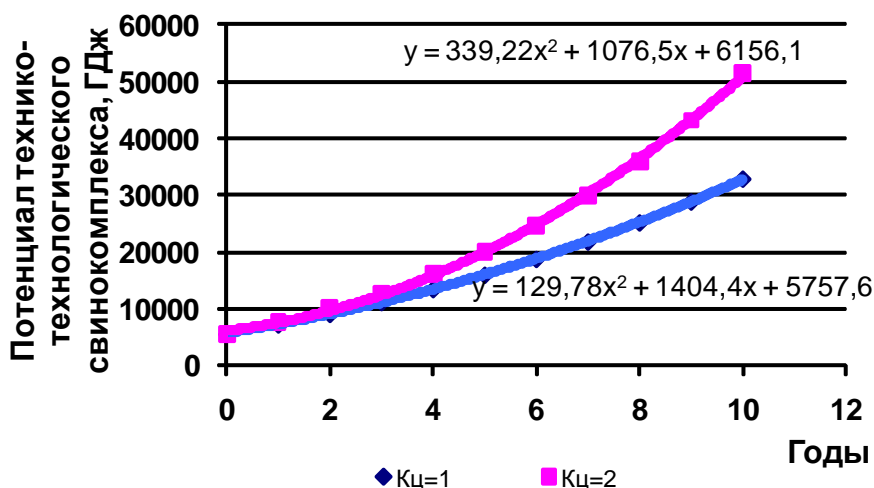


Рис. 6. Залежності потенціалу техніко-технологічного забезпечення свиноводчого комплексу з повним циклом.

Управляемому підвищенню концентрації функціонально-качественного насичення підлягають процеси кормообеспечення, організація кормлення тварин з можливістю вибору раціону без зниження продуктивності (наприклад - раціони з лікувальними травами), забезпечення екології виробництва, воспроизводства і лікування тварин (тепловізори, УЗІ, лікувальні інфрачервоні прилади), автоматизована природна вентиляція.

При такому підході до розвитку функціонально-качественного насичення техніко-технологічного забезпечення буде забезпечуватися його конкурентоспособність, як для його виробників, так і для споживача і створює умови виробництва конкурентоспособної тваринницької продукції.

Висновки. На основі вищеприведених теоретичних досліджень можна полагати:

- розвиток функціонально-качественного насичення техніко-технологічного забезпечення тваринництва здійснюється за рахунок підвищення рівня механізації, автоматизації і роботизації одних процесів (доїння, кормообеспечення, екологія виробництва) і передачі інших в управління тваринами (содержання, кормлення, поїння, гігієна тіла, профілактика захворювань);

- підвищення рівня техніко-технологічного забезпечення тваринництва повинно супроводжуватися зменшенням витрат живої праці основних робітників за рахунок перетворення їх в працю управління виробництвом і залежить від якості виробництва продукції, рівня технічної оснащеності підприємства і наукоємкості технології виробництва, кваліфікації робітників і наявності соціальних програм на виробництві.

- для осуществления управляемого гармонического развития всех элементов производства необходимо провести фундаментальные исследования и разработать полную модель производства животноводческой продукции с возможностью оптимизации процессов воспроизводства кормовых ресурсов.

При таких условиях можно утверждать, что в Украине есть перспективы динамичного управляемого развития технико-технологического обеспечения животноводства на данном этапе развития отрасли.

Литература.

1. *Шацкий В.В.* Моделирование механизированных процессов приготовления кормов./ *В.В. Шацкий.* – Запорожье: ПЦ „Х-ПРЕСС”, 1998. –140 с.
2. *Шацкий В.В.* Методологія оптимізації параметрів конкурентоспроможного техніко-технологічного забезпечення тваринництва / *В.В. Шацький, О.Г. Скляр, Д.О. Мілько* // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету - Мелітополь: ТДАТУ, 2010. . Вип.10. Т.5.-С. 119-128.*
3. *Мотивація праці та формування ринку робочої сили; за ред. акад. М.Т. Саблука, О.А. Богуцького / О.А. Богуцький, Г.І. Купалова, В.С. Діесперов та ін. – Київ: «Урожай», 1993. – 416 с.*

ПЕРСПЕКТИВИ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ЯКІСНОГО НАСИЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТВАРИННИЦТВА

Шацький В.В., Коломієць С.М.

Анотація - запропоновані теоретичні передумови визначення закономірностей якісної зміни і конкурентоспроможності техніко-технологічного забезпечення тваринництва України.

PERPECTIVES OF FUNCTIONAL-HIGH-QUALITY SATIATION OF TECHNICAL EQUIPMENT OF TECHNOLOGIES IN STOCK-RAISING

V. Shackiy, S. Kolomiyets

Summary

Theoretical pre-conditions of determination positions of high-quality change and competitiveness of the techno-technological providing of stock-raising in Ukraine are offered.



УДК 621.313.333.2:519.876.5

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ТЕПЛОВУ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

Овчаров В.В., д.т.н.,

Овчаров С.В., к.т.н.,

Телюта А.В., інж.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: 0619-42-32-63

Анотація – в роботі аналізуються добові графіки навантаження об'єднаної енергетичної системи України, пропонується варіант системи живлення та перетворення електричної енергії в теплову в агропромисловому комплексі.

Ключові слова – добовий графік навантаження, об'єднана енергетична система України, електроопалення, системи живлення та перетворення електричної енергії, електронагрівач води.

Постановка проблеми. В структурі генеруючих потужностей і виробництва електроенергії в Україні провідна роль належить тепловим та атомним електростанціям. В добових графіках навантаження об'єднаної енергетичної системи спостерігаються нічні провали, які неможливо ефективно вирівнювати за рахунок зупинки енергоблоків. Тому єдиним вагомим резервом розширення користувачів нічного провалу залишаються групи побутового навантаження, зокрема шляхом використання електрообігріву.

Аналіз останніх досягнень. Цьому питанню присвячено ряд наукових робіт. Розроблена енергоощадна технологія електротеплоакумуляційного обігріву в житлово-комунальному та аграрно-промисловому комплексах України [1]. Але залишаються невирішеними питання ефективного живлення та перетворення електричної енергії в теплову.

Формулювання цілей статті. Тому ціллю статті є розробка шляхів енергозберігаючих режимів живлення та перетворення електричної енергії в теплову в агропромисловому комплексі.

Основна частина. Електрична енергія є зручним й найбільш універсальним видом енергоносія, який від інших енергоносіїв відрізняється у кращій бік – екологічністю, технологічністю, спроможністю

практично миттєво передаватися на великі відстанні і перетворюватися в інші види енергії, зручністю обліку, контролю та управління, надійністю постачання. Тому електроенергія знайшла широке застосування у численних індустріальних і агропромислових технологічних процесах. Електрифікація побуту, зокрема електрообігрів, завдяки його високим споживчим характеристикам, комфортності і зручності, теж вважається привабливими.

В структурі генеруючих потужностей і виробництва електроенергії України провідна роль належить потужним тепловим (з енергоблоками одиничною потужністю 200 - 800 МВт) і атомним (з енергоблоками одиничної потужності головним чином 1000 МВт) електростанціям, які працюють в базовому режимі. Оскільки участь потужних теплових і атомних електростанцій у процесі регулювання графіка навантажень вважається неприпустимим, то при знижених можливостях маневрування внаслідок нерівномірності добового графіка навантажень і домінування у складі об'єднаної енергетичної системи України базових потужностей у функціонуванні енергетики країни виникають певні труднощі.

Негативною властивістю електроенергії, як товарного продукту, залишається неможливість виробництва електроенергії «про запас», тобто «складування» або акумулювання її тимчасових надлишків. Причиною цього явища є одномоментність генерації і споживання електроенергії. Добова і сезонна нерівномірність попиту на електроенергію зумовлюють залежність її виробництва від часу доби та пори року.

З наведених даних по добовому графіку навантаження можна одержати оцінки ресурсу впровадження акумуляційного електрообігріву, Мінпаливенерго України встановило усереднену оцінку потенціалу впровадження електроопалення в Україні. Вона складає приблизно п'яту частину від показників зимового режимного дня і оцінюється величиною 1100 МВт. У цілому з оброблених даних видно, що найбільший потенціал за абсолютним показником упровадження електрообігріву має м. Київ, далі йдуть області: Донецька, Харківська, Дніпропетровська, Одеська, Луганська, Київська, Запорізька, Львівська, Вінницька, Полтавська, Миколаївська та АР Крим.

Чотири області - Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Луганська мають показники нерівномірності графіка навантаження об'єднаної енергетичної системи вищі, ніж середній для України. Ці відносно високі показники стабілізації графіка навантаження електромережі досягаються за рахунок споживання електроенергії на підприємствах металургії (головним чином), машинобудування, паливної, хімічної та нафтохімічної галузей промисловості. На виправлення добового графіка навантаження впливають, насамперед, промислові споживачі, що

розраховуються за тарифами, диференційованими за періодами часу. Споживачі інших (непромислових) груп практично не залучалися до розрахунків за диференційованими тарифами.

Отже, майже єдиним вагомим резервом розширення кола користувачів нічного провалу і зменшення користувачів у часи піків добового графіка навантажень в Україні залишається група побутового навантаження, зокрема електрообігріву.

Проблема електрообігріву має два аспекти. Перший включає розгляд структури і кількісну оцінку ємності ринку електроопалення, другий - аналіз існуючої технічної бази для задоволення потреб цього ринку. Обсяг впровадження електрообігріву не тільки не може перевищити можливості електроенергетики України, але має залишатись у рамках техніко-економічної доцільності. Розвиток електроопалення не повинен нести загрозу енергобезпеці країни, зокрема, порушувати її електроенергобаланс, руйнувати ринок електроенергії.

З іншого боку наявність численних типів електронагрівачів, складність їх асортименту, велика кількість регіональних виробників, швидкий технічний прогрес зумовлюють труднощі вибору і надання рекомендацій щодо конкретного типу електронагрівача для даного об'єкту або кластеру об'єктів електроопалення.

За офіційними даними, значення нижньої межі розвитку систем електроопалення в Україні не перевищує кількох десятих чи сотих відсотка. У міжсезонні періоди кількість систем електроопалювання різко зростає. Ці, переважно нелегітимні, споживачі обліку не піддаються. Але їх наявність свідчить, що електроопалення, як окремий вид опалення, є життєздатним явищем у масштабах країни і фактично вирішує проблеми теплопостачання населення, коли ще не працює система централізованого теплопостачання і до того ж, навіть у такій вульгарній формі, воно вже котрий рік поспіль не руйнує об'єднану енергетичну систему України.

Є кілька категорій потенційних користувачів електрообігрівом, які характеризуються різним пріоритетом. Можна вважати, що найбільший пріоритет має населення сільських пунктів, газифікацію яких не передбачено найближчим часом. На сьогодні рівень газифікації житлового фонду в містах складає близько 77 %, а в сільській місцевості - 32 %.

Іншим джерелом оцінки масштабів упровадження електроопалення можуть бути відомості про так звані проблемні та кризові будинки, у яких відсутні теплопостачання та гаряча вода через місце їх розташування. Такі будинки переважно знаходяться на околицях міста, отже, значно віддалені (понад 1 км) від котельні або від основних тепломереж. Є також категорія нерентабельних для теплового господарства будинків. Відключення таких будинків особливо актуальне в тих

регіонах, де рівень втрат у теплових мережах найвищий (близько 30 %), а також таких будинків, у яких на сьогодні понад 25% мешканців вже відключилися від центрального опалення та самостійно перейшли на індивідуальну систему тепlopостачання.

Виробництво теплової енергії як засіб створення необхідних комфортних умов виникло в найдавніші часи й з тих пір є супутником людини на шляху цивілізованого розвитку. Тому однією з найбільш важливих і складних проблем у розвитку економіки є проблема енергозбереження, підвищення ефективності виробництва теплової енергії. У цей час гаряче водопостачання й обігрів житлових і промислових приміщень у великих містах і промислових центрах здійснюється за допомогою таких джерел теплової енергії, як ТЕЦ, у невеликих містах і селищах - за допомогою котелень і грубого опалення. Особливо гостро стоїть проблема одержання тепла в невеликих населених пунктах і фермерських господарствах, вилучених від тепломагістралі житлових будинків. Традиційні джерела теплової енергії мають ряд істотних недоліків: низький ККД, певні складності в доставці тепла споживачеві і тому подібні. Необхідність будівництва ТЕЦ і котелень у безпосередній близькості від споживача погіршує екологічну обстановку в житлових мікрорайонах. Тому представляє значний інтерес одержання гарячої води й безпосередній обігрів таких об'єктів за допомогою електронагріву, реалізація якого не вимагає значних капіталовкладень, будівельних робіт і постійного обслуговуючого персоналу.

Найпоширенішими типами електронагрівальних пристроїв є установки, виконані на основі трубчастих нагрівальних елементів (ТЕН), електродні електроводонагрівачі, електроводонагрівачі з відкритими тепловиділяючими елементами й установки індукційного нагрівання. Основними недоліками цих видів електроприладів є їхня низька надійність і недостатній рівень безпеки в експлуатації. Усунення зазначених недоліків може бути досягнуте шляхом використання електронагрівальних пристроїв трансформаторного типу. Вони являють собою понижувальний трансформатор, первинна обмотка якого підключена до мережі, а вторинна обмотка замкнута накоротко і є тепловиділяючим елементом.

Проведено класифікацію електронагрівальних пристроїв і зроблено огляд конструкцій нагрівальних елементів (НЕ). При всьому різноманітті конструкцій варто виділити основні групи НЕ (резистивні, електродні, індукційні й трансформаторні), які знайшли найбільш широке застосування у виробництві й побуті. Встановлено, що елементи першої й другої груп володіють рядом істотних недоліків, що обмежують область застосування таких пристроїв. Цими недоліками є низький клас електробезпеки, невисока надійність і довговічність, а нагрівальні елементи індукційного типу мають низький коефіцієнт

потужності. У результаті аналізу виробництва й застосування установок електронагріву в країні й за рубежом, прогнозів розвитку теплоенергетики й тенденцій розвитку технічного рівня електронагрівників визначено розвиток розробок широкого спектра електронагрівальних приладів. Такі прилади повинні забезпечувати високий ступінь захисту від поразки електричним струмом, мати просту й технологічну конструкцію, великий термін служби, невисоку вартість, гарні експлуатаційні й масогабаритні показники, високі ККД і коефіцієнт потужності.

Одним з найбільш ефективних шляхів підвищення надійності й безпеки систем децентралізованого гарячого водопостачання й опалення невеликих промислових і сільськогосподарських підприємств і побутового сектора є застосування в якості нагрівальних елементів однофазних і трифазних трансформаторів з короткозамкненою вторинною обмоткою (КЗО), що є тепловиділяючим елементом.

Розроблено принципи побудови електронагрівальних пристроїв трансформаторного типу й сформульовані пропоновані до них вимоги. Загальна класифікація електронагрівальних пристроїв трансформаторного типу представлена на рис. 1.

За принципом побудови нагрівальні елементи пристроїв трансформаторного типу (НЕТ) можуть бути підрозділені на наступні групи:

1. За призначенням: для низькотемпературного нагрівання рідин; для низькотемпературного нагрівання газів.

2. За типом індуктора (магнітопровода із первинною обмоткою): тороїдальний; стрижневий; просторовий; з обертальним магнітним полем.

3. За взаємним розташуванням індуктора й вторинної обмотки: з розташуванням індуктора всередині вторинної обмотки; з розташуванням індуктора зовні вторинної обмотки; із вторинною обмоткою, що обертається щодо індуктора; з винесеним навантаженням.

4. За типом вторинної обмотки: короткозамкнена обмотка; обмотка з пасивним елементом.

5. За виконанням вторинної обмотки: об'ємна; трубчаста; стрічкова; хвилеподібна; гребенчата; циліндрична; кільцева.

6. За виконанням пасивного елемента вторинної обмотки: біфіляр; пасивний виток.

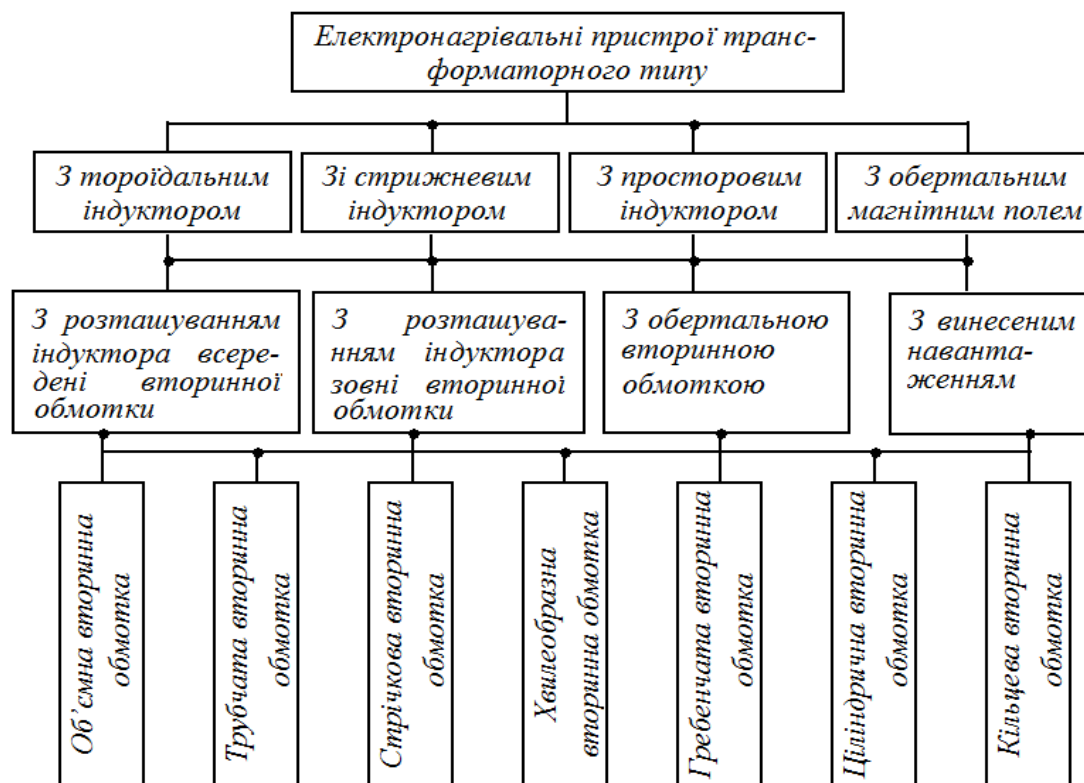


Рис. 1. Класифікація електронагрівальних пристроїв трансформаторного типу.

Тепловиділяючим елементом у таких конструкціях є вторинна обмотка трансформатора. Вона повинна відповідати наступним специфічним вимогам, які часто суперечать один одному:

- поверхня вторинної обмотки нагрівального елемента повинна мати досить велику площу зіткнення з нагрівальною середою для досягнення мінімального значення питомої поверхневої потужності;
- потужність, що виділяється з поверхні обмотки, що не контактує з середовищем, яке нагрівається, повинна бути мінімальною для забезпечення максимально можливої величини ККД;
- обмотка повинна бути короткозамкнена, оскільки при цьому вся активна потужність, яка споживається електронагрівачем з мережі, віддається з поверхні обмотки в нагрівальне середовище;
- конструкція вторинної обмотки повинна виключати можливість зіткнення первинної обмотки й магнітопроводу;
- індуктивність розсіювання вторинної обмотки повинна бути мінімальною для досягнення максимально можливої величини коефіцієнта потужності пристрою;
- для забезпечення необхідної безпеки при експлуатації електронагрівача електрорушійна сила фази вторинної обмотки не повинна перевищувати величину 2 - 4 В;

- матеріал, з якого виготовлена обмотка, повинен бути корозієстійким і відноситись до категорії "харчових" матеріалів (особливо для побутових електропроводнагрівачів);

- конструкція й матеріал вторинної обмотки повинні забезпечувати можливість виготовлення й герметичного з'єднання деталей обмотки при використанні простих і дешевих технологій (штамбування, зварювання та ін.);

- температура поверхні вторинної обмотки електронагрівачів трансформаторного типу не повинна перевищувати значення 80-85 °С.

Особливостями досліджуваних трансформаторів є наявність короткозамкненої одновиткової обмотки з великою і нерівномірно розподіленою за довжиною витка щільністю струму. Причому режим короткого замикання є нормальним режимом роботи таких пристроїв. У короткозамкненій вторинній обмотці зосереджена більша частина втрат потужності нагрівального елемента. Обмотка має повітряне або водяне охолодження із природною або штучною конвекцією.

У класичних трансформаторах коефіцієнт корисної дії (ККД) визначається відношенням активної потужності, що віддається як навантаження до споживаної активної потужності. Для трансформаторів з короткозамкненою вторинною обмоткою використання такого поняття неприйнятно, тому що вся активна потужність, передана у вторинну обмотку, витрачається на її нагрівання, а ККД у режимі короткого замикання дорівнює нулю. Тому для розглянутого класу пристроїв доцільно використовувати поняття «електромагнітний ККД»

$$\eta_{em} = \frac{P_{em}}{P_1}, \quad (1)$$

де P_{em} – електромагнітна потужність короткозамкненого трансформатора;

P_1 – споживана потужність.

Висновок. Таким чином, розробка і впровадження електронагрівачів трансформаторного типу є перспективним напрямком як вирішення проблеми опалення житла та виробничих приміщень в агропромисловому комплексі, так і вирівнювання нічного графіка навантаження об'єднаної енергетичної системи України.

Література.

1. *Долінського А.А.* Сучасний стан і основні напрямки застосування електричної енергії для теплопостачання в Україні. За редакцією академіка НАНУ *А.А. Долінського, Д.Й. Розинського*. – К.: Видавництво Купріянова О.О. – 2009. – 252 с.

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ И
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В
ТЕПЛОВУЮ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

Овчаров В.В., Овчаров С.В., Телюта А.В.

Аннотация – в работе анализируются суточные графики нагрузки объединенной энергетической системы Украины, предложен вариант системы питания и преобразования электрической энергии в тепловую в агропромышленном комплексе.

**ENERGY SAVING SYSTEMS OF THE POWER SUPPLY
AND TRANSFORMATIONS TO ELECTRIC ENERGY
IN HEAT IN AGROINDUSTRIAL COMPLEX**

V. Ovcharov, S. Ovcharov, A. Telyuta

Summary

The united energy system of Ukraine daily load curve is analysed in the research, the system of the power supply and transformations electric energy to heat as a variant is offered.



УДК 631.371

СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОЛИВА В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Никифорова Л.Є., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-23-41

Аннотація - работа посвящена рассмотрению методов программирования полива в сооружениях защищенного грунта. Рассмотрены различные методы программирования полива и средства получения информации для них. Приведены экспериментальные результаты по определению величины транспирации для автоматизации полива.

Ключевые слова – полив, защищенный грунт, средства информационного обеспечения, программирование.

Постановка проблемы. Растения как в условиях открытого, так и защищенного грунта, используют солнечную радиацию, двуокись углерода из атмосферы, воду и питательные вещества для производства биомассы, интенсивность которого определяется интенсивностью фотосинтеза [1]. Потребность растений в воде, идущей в основном на транспирацию, удовлетворяется извлечением ее корнями из почвы. В свою очередь, также постоянно происходит испарение воды из почвы. Суммарное испарение, таким образом, определяет количество воды, которое в условиях защищенного грунта возмещается исключительно поливом. Расходы на воду и ее подготовку для полива составляют заметную часть в общих затратах при производстве продукции в теплицах, однако экономия воды, не приводящая к снижению урожайности, возможна только при правильном определении водного режима растений, т. е. при правильном программировании полива. Поэтому научные исследования по автоматизации полива *актуальны*.

Анализ последних исследований. Программирование полива - это сочетание технических процедур, предназначенных для предсказания и определения времени и продолжительности полива. Современные методы программирования полива можно разделить по используемой для принятия решений информации на три группы [1-3]:

- базирующиеся на измерении содержания влаги в почве;

- базирующиеся на определении водного режима растений;
- базирующиеся на измерении параметров микроклимата.

Первая группа методов заключается в поддержании влажности почвы в пределах между двумя ее уровнями. Для измерения текущих значений влажности почвы используются тензиометры, водоотметчики, динамические рефлектометры и системы сканирования среды (рис. 1). Первые два из указанных выше измерительных преобразователей основаны на измерении силы натяжения жидкости, т.е. усилия, которое должны приложить корни растений для извлечения влаги из почвы. Эти измерители получили широкое распространение благодаря дешевизне и простоте установки, однако применение непрямого метода измерения существенно снижает их точность, которая также существенно зависит от типа почвы и ее температуры. Динамические рефлектометры, основанные на принципе измерения времени задержки электромагнитного импульса в почве, не смотря на свою высокую точность, еще не получили широкого распространения вне пределов исследовательских центров из-за их высокой стоимости. Системы сканирования среды представляют собой набор датчиков, расположенных на разной глубине и присоединенных к регистратору данных. Однако внедрение таких систем в производство сдерживается их высокой стоимостью.

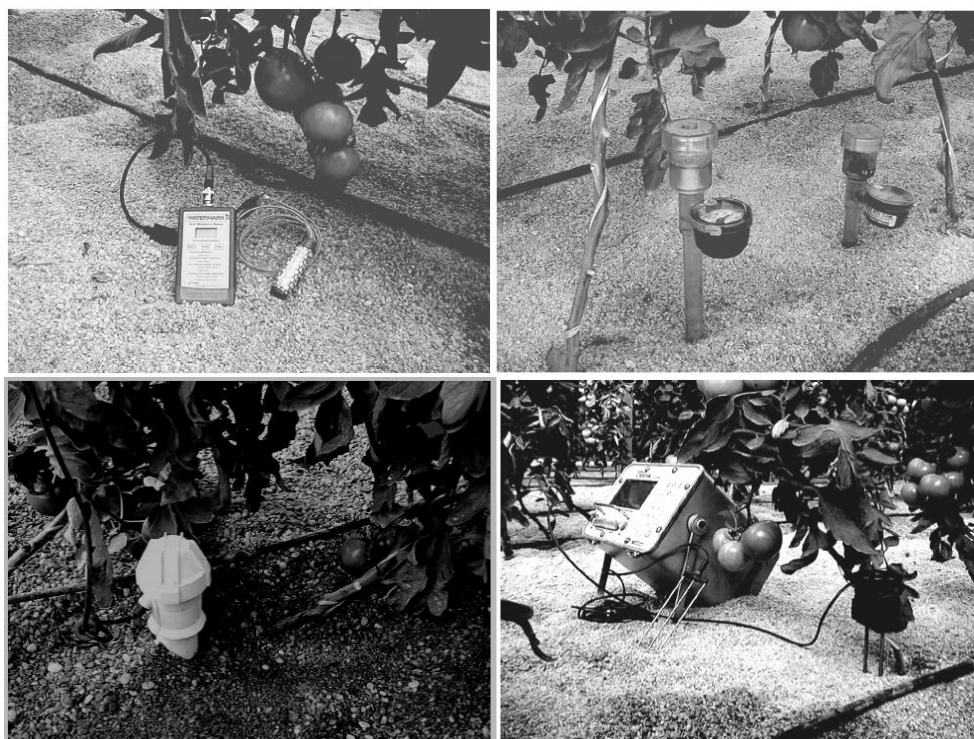


Рис. 1. Приборы для определения влажности почвы (слева направо): тензиометр, водоотметчик, динамический рефлектометр и датчик системы сканирования среды.

Таким образом, для более широкого внедрения методов программирования полива, основанных на измерении влажности почвы, необходимо дальнейшее совершенствование измерительных преобразователей. Однако не следует забывать, что сам водный режим растений определяется не только влажностью почвы. Поэтому в последнее время проводятся исследования для развития методов программирования полива, основанных на непосредственном измерении водного режима растений. Эти методы основаны на измерении диаметра стебля или вегетативных органов (рис. 2) в ночное и дневное время с определением разницы между этими величинами, которая пропорциональна объему воды, испаряемому растением при транспирации. Существенным недостатком таких методов является заметная разность величины транспирации для разных видов растений и ее зависимость от стадии развития растения и его отдельных органов.



Рис. 2. Приборы для измерения диаметра плодов и стебля томатов.

Другой разновидностью датчиков водного режима растений являются датчики водного потока (рис. 3), позволяющие производить измерения в режиме реального времени. Основным недостатком таких приборов является их высокая стоимость и необходимость при принятии решения о поливе учитывать значение солнечной радиации и величины дефицита давления водных паров.



Рис. 3. Датчик водного потока, установленный на стебле.

Общим недостатком указанных приборов является также неудобство их применения в производственных условиях, трудности в выборе репрезентативного растения и числа устанавливаемых датчиков. Все эти проблемы существенно сдерживают применение таких датчиков в реальном производстве. Такие системы могут применяться в основном для разработки или уточнения графиков поливов в условиях повторного выращивания одного вида растений при точном поддержании параметров микроклимата в теплице.

Целью работы является разработка метода автоматизированного полива растений, позволяющего учитывать потребности растительных биосистем во влаге и приемлемого для использования в производственных условиях.

Результаты исследований. По указанным выше причинам наиболее простым и доступным для применения в производственных условиях является программирование полива на основе параметров климата. Эти методы основаны на оценке значений параметров микроклимата и стадии развития растений (прежде всего, учитывается значение площади листьев и листового индекса), которые позволяют определить потребность в воде. Для определения потребности в воде растений (для теплиц без почвы) разработаны модели оценки транспирации для разных видов растений [2,3]. При выращивании растений в почве по рекомендации ФАО [4] с достаточной степенью точности можно потребность в воде (т. е. суммарное испарение) $T_{Об}$ принять пропорциональной величине транспирации $T_{Тр}$ с поправочным коэффициентом K , определяемом для конкретного сооружения с возможной уточняющей поправкой на вид растений и его стадию развития, т.е.

$$T_{Об} = K \cdot T_{Тр}. \quad (1)$$

Поскольку в сооружениях защищенного грунта температура поддерживается с достаточно высокой точностью, то главным возмущающим фактором, который в основном и определяет величину транспирации, является величина потока солнечной радиации. Большие сооружения из-за наличия достаточного объема почвы обладают большой аккумулялирующей способностью, поэтому потребность в поливной воде может определяться по дневной сумме солнечной радиации, поступающей в теплицу, или по многолетним метеорологическим данным.

Величина поправочного коэффициента для сооружения в целом может быть легко определена следующим образом. Величина транспирации вычисляется по количеству растений, умноженному на измеренную с помощью датчика водного потока величину транспирации для одного растения. В свою очередь, величина суммарного испарения может быть определена из уравнения водного баланса при измерении величин объема полива R и дренажа L , а также значений влаго-

содержания почвы в теплице $W_{нач}$ и $W_{кон}$ соответственно в начале и в конце периода времени (обычно за неделю) по результатам измерения влажности почвы

$$T_{Об} = W_{нач} - W_{кон} + R - L. \quad (2)$$

Для определения влажности почвы использовался динамический рефлектометр Trase Model 6005x1 (SoilMoisture Equipment Corp., США). Установление таким образом соотношения между $T_{Тр}$, $T_{Об}$ и величиной дневного потока солнечной радиации позволяет осуществлять программирование полива по многолетним метеорологическим данным (преимущественно для больших теплиц) или по данным измерения дневной суммы солнечной радиации, проникающей в теплицу.

При наших измерениях было установлено, что величина транспирации может быть определена по эмпирической формуле исходя из величины измеренной суммарной радиации в теплице $R_{внутр}$ и номера дня в году N :

$$T_{Тр} = (0,30 + 0,002 \cdot N) \cdot R_{внутр} \text{ (если } N < 210); \quad (3)$$

$$T_{Тр} = (1,35 - 0,003 \cdot N) \cdot R_{внутр} \text{ (если } N > 210). \quad (4)$$

С достаточной степенью точности величина суммарной радиации в теплице $R_{внутр}$ может быть определена по величина суммарной солнечной радиации измеренной на метеостанции $R_{внеш}$ с учетом коэффициента прозрачности теплицы k

$$R_{внутр} = k \cdot R_{внеш}. \quad (5)$$

На рис. 4 приведены результаты измерения $T_{Тр}$ в экспериментальной теплице. Сама же разовая доза полива определяется из желаемой равномерности влажности почвы (большее число поливов и меньшая разовая его величина соответствует меньшим колебаниям величины влажности почвы).

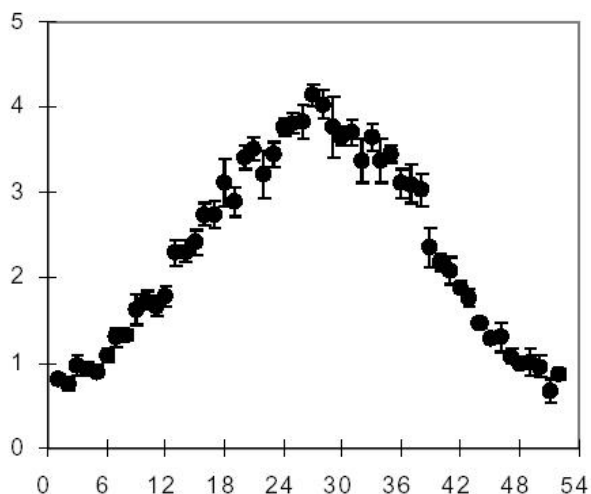


Рис. 4. Измеренное значение транспирации в экспериментальной теплице (в миллиметрах за день) по неделям года.

Выводы. Использование программирования полива на основе параметров микроклимата позволяет снизить затраты электроэнергии на 10% и повысить адаптационную способность растений к возмущающим факторам на 12%.

Литература.

1. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин, Н.М. Макрушин и др. ; под ред. Н.Н. Третьякова. – М. : Колос, 1998. – 640 с.
2. *Stanghellini C.* Transpiration of greenhouse crops. An aid to climate management / *C. Stanghellini.* - Ph. D. Dissertation. – Wageningen : Agricultural University, 1987. - 150 p.
3. *Boulard T.* Greenhouse tomato crop transpiration model application to irrigation control/ *T. Boulard, R. Jemaa* // *Acta Horticulturae.* - 2006. - №335. – P. 381-387.
4. *Doorenbos J., Pruitt W.* Las necesidades de agua de los cultivos/ *J. Doorenbos, W. Pruitt* // *FAO Riego y Drenaje.* - 1977. - №24. – P. 142-148.

ЗАСОБИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОЛИВУ В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

Никифорова Л.Є.

Анотація - робота присвячена розгляду методів програмування поливу в спорудженнях захищеного ґрунту. Розглянуто різні методи програмування поливу й засоби одержання інформації для них. Наведено експериментальні результати по визначенню величини транспірації для автоматизації поливу.

INFORMATION SUPPORT AUTOMATION IRRIGATION IN THE GREENHOUSE

L. Nikiforova

Summary

The article is dedicated to the consideration methods of plant watering programming in structures of the protected ground. The various methods of watering programming and means reception of the information for them are considered. The experimental results of transpiration value definition for watering programming are given.



УДК631.371:612.317

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВЗАЄМОДІЇ НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З БІООБ'ЄКТАМИ

Мунтян В.О., д.т.н.,

Федюшко Ю.М., д.т.н.,

Коваль Д.М., інженер.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-11-74, 42-23-41

Анотація – розглянуто взаємодію низькоенергетичного електромагнітного опромінювання з біологічними об'єктами та на основі теоретичних досліджень отримані залежності вірогідності утворення вільних радикальних пар в насінні гороху від часу дії зовнішнього електромагнітного випромінювання.

Ключові слова – діелектрична проникність, низькоенергетичне електромагнітне випромінювання, біологічні тканини, іонізація, вільні радикальні пари.

Постановка проблеми. Економічна стабільність України залежить від кількості і якості продукції в промисловому і сільському господарстві. Кризовий стан в сільськогосподарському виробництві вимагає невідкладних заходів, пов'язаних із створенням нових електротехнологій на основі обробки біооб'єктів і інформаційними електромагнітними полями (ЕМП), з метою стимулювання їх продуктивності. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є застосування спеціальних автоматизованих систем радіохвильового контролю для оцінки стану біооб'єктів, що знаходяться під впливом ЕМП. Полегшення оцінки механізмів біологічної дії інформаційних ЕМП можливе на основі методу діелектричної радіоспектроскопії. Оскільки в даний момент відсутні теоретичні основи для розробки методів і засобів радіохвильового неруйнівного контролю біооб'єктів при їх взаємодії з низькоенергетичними ЕМП, необхідно провести теоретичний аналіз впливу низькоенергетичного ЕМП на біооб'єкти на основі квантової теорії і визначити діапазон зміни діелектричної проникності (ДП) [1].

Аналіз останніх досліджень. Найбільшого поширення набули надвисокочастотні (НВЧ) методи з діапазоном довжини хвиль від 1 до 100 мм. Використання радіохвиль дає можливість застосування особ-

ливостей низькоенергетичних (інформаційних) радіохвиль. Першим і основним завданням у галузі радіохвильового контролю складу і властивостей речовин є вимірювання діелектричної проникності [2, 1]. Більшість досліджень пов'язана з вимірюванням абсолютних значень діелектричної проникності матеріалів та полярних рідин і майже не розглянуті методи і системи вимірювань ДП біооб'єктів сільського господарства. Вимірювання змін ДП біооб'єктів під час їх взаємодії із різними фізичними факторами пов'язані із певними труднощами.

Формулювання цілей статті. Метою даної статі є проведення теоретичних досліджень взаємодії низькоенергетичного ЕМП з біологічними об'єктами сільського господарства з триманням графічних залежностей.

Основна частина. В процесі низькоенергетичного електромагнітного опромінювання біологічних тканин відбувається іонізація молекул речовини і утворення радикальних пар. Таким чином, зовнішні низькоенергетичні електромагнітні поля здійснюють вплив на молекулярну структуру біологічних речовин, а, отже, і на електрофізичні їх характеристики - такі, як дійсна і уявна частини діелектричної проникності. Природно, що дані зміни спричинятимуть зміни характеристик досліджуваного об'єкту. У разі додавання зовнішнього електромагнітного поля відбувається дипольно-релаксаційна поляризація.

У ізотропних діелектриків будь-якого типу дійсна частина відносної діелектричної проникності середовища ε' має вигляд:

$$\varepsilon' = 1 + \chi = 1 + N\beta, \quad (1)$$

де N – число молекул в одиниці об'єму; β – поляризуємість молекули, а уявна частина

$$\varepsilon'' = \frac{Ne^2l}{2m\nu\omega\varepsilon_0}, \quad (2)$$

де ω – кругова частота падаючого на середовище електромагнітного поля; e – електричний заряд іонізованих молекул; l – довжина вільного пробігу іонів до зіткнення; m – маса іона; ν – швидкість теплового руху іона.

Під впливом зовнішнього електромагнітного поля кількість молекул в одиниці об'єму не збільшиться, але деякі з них іонізуються, тобто їх здатність до поляризації зростає, а, отже, зростає ця здатність і дипольний момент одиниці об'єму речовини, що буде еквівалентний збільшенню відносної діелектричної проникності. Те ж саме слід сказати і про уявну частину діелектричної проникності. Отже, знаючи рівень іонізації біологічного середовища, можна визначити тенденції в зміні її діелектричної проникності, звідки слідують зміни в її біофізичних ха-

рактикалах. У зв'язку з цим необхідно розглянути імовірнісну модель процесів, що відбуваються в біологічних середовищах під впливом зовнішніх ЕМП, що дасть можливість визначити кількісні зміни електрофізичних характеристик біологічних тканин в результаті таких дій [1].

Середовище розглядається як система мікрочасток, що мають два енергетичних рівня W_1 і W_2 , які дорівнюють енергіям незбудженої молекули і молекули, що утворила радикальну пару відповідно. Кожному енергетичному рівню відповідає своя населеність N_1 і N_2 , яка визначається величиною початкової концентрації C_k . Біологічний об'єкт знаходиться під впливом зовнішнього електромагнітного поля $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{j\omega t}$ з амплітудою \vec{E}_0 і круговою частотою ω [1].

За наявності зовнішнього електромагнітного поля рівняння Шредингера, що описує стан молекули, яка знаходиться на кожному з своїх енергетичних рівнів, стає нестационарним і набуває вигляду

$$j \hbar \dot{\Psi} = \mathbf{H} \Psi, \quad (3)$$

де \mathbf{H} – гамільтоніан молекули; \hbar – постійна Планка; Ψ – хвильова функція даної дворівневої системи. Рішенням рівняння (3) буде вираз:

$$\Psi = C_1(t)\psi_1(\vec{r})\exp\left(-j\frac{W_1}{\hbar}t\right) + C_2(t)\psi_2(\vec{r})\exp\left(-j\frac{W_2}{\hbar}t\right), \quad (4)$$

де вірогідність знайти систему в одному із стаціонарних станів визначається квадратом модуля коефіцієнта $C_k(t)$.

Використовуючи ортогональність функцій $\psi_k(\vec{r})$, була одержана система диференціальних рівнянь для визначення коефіцієнтів $C_1(t)$ і $C_2(t)$:

$$\begin{cases} j\hbar \dot{C}_1(t) = C_2(t)H_{21}\exp(-j\omega_{21}t); \\ j\hbar \dot{C}_2(t) = C_1(t)H_{12}\exp(j\omega_{21}t), \end{cases} \quad (5)$$

де $H_{21} = H_{12} = -d_{21}E_0 \cos \omega t = -d_{12}E_0 \cos \omega t$; d_{12} – дипольний момент, що створюється даними енергетичними рівнями молекул.

Розв'язком системи (5) будуть наступні вирази:

$$|C_1(t)| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha t}; \quad (6)$$

$$|C_2(t)| = (\hbar/d_{21} E_0) \sqrt{A^2 (\Delta\omega + \alpha)^2 + 2AB (\Delta\omega^2 - \alpha^2) \cos \alpha t + B^2 (\Delta\omega - \alpha)^2}, \quad (7)$$

де

$$A = - \left[2\sqrt{d_{21}^2 E_0^2 \hbar^6 p_1 p_2 \alpha^4 (\alpha + \Delta\omega)^2} + \hbar^2 \alpha (\alpha + \Delta\omega) \left[d_{21}^2 E_0^2 p_2 + \hbar^2 p_1 (\alpha^2 - \Delta\omega^2) \right] \right] \times \quad (8)$$

$$\times \frac{\sqrt{-2\sqrt{d_{21}^2 E_0^2 \hbar^6 p_1 p_2 \alpha^4 (\alpha + \Delta\omega)^2} + \hbar^2 \alpha^2 (d_{21}^2 E_0^2 p_2 + \hbar^2 p_1 (\alpha + \Delta\omega)^2)^2}}{\hbar^4 \alpha^4};$$

$$\times \frac{2\hbar^2 \alpha (\alpha + \Delta\omega) (-d_{21}^2 E_0^2 p_2 + \hbar^2 p_1 (\alpha + \Delta\omega)^2)}{2\hbar^2 \alpha (\alpha + \Delta\omega) (-d_{21}^2 E_0^2 p_2 + \hbar^2 p_1 (\alpha + \Delta\omega)^2)}$$

$$B = -\frac{1}{2} \times$$

$$\times \sqrt{\frac{-2\sqrt{d_{21}^2 E_0^2 \hbar^6 p_1 p_2 \alpha^4 (\alpha + \Delta\omega)^2} + \hbar^2 \alpha^2 (d_{21}^2 E_0^2 p_2 + \hbar^2 p_1 (\alpha + \Delta\omega)^2)^2}{\hbar^4 \alpha^4}}; \quad (9)$$

$$\alpha = \sqrt{(\Delta\omega)^2 + \left(\frac{d_{21} E_0}{\hbar}\right)^2}; \quad (10)$$

де $\Delta\omega$ – зсув від резонансної частоти переходу в збуджений стан;
 p_1 і p_2 – вірогідність незбудженого і збудженого стану молекули, відповідно.

Одержані вирази для $C_1(t)$ і $C_2(t)$ дозволяють знаходити вірогідність переходу молекули з незбудженого стану в іонізований p_{12} і навпаки p_{21} , залежно від зсуву частоти зовнішнього електромагнітного випромінювання по відношенню до власної частоти випромінювання молекули. Тобто, (6) описує вірогідність переходу молекули з неіонізованого стану в іонізований або вірогідність зміни діелектричної проникності біоречовини від зсуву частоти зовнішнього електромагнітного випромінювання по відношенню до частоти власного випромінювання молекул [2]. Проведені чисельні розрахунки із створення вільних радикальних пар в результаті дії зовнішнього низькоенергетичного електромагнітного поля на насіння гороху (рис. 1, 2).

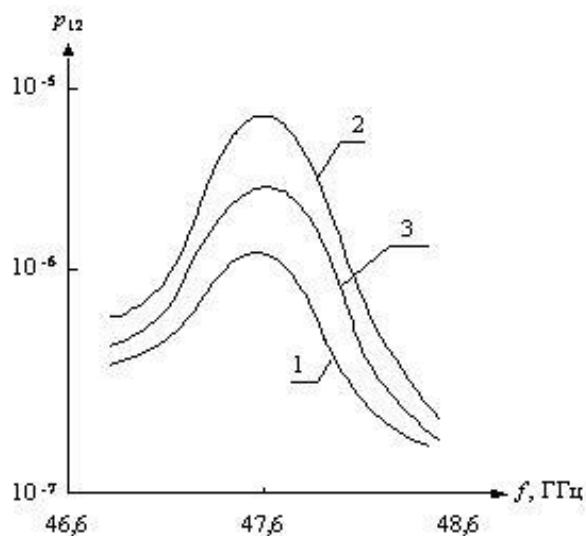


Рис. 1. Залежність вірогідності утворення вільних радикальних пар P_{12} для насіння гороху від частоти зовнішнього ЕМВ при $t=10$ хв.: 1 – $P=5$ мкВт/см²; 2 – $P=12$ мкВт/см²; 3 – $P=20$ мкВт/см².

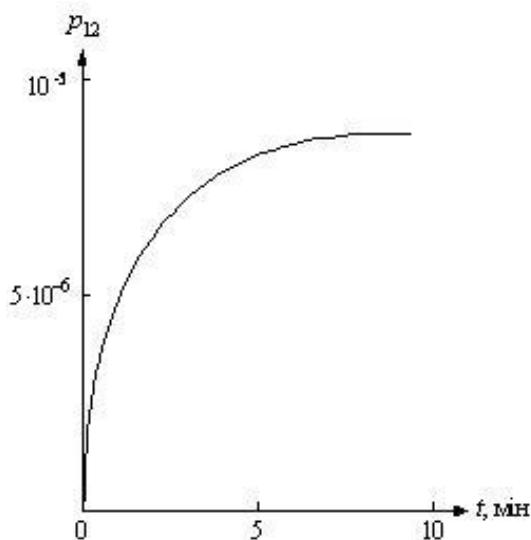


Рис. 2. Залежність вірогідності утворення вільних радикальних пар P_{12} в насінні гороху від часу дії зовнішньої ЕМВ при $P=10$ мкВт/см², $f=47,6$ ГГц.

Висновки. Найбільш інтенсивне утворення вільних радикальних пар в насінні гороху настає на цілком конкретних частотах низькоенергетичного електромагнітного опромінювання, що визначається їх біофізичними характеристиками. Даний процес спричиняє зміну загального дипольного моменту речовини, і для насіння гороху добавка складає $2 \cdot 10^{-6}$ частину від загального дипольного моменту. Для визначення одержаної зміни у ϵ' чутливість відповідного пристрою повинна бути порядку 10^{-6} . Добавка до уявної частини відносної діелектричної постійної речовини насіння гороху дорівнює $\Delta\epsilon'' = 0,0009$.

Оскільки на розглянутих вище частотах опромінювання насіння гороху $\varepsilon'' = 1,1$, для визначення даної зміни потрібна чутливість приладу не гірше 10^{-4} .

Література.

1. Хинпель А.Р. Диэлектрики и волны / А.Р.Хинпель. – Пер. с английского. Под ред. проф. Н.Г.Дроздова. – Изд-во иностранной литературы. - Москва, 1966. – 439 с.

2. Мунтян В.А. Влияние электромагнитных излучений на образование свободных радикалов в биообъектах / В.А. Мунтян // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. - Харьков: "СВЭКО". - 2006. - № 10. – С. 17 – 23.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С БИООБЪЕКТАМИ

Мунтян В.А., Федюшко Ю.М., Коваль Д.М.

Аннотация - рассмотрено взаимодействие низкоэнергетического электромагнитного облучения с биологическими объектами и путем теоретических исследований получены зависимости вероятности свободных радикальных пар в семенах гороха от времени действия внешнего электромагнитного излучения

THEORETICAL ANALYSIS OF LOW-ENERGY ELECTROMAGNETIC RADIATION INTERACTION WITH BIOLOGICAL OBJECTS

V. Muntian, Y. Fediushko, D. Koval

Summary

Low-energy electromagnetic radiation interaction with biological objects is considered in given article and graphical dependences of the pea seeds free radical pairs formation probability are obtained on the basis of theoretical studies.



УДК 631.371

МЕТОДИКА ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В НЕСИММЕТРИЧНО НАГРУЖЕННОЙ ЧЕТЫРЕХПРОВОДНОЙ СЕТИ

Лежнюк П.Д., д.т.н.,

Винницкий национальный технический университет

Мирошник А.А., к.т.н.

Харьковский национальный технический университет

сельского хозяйства им. П. Василенка

Тел.: (057) 712-35-37

Аннотация – предложена методика для вычисления потерь мощности в несимметрично нагруженной распределительной сети 0,38/0,22 кВ.

Ключевые слова – распределительная сеть, несимметричная нагрузка, потери, активная мощность.

Постановка проблемы. В современных условиях развития электрификации сельского хозяйства, характеризующейся увеличением мощностей нагрузок сельскохозяйственных предприятий, развитием электротехнологии и автоматизации технологических процессов, а также повышением степени использования электрического оборудования, следует уделять особое внимание наиболее эффективному использованию электрической энергии. Характерные черты, свойственные режимам работы сельских сетей 0,38 кВ могут быть установлены только на основании изучения массовых процессов, связанных с потреблением электроэнергии, путем специально организуемых наблюдений и исследований.

Потребление электрической энергии отдельными однофазными приемниками в общем случае зависит от факторов двух родов, одни из которых носят регулярный и устойчивый характер, а характер других отражает нерегулярные случайные колебания нагрузки.

Это обстоятельство является причиной того, что токи на участках фидеров под влиянием целого ряда случайных факторов в любой рассматриваемый момент времени могут отклоняться от своего среднего значения, то есть по сути являются случайными величинами. Следовательно, временные изменения нагрузки сельскохозяйственных фидеров и потребительских подстанций можно рассматривать как

случайную функцию, математическое ожидание которой характеризуется средним графиком изменения нагрузки во времени.

Анализ последних достижений. Для определения потерь активной мощности (и энергии) в четырехпроводных (и трехпроводных) неравномерно нагруженных линиях предложен ряд методов, основанных, главным образом, на необходимости знания величин линейных токов и тока в нулевом проводе [1]. Методы основаны, в общем, на определении степени несимметрии или коэффициентов неравномерности токов и зависящей от них кратности увеличения потерь (по отношению к потерям в симметричном режиме). При прочих равных условиях практически наиболее приемлемым следует считать поэлементный метод расчета [2].

Формулировка целей статьи. Необходимо разработать методику для определения потерь мощности в несимметрично нагруженной распределительной сети 0,38/0,22 кВ.

Основная часть. С точки зрения эксплуатации сетей 0,38 кВ, особенно сельских, нужно учесть следующее: неравномерно нагруженные линии с одной сосредоточенной на конце нагрузкой встречаются на практике крайне редко, нагрузка, как правило, распределена вдоль линии; измерение токов в проводах на многочисленных участках линий с распределенной нагрузкой затруднительно, а иногда невозможно.

Поэтому, основными недостатками методов следует считать:

- необходимость знания токов в трех линейных проводах и нулевом проводе на всех многочисленных участках сети;
- возможность определения потерь (или кратности их увеличения) только на каждом отдельном участке с последующим их суммированием, для чего необходимо, кроме всего прочего, измерение токов производить одновременно на всех участках и т.п.

Учитывая все сказанное, приходим к заключению, что с точки зрения эксплуатации сети метод определения потерь мощности в неравномерно нагруженной линии с распределенной нагрузкой должен удовлетворять следующим требованиям:

- давать возможность вычисления потерь сразу по всей линии с любым числом неравномерно нагруженных участков;
- не требовать для вычислений знания токов в линейных и нулевом проводах ни на одном участке линии;
- позволять производить вычисления по таким доступным в эксплуатации показателям режима, как уровни напряжения в начале и конце линии и по средним электрическим параметрам электропередачи.

Ниже приводится методика вычисления потерь мощности для общего случая несимметрично нагруженной четырехпроводной сети.

Матрица падений напряжений на любом элементе трехфазной сети в несимметричном режиме равна [3]:

$$\Delta \dot{U}_{S_3} = \dot{I}_S Z_{S_3}, \quad (1)$$

где

$$Z_{S_3} = \begin{Bmatrix} Z_{0_3} & Z_{2_3} & Z_{1_3} \\ Z_{1_3} & Z_{0_3} & Z_{2_3} \\ Z_{2_3} & Z_{1_3} & Z_{0_3} \end{Bmatrix},$$

$$Z_{0_3} = \frac{1}{3}(Z_A + Z_B + Z_C) = Z_{0_3} e^{j\varphi_0};$$

$$Z_{1_3} = \frac{1}{3}(Z_A + aZ_B + a^2Z_C) = Z_{0_3} e^{j\varphi_1};$$

$$Z_{2_3} = \frac{1}{3}(Z_A + a^2Z_B + aZ_C) = Z_{0_3} e^{j\varphi_2};$$

где Z_A, Z_B, Z_C – сопротивления фаз элемента сети.

Из уравнения (1) может быть получена матрица сопротивлений элемента сети в схемах симметричных составляющих:

$$\Delta Z_S = \begin{Bmatrix} \Delta Z_1 \\ \Delta Z_2 \\ \Delta Z_0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} Z_{0_3} & Z_{2_3} & Z_{1_3} \\ Z_{1_3} & Z_{0_3} & Z_{2_3} \\ Z_{2_3} & Z_{1_3} & Z_{0_3} \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} 1 & \dot{\alpha}_i & \dot{\beta}_i \\ 1 & \dot{\alpha}_i^{-1} & \dot{\gamma}_i \\ 1 & \dot{\beta}_i^{-1} & \dot{\gamma}_i^{-1} \end{Bmatrix}, \quad (2)$$

где $\dot{\alpha}_i = \frac{I_2}{I_1} e^{j(\nu_2 - \nu_1)}$; $\dot{\beta}_i = \frac{I_0}{I_1} e^{j(\nu_0 - \nu_1)}$; $\dot{\gamma}_i = \frac{I_0}{I_2} e^{j(\nu_0 - \nu_2)}$.

Из (2) вытекает, что

$$Z_S = Z_{0_3} + \Delta Z_S, \quad (3)$$

то есть сопротивление элемента сети току соответствующей последовательности равно его сопротивлению Z_{0_3} плюс добавочное сопротивление, обусловленное протеканием по данному элементу токов всех трех последовательностей, т.е. всегда $Z_S > Z_{0_3}$, где

$$Z_S = \begin{Bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} Z_{2_3} & Z_{1_3} \\ Z_{1_3} & Z_{2_3} \\ Z_{2_3} & Z_{1_3} \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \dot{\alpha}_i & \dot{\beta}_i \\ \dot{\alpha}_i^{-1} & \dot{\gamma}_i \\ \dot{\beta}_i^{-1} & \dot{\gamma}_i^{-1} \end{Bmatrix}. \quad (4)$$

В линиях 038/0,22 кВ при неучете реактивного сопротивления могут иметь место следующие два частных случая:

1. $\dot{\alpha}_i \neq 0$; $\dot{\beta}_i \neq 0$; $\dot{\gamma}_i = 0$;
 $Z_A = Z_B = Z_C \neq 0$;
 $\Delta Z_1 = \Delta Z_2 = \Delta Z_0 = 0$;

2. $\dot{\alpha}_i \neq 0; \dot{\beta}_i \neq 0; \dot{\gamma}_i \neq 0;$
 $Z_A \neq Z_B \neq Z_C \neq 0;$
 $\Delta Z_1 \neq 0; \Delta Z_2 \neq 0; \Delta Z_0 \neq 0.$

В трансформаторах в случае, когда углы между векторами токов в фазах равны $\frac{2}{3}\pi$:

$$\alpha_i = \beta_i = \frac{1}{3}; \gamma_i = 1,$$

$$\Delta Z_1 = \frac{1}{3} [Z_{2\vartheta} e^{j(\nu_2 - \nu_1)} + Z_{1\vartheta} e^{j(\nu_0 - \nu_1)}],$$

$$\Delta Z_2 = \frac{1}{3} [Z_{1\vartheta} e^{j(\nu_1 - \nu_2)} + Z_{2\vartheta} e^{j(\nu_0 - \nu_2)}], \quad (5)$$

$$\Delta Z_0 = \frac{1}{3} [Z_{2\vartheta} e^{j(\nu_1 - \nu_0)} + Z_{1\vartheta} e^{j(\nu_2 - \nu_0)}].$$

Потери активной мощности в рассматриваемом режиме в элементе сети могут быть вычислены по выражению

$$\Delta P_{нес} = 3(I_1^2 \operatorname{Re} Z_1 + I_2^2 \operatorname{Re} Z_2 + I_0^2 \operatorname{Re} Z_0) + 9I_0^2 \operatorname{Re} Z_{нн}, \quad (6)$$

где $Z_{нн}$ - кажущееся сопротивление нулевого провода.

Обращаясь к (2), найдем матрицу действительных частей кажущихся сопротивлений элемента сети:

$$\operatorname{Re} \mathbf{Z}_s = \begin{Bmatrix} \operatorname{Re} Z_1 \\ \operatorname{Re} Z_2 \\ \operatorname{Re} Z_0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} Z_{0\vartheta} & \alpha_i Z_{2\vartheta} & \beta_i Z_{1\vartheta} \\ Z_{1\vartheta} & \alpha_i^{-1} Z_{0\vartheta} & \gamma_i Z_{2\vartheta} \\ Z_{2\vartheta} & \beta_i^{-1} Z_{1\vartheta} & \gamma_i^{-1} Z_{0\vartheta} \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} 1 & g & d \\ 1 & b & e \\ 1 & c & f \end{Bmatrix}. \quad (7)$$

где

$$g = \frac{\cos(\nu_2 - \nu_1 - \varphi_0)}{\cos \varphi_0}, \quad b = \frac{\cos(\nu_1 - \nu_2 + \varphi_0)}{\cos \varphi_0},$$

$$c = \frac{\cos(\nu_1 - \nu_0 + \varphi_2)}{\cos \varphi_0}, \quad d = \frac{\cos(\nu_0 - \nu_1 + \varphi_1)}{\cos \varphi_0},$$

$$e = \frac{\cos(\nu_0 - \nu_2 + \varphi_2)}{\cos \varphi_0}, \quad f = \frac{\cos(\nu_2 - \nu_0 + \varphi_1)}{\cos \varphi_0}.$$

Легко убедиться, что

$$K_y = \frac{\Delta P_{нес}}{\Delta P_{сум}} = \frac{(I_1^2 + I_2^2 + I_0^2) \operatorname{Re} Z_{0\vartheta} + (I_1^2 \operatorname{Re} \Delta Z_1 + I_2^2 \operatorname{Re} \Delta Z_2 + I_0^2 \operatorname{Re} \Delta Z_0) + 3I_0^2 \operatorname{Re} Z_{нн}}{I_{ср.ар}^2 \operatorname{Re} Z_{0\vartheta}} > 1, \quad (8)$$

где K_y - кратность увеличения потерь.

Выводы. Потери активной мощности в любом элементе сети при неравномерной нагрузке фаз превышают потери в этом же элементе в

симметричном режиме. Кратность увеличения потерь в реальных сетях 0,38 кВ может намного превышать единицу.

Литература

1. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення: ГОСТ 13109-97. – [Действует с 1999-01-01]. – М.: Стандартиформ, 2006. – 35 с.
2. Железко Ю. С. Расчет технологических потерь электроэнергии в электрических сетях / Железко Ю. С., Артемьев А. В., Савченко О. В. // Энергетик. – 2003. – №2. – С. 29–33.
3. Мельников Н. А. Матричный метод анализа электрических цепей/ Н. А. Мельников – М.: Энергия, 1972. – 231 с.

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ У
НЕСИМЕТРИЧНО НАВАНТАЖЕНІЙ
ЧОТИРЬОХПРОВОДНІЙ МЕРЕЖІ**

Лежнюк П.Д., Мирошник О.О.

Анотація - запропонована методика для обчислення втрат потужності у несиметрично навантажених розподільчій мережі 0,38/0,22 кВ.

**TECHNIQUE OF CALCULATION OF LOSSES OF CAPACITY
FOR A GENERAL CASE OF THE ASYMMETRICALLY LOADED
NETWORK C BY FOUR WIRES**

P. Legnjuk, A. Miroshnyk

Summary

Is offered a technique for calculation of losses of capacity in the asymmetrically loaded distributive network 0,38/0,22 kV.



УДК 514.18

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ЗАДАЧ З НЕДИФЕРЕНЦІЙОВАНИМИ ФУНКЦІЯМИ

Найдиш А.В., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-20-32

Анотація – у роботі розглядається новий напрямок геометричного моделювання розв'язання екстремальних задач з недиференційованими функціями. Надається загальна характеристика напрямку, сформульовані його основні риси, методологічні принципи формування, перспективи розвитку напрямку. Новий науковий напрямок створений і розвивається в рамках держбюджетної науково-дослідної програми “Моделювання явищ та процесів на основі оптимальних критеріїв наближення” (номер держреєстрації 0107U008959); він вирішує важливу наукову проблему – моделювання виробничих, наукових, економічних задач екстремального характеру з недиференційованими цільовими функціями-критеріями.

Ключові слова - геометричне моделювання, екстремальна задача, недиференційовані функції, простір параметрів моделюючої функції, цільовий критерій, цільова функція, найменше сумарне відхилення (НСВ), найменше граничне відхилення (НГВ).

Постановка проблеми. У практичних задачах моделювання, зазвичай, вихідні дані, що відображують реальний процес або явище, представлені у вигляді дискретної точкової множини (ДТМ), або, у геометричному сенсі, у вигляді дискретно представленої кривої (ДПК), при цьому число точок значно перевищує число параметрів моделюючої кривої, так що деякі точки мають ненульові відхилення від розрахункового значення. Для одержання розв'язку при цих умовах застосовуються статистичні методи, тобто вводиться деяка цільова функція, що встановлює певну залежність між відхиленнями (цільовий критерій розв'язку задачі).

Цільова функція, що відповідає задачі моделювання, може бути екстремальною, тобто відшуковуються параметри моделюючої функції при екстремальних значеннях критерію (екстремальна задача); або не

екстремальною в інших випадках. При цьому, якщо цільовий критерій - екстремальний, а цільова функція - недиференційована, то виникає проблема пошуку її екстремуму. Одним із підходів для розв'язання цієї проблеми є застосування апарату геометричного моделювання, що відкриває відповідний новий напрямок для розв'язання цього класу задач.

Аналіз останніх досліджень. Основними шляхами моделювання явищ і процесів є *апроксимація, оптимізація, статистика* [1] (цільові функції можуть бути як екстремальними, так і не екстремальними).

Зробимо порівняльний аналіз вище зазначених шляхів моделювання і класів прикладних задач [1-5].

Зазначимо види цільових функцій:

- диференційовані (пошук екстремуму цільової функції здійснюється методами математичного аналізу; наприклад, критерій мінімуму суми квадратів відхилень – метод найменших квадратів (МНК) [1]);
- недиференційовані (у звичайному сенсі), наприклад, критерій найменшого сумарного відхилення (НСВ) або критерій найменшого граничного відхилення (НГВ) [7, 8]. У цьому випадку методи математичного аналізу неспроможні і потрібно шукати нові підходи.

Проблема розв'язання екстремальних задач з диференційованими цільовими функціями в основному вирішена. У той же час, проблема розв'язання екстремальних задач з недиференційованими цільовими функціями, повною мірою, не вирішується традиційними (математичними) підходами, особливо при дискретних вихідних даних. Наведемо певні результати, отримані в цьому напрямку:

- метод найменших модулів (МНМ), що представляє собою різновид зважених середньоквадратичних наближень, запропонований Мудровим В.І. [4];
- метод найменших абсолютних відхилень Єпішина Ю.Г. [2];
- спроби Успенського А.К. реалізувати НГВ-критерій [5].

Однак достатніх теоретичних положень і конструктивних алгоритмів рішення, крім МНМ, не було отримано. Тому то можна зробити висновок про пріоритет розробки напрямків і методів розв'язання екстремальних задач з недиференційованими функціями для дискретних точкових множин на основі апарату геометричного моделювання, що і формує важливу наукову проблему геометричного моделювання.

Окрім того, актуальність проблеми визначається її винятковою важливістю для практики, де сам зміст модельованого явища вимагає оцінок, відмінних від відомих МНК-оцінок. Задачі такого характеру виникають для одержання ефективних і обґрунтованих оцінок для технічних рішень при проектуванні; для прийняття управлінських рішень при економіко-математичному моделюванні і розв'язанні задач

оптимізації; для прийняття прогнозуючих рішень; для прийняття соціальних і господарських програм та ін.

Аналіз можливостей відомих методів [2-5] у розв'язанні зазначеної вище проблеми дає наступні висновки:

- жоден із зазначених методів не дає загальної схеми розв'язання задачі моделювання в теоретичному і прикладному плані (тобто: теоретичне обґрунтування, сам метод, його обчислювальний спосіб, алгоритмічна і програмна реалізація);
- означені методи не дають гарантії досягнення точного розв'язку, хоча в теоретичному плані це забезпечує МНМ, але залишається невирішеним питання його ефективної обчислювальної реалізації;
- не розроблені теоретичні основи хоча б одного з напрямків розв'язання вище названої проблеми;
- для зазначених раніше критеріїв моделювання, що є екстремальними недиференційованими цільовими функціями, не встановлений конструктивний зв'язок між координатами точок вихідної множини і параметрами моделюючої функції у вихідному просторі.

Вище зроблені висновки вказують на основні проблеми та напрями наукових досліджень з даної проблеми.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Зроблений вище аналіз та його висновки визначають необхідність розвитку нового напрямку геометричного моделювання для розв'язання екстремальних задач з недиференційованими цільовими функціями [7, 8], що представлені в численних і різноманітних задачах апроксимації, оптимізації і статистики.

Основна частина. Головною ідеєю напрямку є перенесення розв'язання екстремальної задачі у простір параметрів моделюючих функцій [6], сформованих з урахуванням властивостей цільової функції-критерію із дотриманням наступних умов:

- наявність зв'язку між координатами ДПК і шуканими параметрами;
- збереження визначальних властивостей цільової функції.

Проведені на теперішній час наукові та прикладні дослідження [6-10] дозволяють говорити про те, що сформовано теоретичне ядро напрямку, та вказати його методологічні принципи, основні риси та особливості, що загалом забезпечує розробку нових методів геометричного моделювання, призначених для розв'язання розглянутих задач.

Методологічні принципи напрямку:

1. Основа напрямку - геометричні елементи і співвідношення між ними, що відповідають заданому класові екстремальних задач.
2. Зміст напрямку - сукупність методів, сформованих у залежності від виду екстремальних задач і співвідношень між геометричними

- елементами.
3. Основою окремого методу напрямку є ланцюг геометричних співвідношень, що приводять до розв'язання відповідної екстремальної задачі.
 4. Взаємозв'язок між методами напрямку визначається спільністю їх геометричних елементів та з взаємозв'язками між відповідними цим методам екстремальними задачами.
 5. Предметною областю напрямку є клас моделюючих функцій, як правило, лінійних щодо своїх коефіцієнтів-параметрів, або перетворених до такого вигляду.
 6. Застосування методу напрямку повинно гарантувати досягнення точного розв'язку.
 7. Алгоритмічна та обчислювальна реалізація методів напрямку орієнтована на сучасні ПЕОМ і повинна забезпечувати задану точність.

Основні риси напрямку:

1. Напрямок дає теоретичні основи для розробки нових методів, забезпечуючи їхню універсальність у відношенні кількості і позиційних характеристик вихідних даних.
2. Напрямок дозволяє розв'язувати широке коло екстремальних задач і дає простір для розробки нових відповідних ефективних методів геометричного моделювання.
3. Методи, розроблені в рамках напрямку, мають принципове і методологічне загальне алгоритмічне і програмне забезпечення, обчислювальні модулі різних способів і методів напрямку, можуть поєднуватися в єдиний прикладний програмний продукт.

Особливості напрямку:

1. Змістовна - розв'язок відшукується у просторі параметрів моделюючої функції, сформованому з урахуванням властивостей цільової функції.
2. Алгоритмічна - пошук екстремальних елементів опуклих багатограних поверхонь у багатовимірному просторі параметрів.
3. Обчислювальна - послідовне нарощування числа параметрів з визначенням значення критерію на кожному із кроків розрахунку до досягнення заданої точності.
4. Практична - можливість побудови оптимальних (у змісті задачі) геометричних моделей екстремальних задач з недиференційованими функціями для дискретних точкових множин (або ДПК).

Перспективи розвитку напрямку:

1. Розробка нових критеріїв та відповідних їм методів моделювання.
2. Розширення класу моделюючих функцій і, особливо, їхніх дискретних представлень.
3. Розв'язання задач моделювання кривих ліній і поверхонь за наперед заданими вимогами.

4. Розробка методів напрямку в системах координат, адаптованих до прикладних задач.
5. Розвиток кореляційного аналізу на базі розроблених методів.

Висновки. У статті означені актуальність, головна концепція та основні риси і властивості нового напрямку геометричного моделювання призначеного для розв'язання екстремальних задач з недиференційованими функціями. Досягнуті на теперішній час результати [9, 10] показують практичну доцільність напрямку і його наукову необхідність і актуальність. Розвиток напрямку та розробка його методів, відповідних до різних типів екстремальних задач, істотно розширює можливості моделювання, дозволяє підвищити вірогідність аналізу, оцінки і, як наслідок, створює основи для удосконалення виробничих і економічних процесів.

Література.

1. *Калиткин Н.И.* Численные методы / *Н.И. Калиткин.* - М.: Наука, 1978. - 512с.
2. *Епишин Ю.Г.* Регрессионный метод наименьших абсолютных отклонений / *Ю.Г. Епишин* // Завод. лаборатория. – М., 1974.- №10.- С.1227-1232.
3. *Загайтов И.Б.* Об использовании способа минимальных отклонений в экономических исследованиях/ *И.Б. Загайтов* // Вестник статистики.- М., 1969.- №7. - С.22-31.
4. *Мудров В.И., Кушко В.Л.* Метод наименьших модулей. / *В.И. Мудров, В.Л. Кушко*//. - М.: Знание, 1971. - №7.- 64с.
5. *Успенский А.К.* Нахождение параметров эмпирических формул по способу наименьшего предельного уклонения / *А.К. Успенский* // Тр. Моск. ин-та инж. Землеустройства. Вып. 2. – М., 1957.- С.27-31.
6. *Найдыш А.В.* Решение задач геометрического моделирования на основе перенесения в пространство параметров/ *А.В. Найдыш* // Прикл. геом. та інж. граф./ КДТУБА.- К., 1997.– Вип. 62.– С. 56-59.
7. *Найдыш А.В.* Моделирование при условии наименьшего суммарного отклонения / *А.В. Найдыш* // Современные проблемы геом. моделирования : сб. трудов 3 междунар. науч.-практ. конф. 3-5 сент. 1996 / ТГАТА. – Мелитополь, 1996. – Ч. 1. – С. 78.
8. *Найдыш А.В.* Багатовимірна НГВ-апроксимація / *А.В. Найдыш* // Прикл. геом. та інж. граф./ КДТУБА.– К., 1998.– Вип. 63.– С. 67-70.
9. *Найдыш А.В.* Загальний обчислювальний алгоритм дискретного методу найменшого граничного відхилення / *А.В. Найдыш, І.Ф. Марченко* // Труды ТГАТА. – Мелитополь, 1999.– Вип. 4, т. 10. – С. 35-37.
10. *Найдыш А.В.* Апроксимація спіралеподібних дискретно представлених кривих у полярній системі координат / *А.В. Найдыш, О.Є. Мацулевич* // Сучасні проблеми геом. моделювання : матеріали міжнар. наук.-практ. Конф. / Нац. університет “Львівська політехні-

ка”. – Львів, 2003. – С. 81-82.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО РЕШЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАДАЧ С НЕДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Найдыш А.В.

Аннотация - В работе рассматривается новое направление геометрического моделирования решения экстремальных задач с недифференцируемыми функциями. Дается общая характеристика направления, сформулированные его основные черты, методологические принципы формирования, перспективы развития направления. Новое научное направление создано и развивается в рамках госбюджетной научно-исследовательской программы "Моделирование явлений и процессов на основе оптимальных критериев приближения" (номер госрегистрации 0107U008959); оно решает важную научную проблему - моделирование производственных, научных, экономических задач экстремального характера с недифференцируемыми целевыми функциями-критериями.

GEOMETRICAL MODELLING AS AGENT SOLUTION OF EXTREME TASKS WITH NOT DIFFERENTIABLE FUNCTIONS

A. Naydysh

Summary

Work represents a direction of geometrical modelling which is created and develops in frameworks state-budget research program "Modelling of the phenomena and processes on the basis of optimal criteria of approach" (number the state registration 0107U008959). The direction solves the important scientific problem - modelling of industrial, scientific, economic tasks of extreme character with not differentiable functions-models. The general characteristic of a direction, formulated its basic features, methodological principles of formation, prospect of development of a direction are given.



УДК 514.18

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИСКРЕТНО ПРЕДСТАВЛЕНИХ КРИВИХ ЛІНІЙ І ПОВЕРХОНЬ ІЗ ЗАДАНИМИ ІНТЕГРАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Малкіна В.М., д.т.н.,

Тітова О.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-68-62

Анотація – пропонується спосіб побудови інтерполяційного поліному для дискретно представленої функції із заданими позиційними і інтегральними властивостями на основі методу адаптивного ортонормування поліномів.

Ключові слова – інтегральні властивості, метрика простору, інтерполяційний поліном.

Постановка проблеми. При розв'язанні прикладних задач виникає необхідність моделювання дискретно представлених кривих і поверхонь, які задовольняють деяким умовам диференціального або інтегрального характеру. Для побудови інтерполяційної моделі, яка задовольняє диференціальним характеристикам, може бути застосований відомий метод Ерміта [1], однак випадок з інтегральними умовами зустрічається рідше. Таким чином, виникає необхідність розробки нових способів конструювання моделюючих поверхонь із заданими та інтегральними властивостями.

Аналіз останніх досліджень. В роботах [3], [4] запропоновано метод побудови інтерполяційних поверхонь і кривих ліній із заданими диференціальними властивостями для функції, що представлена таблицею своїх значень. В рамках цього методу можна розробити алгоритм для конструювання геометричних моделей за наперед заданими позиційними і інтегральними характеристиками.

Формулювання цілей статті. Метою досліджень є розробка способу побудови інтерполяційного полінома із заданими позиційними і інтегральними властивостями для дискретно представленої функції на основі методу адаптивного ортонормування поліномів.

Основна частина.

Постановка задачі. Для функції $F = F(x)$, яка задана таблицею своїх значень (x_i, F_i) , $i = 0, 1, 2, \dots, n$, на деякій області Ω необхідно по-

будувати такий інтерполяційний поліном $\Phi = \Phi(\vec{\delta})$, для якого виконуються умови:

$$\Phi(x_i) = F(x_i), \quad i = \overline{0, n}, \tag{1}$$

$$\int_{\Omega_j} \Phi(x) dx = \int_{\Omega_j} F(x) dx = C_j, \quad 1 \leq j \leq m, \tag{2}$$

де Ω_j – деякі однозв’язні області, $\Omega_j \subset \Omega$, $C_j = const$, m – кількість інтегральних умов задачі. Згідно до вимог задачі, метрику пропонується побудувати у вигляді (рис. 1)

$$\rho(f, g) = \sqrt{\sum_{i=0}^n (f(x_i) - g(x_i))^2 + \sum_{j=1}^m \left(\int_{\Omega_j} |f(x)| dx - \int_{\Omega_j} |g(x)| dx \right)^2}. \tag{3}$$

Тобто, значення функцій $f(x)$ і $g(x)$ в заданих точках, а також площі відповідних криволінійних трапецій, співпадають.

Слід зазначити, що побудована метрика є коректною, тому що забезпечує виконання всіх відповідних аксіом метрики [1].

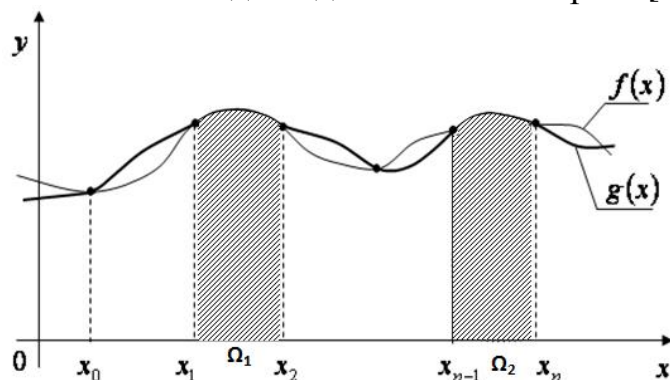


Рис. 1. Геометрична інтерпретація $\rho(f, g)$

Відповідно до обраної метрики, скалярний добуток визначається у вигляді

$$(f, g) = \sum_{i=0}^n f(x_i) \cdot g(x_i) + \sum_{j=1}^m \int_{\Omega_j} |f(x)| dx \cdot \int_{\Omega_j} |g(x)| dx. \tag{4}$$

Алгоритм побудови інтерполяційного поліному із заданими інтегральними властивостями здійснюємо в рамках загального методу адаптивного ортонормування поліномів [2, 4] і складається з наступних етапів:

1. Визначити метрику простору розв’язків і скалярний добуток відповідно до критерію наближення, який впливає з умов задачі у вигляді (2), (3).
2. Визначити базисний набір лінійно незалежних функцій $\varphi_j(x, y)$, ($j = 0, 1, \dots, N^*$).
3. Побудувати ортонормований набір функцій $\tilde{\varphi}_j(x, y)$, ($j = 0, 1, \dots, N^*$), для чого провести процес ортогоналізації за формулами Грама-Шмідта на

базі адаптивного скалярного добутку, який визначено в пункті 1 алгоритму.

4. Побудувати інтерполяційну поверхню у вигляді лінійного поліному ступеня N шляхом розкладання за ортонормованими поліномами $\tilde{\varphi}_j(x, y)$, ($j=0,1,\dots,N^*$)

$$\Phi_N(x, y) = \sum_{j=0}^{N^*} b_j \tilde{\varphi}_j(x, y),$$

де $b_j = (\tilde{\varphi}_j, z)$ – коефіцієнти в розкладанні дискретно представленої функції $z = z(x, y)$ за ортонормованим базисом $\tilde{\varphi}_j(x, y)$, ($j = 0,1,\dots,N^*$).

На рис.2 наведено приклад побудованої запропонованим способом інтерполяційної кривої $y = \Phi(x)$, за умови, що крива проходить крізь точки:

(-0,65; 2), (-0,6; 0,23), (-0,5; 0,36), (-0,25; 1), (-0,1; 2,5), (0,05; 2), (0,1; 2), (0,125; 3) і $\int_{-0,6}^{-0,2} \Phi(x) dx = 1, \int_{-0,1}^0 \Phi(x) dx = 0,3$.

Рівняння побудованого інтерполяційного поліному має вигляд $\Phi(x) = 5687,52x^2 - 1091,28 \cdot 10^2 x^6 - 3488,02 \cdot 10^2 x^7 + 2,90 - 1892,27 \cdot 10^2 x^9 - 4250,27 \cdot 10^2 x^8 - 154,58x^2 + 1183,49x^3 + 10056,3x^4 - 14,55x$.

На рис. 3 зображено графік поверхні $z = \Phi(x, y)$, яка проходить крізь точки:

(0,5; 0; 0,5), (0,05; 0,1; 3), (0,75; 1; 9), (0; 1; 8), (0,6; 0,25; 5), (0,6; 5/6; 6), (1; 0,75; 7), (2/3; 0,5; 8), за умови, що $\int_0^1 \int_0^1 \Phi(x, y) dx dy = 1$ і має вигляд

$$\Phi(x, y) = -148,14y + 133,39y^2 + 275,30xy + 346,86x^2 - 168,38xy^2 - 165,86x^3 + 22,75 - 167,47x - 139,97x^2 y.$$

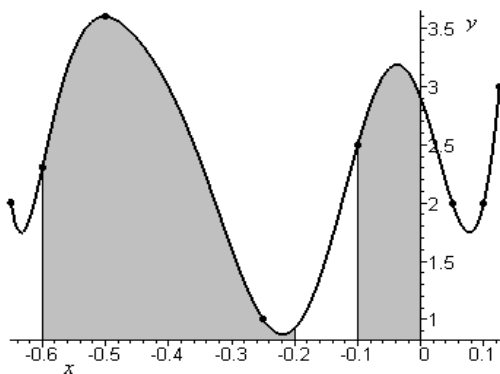


Рис. 2. Графік кривої $y = \Phi(x)$

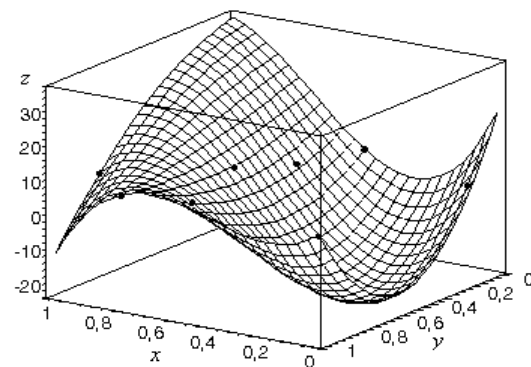


Рис. 3. Графік кривої $z = \Phi(x, y)$

Висновок. У статті запропоновано спосіб побудови інтерполяційного полінома для дискретно представленої функції, яка задоволь-

няє заданим інтегральним характеристикам на основі адаптивного ортонормування поліномів. Наведено тестові приклади розв'язку задач побудови таких інтерполяційних кривих і поверхонь. Наведений спосіб дозволяє розв'язувати прикладні задачі, моделі яких можуть бути описані інтегральними рівняннями.

Література

1. *Березин И.С.* Методы вычислений / *И.С. Березин, Н.П. Жидков* – М.: Гос. издательство физико-математической литературы, 1962. – Т.1. – 464 с.
2. *Малкина В.М.* Геометрическое моделирование поверхностей на основе специальных систем ортонормированных полиномов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. – Мелітополь: ТДАТА, 1999. – 182 с.
3. *Найдиш А.В.* Геометричне моделювання поверхонь з дискретно заданими диференціальними властивостями [*Найдиш А.В., Малкіна В.М., Осадчук О.В.*] // Вестник Херсонского государственного технического университета. – Херсон: ХПТУ. – 2005. – Вип. 2 (22). – С. 219-222.
4. *Титова О.В.* Геометричне моделювання дискретно представлених поверхонь на основі адаптивного ортонормування поліномів: Дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. – 185 с.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНО ПРЕДСТАВЛЕННЫХ КРИВЫХ ЛИНИЙ И ПОВЕРХНОСТЕЙ С ЗАДАНЫМИ ИНТЕГРАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Малкина В.М., Титова О.В.

Аннотация - предлагается способ построения интерполяционного полинома для дискретно представленной функции с заданными позиционными и интегральными свойствами на основе метода адаптивного ортонормирования полиномов.

THE CONSTRUCTION OF INTERPOLATIVE SURFACES AND CURVES WITH THE SET INTEGRAL PROPERTIES

V. Malkina, O. Titova

Summary

The way of construction of an interpolant with the given integral singularities for the tabular function with the help of a special orthonormalized set of polynoms is offered.



УДК 514.18

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДРОБАРКИ НА ОСНОВІ ПОБУДОВИ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ У ТОЧКОВОМУ ЧИСЛЕННІ

Верещага В.М., д.т.н.,

Бездітний А.О., аспірант.*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-20-32

Анотація – у роботі розглядаються задачі побудови умовної розгортки поверхні обертання, твірною якої є циклоїда, та алгеброїчної розгортки поверхні зрізаного конусу, на яку нанесено таутохронні криві, у точковому численні.

Ключові слова – циклоїда, розгортка, точкове числення.

Постановка проблеми. Кафедрою обладнання переробних та харчових виробництв Таврійського державного агротехнологічного університету у рамках держбюджетної науково-дослідної програми “Розробка наукових основ, систем, технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки південного регіону України” (номер держреєстрації 0102U000680) конструюється дробарка для лушення та подріблення зерна за оригінальною схемою. Але конструкція дробарки передбачає наявність двох типів дуже непростих з геометричної точки зору поверхонь: поверхні обертання, твірною якої є циклоїда, та поверхні зрізаного конусу обертання, на бокову поверхню якого нанесено криві, що мають таутохронні властивості [1]. Постає необхідність створення геометричної моделі та комп’ютерної програми, яка б могла побудувати такі поверхні та їх розгортки з достатньою точністю за заданими вхідними параметрами.

Аналіз останніх досліджень. Побудова математичних моделей для конструювання заданих поверхонь зводиться до побудови розгорток цих поверхонь, що є досить розповсюдженим завданням. Але, враховуючи специфічні геометричні особливості поверхонь та те, що одна з них є нерозгортною, можна з упевненістю сказати, що відкриті матеріали з цієї теми знайти дуже важко. Для досягнення цієї мети слід залучити апарат точкового числення через те, що його засоби та методи

* Науковий керівник - д.т.н., професор Верещага В.М.

© д.т.н. В.М. Верещага, А.О. Бездітний

більш відповідають поставленим цілям і простіше реалізуються на ЕОМ [2].

Формулювання цілей статті. Треба побудувати умовну розгортку поверхні обертання, твірною якої є циклоїда, та алгеброїчну розгортку поверхні зрізаного конусу, на який нанесено таутохронні криві, у точковому численні. Матеріал цієї статті наводить математичні моделі, за якими будуть створені програми для побудови цих поверхонь.

Основна частина. Викладемо розв'язання поставлених задач.

1. Побудова розгортки поверхні обертання, твірною якої є циклоїда.

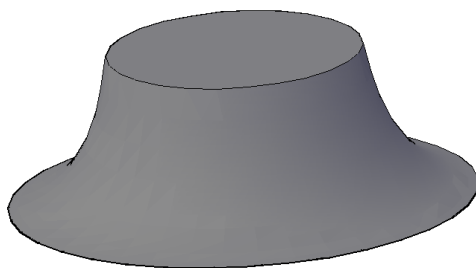


Рис. 1. Загальний вигляд поверхні обертання, твірною якої є циклоїда.

У результаті експеримента, проведеного на кафедрі ОПХВ ТДАТУ, було визначено, що нам потрібна ділянка циклоїди між точками M_i та M_j , у яких кути нахилу дотичних до циклоїди α_i та α_j дорівнюють відповідно 71° та 30° (рис. 2).

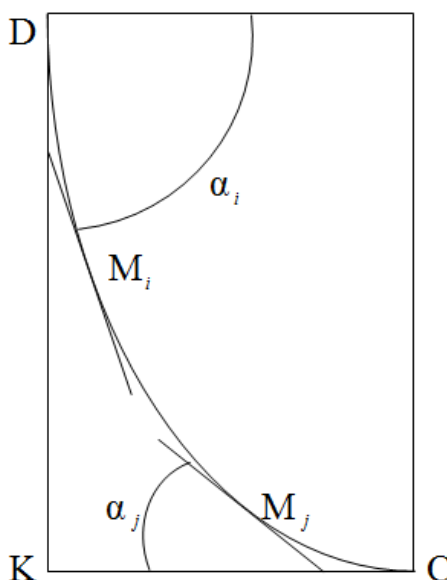


Рис. 2. Загальний вигляд твірної поверхні обертання.

Рівняння циклоїди DC (рис.2) у точковому численні має вигляд

$$M = (C - K) \frac{1 + \cos \varphi}{2} + (D - K) \frac{\varphi + \sin \varphi}{\pi} + K, \text{ де } 0 \leq \varphi \leq \pi. \quad (1)$$

Для знаходження точок M_i та M_j , треба знайти кути α_i та α_j за наступною формулою

$$\alpha_j = \arctg\left(\frac{\frac{M_{j+1}y - M_{j-1}y}{M_{j+1}x - M_{j-1}x}}{\frac{Cy - Ky}{Cx - Kx}}\right), \quad (2)$$

де M_{j+1}, M_{j-1} - точки циклоїди.

Кут α_i можна знайти аналогічно.

Після визначення необхідної ланки циклоїди та її побудови можна приступати до конструювання умовної розгортки, яка буде складатися з 8 однакових «пелюсток» (рис. 3).

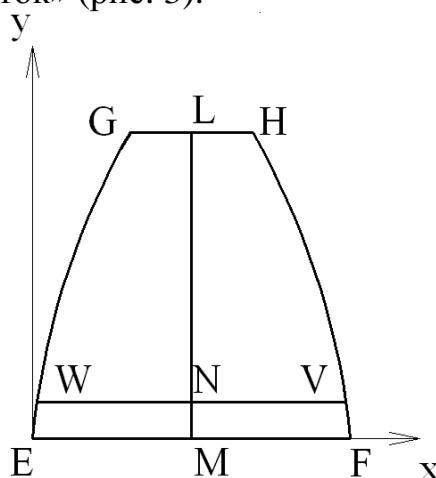


Рис. 3. Сегмент умовної розгортки бокової поверхні.

Знаходимо на знайденій ділянці циклоїди точку M_{min} з найменшою координатою x . Потім беремо будь-яку точку M_i на цій ділянці та знаходимо різницю координат x між нею та M_{min} , додаємо до цієї різниці радіус верхньої основи поверхні (задана величина) і отримуємо радіус поверхні обертання у даній точці M_i . Тепер нам залишається лише знайти добуток отриманої величини на 2π та поділити все це на кількість «пелюсток», щоб отримати довжину ділянки WN (рис. 3).

Залишилося знайти ділянку NM , щоб отримати всі дані для побудови розгортки. Вона буде дорівнювати довжині ланки циклоїди від її початку до заданої точки M_i . Якщо довжину всієї кривої прийняти за S , то розрахувати довжину ділянки циклоїди можна наступним чином

$$S_{i+1} = 4 \cdot \frac{x_i}{\pi} - \sum S_i. \quad (3)$$

2. Побудова алгеброїчної розгортки поверхні зрізаного конусу, на який нанесено таутохронні криві, у точковому численні.

Висота конусу h , діаметри верхньої та нижньої основи D та d , та довжина твірної повного та зрізаного конусу L та l - задані величини.

Алгоритм розв'язання задачі побудови алгеброїчної розгортки конусу обертання:

1) Визначимо центральний кут розгортки φ (рис. 4):

$$\varphi = \frac{\pi D}{L}. \tag{4}$$

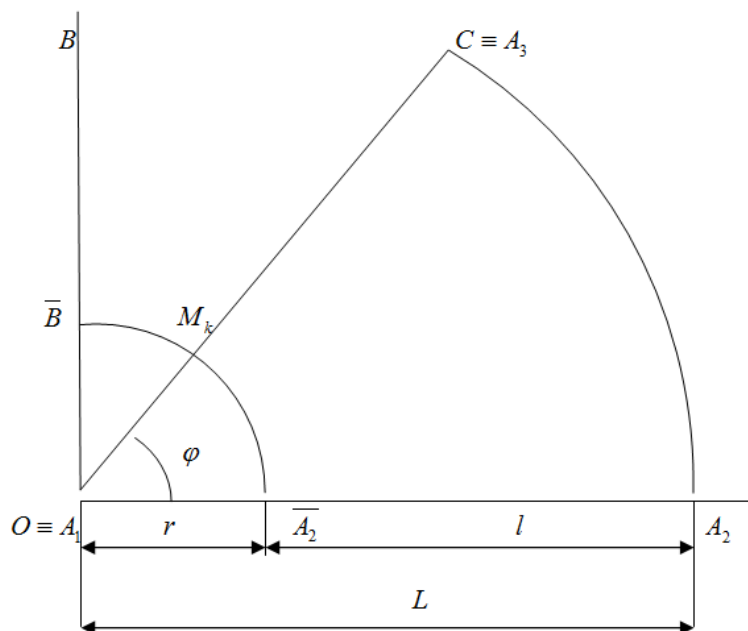


Рис. 4. Загальний вигляд алгеброїчної розгортки зрізаного конусу обертання.

2) Рівняння дуги кола A_2C у точковому численні має вигляд [3, 4]

$$M = (A_2 - A_1) \cos \gamma + (B - A_1) \sin \gamma + A_1, \text{ де } 0 \leq \gamma \leq \varphi. \tag{5}$$

3) Рівняння дуги кола $\overline{A_2M_k}$ у точковому численні має вигляд

$$M = (\overline{A_2} - A_1) \cos \gamma + (\overline{B} - A_1) \sin \gamma + A_1, \text{ де } 0 \leq \gamma \leq \varphi. \tag{6}$$

Таким чином, ми маємо всі необхідні дані для побудови розгортки конусу. Залишається лише нанести на неї криву, що має властивість таутохронності. Для цього визначимо радіус кола, що утворює циклоїду

$$R = \frac{L - M_k x}{\pi}. \tag{7}$$

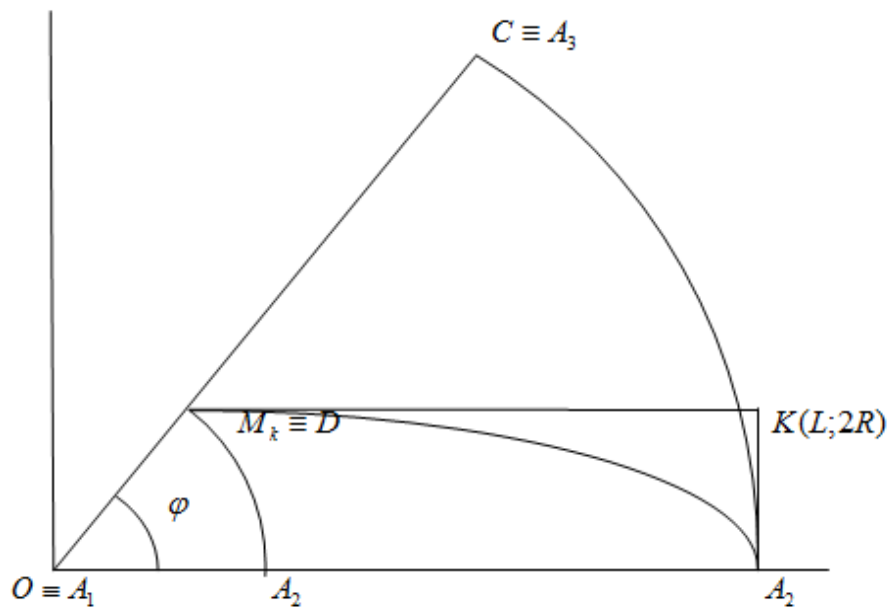


Рис.5. Загальний вид циклоїдної кривої на поверхні алгеброїчної розгортки конусу.

Рівняння циклоїди $M_k A_2$ (рис. 5) у точковому численні має вигляд

$$M = (A_2 - K) \frac{1 + \cos \gamma}{2} + (D - K) \frac{\gamma + \sin \gamma}{\pi} + K, \text{ де } 0 \leq \gamma \leq \pi. \quad (8)$$

Після побудови однієї циклоїди на поверхні розгортки, ми маємо можливість відобразити її скільки завгодно разів та під різними кутами за допомогою засобів програмування.

Висновки. Задачу побудови умовної розгортки поверхні обертання, твірною якої є циклоїда, та алгеброїчної розгортки поверхні зрізаного конусу, на яку нанесено таутохронні криві, було вирішено з використанням засобів точкового числення. На основі отриманої математичної моделі був складений алгоритм, який був успішно реалізований на ЕОМ. Результатом його роботи отримано креслення розгорток, які відображені у середовищі AutoCAD, і є придатними для наступного обміру та виготовлення. Отримані креслення поверхонь обертання, твірними яких є циклоїди, і конусної поверхні з кривими таутохронної властивості дозволили створити та запустити в дію дробарку для лушення та подріблення зерна. Також, результати цієї роботи розширюють клас задач, що були вирішені за допомогою точкового числення.

Література.

1. *Василенко П.К.* Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / *П.К. Василенко.* - Київ, - 1960. – 188 с.

2. *Балюба І.Г.* Вычислительная геометрия в точечном исчислении / *І.Г. Балюба, С.Л. Корнілов, Т.П. Малютіна.* - Макеевка: ДГАСА, - 1990. – 52 с.
3. *Балюба І.Г.* Основи математичного апарату точкового числення / *І.Г. Балюба, В.І. Поліщук, Т.П. Малютіна* // Прикл. геом. та інж. граф. Праці ТДАТА. - Мелітополь: ТДАТА, - Вип. 4, Т. 29. – 2005. – С. 22-30.
4. *Найдиш В.М.* Дискретна інтерполяція / *В.М. Найдиш* - Мелітополь: ТДАТУ, - 2008. - 250 с.

**ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДРОБИЛКИ НА ОСНОВЕ
ПОСТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБРАЩЕНИЯ В
ТОЧЕЧНОМ ИСЧИСЛЕНИИ**

Верещага В.М., Бездетный А.О.

Аннотация - в работе рассматриваются задачи построения условной развертки поверхности обращения, образующей которой есть циклоида, и алгеброичной развертки поверхности срезанного конуса, на которую нанесены таутохронные кривые, в точечном исчислении.

**GEOMETRICAL DESIGN OF CRUSHER'S ELEMENTS FOR
SHELLING AND GROWING OF GRAIN SHALLOW**

V. Vereshaga, A. Bezditniy

Summary

We consider the problem of construction of rotation surface's involute, formative of which is a cycloid, and involutes of surface, cut away a cone where inflicted tautohronic curves, are in-process examined, in a point calculation.



УДК 631.362

ОСОБЕННОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФЕРРОПРИМЕСЕЙ ИЗ СЫПУЧИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Просвирнин В.И., д.т.н.,

Масюткин Е.П., к.т.н.,

Керченский государственный морской технологический университет

Кузнецов И.О., к.т.н.,

Гулевский В.Б., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел.: (0619) 42-83-26

Аннотация – работа посвящена актуальной проблеме извлечения ферропримесей из высокодисперсных сельскохозяйственных материалов таких как мука, мелкие крупы при помощи магнитных концентраторов.

Ключевые слова – дисперсные материалы, магнитные центры, полиградиентные магнитные поля.

Постановка проблемы. Предметом исследований многих ученых нашей современности и недавнего прошлого являлись магнитные поля и их различное применение, одним из направлений которого является актуальная проблема извлечения высокодисперсных ферромагнитных примесей из различных сельскохозяйственных материалов.

Анализ последних исследований. Многие производители магнитных сепараторов столкнулись с актуальной проблемой извлечения ферромагнитных частиц размером 5 - 100 мкм, которые возникают в продукции в результате износа трущихся пар перерабатывающего оборудования.

Постановка задачи исследования. Открытые многополюсные системы (рис. 1) показали свою неэффективность по ряду показателей, что привело к необходимости поиска кардинально нового решения этой задачи, в основе которой создание полиградиентных магнитных полей.

Основная часть. Вообще, в любом приближении, источников однородных магнитных полей не существует и, говоря о различных видах сепараторов, мы предполагаем о существовании градиента напряженности в разных точках его поверхности.

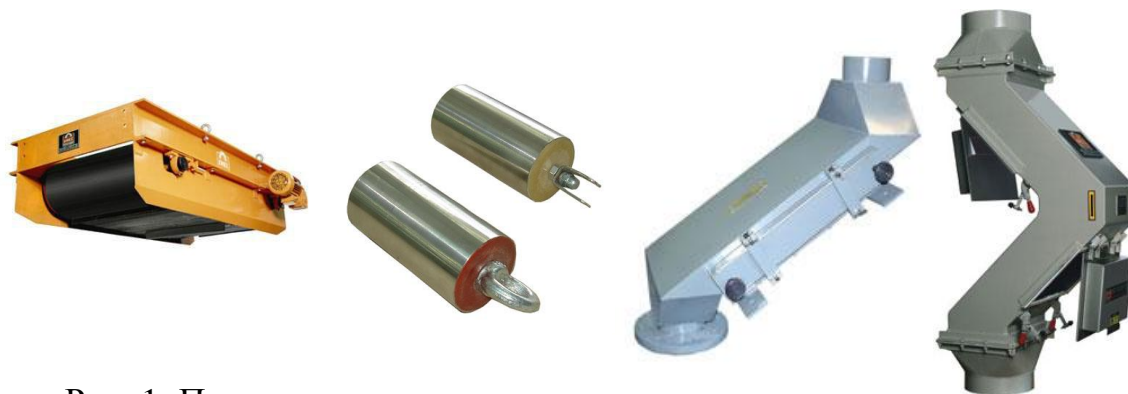


Рис. 1. Пластинчатые магнитные сепараторы.

Что касается промышленного подхода к созданию полиградиентных магнитных сепараторов, то таких попыток было множество. Но, согласно наших исследований, производитель, идя по пути создания конструкций с полиградиентными магнитными полями на базе постоянных магнитов, проигрывает на снижении качества извлечения примесей при длительной эксплуатации сепараторов за счет сложности очистки улавливающих поверхностей (рис. 2). А также эмпирический подход в создании конструкций не позволяет спрогнозировать эффективность очистки сыпучих с.х. материалов от ферромагнитных частиц и, как следствие – не всегда дает положительный результат в создании новых устройств.



Рис. 2. Полиградиентные сепараторы на базе постоянных магнитов.

Как показали исследования последних нескольких лет, требуется комплексный подход в решении этого вопроса, который в первую очередь требует знаний в распределении напряженности магнитного поля полиградиентных источников. В зависимости от формы взаимодействующих полюсов (рис. 3), так называемых «магнитных центров» или концентраторов поля, будет определяться напряженность поля в целом, а именно этот параметр стоит в числе главных факторов, непосредственно влияющих на значение фактической величины силы магнитного поля, благодаря которому частичка ферромагнетика извлекается из потока очищаемого материала.

Важным элементом расчета (рис. 4) электромагнитного сепаратора с концентраторами, на наш взгляд, является определение эффективности его работы, выраженная через взаимосвязь с основными электротехническими параметрами устройства.

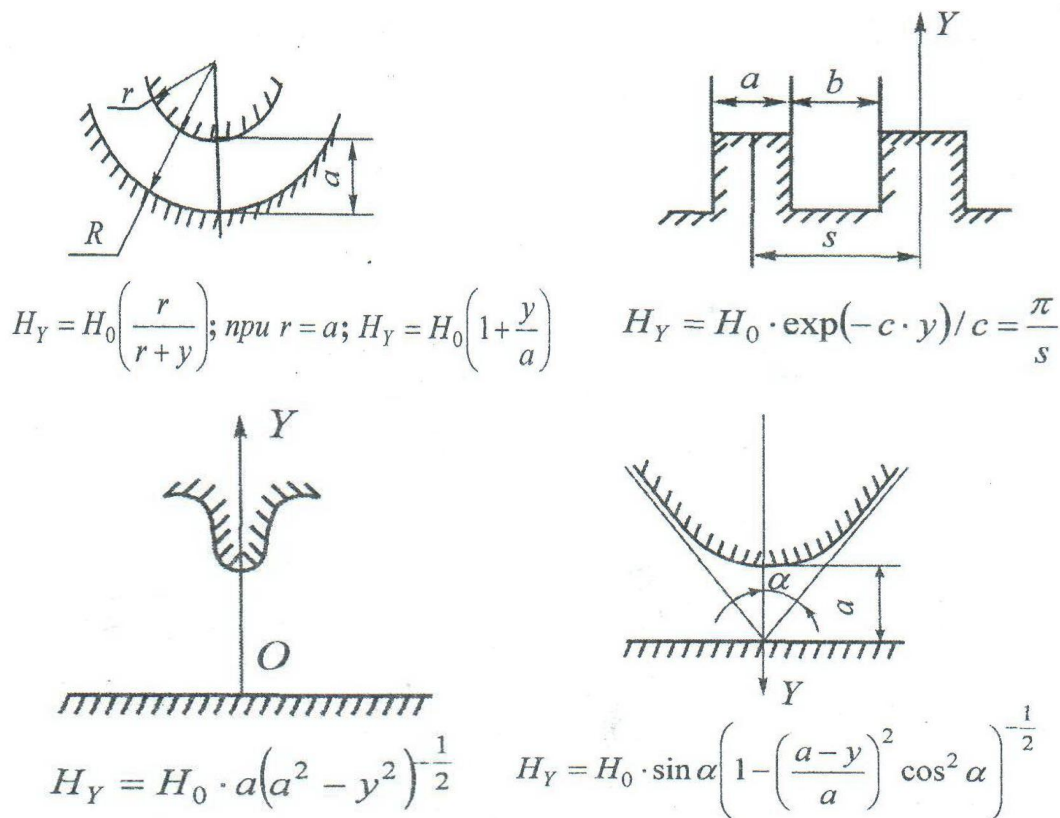


Рис. 3. Виды и формы взаимодействующих полюсов.

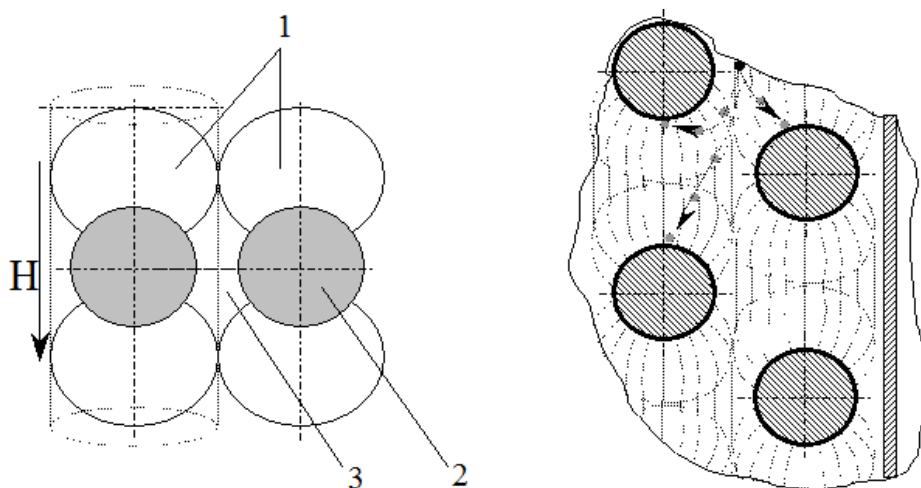


Рис. 4. Распределение напряженности поля вокруг концентраторов: 1 – зона извлечения (полезный объем, V_n), 2 – концентратор (объем, занимаемый концентратором, V_k), 3 – „зоны не улавливания” (объем без поля, $V_{б.н.}$).

Выводы. Согласно предлагаемой методике, эффективность извлечения частиц в электромагнитном сепараторе будет определяться размером и количеством „зон не улавливания”, образованные по причине не полного охвата изменения магнитного поля вокруг каждого магнитного центра. При этом эффективность будет определяться выражением (для данного случая)

$$\mathcal{E} = \frac{V_{\text{общ}} - V_{\text{б.л.}}}{V_{\text{общ}}}$$

Расписав составные части формулы можно получить широкую взаимосвязь всех электротехнических параметров разрабатываемых полиградиентных магнитных сепараторов с параметрами очищаемых смесей и размерами извлекаемых примесей.

Литература.

1. *Бессонов Л.А.* Теоретические основы электротехники: Учебник для студентов энергетических и электротехнических вузов, изд. 6-е, перераб. и доп. / *Л.А. Бессонов.* – М.: Высшая школа, 1973. – 752 с.
2. *Берлинский И.И.* Опыт промышленного внедрения мокрого магнитного обогащения для доводки ильменитовых концентратов / *И.И. Берлинский, В.Е. Скродский* // Труды ЦНИГРИ Вып. 49 – М.: ЦНИГРИ, 1962. – 246 с.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЛУЧЕННЯ ФЕРОДОМІШОК З СИПКИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

Просвірнін В.І., Масюткін Є.П., Кузнецов І.О., Гулевський В.Б.

Анотація – робота присвячена актуальній проблемі вилучення феродомішок з високодисперсних сільськогосподарських матеріалів як борошно, дрібні крупи за допомогою магнітних концентраторів.

FEATURES OF EXTRACTION FERRO OF IMPURITY FROM LOOSE AGRICULTURAL MATERIALS

V. Prosvirnin, E. Masiutkin, I. Kuznetsov, V. Gulevskiy

Summary

The work is devoted an actual problem of extraction ferro impurity from disperse agricultural materials such as a flour, small groats by means of magnetic concentrators.



УДК 664.7:631.3-52

ОСОБЕННОСТИ МАЛОГАБАРИТНЫХ КОМБИКОРМОВЫХ УСТАНОВОК КАК СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Диордиев В.Т., к.т.н.,

Кашкарев А.А., инженер*

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел.: (0619) 42-57-97

Аннотация – в статье приведен анализ малогабаритных комбикормовых установок как системотехнических автоматизированных комплексов с использованием обобщенных принципов оценки эффективности их функционирования.

Ключевые слова – критерий эффективности, управляющая система, период эксплуатации.

Постановка проблемы. Малогабаритный кормоприготовительный агрегат, основу которого составляют малогабаритные комбикормовые установки (МКУ), как системотехнический комплекс, обладает рядом процессуальных системных характеристик, особенности которых определяются обобщенной структурой системотехнологического комплекса (СТК). Обобщенные особенности МКУ как СТК включает как технические компоненты, так и непосредственно персонал.

Основу составляет операционная (производящая) система, обеспечивающая, в соответствии со своим назначением, решение необходимого круга технологических задач где учитывается: энергия, материалы (сырье, комплектующие, программное обеспечение (ПО) и т.п.), а также рабочая группа персонала (лица, принимающие решения – ЛПР).

Анализ последних исследований. Ведущую роль играет управляющая система, обеспечивающая необходимый уровень организации всех процессов, как технологических, так и энерготехнических, призванных минимизировать темп расхода работоспособности технических компонент и энергопотребление первичных (ПЭР) и вторичных (ВЭР) энергоресурсов, а также при утрате (ухудшении) указанных факторов энергоэкономической и энерготехнической эффективности восстановить (оптимизировать по определенному критерию) ее в максимально возможной степени за время не более регламентированного

© к.т.н. В.Т. Диордиев, инженер А.А. Кашкарев

* Научный руководитель: к.т.н., профессор В.Т. Диордиев

нормативно-организационными и управляюще-экономическими документами [1, 2]. Обеспечивающая система служит для реализации таких процедур, которые создают необходимые условия для использования системы.

Формулирование целей статьи. Целью настоящей статьи является использование системометодологических особенностей МКУ, применение принципа декомпозиции при идентификации функционирования автоматизированного технологического комплекса по производству комбикормов в условиях хозяйств, что приведет к упрощению как алгоритма управления, так и возможности реализации этой задачи с помощью стандартных вычислительных устройств.

Основная часть. Координация воздействий и реакций приведенных систем, формирование целевых установок (функций) и обеспечение внешних функционально-системных связей являются основными задачами координирующей системы, т.е. фактически она является управляющей системой (кроме локальных указанных подсистем) следующего иерархического уровня и она воплощается в ЛПР или группы ЛПР. Перечисленные элементы и компоненты (рис. 1) и составляют СТК системы организационно-технологического и энерго-экономического управления и регулирования координат кормоприготовления.

Важнейшей характеристикой динамики функционирования системы является показатель полноты использования (ПИР) материально-технических ресурсов [3]. Такой показатель может быть определен на основе процессов кругооборота веществ, участвующих в технологическом процессе (ТП) и процессах его обеспечивающих (рис. 2) и представлен в виде математической зависимости следующего вида

$$\psi = \frac{\sum \tau_i m_i}{\left(\sum \tau_i m_i + \tau_i^* m_i' \right)} = \frac{\sum \eta_i Q_i}{\sum Q_i}, \quad (1)$$

где Q_i, η_i - соответственно количество затрачиваемой энергии и коэффициент ее использования в i -той фазе процесса;

τ_i^*, τ_i - расчетная и фактическая продолжительность i -той фазы процесса;

m_i, m_i' - доля ПЭР и ВЭР i -й операции в системе.

Указанный коэффициент с учетом использования ВЭР и отходов в соответствии с [3] может быть представлен в форме соотношения

$$\Psi = \frac{\frac{T(M - \Delta M - 0,5G\xi_m)\bar{\eta}}{T^*}}{\frac{T(M - \Delta M - 0,5G\xi_m)}{T^*} + 0,5[M' - G(1 - \xi_m)]}, \quad (2)$$

где $G = \sum_i g_i$ - общий объем использования ВЭР и отходов;
 $M = \sum_i \Delta \bar{m}_i$ - доля ПЭР материалов за цикл ТП;
 $M' = \sum_i \Delta \bar{m}'_i$ - доля ВЭР и бросовых материалов за цикл ТП;
 $0 \leq \xi_m \leq 1$ - доля использования ВЭР и бросовых материалов в исходном состоянии m_i ;
 T^* и T – расчетное и фактическое время работы системы;
 $\bar{\eta}$ - среднее (по фазам) значение коэффициента использования энергии.

Основная особенность этапа коррекции параметров СТК состоит в том, что при модернизации и улучшении параметров системы доля использования ВЭР, бросовых материалов должна возрастать, чем при замене старой системы на новую, а время между этими циклами сокращается, тогда в этом случае величина Ψ_M будет определяться по выражению

$$\Psi_M = \frac{\sum_{j=0}^k \left[(M - \Delta M)_j \sum_{S=j}^k T_S - 0,5G_j \xi_{mj} T_j \right]}{\sum_{j=0}^k \left\{ (M - \Delta M)_j \sum_{S=j}^k T_S - 0,5G_j \xi_j T_j \right\} + 0,5 \left[T_j^* M'_j - G_j T_j (1 - \xi_{mj}) \right]} = \frac{\sum_{j=0}^k \eta_j Q_j}{\sum_{j=0}^k Q_j}, \quad (3)$$

где все обозначения соответствуют обозначениям в (2), при этом T_j^* и T_j - соответственно расчетные и фактические временные промежутки работы системы до $j+1$ -го цикла ее модернизации; $Q_i = \sum_j Q_{ij}$.

Целесообразность проведения таких работ с точки зрения улучшения использования материальных и энергоресурсов определяется по неравенству

$$\Psi_M(k+1) - \Psi_M(k) \geq \delta_\Psi, \quad (4)$$

где $\Psi_M(k)$ и $\Psi_M(k+1)$ - соответственно ПИР при k -ой и $(k+1)$ -й коррекции параметров;
 δ_Ψ - регламентированное значение приращения (дифференциации) ПИР, определяемые нормативными документами по энергосбережению.

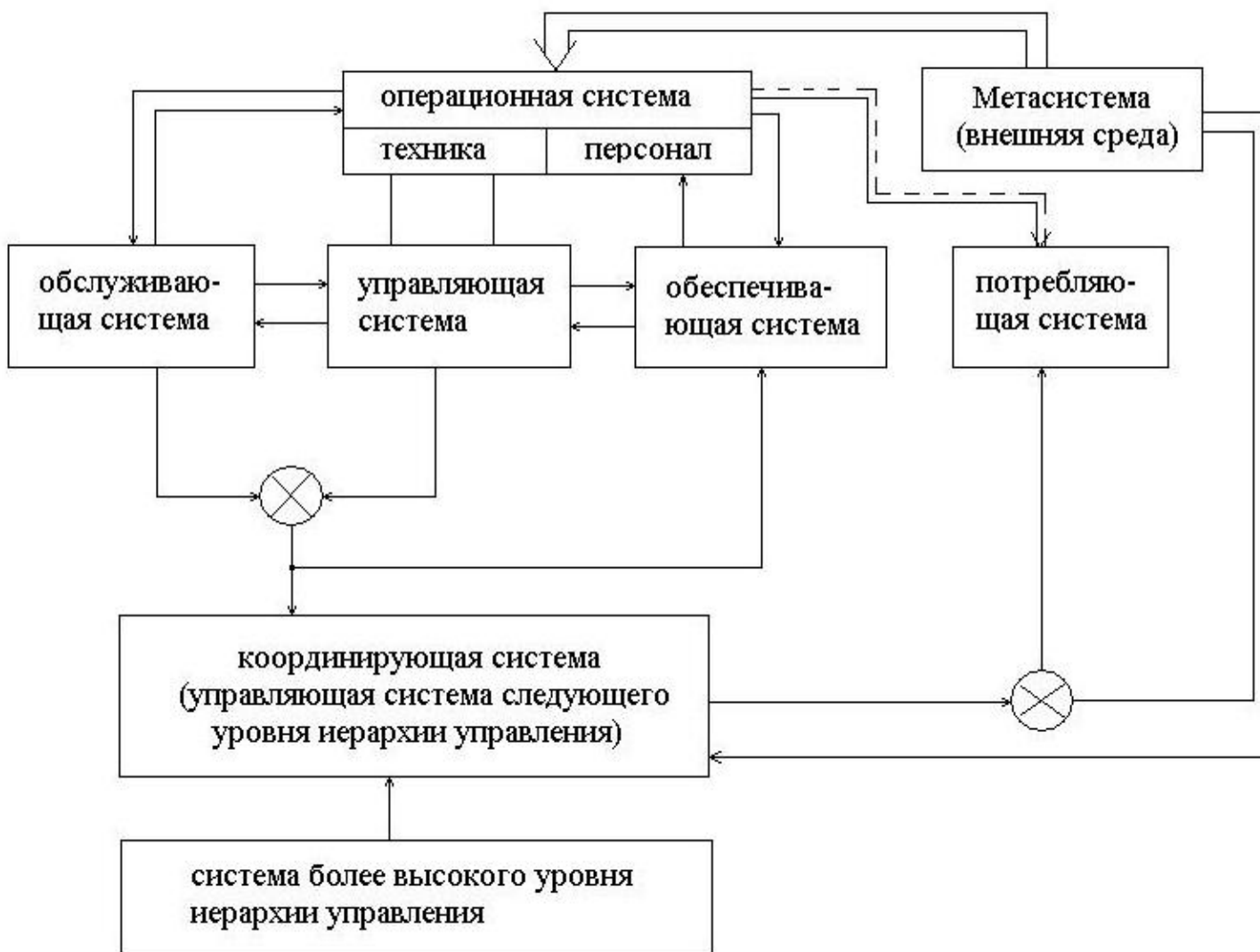


Рис. 1. Системотехнический комплекс МКУ. Базовая функциональная структура.

Основными требованиями при разработке и планировании технических (системотехнических) возможностей являются требования инженерно-психологического и эргономического характера, включающего следующие основные требования:

- определения рациональной структуры распределения функций между управляющим вычислительным комплексом (УВК) и ЛПР на стадии системного обоснования;
- формирования требований к действиям обслуживающего персонала, к «входам» и «выходам» технического комплекса также на стадии системного проектирования;
- разработки информационного и энергетического взаимодействия на стадии разработки технических средств;

В основном экологические аспекты разработки системы должны включать следующие вопросы:

- выбор технологии, как правило, осуществляется на стадии системного проектирования: ресурсопотребляющей (традиционной), ресурсопотребляющей и малоотходной (в пределах безотходной), ресурсосберегающей, ресурсовосстанавливающей и т.п. по всему комплексу или отдельным видам ресурсов и отходов;
- определение расчетного времени T^* ресурсосберегающей работы;
- разработки методов и способов использования ресурсов, ВЭР и бросовых материалов и определения показателя полноты использования ресурсов ψ или ψ_m ;
- определение рациональных объемно-пространственных параметров СТК;

Обобщенные принципы оценки эффективности СТК определяют выбор и обоснование критериев эффективности, в т.ч. энергоэкономической: организационные, технические, экономические, социальные. а) к числу основных показателей технической эффективности относятся: производительность, простота конструкции, надежность, контроле- и ремонтпригодность, гибкость (жизнеспособность), управляемость, удобство эксплуатации и др. (показатели технического совершенства);

б) показатели экономической эффективности (окупаемость, рентабельность, производительность труда, фондоотдача и пр.);

в) комплексная оценка определяется по годовому экономическому эффекту

$$\mathcal{E} = A - Z - \alpha K, \quad (5)$$

где A – общий годовой доход;

Z – затраты за год;

α – нормативный коэффициент;

K – объем финансовых затрат, в то же время при системном подходе такая оценка является неполной, как не учитываю-

щей затраты на эксплуатацию и степень рациональности использования ВЭР и бросовых материалов. Более точным будет выражение

$$\mathcal{E} = A - Z - \alpha K - \alpha' K' - \frac{1}{T^*} [(1 - \eta)c_1 E_s - c_2 M^*], \quad (6)$$

где α', K' – соответственно нормативный коэффициент и капитальные затраты на утилизацию отходов и эксплуатационные расходы;

c_1, c_2 – средняя (интегральная) стоимость единицы энергии и единицы вещества системы;

η – средний (интегральный) коэффициент использования энергии по (1);

E_s – энергозатраты;

M^* – количество безвозвратных потерь во всех фазах (на всех этапах работы системы; $M^* = \Delta M + G$;

T^* – расчетное время использования системы.

Одними из важнейших являются экономические проблемы при реализации методов использования СТК, при этом к числу собственных проблем системного функционирования СТК относятся опросы инженерной экологии, связанные с задачами технизации экологических процессов. В соответствии с [2] показатель экологичности системы μ , в первом приближении, определяется соотношением

$$\mu = \frac{2kT^2\psi}{a_1V_1(2T + T_l) + a_2V_2T_l + (a_3V_3 + a_4V_4)(T + T_l)}, \quad (7)$$

где V_1 – объем продукции;

$V_2 = v_2 \cdot \Delta M$ – объем неутилизованных отходов;

$V_3 = v_3 \cdot (M' + M'_l)$ – объем потребляемых ресурсов;

$V_4 = v_4 \cdot (G + G_l)$ – объем ВЭР;

v_2, v_3, v_4 – удельные объемы указанных компонент;

a_1, a_2, a_3, a_4 – коэффициенты, учитывающие агрессивность соответствующих компонент;

T и T_l – время использования и системного обслуживания;

ψ – ПИР;

k – нормирующий показатель увеличения агрессивности не утилизируемых отходов и материалов ($\approx 10^{-5} - 10^{-7}$), m^3 / c^{-1} .

Системные структурная и функциональная вариативность (изменчивость) параметров СТК определяется внутренними и внешними бифуркациями и воздействиями как энергетического, так и продукто-

во-структурными преобразованиями и функциональными коррекциями (перестройками):

а) структурные преобразования – изменение существенных внутрисистемных связей: изменение числами концентрации элементов в меню комбикорма; энергетическая переориентация системы; дифференциальное изменение компонент, в т.ч. объединение (усложнение) или наоборот – упрощение и др.

б) функциональные изменения как результат дифференции компонент системы или изменения проявления их свойств; порождение функций за счет появления новых элементов; изменения хронологической последовательности функций;

в) изменчивость структуры – функция

$$\Delta S' = f_1[\omega, \alpha, n, D, \ell, H(S)],$$

где ω, α – мощность и значимость связей в системе;
 n – число компонент (элементов);
 D – степень дифференциации;
 ℓ – кванты пространства, занятые системой;
 $H(S)$ – энтропия системы.

Функциональная изменчивость

$$\Delta S'' = f_2[\Delta P_0, \Delta \alpha_0, N(a_0)],$$

где ΔP_0 – изменение числа компонент на общественном (нулевом) уровне с определенной функцией;

$\Delta \alpha_0$ – изменение на том же уровне числа функций;

$N(a_0)$ – возможное число перестановок функций;

г) управляемость определяется множеством возможных состояний системы и способностью управляющих воздействий изменять состояние системы в требуемом направлении: состояние управляемо в случае существования такого $g \in G$, что $H[z, g]=z'$ где H – оператор переходов состояний;

д) устойчивость системы: вещественно-энергетическая и структурно-функциональная при определенной вероятности их реализации [3]

$$F = \{F_0, F_1[F_2(1 - F_0) + F_0]F_3(1 - F_4) + F_4\} \cdot [1 - Q_T(1 - F_0)]^2, \quad (8)$$

где $F_{i \in [0,4]}$ – вероятности : F_0 – выполнения требуемых процессов, F_1 - своевременного приема и обработки информации, F_2 – эффективных решений ЛПР, F_3 – эффективной реализации решений ЛПР, F_4 – реа-

лизации контрольных функций, в т.ч. самоконтроля ЛПР; Q_T – техническая вероятность отказа компонент СТК. В этом случае рекуррентная процедура оценки вероятности обеспечения факторов исключения неправильных или неэффективных решений ЛПР

$$f_k = f_{k-1}^d + \sum_{i=1}^d C_d^i f_{k-1}^{\beta(i)} (1 - f_{k-1})^i, \quad (9)$$

где C_d^i – биномиальные коэффициенты;

$$\beta(i) = \frac{[(d+1-i)^2 + d]}{[d+1-i]},$$

d – норма (техническая) управляемости;

$k = O, L$ – уровни иерархии;

для $f_0 = F^d + \sum_{i=1}^d C_d^i F^{\beta(i)} (1 - F)^i$;

для всей организационной структуры $F_{\Pi} = f_L$ (f_L – конечное значение рекуррентной процедуры при шаге $k=L$).

Основным показателем надежности СТК является интегральная вероятность системы и СТК, определяемая по обобщенному выражению

$$P_S = f(t, T, V^+, P_{\Omega}, P_T, F_{\Pi}, u), \quad (10)$$

где V^+ – интенсивность процессов, определяющая минимальное время перехода в области Ω ;

T – рассматриваемый период функционирования;

P_{Ω} – вероятность перехода в состояние отказа.

Вывод. Таким образом, из приведенного материала следует, что в обеспечении всех процессов, как технологических, так и энерготехнических, призванных минимизировать темп расхода работоспособности технических компонент и энергопотребление первичных (ПЭР) и вторичных (ВЭР) энергоресурсов, ведущую роль играет управляющая система. Методы исследования зависят от характера технологии, получения полезного эффекта, квалификации и компетентности персонала, состояния спроса на продукт системы, внешних экономических условий, а также режимов функционирования автоматизированного технологического комплекса.

Литература.

1. *Диордиев В.Т.* Системо- и схемотехническая база реализации многокритериальной системы прямого цифрового регулирования параметров технологических процессов производства комбикормов в условиях хозяйств / *Диордиев В.Т., Труфанов И.Д., Кашкарев А.А.* //

Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. – К.: 2008. – Ч.5 – С. 102-108.

2. *Диордиев В.Т.* Исследование динамической устойчивости, управляемости и наблюдаемости координат энерготехнологического комплекса кормоприготовления на базе МКУ. / *В.Т. Диордиев* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету, Вип. 9, Т.2 – Мелітополь: ТДАТУ– 2009 - С. 37- 48.

3. *Диордиев В.Т.* Формализованная математическая модель массо – и теплоэнергетических процессов при производстве комбикормов. /*В.Т. Диордиев* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Том 2. – С. 67 - 79.

ОСОБЛИВОСТІ МАЛОГАБАРИТНИХ КОМБІКОРМОВИХ УСТАНОВОК ЯК СИСТЕМОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Диордієв В.Т., Кашкар'єв А.О.

Анотація – в статті приведений аналіз малогабаритних комбікормових установок як системотехнічних автоматизованих комплексів з використанням узагальнюючих принципів оцінки ефективності їх функціонування.

FEATURES OF SMALL-SIZED INSTALLATIONS OF MIXED FODDERS AS SYSTEMS-TECHNICAL COMPLEXES

V. Diordiev, A. Kashkarov

Summary

In the report suggests analysis small-sized installations of mixed fodders as system-technical of automate complexes using the generalized principles to assess the effectiveness of their operation.



УДК 631.171:681.5

ІДЕНТИФІКАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ

Діордієв В.Т., к.т.н.,

Кашкар'єв А.О., інженер*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-57-97

Анотація – приведені результати використання швидкого перетворення Фур'є у функціях оцінки режиму роботи елементів технологічних комплексів виробництва комбікормів.

Ключові слова – ідентифікація, стан, засувка, швидке перетворення Фур'є, обробка даних, виключення грубих помилок.

Постановка проблеми. Класична реалізація автоматичних систем керування технологічними процесами (АСК ТП) має певні недоліки, а саме орієнтацію на перелік основних функцій, необхідних для експлуатації технологічних комплексів (ТК) виробництва комбікормів (ВК): вкл/відкл робочих машин або технологічного обладнання, контроль та візуалізація поточного стану датчиків, формування звітності для бухгалтерії [1, 6]. Забезпечення виконання цих функцій є необхідною мінімальною вимогою, яка дозволяє використовувати ТК у сучасних ринкових умовах, але функціональні можливості та обчислювальні потужності засобів автоматизації мають значно більший потенціал.

Одним з найперспективніших напрямків удосконалення АСК ТП є упровадження функцій сервісу на основі оцінки часу спрацювань вимірювальних пристроїв, виконавчих механізмів та тривалості їх роботи – таймінгу [3]. Такі функції можуть бути реалізовані на всіх рівнях керування: технологічне обладнання, ділянки технологічних процесів, АСК. Слід зазначити, що головною вимогою до АСК та функцій сервісу є мінімальне різноманіття математичного апарату. У роботах авторів саме така концепція будови АСК ТП є ключовою.

Аналіз останніх досліджень. Доцільність та економічна ефективність пропозиції обумовлюється підвищенням якості комбікормів, надійності роботи ТК ВК та АСК ТП, що дозволить оптимізувати обслу-

говування системи керування та елементів комплексу і, як наслідок, зменшити поточні витрати та збитки від аварійних ситуацій.

Необхідно нагадати, що у попередніх публікаціях, на базі ТК ВК авторами було обґрунтовано математичний апарат АСК, складений перелік функцій сервісу та розроблені алгоритми їх реалізації, програмні засоби проектування ТК ВК та АСК ним [3, 4]. Приділена увага використанню мереж Петрі та швидкому перетворенню Фур'є (ШПФ) – використовується у функціях сервісу. Останнє потребує більш детальної уваги оскільки адекватність та відтворюваність пропонуваного методу підлягає експериментальному дослідженню, уточненню методики та виробничим випробуванням.

Формування цілей статті. Теоретичне та практичне дослідження методу ідентифікації стану елементів ТК ВК на основі швидкого перетворення Фур'є за принципом виключення грубих помилок.

Основна частина. У випадку аналізу таймінгу датчиків необхідно ідентифікувати нормальний режим ТП, або такий режим, який потребує уваги оператора – аварійного. Тому для оцінки часу спрацювання датчиків необхідно створити базу даних, яка відбиватиме нормальну роботу елементів ТК – базу еталонних даних (БЕД). Вважаємо, що значення у БЕД повинні бути наближеними до нормального закону розподілу з обґрунтованим значенням його параметрів. Наповнення БЕД виконується на стадії проектування ТК ВК, з урахуванням конструктивних особливостей елементів ТК, а її перевірка – на початку виробництва.

Щодо питання оцінки вхідних даних, то належність до нормального закону суттєво спрощує розробку методики їх аналізу. Можна сформулювати такі вимоги до методики: достовірність та відтворюваність результатів; низькі витрати апаратних ресурсів АСК; універсальність даних та зручність їх представлення; висновки придатні для подальшого використання. Крім того, методика оцінки повинна базуватись на математичному апараті статистичної обробки експериментальних даних - методах виключення грубих помилок або хибних даних, значення яких у класичному розумінні явно перевищує похибки, обумовлені умовами проведення експерименту. У контексті таймінгу грубі похибки приймають інше значення, яке дозволяє акцентувати увагу оператора на певних параметрах ТП, або ідентифікувати аварійний стан на певній ділянці ТКВК [3].

Всі методи виключення грубих помилок можна розділити на два типи: методи виключення при відомому середньоквадратичному відхиленні (S); методи виключення при невідомій S [7, 8]. У першому випадку середньоарифметичне (\bar{X}) та S розраховуються за результатами всієї вибірки, у другому випадку – перед розрахунками з вибірки видаляються підозрілі результати.

На практиці частіше зустрічаються методи при невідомому S (обмежена кількість вимірювань): Стюдента, Романовського, варіаційного розмаху, Діксона, Райта, Губса [8]. Перелічені методи більше відповідають виробничим умовам оскільки дані можна аналізувати по мірі їх отримання а не по завершенню ТП або його певного етапу.

Оскільки критеріальні вимоги, які визначають межу «грубих» результатів спостереження у різних авторів різні, то перевірку необхідно виконувати відразу по кількох критеріях. Остаточний висновок щодо належності «підозрілих» результатів виконується за більшістю критеріїв. Крім того, вибір критерію повинен виконуватись після побудови гістограми результатів спостереження, за видом якої виконується попередня ідентифікація виду закону розподілу (нормальний, близький, такий що відрізняється від нього). Це ускладнює процедуру оцінки.

Формальним критерієм аномальності результату спостереження (часу спрацювання), а відповідно і висновку про належність даних до еталонної групи вимірювань, виступає нерівність [7]

$$|x^* - \bar{X}| \geq t \cdot S, \quad (1)$$

де x^* – спостереження, яке перевіряється на відповідність еталонним даним, або є помилковим;

t – коефіцієнт, який залежить від виду та закону розподілу, об'єму вибірки та рівня значущості.

Критерій варіаційного розмаху є одним з найпростіших методів виключення грубої похибки вимірювань. Для його використання визначають розмах ранжованого варіаційного ряду спостережень: $R_n = x_n - x_1$. Якщо член варіаційного ряду, для прикладу x_k , є підозрілим на похибку, то виконують перевірку. Рішення про достовірність результату вимірювань приймають, якщо виконується нерівність [8]:

$$\bar{X} - z \cdot R_n \leq x_k < \bar{X} + z \cdot R_n, \quad (2)$$

де z – критеріальне значення, залежить від кількості членів ряду;

\bar{X} – середнє значення без урахування підозрілого результату

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} x_i}{n}, \quad (3)$$

R_n – розмах ранжованого варіаційного ряду спостережень.

Критерій Діксона базується на припущенні, що похибки вимірювань підкоряються нормальному закону розподілу (попередньо необхідно побудувати гістограму результатів спостереження) і використовується, коли вибірка може мати більше однієї грубої похибки [8]. Особливістю даного методу є залежність формули критерію r визначення від об'єму вибірки. Груба похибка відсутня, якщо виконується умова $r < r_T$ (r_T – табличне значення критерію).

Критерій Губса базується на відношенні двох сум квадратів відхилень. Він потребує розрахунку середнього арифметичного поперечної вибірки без «нового» спостереження, та з ним. Для дослідження найбільшого та найменшого спостереження з нормально розподіленої сукупності перевіряються відповідні відношення [8]

$$\frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \leq K_{\text{табл}}, \quad \frac{\sum_{i=2}^n (x_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \leq K_{\text{табл}}. \quad (4)$$

Якщо умови виконуються, спостереження не відкидається. Табличне значення критерію ($K_{\text{табл}}$) залежить від рівня значущості та об'єму вибірки.

Достатньо розповсюдженим є критерій Стьюдента [7]

$$t_p = \frac{|x^* - \bar{X}|}{S'}, \quad (5)$$

де S' – стандартне відхилення результатів спостережень без урахування x^* ;

$$S' = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{X})^2}, \quad (6)$$

де $n_u = n - 1$ – кількість дослідів без одного.

Розрахункове значення критерію Стьюдента t_p порівнюється з табличним $t(\alpha, f)_T$ (α – довірча ймовірність, $f = n_u - 1$ – ступень вільності). Якщо $t_p > t_T$, то спостереження є грубою похибкою чи помилковим.

Критерій Романовського базується на критерії Стьюдента, але табличне значення t_p розподілу квантеля Стьюдента визначається при заданій довірчій ймовірності з кількістю ступенів вільності $k = n - k_n$ (k_n – кількість підозрілих результатів вимірювань).

Подібні між собою критерії «правило трьох сигм» та Райта [7]. Вони обидва визначаються нерівністю $|x_{\text{іпод}} - \bar{X}| \geq t \cdot S$, де $t=3$ – у випадку нормального розподілу («правило трьох сигм»), $t=4$ – критерій Райта. Але такий критерій рекомендується використовувати не більше одного разу, оскільки можна отримати хибну інформацію щодо правильності вибору методики їх отримання.

На практиці більш поширеним є критерій Стьюдента, який має гіперболічну залежність критеріального значення при малому стандартному відхиленні та низьку чутливість у випадку великих значень (рис. 1), що може призвести до системної похибки методу.

Представлені методи є поширеними при виключенні грубих помилок або промахів з вибіркових даних, які відповідають нормальному закону розподілу або наближені до нього, але вони потребують багато

додаткових розрахунків і залежать від закону розподілу вхідних даних. Раніше було запропоновано оцінювати розподіл даних за формою АЧХ, яка отримана шляхом обробки експериментальних даних ШПФ [3]. Як виявилось, такий підхід не є вдалим, оскільки необхідно було будувати гістограму, монотонність АЧХ була забезпечена в окремих випадках нормального розподілу при певних значеннях \bar{X} та S .

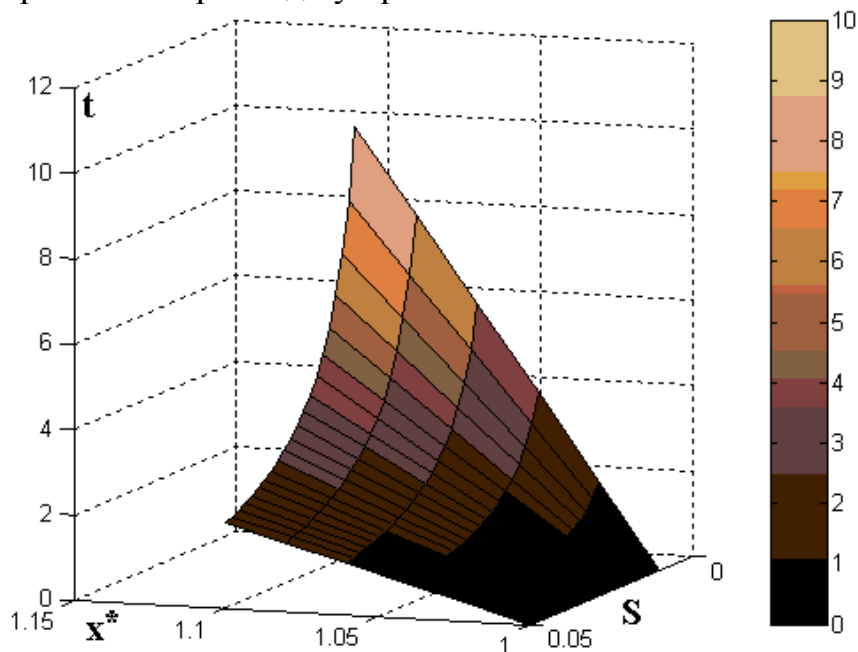


Рис. 1. Графічна залежність $t_p = F(x_n^*, S_n)$.

Виконана робота дозволила спростити та удосконалити запропоновану методику оцінки, спираючись на площу АЧХ $S_{\text{АЧХ}}$, яка отримана в результаті застосування ШПФ до необроблених вхідних даних. Такий підхід також вимагає теоретичного та експериментального дослідження та виробничого випробування.

У сучасних ТК ВК практично обов'язковим елементом є електрифіковані засувки, які встановлюють на розподільчих транспортерах та бункерах. Іноді їх виконують з ручним приводом, але сучасна концепція АСУ передбачає встановлення електрифікованих засувок, які складаються з електроприводу (асинхронний двигун з короткозамкненим ротором), редуктору (іноді виконується в одному корпусі з приводом), датчиків положення (кінцеві вимикачі) та самої засувки. У нормальних умовах передбачається, що електропривод живиться від мережі з номінальними параметрами, а зусилля, яке діє на засувку з боку матеріалу бункеру, не перевищує розрахункове.

Відомо, що робота засувки залежить не тільки від місця їх розташування (розподільчий транспортер, випускний отвір бункеру, зміна маршруту), а й від особливостей ТП. Загальним випадком несправності засувки є її заклинювання, яке може бути викликано несправністю механічної частини редуктору, незадовільним станом засувки (пил,

змащувальні матеріали, коливання напруги живлення приводу), зовнішніми умовами експлуатації (ожеледь) та тиску компонентів, які зберігаються. Необхідно зазначити, що останній параметр є важко контрольованим і виникає внаслідок нормальної експлуатації бункера.

Тиск на засувки сипких компонентів комбікормів відноситься до категорії місцевих тисків, які діють на обмежених ділянках сипкого тіла, і залежать від властивостей компоненту, від жорсткості конструкції бункера у зоні засувки та від процесу формування сипкого тіла. При наповненні бункера сипкими компонентами під дією тиску, який збільшується, відбуваються пружні деформації деталей засувки та стінок бункера. Як наслідок, частини сипкого тіла, які знаходяться безпосередньо над засувкою, осаджуються по периметру стовпа сипкого тіла – виникають дотичні зусилля (сили тертя та зчеплення), які сприймають значну долю ваги матеріалу над засувкою [2, 5].

У результаті дії цих внутрішніх сил, тиск на засувку іноді має значення значно менше гідростатичного, причому цей тиск тим менший, чим швидше розвиваються дотичні зусилля. Ці зусилля мають найбільше значення у бункерах, які не спустошуються; при закритті засувки під час процесу вивантаження, коли засувка перетинає рухомий потік сипкого матеріалу, розташованого над нею. У такому випадку тиск на затвор засувки стає мінімальним.

Найбільша величина тиску на затвор виникає при наповненні порожнього бункера. Однак цей тиск діє тільки до першого відкриття затвора. Отже, тиск на затвор засувки залежить від багатьох факторів, і точний розрахунок його величини представляє значні труднощі. Тому, для практичних наближених розрахунків середнього тиску на затвор засувки можна рекомендувати такі формули:

- при завантаженні порожнього бункеру [2]

$$\delta' = 5,6 \cdot h \cdot \gamma, \quad (8)$$

- - не порожнього бункеру, закриття засувки при спустошенні

$$\delta = 5,6 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot R, \quad (9)$$

де h – висота компоненту у бункері, м;

γ – об'ємне вага компоненту, кг/м^3 ;

5,6 – величина обернена коефіцієнту тертя о поверхню затвору засувки (значення для насипного матеріалу 0,18);

k_0 – коефіцієнт, який враховує особливості експлуатації бункерного обладнання ($k_0=2$ – щоразу повне спустошення; $k_0=1,5$ іноді спустошується; $k_0=1$ – не спустошується);

R – гідравлічний радіус випускного отвору, м.

Загальна сила, яка діє на засувку, визначається за формулою

$$F = \delta \cdot s_{\text{отв}}, \quad (10)$$

де $s_{\text{отв}}$ – площа витікання випускного отвору, м^2 .

Гідравлічний радіус випускного отвору є конструктивним елементом, який не змінює свої параметри в залежності від властивостей компонентів. Крім того, радіус випускних отворів та розподільчих каналів набагато більший за розміри часток компонентів.

Необхідно враховувати, що питома об'ємна вага залежить від вологості компоненту, яка може змінюватись за період зберігання [5]

$$- \gamma = \gamma_{\text{сух}} \cdot (1 + W) \quad \text{або} \quad \gamma = \gamma_{\text{поч}} \cdot \frac{G_1}{G_2}, \quad (11)$$

де $\gamma_{\text{сух}}$ – об'ємна вага сухого матеріалу, кг/м³;

$\gamma_{\text{поч}}$ – початкова об'ємна вага, кг/м³;

W – вологість компоненту, в.о.;

G_1, G_2 – початкова та кінцева вага матеріалу, кг.

Щодо коефіцієнту тертя, то у випадку, якщо відомий коефіцієнт тертя по одній поверхні, а необхідно визначити для іншої, можна скористатись співвідношенням [5]

$$f_1 : f_2 : f_3 : f \approx 15 : 16 : 17 : 20, \quad (12)$$

де f_1, f_2, f_3 – коефіцієнти тертя по сталі, деревині та гумі;

f – коефіцієнт внутрішнього тертя.

З наведеного матеріалу можна побачити (8-12), що розрахунок тиску на затвор засувки є складною задачею, пов'язаною із неконтрольованими параметрами сировини. Він не контролюється через наявність тільки лабораторних методів визначення. Але вплив цих параметрів на технологічний процес є локальним. Тому, теоретичне дослідження роботи приводу засувки, у контексті часу відкриття та закриття, можна узагальнити та звести до моделювання роботи електроприводу, як правило асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, з різними параметрами живлення та навантажувальною діаграмою.

Якщо розглядати питання аналізу часу роботи електрифікованої засувки та виключення грубих помилок у контексті таймінгу, то можна зазначити, що під час експлуатації ТК ВК та виконанні пробних експериментів (оцінка тривалості роботи) виявлено два типи відхилень: перші, порівняно із значенням контрольованого часу, менші 3·S; інші - відхиляються на значно більші значення. Обидва випадки можуть мати місце і бути технічно значущими.

Перший випадок є проявом впливу властивостей компонентів комбікормів або готового комбікорму, а другий – відбиває вплив умов роботи та стану елементів комплексу. Крім того, розробка та практична перевірка методів оцінки є складною задачею, що обумовлено багатифакторністю ТП ВК, умовами експлуатації ТК, переліком технологічного обладнання та іншими виробничими чинниками.

З метою спрощення процедури вивчення впливу умов роботи приводного обладнання було прийнято рішення про використання математичного апарату багатofакторного експерименту. Це дозволило зосередити увагу на умовах його роботи та на контрольованому параметрі. За результатами дослідження визначено, що вплив мережі живлення та вид навантажувальної діаграми на рух затвору засувки за час моделювання є статистично незначущим.

Врахування отриманих результатів дозволило суттєво спростити методику експериментальних досліджень. Для виконання пробних досліджень використовувався автоматизований комплекс: комп'ютер, плата сполучення Velleman VM110, АЦП WAD-AIK-BUS [4], власне програмне забезпечення. Вихідною інформацією є дискретні керуючі команди (4 – JZC-20F у комплекті з магнітними пускачами) відповідних виконавчих механізмів плати (2 - Velleman VM110). Вхідною інформацією є час спрацювання вимірювальних перетворювачів засувки, які відображають тривалість її роботи (табл. 1).

Отримані вхідні дані були оброблені на робочій станції (1 – комп'ютер, який має відповідне ПЗ для роботи блоків 2 та 4 і USB або можливість підключення RS-485) поширеними статистичними методами та за запропонованою методикою без застосування статистичних методів виключення хибних значень. В результаті аналізу даних можна зробити висновок про можливість на основі площі АЧХ визначити наявність хибних даних та оцінити стандартне відхилення. Крім того, $S_{\text{АЧХ}}$ є чутливою до статистичних параметрів вибірки асиметрії та ексцесу, закону розподілу, та нечутлива до значення середнього арифметичного отриманих даних.

Висновки. Результати досліджень можуть лягти в основу експресних методів аналізу експериментальних та виробничих даних без попередньої статистичної обробки, що дозволить обґрунтувати необхідність останньої, що може призвести до економії апаратних ресурсів АСК ТП та часу обробки даних (при використанні ШПФ).

Для удосконалення та розвитку методики оцінки, з огляду на практичне застосування, доцільно данні досліджень представляти у відносних одиницях - нормовані данні ($x_{\text{н}i} = x_i / \bar{X}$) відносно середнього арифметичного. Це дозволить узагальнити дослідження при різних законах розподілу з контрольованими параметрами $\bar{X}_{\text{н}} = \text{const}$, $S_{\text{н}} = \text{var}$, при цьому визначити вплив нормованих похибок $x_{\text{н}}^* = \text{var}$ на $S_{\text{АЧХ}}$.

Ідентифікація відхилення від нормального ходу технологічного процесу або роботи елементів ТК на основі таймінгу можлива при використанні БЕД та вхідного значення, як такого що перевіряється.

Таблиця 1 – Результати дослідження часу роботи засувки

Вхідні дані, мс									
№	1	2	3	3`	4	5	6	7	
1	15655	15765	16547	16547	17077	16593	17156	17125	
2	15577	15906	16171	16171	17172	16624	17265	17187	
3	16172	15922	16452	16452	17124	16594	17359	17077	
4	19406	15796	16391	16391	17016	16624	17327	17141	
5	15765	15735	16296	16296	17031	16640	17125	17094	
6	15906	15765	16360	16360	17031	16594	17187	17172	
7	15922	15812	16343	16343	17124	16656	17077	17202	
8	15796	15796	16437	16437	16953	16531	17141	17327	
9	15735	15750	16328	16328	16937	16515	17094	17296	
10	15765	15640	16327	16327	16859	16545	17172	17187	
11	15812	15639	16234	16234	16578	16592	17202	17264	
12	15796	15672	16186	16186	16593	16531	17327	17296	
13	15750	15625	16266	16266	16624	16656	17296	16844	
14	15640	15750	16266	16266	16594	16594	17187	16813	
15	15639	15733	15390	16139	16624	16592	17264	16795	
16	15672	15766	16139	15390	16640	16577	17296	16859	
\bar{X}	16001	15755	16258	16258	16874	16591	17217	17105	
S	919	85	256	256	225	43	89	180	
ШПФ, № гармоніки	1	4140	738	1368	1265	2187	226	576	1444
	2	4121	245	891	714	683	238	503	986
	3	3520	392	937	1039	594	102	127	604
	4	3836	233	1018	769	504	99	363	265
	5	3658	140	1281	889	126	174	345	451
	6	3372	90	1118	963	354	163	66	400
	7	3250	160	533	1330	210	135	185	54
	8	3108	110	421	1077	261	218	329	285
S _{АЧХ}	29006	2108	7568	8045	4920	1355	2494	4489	

Література.

1. Авраменко И. Автоматизация – инструмент повышения рентабельности / И. Авраменко, А Масюк // Хранение и переработка зерна, – 2010. - №9 – С. 23 – 25.
2. Алфёров К.В. Бункерные установки/ К.В. Алфёров, Р.Л. Зенков. - М.: Машгиз, 1964.- 178с.
3. Діордієв В.Т. Таймінг датчиків технологічного комплексу виробництва комбікорму як сервісна функція автоматизованої системи управління на базі мереж Петрі / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов// Тех-

нічна електродинаміка, – 2010. – Ч. 2. – С. 169-173. – Режим доступу: http://fel.kpi.ua/ppedisc/doc/s5/5_8.pdf.

4. *Діордієв В.Т.* Засоби моделювання технологічних комплексів виробництва комбікормів малої продуктивності / *В.Т. Діордієв, А.О. Кашкар'ов* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. - Вип. 10, Т. 8. – С. 51-58. – Режим доступу: www.nbuu.gov.ua/portal/Chem_Biol/Ptdau/2010_10_8/10_8/8.pdf.

5. *Зенков Р.Л.* Бункерные устройства / *Р.Л. Зенков, Г.П. Гриневич, В.С. Исаев.* - М.: Машиностроение, 1977. – 223 с.

6. *Лысогор В.Г.* Автоматизация - не роскошь, а необходимый компонент успеха современного производства/ *В.Г. Лысогор, Ю.Я. Скидан* // Хранение и переработка зерна – 2001. - №2 – С. 61 – 65. Режим доступу: <http://www.apk-inform.ru/showart.php?id=10772>

7. *Митропольский А.К.* Техника статистических вычислений/ *А.К. Митропольский.* – М.: Физматгиз, 1961. – 480 с.

8. *Третьяк Л.Н.* Обработка результатов наблюдений: Учебное пособие / *Л.Н. Третьяк.* – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 171 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ

Диордиев В.Т., Кашкарёв А.А.

Аннотация - приведены результаты использования быстрого преобразования Фурье в функциях оценки режима работы элементов технологических комплексов производства комбикормов.

DEFINITION MODE OF WORK THE EQUIPMENT TECHNOLOGICAL COMPLEX PRODUCTION MIXED-FODDERS

V. Diordiev, A. Kashkarov

Summary

The article deals with the results of using the fast Fourier transform for evaluation mode of work equipment technological complex production mixed-fodders.



УДК 621.318.38:635.918

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Никифорова Л.Є., д.т.н.,

Богатирьов Ю.О., інж. *

Кізім І.В., інж.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-23-41

Анотація - в роботі проведений аналіз розвитку сучасних агротехнологій та визначено основні напрямки їх розвитку.

Ключові слова - агротехнології, напрямки розвитку, автоматизація, інформаційно-керуючі системи керування.

Постановка проблеми. Аналіз тенденцій розвитку агропромислового виробництва України та розвинутих капіталістичних країн показує, що зростання енергоматеріальних витрат на виробництво продукції рослинництва випереджає зростання врожайності. Тому наукові дослідження, що пов'язані з розробкою новітніх енерго-ресурсощадних технологій, які дозволяють підвищити продуктивність рослинних біосистем є *актуальними*.

Аналіз останніх досліджень. Керівництво України затвердило концепцію цільової економічної програми впровадження в АПК новітніх технологій виробництва сільськогосподарської продукції. Метою цієї програми є підвищення ефективності виробництва та конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції на внутрішньому та зовнішньому ринку за рахунок зменшення питомих витрат палива на 26-40%, праці – 30-60%, прямих експлуатаційних витрат – 22-50%, підвищення врожайності сільськогосподарських культур на 30-40%, підвищення валового виробництва зерна на 10-15 млн. тон, м'яса – до 5,1 та молока – до 20 млн. тон шляхом впровадження зонально адаптованих ресурсощадних екологічно безпечних технологій виробництва сільськогосподарської продукції в рослинництві та тваринництві.

Отже, пріоритетним напрямком наукових досліджень та їх практичної реалізації є створення енергоощадних технологій, автоматизованих електротехнологій та електрофізичних методів впливу на біоло-

© д.т.н. Л.Є. Никифорова, інженер Ю.О. Богатирьов, інженер І.В. Кізім

* Науковий керівник – д.т.н., професор Никифорова Л.Є.

гічні об'єкти (рослини, тварини, ґрунту, повітряне середовище), адаптованих у сучасні технології виробництва продукції. Важлива роль у вирішенні цього напрямку належить реалізації електротехнологій: електрифікованих та автоматизованих процесів створення мікроклімату у тваринницьких та птахівницьких приміщеннях на базі децентралізованих систем та обладнання з використанням природного холоду та вакуумних методів; опромінення та освітлення рослин в захищеному ґрунті, знезаражування приміщень, кормів, води, повітря та ін. Перспективним є реалізація електрофізичних методів у технологічних процесах: електрообігрів, опромінення рослин та тварин; очищення, сортування та обробка зерна і насіння; електрофізичні методи знищення бур'янів, знезаражування повітря, води, кормів, приміщень, продукції, лікування тварин та інше. Оскільки, перелічені процеси є енергоємні, використання в них електрофізичних методів дозволить знизити витрату палива та електроспоживання у 2-3 рази [1-3].

Метою роботи є висвітлення результатів аналізу розвитку сучасних агротехнологій та формулювання напрямків їх розвитку.

Результати досліджень. Проведений аналіз сільськогосподарських технологій показав, що за принципом дії вони відповідають системам точного землеробства, однак методи їх контролю та керування недостатньо досконалі. Вони орієнтовані на усереднені показники сільськогосподарського виробництва та параметри життєзабезпечення і не охоплюють всього переліку збудованих показників, які необхідно контролювати для створення оптимальних умов життєдіяльності біологічних об'єктів (БО). Як правило, вони не мають зворотних зв'язків за параметрами керування: продуктивності, врожайності, фізіологічного стану та не враховують індивідуальні особливості БО. В результаті цього оптимальні умови для життєдіяльності не створюються, виробництво сільськогосподарської продукції здійснюється з високими енергетичними та матеріальними затратами, генетичний потенціал живих організмів реалізується не повністю, кількість, якість та безпека продукції, що виробляється знижується.

Аналіз чисельних досліджень не залишає сумніву у впливі електричних та магнітних полів різних частот та напруженостей на БО сільськогосподарської продукції. Всі живі організми виникли, еволюціонували та функціонують завдяки взаємодії зовнішніх та внутрішніх факторів, в тому числі і тих, що мають електромагнітну природу.

За енергетичними впливами на БО сільськогосподарські технології поділяють на технології електромеханізації та електротехнології [1]. Об'єктом контролю та керування є сукупність БО: з ґрунтом при виробництві продукції рослинництва у відкритому ґрунті; з ґрунтом та технологічним об'єктом керування (приміщеннями теплиць, парників) при виробництві продукції рослинництва в закритому ґрунті.

Якщо сільськогосподарську технологію представити у вигляді системи автоматичного керування, то їх можна поділити на ті, що працюють за принципом керування по збуренню – біоекологізовані, та ті, що працюють з використанням принципу комбінованого керування – біоінформаційні (табл. 1). Біоекологізовані та біоінформаційні системи можуть бути автоматизованими та автоматичними. В автоматизованих системах поряд з технічними засобами контролю та керування приймає участь людина. В автоматичних системах контроль та керування виконується з використанням тільки технічних засобів.

Таблиця 1 - Класифікація інформаційно-керуючих систем

Керування агротехнологіями	Системи керування		
	Біоекологізовані		Біоінформаційні
	I рода	II рода	III рода
Вид керування	ручне	автоматизоване автоматичне	

Повна автоматизація сільськогосподарської технології, тобто створення автоматичних біоінформаційних систем рослинництва, можливе лише при впровадженні інформаційно-керуючих систем параметрами життєзабезпечення сільськогосподарської продукції. Спираючись на результати наукових досліджень та враховуючи хемоелектромагнітні перетворення, що відбуваються на рівні біологічних клітин, пропонується вирішення проблеми підвищення продуктивності рослинництва проводити при мінімальних матеріальних, енергетичних затратах та впливів на оточуюче середовище за рахунок удосконалення електрофізичних методів та засобів керування сільськогосподарськими технологіями, що забезпечують створення умов для максимально повної реалізації рослинами свого генетичного потенціалу. Для прикладу, застосування біоінформаційних технологій підготовки насіння дозволяє отримати якісне насіння за рахунок їх ферментативної та фізіологічної активності в процесі обробки, сушки, зберігання та передпосівної підготовки, зменшити в 3-4 рази норми висіву насіння та внесення хімічних добрив, підвищити врожайність на 5..6 ц/га. Створивши оптимальні умови для росту та розвитку сільськогосподарської продукції, можна отримувати максимальну продуктивність та заздалегідь відомі параметри якості. Це забезпечується генетичним потенціалом рослин та дією їх власних систем регуляції, які при вступі ззовні в організм живильних речовин та енергії, при їх мінімальних кількостях, синтезують точну копію живого організму з усіма відповідними йому показниками якості.

Висновки. Сучасні агротехнології – це високоавтоматизовані та електромеханізовані системи, що здатні забезпечити високу врожайність сільськогосподарських рослин та продуктивність тварин і птиці. Однак інтенсивний розвиток промислового та сільськогосподарського виробництва, безконтрольне засвоєння природних ресурсів, промис-

лові катастрофи, викиди та стоки, застосування у необґрунтованій кількості мінеральних добрив, засобів боротьби та захисту від шкідників, захворювань приводять до все більшого забруднення оточуючого середовища різноманітними токсичними речовинами, які потрапляють до сільськогосподарської сировини та готової продукції, що знижує її споживчі властивості. Вихід із стану, що створився, у переході від техногенно – інтенсивних технологій, які характеризуються високими матеріальними та енергетичними затратами, екологічною небезпечністю для навколишнього середовища - до інфо-комунікаційних технологій. Суть їх зводиться до інтегрованої інформаційно–виробничої системи керування сільськогосподарськими технологічними процесами з метою підвищення їх ефективності, покращення якісних та кількісних параметрів, мінімізацією негативного впливу на біосферу.

Література.

1. Скрипник М.М. Энергозберігаючі електротехнології опромінювання рослин / М.М. Скрипник // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – №2/3 (18). – С. 22-29.
2. Кодзоев М. От научного обоснования- к новой стратегии в семениводстве овощных, бахчевых культур и корневых корнеплодов / М. Кодзоев [и др.] // Междунар. с.-х. журнал. – 2001. – №4. – С. 53-57.
3. Болотских О.С. Методика біоенергетичної оцінки технологій в овочівництві / О.С. Болотских, М.М. Довгаль // Вісн. агр. науки. – 2000. – №8. – С.29-31.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Никифорова Л.Е., Богатырев Ю.О., Кизим И.В.

Аннотация - проведен анализ развития современных агротехнологий и определены основные направления их развития.

BASIC DIRECTIONS OF DEVELOPMENT AGRICULTURAL ELECTRIFIED TECHNOLOGIES

L. Nikiforova, Y. Bogatyrev, I. Kizim

Summary

The analysis of development modern agricultural technologies is in-process conducted and basic directions of their development.



УДК 621.318.38:635.918

ОБЩНОСТЬ ПРИРОДЫ МИКРОВОЛН, ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ИКСС И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАСТИТЕЛЬНЫЕ БИОСИСТЕМЫ

Никифорова Л.Е., д.т.н.,

Богатырев Ю.О., инж. *

Кизим И.В., инж.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел.: (0619) 42-23-41

Аннотация – в работе рассмотрено влияние электромагнитного излучения различных длин волн на растения. Определены различия и общность их воздействия на биологические организмы.

Ключевые слова – электромагнитное излучение, лазер, сантиметровые волны, биосистемы, стимулирование.

Постановка проблемы. Управление ростом и развитием растений, а так же повышением урожайности находится в центре внимания человечества с самого начала их выращивания. В отличии от достижений в управлении неживой природой, где уже есть большие успехи, степень управления человеком живой природой еще достаточно низка.

Биологический объект представляет собой сложную кибернетическую систему, которую характеризует возможность изменения тактики и стратегии управления с целью адаптации к окружающей среде и использования благоприятных условий. Поведение биосистемы представляет собой определенную последовательность ее реакций на внешнее воздействие. В настоящее время, при изучении влияния физических воздействий на растительные биосистемы, основное внимание уделяется особенностям этого воздействия.

Научные исследования, направленные на изучение закономерностей специфики ответных реакций растительных организмов на различные электрофизические воздействия, создание на их основе экологически чистых энерго- и ресурсосберегающих технологий и технических средств, усиливающих адаптацию растений к неблагоприятным факторам внешней среды и способствующих максимальной мобили-

зации потенциальной продуктивности овощных культур, *актуальны* и имеют важное народнохозяйственное значение.

Цель работы. Установить закономерности изменения биоэлектрических параметров растения от возмущающих факторов электромагнитной природы.

Анализ последних исследований. Накоплен богатый материал, посвященный методам энергетического воздействия на семена и растения сельскохозяйственных культур с целью интенсификации наработки биомассы [1-3]. Несмотря на многообразие применяемых методов, режимы воздействия чаще всего подбираются эмпирически с большими временными и энергетическими затратами, без учета физиологических возможностей растительных объектов, продукционный процесс которых находится в непрерывной зависимости от факторов окружающей среды. Вследствие этого результаты воздействия противоречивы и не всегда соответствуют прогнозируемому. Кроме того отсутствует единая методологическая концепция о состоянии растительной биосистемы и ее взаимосвязи с результатами экспериментов.

Результаты исследований. При анализе большого количества экспериментального материала по активации семян различными физическими воздействиями, выявляется значительная качественная аналогия между физиологическими реакциями на эти воздействия.

Для проведения сравнительного анализа по влиянию различных электрофизических факторов на растительные организмы, в качестве объекта воздействия были использованы семена овощных культур. Помидор гибрида Верлиока выращивали по известной технологии [4]. Условия микроклимата поддерживали как за счет электромеханических способов автоматизации, так и с использованием климатического компьютера. Опыты по облучению семян проводили при помощи дециметровых волн, сантиметровых волн, излучением гелий-неонового лазера, излучением гелий-кадмиевого лазера, светом азотного лазера ЛГИ-21 и импульсным концентрированным солнечным светом. В качестве параметра отклика биосистемы на внешнее воздействие использовались поверхностные биоэлектрические потенциалы растений (БЭП). Пример результатов воздействия электрофизического параметра на семена приведен в табл. 1.

Проводя сравнительный анализ биологического действия микроволн, лазерного излучения и импульсного концентрированного солнечного света можно констатировать, что два первых фактора являются когерентным поляризованным электромагнитным излучением. Лазерное излучение отличается от микроволн монохроматичностью, но для биологических молекул, имеющих сплошные спектры поглощения, это свойство не имеет принципиального значения. Так как частота электромагнитного излучения дециметровой и сантиметровой об-

ластей микроволнового діапазона на 4-5 порядков нижче частоти лазерного випромінювання червоної та синьої областей оптичного спектра, то й енергія їх квантів на стільки ж порядків менше. Тому, якщо микроволни можуть викликати лише коливання іонів, дипольних молекул та окремих груп молекул, то лазерне випромінювання видимої області буде сприяти появі збуджених станів типу конформонів, солітонів, релаксуючихся через коливання, а при наявності хромофорних груп та сопряжених зв'язей виникають електронні коливання. Якщо говорити про вплив цих двох діючих факторів на рослинний організм в цілому, то основним відмінням микроволн від лазерного випромінювання є більша глибина проникнення в тканину. Цей параметр визначається як відстань, на якій амплітуда електричного поля зменшується в e раз, а густина потоку потужності (ППМ) в e^2 раз, і залежить від довжини хвилі випромінювання(1).

Таблиця 1 - Вплив лазерної обробки насіння огурця на рівні БЭП та посівні якості

Варіант	Контроль				Опыт				
№ зразка	1	2	3	4	5	6	7	8	
Рівень БЭП насіння, мВ	13,8	18,6	16,4	17,2	24,2	25,1	23,4	23,8	
Довірительний інтервал БЭП, мВ	±1,5	±2,2	±1,8	±2,4	±2,6	±1,9	±1,8	±2,0	
Кількість пророслих за кожні 24 години, насіння	1	–	1	1	–	1	2	3	–
	2	20	22	24	23	32	26	22	30
	3	53	62	54	60	54	63	63	55
	4	13	7	12	10	8	6	5	5
	5	4	3	3	2	1	1	4	4
	6	3	1	1	1	1	–	–	3
	7	1	–	1	–	–	–	–	–
Енергія проростання, %	73	84	79	83	87	91	88	85	
Всхожість	94	96	95	96	97	98	97	97	
Швидкість проростання, години	3,07	2,92	3,02	2,89	2,78	2,78	2,84	2,87	
Відстань проростання, насіння/години	15,7	16,0	13,6	19,2	16,2	19,6	19,4	19,4	

$$d = \frac{\lambda}{2\pi \sqrt{\frac{\epsilon}{2} (\sqrt{1 + (\text{tg} \delta)^2} - 1)}} \tag{1}$$

де d - глибина проникнення в тканину;
 ϵ - діелектрична проникність тканин;
 λ - довжина хвилі випромінювання.

В результате аналитических исследований выявлено, что, в зависимости от глубины проникновения в ткани, данные факторы составляют следующий ряд (по мере убывания): дециметровые волны, сантиметровые волны, излучение гелий-неонового лазера, излучение гелий-кадмиевого лазера, импульсный концентрированный солнечный свет. Кроме этого, разница по этим параметрам для каждой ткани определяется их электрическими или оптическими свойствами.

Изучаемые нами физические факторы в малых дозировках можно рассматривать как физиологические раздражители- сигналы или триггеры изменений естественно протекающих в клетке различных физических, химических и других процессов. В этом и заключается информационная роль микроволновых и лазерных воздействий. Однако, будучи источниками электромагнитной энергии, они могут осуществлять и энергетические преобразования в клетке, степень которых определяется интенсивностью самого воздействия.

Выводы. В результате накопленного экспериментального материала, можно сделать заключение о том, что в основе биологического действия лазерного излучения, микроволн и концентрированного солнечного света лежат структурно-функциональные изменения мембранных образований клеток и внутриклеточных органелл, что приводит к формированию последовательно неспецифических реакций клетки. К числу последних относится, в первую очередь, изменение ионной проницаемости. Характер и направленность этих изменений определяются интенсивностью воздействующих факторов, глубиной проникновения их в ткани и энергетическими характеристиками ЭМИ. Важным является и локализация воздействия, а также исходное состояние растительного организма, тканей и клеток. В определенном диапазоне доз весь этот комплекс изменений на уровне клетки будет способствовать возникновению, как биостимулирующих эффектов данных электрофизических факторов, так и нормализующему действию в условиях измененного состояния. Таким образом, весьма важным является индивидуальное дозирование этих факторов при применении их в растениеводстве.

Литература.

1. Скрипник М.М. Енергозберігаючі електротехнології опромінювання рослин / М.М. Скрипник // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – №2/3 (18). – С. 22-29.
2. Кодзоев М. От научного обоснования- к новой стратегии в семеноводстве овощных, бахчевых культур и корневых корнеплодов / М. Кодзоев [и др.] // Междунар. с.-х. журнал. – 2001. – №4. – С. 53-57.
3. Мікрохвильові технології в народному господарстві. Втілення. Проблеми. Перспективи : зб. статей / Міжнар. акад. інформ. ; Півден. філ. від-ня пром. радіоелектроніки МАІ ; Науково-технологічний

центр в Україні ; РВА “Аспект” ; відп. ред. акад. МАІ Л.Г. Калінін. – Одеса, К. : АСП, 2002. – Вип. 4. – 220 с.

4. Прищеп Л.Г. Эффективная электротехнология защищенного грунта / Л.Г. Прищеп. – М. : Колос, 1980. – 208 с.

СПІЛЬНІСТЬ ПРИРОДИ МІКРОХВИЛЬ, ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ, ІКСС ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА РОСЛИННІ БІОСИСТЕМИ

Никифорова Л.Є., Богатирьов Ю.О., Кізім І.В.

Анотація – в роботі розглянутий вплив електромагнітного випромінювання різних довжин хвиль на рослини. Визначено розходження й спільність їхнього впливу на біологічні організми.

COMMUNITY NATURE OF MICROWAVES, LASER RADIATION, ICSSL AND THEIR INFLUENCE ON THE VEGETABLE BIOSYSTEMS

L. Nikiforova, Y. Bogatyrev, I. Kizim

Summary

In process the considered influence of electromagnetic radiation of different lengths of waves on plants. Certainly divergence and community of their influence on biological organisms.



УДК 514.18

ДИСКРЕТНА ІНТЕРПОЛЯЦІЯ ПРОСТОРОВИХ ДИСКРЕТНО ПРЕДСТАВЛЕНИХ КРИВИХ З ВИКОРИСТАННЯМ КУТОВИХ ПАРАМЕТРІВ

Найдиш А.В., д.т.н.,

Спірінцев Д.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-20-32

Анотація – пропонується розв’язання задачі згущення просторових дискретно представлених кривих за умови відсутності осциляції методом варіативного формування різницевих схем кутових параметрів.

Ключові слова – просторова крива, згущення, кутові параметри, осциляція.

Постановка проблеми. Значне місце в геометричному моделюванні різних явищ і процесів займають просторові криві [1]. Прикладом просторових кривих є лінії потоків газу й рідини у лопатевих апаратах турбін і двигунів внутрішнього згоряння, рух ґрунту по лемешно-відвальної поверхні плуга та ін. [1]. Як правило, моделі (дані), які відображають реальні процеси або явища та мають дискретний характер. Тому проблема полягає у вирішенні задачі згущення просторових ДПК шляхом розробки відповідних алгоритмів, які в максимальній мірі використовують геометричні характеристики кривої та задовольняють додатковим умовам, зокрема умові відсутності осциляції.

Аналіз останніх досліджень. Просторові криві відіграють важливу роль у геометричному моделюванні, але, як відзначалось [1], питання моделювання просторових кривих ліній методами варіативного геометричного моделювання (ВДГМ) вивчені тільки в окремих випадках. Існуючі дискретні методи [1, 2] використовують в більшості лінійні параметри. Однак, використання кутових параметрів відкриває нові можливості при згущенні кривих [3]. В [4] було запропоновано загальний метод згущення на основі варіативного формування різницевих схем кутових параметрів. Пропонується розширення можливостей загального методу шляхом застосування його для згущення просторових кривих.

Формулювання цілей статті. Метою статті є розширення мож-

ливостей використання методу згущення ДПК на основі варіативного формування різницевої схем кутових параметрів [4] для згущення просторових кривих.

Основна частина. Розглянемо вихідну просторову криву (x_i, y_i, z_i) , $i = \overline{0, 1, \dots, n}$, яку необхідно згустити за умови відсутності осциляції. Основна ідея згущення просторових ДПК полягає у наступному. У площині Oxy робимо згущення проекції (x_i, y_i) , $i = \overline{0, n}$ просторової кривої (x_i, y_i, z_i) , $i = \overline{0, n}$ [4]. Після чого згущаємо проекцію (x_i, z_i) , $i = \overline{0, n}$. При цьому, у якості вихідних даних маємо абсциси точок згущення $x_{i+0,5}$, $i = \overline{0, n-1}$ (рис. 1), знайдені при згущенні проекції (x_i, y_i) , і кути суміжності в точках згущення $\gamma_{i+0,5}^1$, $i = \overline{0, n-1}$, що визначаються або способом γ_{opt} [1], або способом γ_{min} [1], або способом [5].

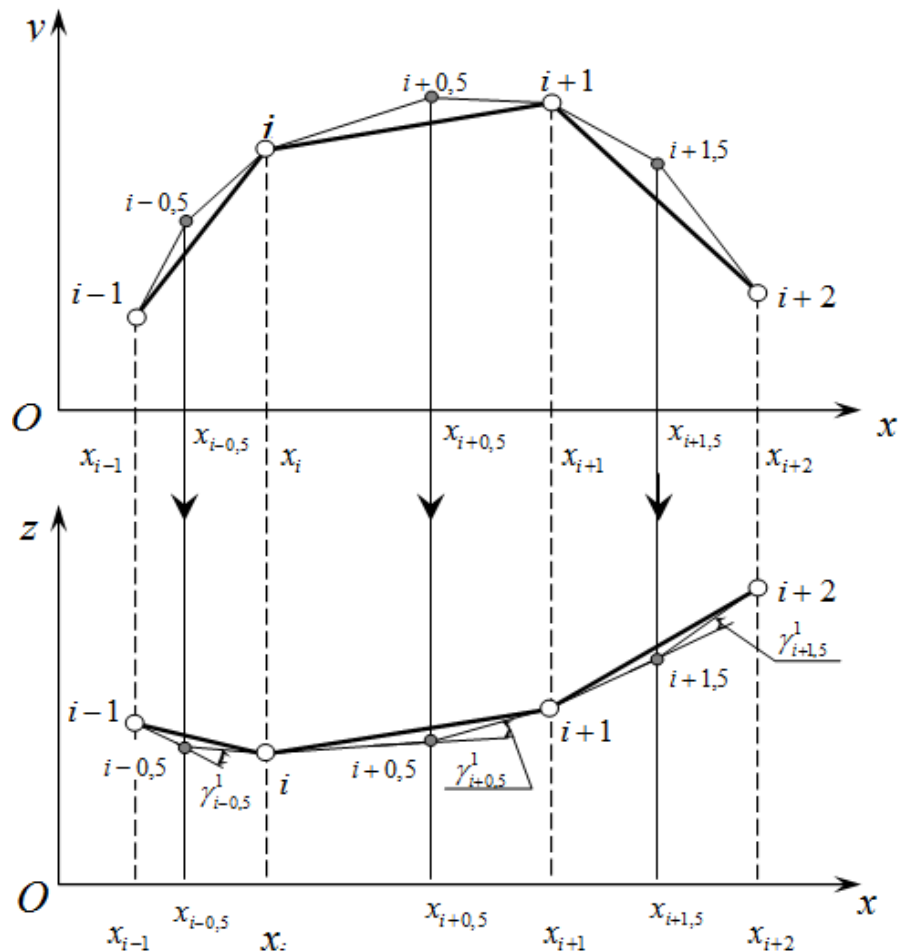


Рис. 1. Схема згущення просторової ДПК.

Отримані значення координат $(x_{i+0,5}, y_{i+0,5}, z_{i+0,5})$, $i = \overline{0, n-1}$ визначають точки згущення на шуканій просторовій кривій (x_i, y_i, z_i) у системі координат $Oxyz$.

Пропонуємо наступний алгоритм згущення просторових ДПК методом дискретної інтерполяції на основі варіативного формування різницевих схем кутових параметрів.

Алгоритм згущення просторової ДПК

1. У площині Oxy згущуємо проекцію (x_i, y_i) , $i = \overline{0, n}$ дискретно представлені просторової кривій (x_i, y_i, z_i) , $i = \overline{0, n}$ методом варіативного формування різницевих схем кутових параметрів з урахуванням геометричних особливостей вихідної ДПК (містить опуклі, увігнуті, прямолінійні або перехідні ділянки) [4,6,7,8]. У результаті згущення визначаються точки згущення $(x_{i+0,5}, y_{i+0,5})$, $i = \overline{0, n-1}$.
2. У площині Oxz для проекції (x_i, z_i) , $i = \overline{0, n}$ визначаються геометричні характеристики (l_i^0 , α_i до осі Ox , γ_i^0) і значення коефіцієнтів η_i згідно основного алгоритму методу згущення [4].
3. Для проекції (x_i, z_i) , $i = \overline{0, n}$ визначаються кути суміжності $\gamma_{i+0,5}^1$, $i = \overline{0; n-1}$ ланок згущеної ДПК (способом γ_{opt} [1], або γ_{min} [1], або [5]).
4. Для проекції (x_i, z_i) , $i = \overline{0, n}$ визначаються координати $z_{i+0,5}^1$, $i = \overline{0; n-1}$ точок згущення. При цьому у якості вихідних даних є абсциси точок згущення $x_{i+0,5}$, $i = \overline{0, n-1}$ й кути суміжності $\gamma_{i+0,5}^1$, $i = \overline{0; n-1}$, отримані в попередніх пунктах даного алгоритму (п.1 і п.3). Для знаходження $z_{i+0,5}^1$, $i = \overline{0; n-1}$ скористаємося наступною схемою (рис. 2)

Як відомо [9], кут θ між двома прямими $a_1x + b_1y + c_1 = 0$ й $a_2x + b_2y + c_2 = 0$ визначається по формулі

$$\theta = \arctg \left(\frac{a_1b_2 - a_2b_1}{a_1a_2 + b_1b_2} \right). \quad (1)$$

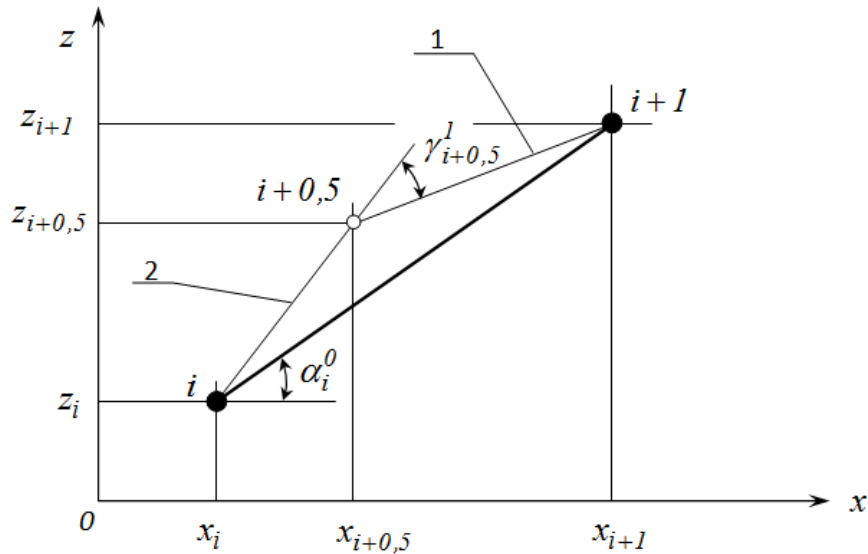


Рис. 2. Схема визначення координати $z_{i+0,5}^1$ точки згущення.

Проведемо через три точки ряду $i, i + 0.5, i + 1$ дві умовні прямі 1 і 2 (рис. 2). По формулі (1) можна визначити кут θ між ними, чисельне значення якого дорівнює куту суміжності $\gamma_{i+0,5}^1$ в точці згущення. Тоді формула (1) прийме наступний вигляд

$$\gamma_{i+0,5}^1 = \arctg\left(\frac{a_1 b_2 - a_2 b_1}{a_1 a_2 + b_1 b_2}\right), \tag{2}$$

де a_1, a_2, b_1, b_2 – коефіцієнти рівнянь прямих, на яких лежать ланки $(i + 0.5, i + 1)$ й $(i, i + 0.5)$;

$$\begin{aligned} a_1 &= z_{i+1} - z_{i+0,5} & a_2 &= z_{i+0,5} - z_i \\ b_1 &= x_{i+0,5} - x_{i+1} & b_2 &= x_i - x_{i+0,5} \end{aligned} \tag{3}$$

тут $x_i, y_i, x_{i+0,5}, y_{i+0,5}, x_{i+1}, y_{i+1}$ – координати точок $i, i + 0,5, i + 1$ відповідно.

Розв'язавши систему рівнянь (1)-(3) відносно $z_{i+0,5}^1, i = \overline{0; n - 1}$ визначимо координати точок згущення для проекції $(x_i, z_i), i = \overline{0, n}$.

$$\begin{aligned} z_{i+0,5} &= \frac{1}{2 \operatorname{tg} |\gamma_{i+0,5}^1|} (\operatorname{tg} |\gamma_{i+0,5}^1| \cdot (z_i + z_{i+1}) + x_i - x_{i+1}) + \\ &+ \frac{1}{2 \operatorname{tg} |\gamma_{i+0,5}^1|} \sqrt{(x_i + x_{i+1})^2 + A_{i+0,5} \cdot \operatorname{tg} |\gamma_{i+0,5}^1|}, \quad i = \overline{0; n - 1}, \end{aligned} \tag{4}$$

де значення коефіцієнта $A_{i+0,5}$ визначається за формулою

$$A_{i+0,5} = z_i \cdot (z_i \cdot \operatorname{tg}|\gamma_{i+0,5}^1| - 2z_{i+1} \cdot \operatorname{tg}|\gamma_{i+0,5}^1| + 2x_i + 2x_{i+1} - 4x_{i+0,5}) + \\ + z_{i+1} (z_{i+1} \cdot \operatorname{tg}|\gamma_{i+0,5}^1| - 2(x_i + x_{i+1}) + 4x_{i+0,5}) + 4x_{i+0,5} \cdot \operatorname{tg}|\gamma_{i+0,5}^1| \cdot (x_i \cdot \\ x_{i+1} - x_{i+0,5}) - 4x_i \cdot x_{i+1} \cdot \operatorname{tg}|\gamma_{i+0,5}^1|, \quad i = \overline{0; n-1}. \quad (5)$$

Слід зазначити, що за формулою (4) можна визначати значення $z_{i+0,5}^1, i = \overline{0; n-1}$ тільки для опуклої частини кривої. У випадку увігнутої частини кривої, формула (4) запишеться у вигляді

$$z_{i+0,5} = \frac{1}{2\operatorname{tg}(\pi - \gamma_{i+0,5}^1)} (\operatorname{tg}(\pi - \gamma_{i+0,5}^1) \cdot (z_i + z_{i+1}) + x_i - x_{i+1}) + \\ \frac{1}{2\operatorname{tg}(\pi - \gamma_{i+0,5}^1)} \sqrt{(x_i + x_{i+1})^2 + A_{i+0,5} \cdot \operatorname{tg}(\pi - \gamma_{i+0,5}^1)}, \quad i = \overline{0; n-1}, \quad (6)$$

де значення коефіцієнта $A_{i+0,5}$ визначається за формулою

$$A_{i+0,5} = z_i \cdot (z_i \cdot \operatorname{tg}(\pi - \gamma_{i+0,5}^1) - 2z_{i+1} \cdot \operatorname{tg}(\pi - \gamma_{i+0,5}^1) + 2x_i + 2x_{i+1} - 4x_{i+0,5}) + \\ + z_{i+1} (z_{i+1} \cdot \operatorname{tg}(\pi - \gamma_{i+0,5}^1) - 2(x_i + x_{i+1}) + 4x_{i+0,5}) + 4x_{i+0,5} \cdot \operatorname{tg}(\pi - \gamma_{i+0,5}^1) \cdot \\ (x_i + x_{i+1} - x_{i+0,5}) - 4x_i \cdot x_{i+1} \cdot \operatorname{tg}(\pi - \gamma_{i+0,5}^1), \quad i = \overline{0; n-1}. \quad (7)$$

5. За отриманими значенням координат $(x_{i+0,5}^1, y_{i+0,5}^1, z_{i+0,5}^1), i = \overline{0; n-1}$ будується згущена неосцилююча дискретно представлена просторова крива.

6. За необхідністю, точки ряду перенумеровуються й розрахунок повторюється. Критерієм закінчення згущення є досягнення умови

$$\max_{i=1 \dots n-1} |\gamma_{i+0,5}^1| \leq \varepsilon, \quad (8)$$

де $\varepsilon \geq 0$ - як завгодно мале наперед задане число.

По досягненні цієї умови точки згущеної ДПК з'єднуються відрітками супровідної ломаної лінії, яку і вважаємо інтерполюючою кривою.

На рис. 3 наведено приклад згущення (2 кроки згущення) тестової дискретно представленої просторової кривої. Згущення здійснювалось методом варіативного формування різницевих схем кутових параметрів, згідно з пунктами вище наведеного алгоритму.

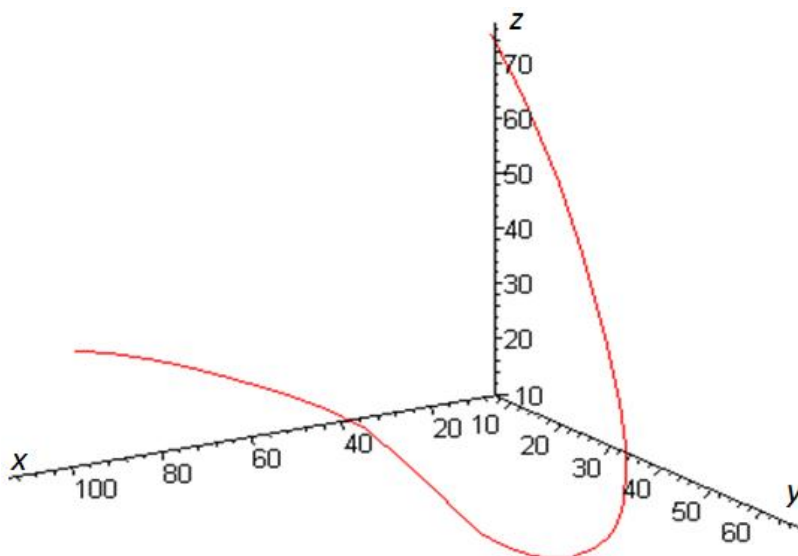


Рис. 3. Результат згущення тестової просторової кривої.

Висновки. Запропоновано новий спосіб розв'язання задачі дискретної інтерполяції просторових ДПК методом варіативного формування різницевої схеми кутових параметрів за умовою відсутності осциляції. Використання запропонованого алгоритму дає можливість згущення на нерівномірній сітці неоднозначних дискретно представлених просторових кривих.

Література

1. *Найдиш В.М.* Дискретна інтерполяція [для студентів вищих навчальних закладів I-IV рівнів акредитації] / *В.М. Найдиш*// - Мелітополь: ВДП «Люкс», 2008. – 250 с.
2. *Ковальов С.М.* Прикладна геометрія та інженерна графіка / *С.М. Ковальов, М.С. Гумен, С.І. Пустюльга* [і ін.] // Спеціальні розділи. – Луцьк: Редакційно-видавничий відділ ЛДТУ, 2006. - Випуск 1. – 256 с.
3. *Спірінцев Д.В.* Варіативне формування різницевої схеми згущення ДПК на основі кутових параметрів / *Д.В. Спірінцев* // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. «Прикладна геометрія та інженерна графіка». – Мелітополь: ТДАТА, 2008. – Випуск 36. - С. 34-37.
4. *Найдиш В.М.* Варіативна схема згущення ДПК на основі кутових параметрів з використанням додаткових умов / *В.М. Найдиш, Д.В. Спірінцев* // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. «Прикладна геометрія та інженерна графіка». – Мелітополь: ТДАТА, 2007. – Випуск 35. - С.3-9.
5. *Спірінцев Д.В.* Формування різницевої схеми згущення ДПК на основі кутових параметрів / *Д.В. Спірінцев* // Міжвідомчий науково-технічний збірник. «Прикладна геометрія та інженерна графіка». – Київ: КНУБА, 2008. – Випуск 81. – С. 172-176.
6. *Найдиш А.В.* Дискретна інтерполяція перехідних ділянок ДПК на

основі розв'язання різницевих схем / *А.В. Найдюш, Д.В. Спиринцев* // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. «Прикладна геометрія та інженерна графіка». – Мелітополь: ТДАТА, 2008. – Випуск 37. – С.3-8.

7. *Спиринцев Д.В.* Згущення прямолінійних ділянок ДПК на основі варіативного формування різницевих схем кутових параметрів / *Д.В. Спиринцев* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. «Прикладна геометрія та інженерна графіка». – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – Випуск 39 – С.155-161.

8. *Найдюш А.В.* Дискретна інтерполяція ДПК в околі особливих точок на основі варіативного формування різницевих схем кутових параметрів / *А.В. Найдюш, В.М. Малкіна, Д.В. Спиринцев* // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: ХНТУ, 2008. – Випуск 2(31). – С. 339–345.

9. *Полянин А.Д.* Довідник для студентів технічних вузів / *А.Д. Полянин, В.Д. Полянин, В.А. Попов* [і ін.]//.– М.: ТОВ «Видавництво Астрель», 2002. – 735 с.

ДИСКРЕТНАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДИСКРЕТНО ПРЕДСТАВЛЕННЫХ КРИВЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ

Найдюш А.В., Спиринцев Д.В.

Аннотация - предлагается решение задачи сгущения пространственных дискретно представленных кривых при условии отсутствия осцилляции методом вариативного формирования разностных схем угловых параметров.

DISCRET INTERPOLATION SPACE DISCRETELY PRESENTED CURVES USING ANGULAR PARAMETERS

A. Naydysh, D. Spirintsev

Summary

Is offered the decision of a problem of condensation spacing discretely presented curves in the absence of oscillations using method variative formations difference schemes of angular parameters.



УДК 621.313.333.2:519.876.5

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Телюта Р.В., инженер,

Курашкин С. Ф., инженер,

Овчаров С.В., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел.: (0619) 42-32-63

Аннотация – предложена модель функционального диагностирования асинхронных электродвигателей по допустимому дополнительному износу изоляции на одну тепловую перегрузку.

Ключевые слова – функциональное диагностирование, нагрев электродвигателя, тепловой износ изоляции, расход ресурса изоляции, допустимое время работы электродвигателя.

Постановка проблемы. Повышенный тепловой износ изоляции асинхронного электродвигателя является одной из основных причин, которые оказывают влияние на его эксплуатационную надежность. Тепловые перегрузки возникают из-за ряда факторов, ведущих к превышению номинального тока, среди которых наиболее существенными являются несимметричное напряжение питания, выпадение фазы, короткие замыкания в линиях электропередачи. На тепловой износ изоляции электродвигателя влияет температура окружающей среды, кратность загрузки, которые могут отличаться от номинальных значений, как в меньшую, так и в большую сторону. Это соответственно ведет к недоиспользованию расхода ресурса изоляции или напротив – к повышенному расходу. Задача функционального диагностирования состоит в том, чтобы ограничить работу электродвигателя, поддерживая тепловой износ изоляции в пределах, ограниченных заводом-изготовителем, независимо от режима работы электродвигателя.

Анализ последних исследований. Существующие системы диагностирования эксплуатационных режимов работы асинхронных электродвигателей не учитывают количество тепловых перегрузок в течение одного года работы, влияющих на допустимый дополнительный тепловой износ изоляции.

Формулирование целей статьи. Целью статьи является установление зависимости допустимого времени работы асинхронного электродвигателя от кратности загрузки, температуры окружающей среды и дополнительного теплового износа изоляции на одну тепловую перегрузку.

Основная часть. Принимаем, что электродвигатель работает с номинальной нагрузкой и имеет номинальное превышение температуры изоляции τ_n . При возникновении токовой перегрузки, вследствие возникшего аномального эксплуатационного режима, превышение температуры обмотки электродвигателя за время перегрузки t_n достигает максимального значения τ_{max} (рис. 1), а при сбросе нагрузки, за время охлаждения t_o – снижается до номинального превышения температуры τ_n . В то же время, скорость износа изоляции обмотки увеличивается с номинального значения ε_n до максимального значения ε_{max} . Как следствие, возникает дополнительный тепловой износ изоляции $E_{дон}$ за время перегрузки и охлаждения, который представляет собой площадь, ограниченную кривой $\varepsilon = f(t)$ выше номинального значения скорости износа изоляции ε_n .

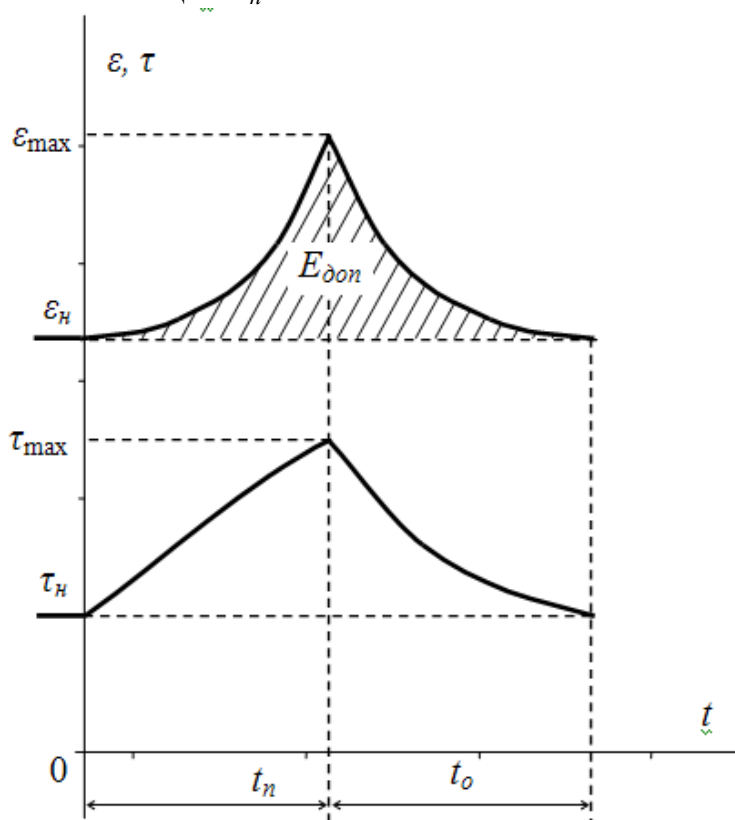


Рис. 1. Зависимости $\tau = f(t)$, $\varepsilon = f(t)$ при перегрузке электродвигателя.

Определим допустимый дополнительный тепловой износ изоляции электродвигателя при перегрузке в расчете на один аварийный режим.

Планируемый тепловой износ изоляции в течение года работы погружного электродвигателя определяется выражением [1]

$$E_{z\partial} = \frac{D_n}{T_m}, \quad (1)$$

где D_n – базовый срок службы изоляции электродвигателя, бч;

T_m – моральный срок службы электродвигателя, лет.

Фактический тепловой износ изоляции за год работы погружного электродвигателя, как правило, меньше допустимого, так как зависит от графика нагрузки:

$$E_{z\phi} = Ne^B \left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\tau_\phi + \vartheta_{cp.n} + 273} \right), \quad (2)$$

где N – число часов работы электродвигателя в году, ч;

$\vartheta_{cp.n}$ – номинальная температура окружающей среды (воды), °С;

τ_ϕ – эквивалентное среднегодовое превышение температуры обмотки электродвигателя в рабочий период, °С, которое, в свою очередь, определяется следующим образом

$$\tau_\phi = \tau_n \frac{a + k_\phi^2}{a + 1}, \quad (3)$$

где τ_n – номинальное превышение температуры обмотки электродвигателя, °С;

k_ϕ – эквивалентный среднегодовой коэффициент загрузки электродвигателя по току в рабочий период.

Таким образом, допустимый дополнительный тепловой износ изоляции обмотки погружного электродвигателя в течение года равен

$$\Delta E_{z\partial} = E_{z\partial} - E_{z\phi}. \quad (4)$$

В течение года работы электродвигателя происходит n тепловых перегрузок по разным причинам, с учетом чего может быть определен допустимый дополнительный тепловой износ изоляции на одну тепловую перегрузку

$$E_{\partial.\partial on} = \frac{\Delta E_{z\partial}}{n}, \quad (5)$$

где n – вероятное число тепловых перегрузок в течение года.

После подстановки (22) – (25) в (26) окончательно получим

$$E_{\partial.\partial on} = \frac{1}{n} \left(\frac{D_n}{T_m} - Ne^B \left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\tau_n \frac{a + k_\phi^2}{a + 1} + \vartheta_{cp.n} + 273} \right) \right). \quad (6)$$

Зависимость допустимого дополнительного теплового износа изоляции электродвигателя на один аварийный режим от числа перегрузок в течение года $E_{\partial.\partial on} = f(n)$ представлена на рис. 2.

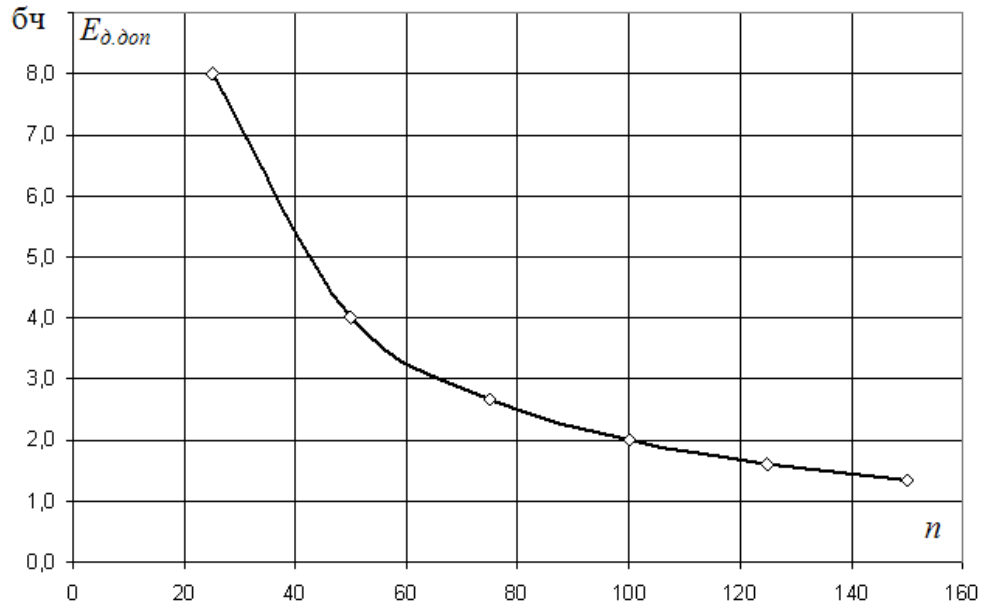


Рис. 2. Зависимость $E_{\partial.\partial on} = f(n)$.

Вероятное число тепловых перегрузок в течение года по статистическим данным составляет 50 – 100 перегрузок, таким образом значение допустимого дополнительного теплового износа изоляции электродвигателя на один аварийный режим $E_{\partial.\partial on} = 2...4$ бч.

Допустимый дополнительный тепловой износ изоляции на одну тепловую перегрузку можно представить как сумму дополнительного теплового износа изоляции при перегрузке $E_{\partial on.n}$ и охлаждении $E_{\partial on.o}$

$$E_{\partial.\partial on} = E_{\partial on.n} + E_{\partial on.o} \tag{7}$$

В свою очередь, дополнительный тепловой износ изоляции при перегрузке

$$E_{\partial on.n} = \int_0^{t_n} \varepsilon_n dt, \tag{8}$$

где t_n – время перегрузки, с;

ε_n – скорость теплового износа изоляции при перегрузке, бч/ч.

Скорость теплового износа изоляции

$$\varepsilon_n = \varepsilon_n e^{B \left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\tau_n + \vartheta_{cp} + 273} \right)}, \tag{9}$$

где τ_n – текущее превышение температуры изоляции при перегрузке, °С, которое, в свою очередь, описывается уравнением

$$\tau_n = \tau_y \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \tau_H e^{-\frac{t}{T}}, \quad (10)$$

где τ_y – установившееся превышение температуры изоляции, °С;
 T – постоянная времени нагрева электродвигателя, с.

Дополнительный тепловой износ изоляции при охлаждении

$$E_{\text{дон.о}} = \int_0^{t_o} \varepsilon_o dt, \quad (11)$$

где t_o – время охлаждения изоляции до номинального превышения температуры, с;

ε_o – скорость теплового износа изоляции при охлаждении, бч/ч.

$$\varepsilon_o = \varepsilon_H e^{B \left(\frac{1}{\theta_H} - \frac{1}{\tau_o + \vartheta_{cp} + 273} \right)}, \quad (12)$$

где τ_o – текущее превышение температуры изоляции при охлаждении, °С, которое, в свою очередь, описывается выражением

$$\tau_o = \tau_{\text{max}} e^{-\frac{t}{T}}. \quad (13)$$

Составляем математическую модель для определения допустимого времени работы электродвигателя с перегрузкой, задавшись температурой окружающей среды ϑ_{cp} , допустимым дополнительным тепловым износом изоляции на один аварийный режим $E_{\text{д.дон}}$, кратностью действующего среднеквадратичного значения силы электрического тока k :

$$E_{\text{д.дон}} = E_{\text{дон.н}} + E_{\text{дон.о}}, \quad (14)$$

$$E_{\text{дон.н}} = \int_0^{t_n} \varepsilon_n dt; \quad (15)$$

$$\varepsilon_n = \varepsilon_H e^{B \left(\frac{1}{\theta_H} - \frac{1}{\tau_n + \vartheta_{cp} + 273} \right)}; \quad (16)$$

$$\tau_n = \tau_y \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \tau_H e^{-\frac{t}{T}}; \quad (17)$$

$$E_{\text{дон.о}} = \int_0^{t_o} \varepsilon_o dt; \quad (18)$$

$$\varepsilon_o = \varepsilon_H e^{B \left(\frac{1}{\theta_H} - \frac{1}{\tau_o + \vartheta_{cp} + 273} \right)}; \quad (19)$$

$$\tau_o = \tau_{\max} e^{-\frac{t}{T}}; \tag{20}$$

$$\tau_{\max} = \tau_y \left(1 - e^{-\frac{t_n}{T}} \right) + \tau_n e^{-\frac{t_n}{T}}; \tag{21}$$

$$\tau_n = \tau_{\max} e^{-\frac{t_o}{T}}. \tag{22}$$

Зависимость допустимого времени работы асинхронного электродвигателя погружного насоса ПЭДВ 2,8-140 от кратности перегрузки $t_n = f(k)$ для значения $E_{\delta, \text{дон}} = 4$ бч приведена на рис. 3.

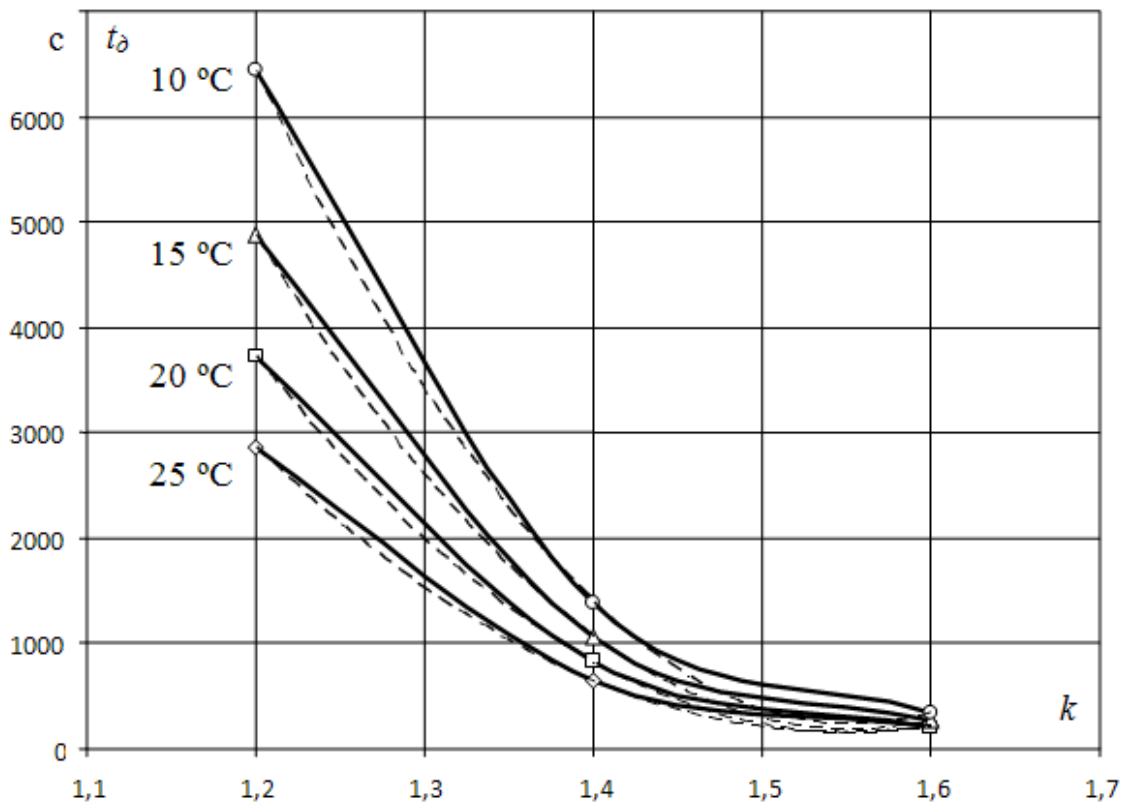


Рис. 3. Результаты аппроксимации зависимостей $t_{\delta} = f(k, \vartheta_{cp})$ для $E_{\delta, \text{дон}} = 4$ бч.

С помощью метода наименьших квадратов проведена аппроксимация полученных кривых $t_{\delta} = f(k, \vartheta_{cp}, E_{\delta, \text{дон}})$ и получены уравнения регрессии:

$$\vartheta_{cp} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}; y = 376050x^2 - 10^6x + 909114;$$

$$\vartheta_{cp} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}; y = 285313x^2 - 886838x + 690580;$$

$$\vartheta_{cp} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}; y = 224463x^2 - 694688x + 539024.$$

Полученные уравнения могут быть использованы в устройстве функционального диагностирования для определения допустимого

времени работы асинхронного электродвигателя погружного насоса при токовой перегрузке, возникшей по разным причинам и различной температуре воды в артезианской скважине.

Выводы. Установлено, что допустимый дополнительный тепловой износ изоляции на одну тепловую перегрузку составляет 2-4 бч. Получены уравнения регрессии, с помощью которых производится расчет допустимого времени работы электродвигателя с перегрузкой.

Литература.

1. *Овчаров В. В.* Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве/ *В.В. Овчаров.* – К.: УСХА, 1990. – 168 с.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Телюта Р.В., Курашкін С.Ф., Овчаров С.В.

Анотація - запропонована модель функціонального діагностування асинхронних електродвигунів за припустимим додатковим зношенням ізоляції на одне теплове перевантаження.

MATHEMATICAL MODEL OF ELECTROMOTOR FUNCTION DIAGNOSE

R. Telyuta, S. Kurashkin, S. Ovcharov

Summary

There was proposed the function diagnose model of electromotor according to extra consumption of insulation resource per one heating overload.



УДК 621.234:681.515

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ІНФОРМАЦІЙНОГО РЕЗЕРВУВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНОЇ СИСТЕМИ ОПРОМІНЕННЯ РОСЛИН В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

Сабо А.Г., к.т.н.

Речина О.М., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: 0619-42-57-97

Анотація – в роботі розглянуто узагальнену методику вибору й обґрунтування оптимальної структури паралельного інформаційного резервування системи опромінення рослин за принципом мажоритарної логіки.

Ключові слова – принцип мажоритарної логіки, інформаційне резервування, споруди захищеного ґрунту.

Вступ. Аналіз останніх досліджень та публікацій з представленої проблеми вказує на те, що питанням створення і розвитку систем резервування та підтримки прийняття рішень в соціально-економічній, технічній та інших сферах діяльності наразі приділяється пильна увага. Усе більш актуальними стають роботи, присвячені моделям процесів прийняття рішень в умовах нечіткої або неповної інформації. Багатьма авторами розглянуто критерії оптимізації, на основі яких здійснюється процес прийняття рішень, надається аналіз їх переваг та недоліків, визначається область застосування в залежності від характеру ситуації, що склалася.

Аналіз останніх досліджень. Інформаційне резервування - це спосіб забезпечення заданого рівня надійності інформаційно-управляючих систем за рахунок введення резервування за інформаційними ознаками цих систем [1]. Точність та достовірність контрольованої інформації можна суттєво підвищити шляхом її статистичної обробки, якщо одночасно подавати на обчислювальні керовані системи інформацію від декількох підключених паралельно джерел інформації. Подібні способи вводу інформації називають паралельним інформаційним резервуванням, вони в принципі дозволяють суттєво підвищити точність і достовірність контрольованої інформації, що надходить від неякісних і технічно ненадійних джерел інформації.

Паралельне інформаційне резервування - це спосіб забезпечення ефективності інформаційно-керуючих систем, коли дані надходять від декількох джерел і рішення щодо значення контрольованого параметра приймається згідно мажоритарного принципу "m із n", коли m із n джерел підтверджують факт появи контрольованої ознаки.

Постановка проблеми. Інформаційне устаткування систем управління суттєво впливає на ефективність та точність виконання будь-якого технологічного процесу. Саме тому постає питання вибору оптимальної кількості датчиків та точності наданої ними інформації для ведення опромінення рослин у теплицях. Розв'язання цієї проблеми вочевидь пов'язано з підвищенням достовірності інформації про процес надходження сумарної фотосинтетично активної радіації (ФАР) як від штучних так і від природного джерела ФАР і передбачає впровадження інформаційного резервування.

Основна частина. Інформація від датчиків надходження ФАР енергоощадної системи опромінення рослин завжди буде надходити із певним ступенем достовірності, оскільки їх ідеальне місце розташування неможна визначити безпомилково, інакше необхідно враховувати конструктивні особливості теплиць, зміну положення сонця протягом дня, що є достатньо складно. Згідно з [2] ступінь достовірності можна охарактеризувати трьома імовірнісними станами:

- а - імовірність правильного виявлення події (що полягає у правильному відображенні інформації);
- б - імовірність надання помилкової інформації;
- с - імовірність не виявлення інформації (можливий вихід зі строю приладу за різних причин).

Для забезпечення необхідних характеристик надійності системи опромінення рослин у сенсі підвищення достовірності переданих датчиками ФАР показань є введення інформаційного резервування. Оскільки існують різні способи інформаційного резервування, то для порівняння ефективності резервованих систем управління в якості основного критерію зазвичай приймається вірогідність виявлення подій, що представляє собою суму ймовірності надання правильної або помилкової інформації і ймовірність виходу зі строю джерела інформації [4].

У системі управління опроміненням рослин з резервованими датчиками ймовірності p_1 , p_2 , p_3 (ймовірність надання достовірної, помилкової та невиявлення (вихід зі строю) інформації) функціонально залежать від числа датчиків n і від їх імовірнісних характеристик a , b , c , тобто:

$$\begin{aligned} p_1 &= f_1(n, a, b, c), \\ p_2 &= f_2(n, a, b, c), \\ p_3 &= f_3(n, a, b, c) \end{aligned} \quad (1)$$

зазначимо, що $p_1 + p_2 + p_3 = 1$.

Оскільки досліджувана система управління опроміненням в переважній більшості робить помилки першого й другого роду [5], то будуть мати місце додаткові конструктивні витрати, пов'язані із цими помилками, які можна представити матрицею витрат

$$B = \begin{vmatrix} 0 & B_{01} \\ B_{10} & 0 \end{vmatrix}, \quad (2)$$

де B_{01} та B_{10} - додаткові конструктивні витрати, пов'язані з помилками першого й другого роду відповідно.

Середні додаткові конструктивні витрати при цьому визначаються байесовским ризиком B [2,4,5], вираженим як

$$B = p_1 B_{01} p_2 + (1+p_1) B_{10} p_3. \quad (3)$$

Якщо врахувати матеріальні витрати на реалізацію системи управління опроміненням рослин у теплицях з n резервованих датчиків, обумовлені вартістю C одного датчика і числом n , то отримуємо остаточний вираз, що визначає середній ризик $B(n)$

$$B(n) = p_1 B_{01} p_2 + (1+p_1) B_{10} p_3 + C n. \quad (4)$$

Оскільки сума перших двох доданків у виразі (4) є монотонно-спадаючою функцією n (інакше здійснювати резервування не доцільно), а останній доданок цього виразу є монотонно-зростаючою функцією n , то функція $B(n)$ має глобальний мінімум, що визначає оптимальне число n_{opt} резервних датчиків. Так як ймовірність p_1 надання достовірної інформації є невідомою (через можливе затінення датчиків конструктивними елементами теплиці), то згідно з критерієм Байеса-Лапласа прийнятне допущення $p = 0,5$ [2, 7]. Точне визначення додаткових конструктивних витрат B_{01} і B_{10} є достатньо складною окремою задачею. Виходячи із припущення, що для більшості випадків надання недостовірної інформації та неподання інформації загалом є однаково небезпечними для роботи системи, можна в першому наближенні прийняти $B_{01} = B_{10} = B$. З урахуванням цього вираз (4) можна спростити

$$B(n) = p_2 + p_3 + C_1 n, \quad (5)$$

де $C_1 = 2C/B$.

Аналізуючи вираз (5), можна зробити наступні висновки [3, 6]:

1. Якщо витрати на створення інформаційної системи істотно менші витрат, обумовлених помилками першого й другого роду, тобто $C \ll B$ і більше значень p_2 і p_3 імовірностей помилок, що може бути обумовлено низькою якістю (класом точності, надійністю) датчиків, то оптимальна кількість задіяних у системі датчиків буде достатньо великою. У цьому випадку необхідно використати велику кількість резервованих датчиків низької якості, щоб забезпечити малі ймовірності помилок першого й другого роду.

2. Якщо витрати на створення інформаційної системи C сумірні з конструктивними витратами B , що може бути обумовлено високою

точністю системи й малими значеннями ймовірностей p_2 і p_3 , то оптимальна кількість резервних датчиків, згідно з виразом (5), буде невеликою.

Інформаційне резервування систем найчастіше здійснюють за принципом мажоритарної логіки, згідно з якою система видає інформацію про значення тоді, коли цей сигнал видають не менше m датчиків з n . Причому число m може змінюватись у межах $[1...n]$. Якщо $m=1$, то схема резервування має вигляд, зображений на рис. 1.

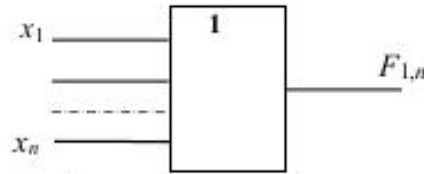


Рис. 1. Схема інформаційного резервування системи (АБО).

Якщо $m=n$, то схема резервування буде мати вигляд, зображений на рис. 2, на якому усі n датчиків об'єднуються за схемою І.

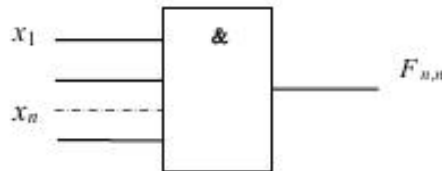


Рис. 2. Схема об'єднання групи датчиків системи первинної інформації (І).

Якщо m змінюється в межах $1 < m < n$, то схема з'єднання датчиків має вигляд, зображений на рис. 3, при якому резервні датчики групами поєднуються за схемою І. Число датчиків у кожній групі рівно m , і кожна група датчиків відрізняється від попередньої хоча б одним датчиком. Число таких груп дорівнює числу комбінацій з n по m , а всі ці групи поєднуються за схемою АБО. На виході схеми (рис. 3) сигнал з'явиться лише тоді, коли буде сигнал на виході хоча б однієї із груп. Сигнал на виході кожної групи з'являється тільки тоді, коли є сигнали від усіх датчиків, об'єднаних у цю групу.

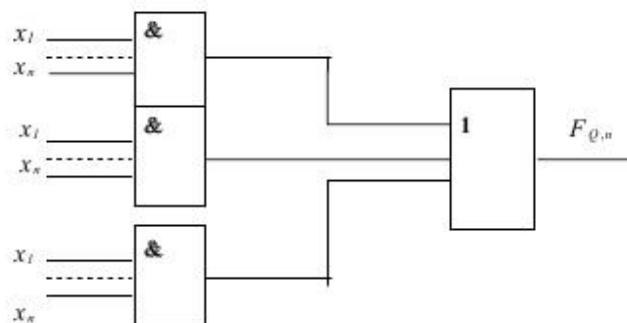


Рис. 3. Схема об'єднання груп датчиків системи первинної інформації (І та АБО).

Далі за допомогою твірної функції [4] можна одержати залежності, що визначають значення ймовірностей p_1 p_2 p_3 відповідно до мажоритарної логіки на підставі триномінального розподілу. Типові структурні схеми таких систем резервування наведені на рис.1-3. Вигляд такої структурної схеми однозначно визначається параметром m , який представляє необхідне число датчиків, що одночасно надали однакову інформацію. По суті схема резервування (рис.3) є універсальною для систем резервування датчиків за принципом мажоритарної логіки. Схеми резервування, зображені на рис.1 і 2, представляють виражені граничні варіанти схеми на рис.3, коли параметр m рівний 1 або n . Таким чином, коли йдеться про резервування за принципом мажоритарної логіки, то мається на увазі схема резервування, зображена на рис.3. Однак слід зазначити, що резервування за принципом мажоритарної логіки не є єдиним варіантом, оскільки він не містить у собі всі можливі варіанти схем резервування, засновані на комбінації різних способів підключення логічних елементів І та АБО.

Оскільки всі можливі варіанти схеми резервування, зображеної на рис. 3, однозначно визначаються параметром m , то процес вибору оптимального різновиду схеми резервування полягає у процедурі визначення максимального значення ймовірності p_1 , що визначається твірною функцією, і залежності від змінної m , яка змінюється в межах від 1 до n ($m \leq [1...n]$).

Згідно з виразом (5), максимальне значення ймовірності p_1 обумовлює мінімум функції ризику $V(n)$ системи резервування датчиків САУ опромінення рослин і залежить не тільки від числа датчиків, а і від їхніх імовірнісних характеристик a, b, c та варіанта структурної схеми резервування (рис. 3), обумовленого параметром m . Для вибору оптимальної структури інформаційної системи з мінімальним значенням параметра m необхідно розв'язати задачу оптимізації відносно мінімізації цього параметра.

Висновки. За допомогою поняття рівня інформаційного резервування можна характеризувати не лише якість резервування, а й порівнювати між собою різні за структурою і якістю використаних датчиків системи опромінення рослин у теплицях. Зі збільшенням рівня інформаційного резервування зростає кількість використовуваних датчиків, що накладає на процедуру резервування додаткові обмеження конструктивного й економічного плану. Наведений аналіз інформаційних структур дозволяє обґрунтовано підійти до формування загальної структури системи опромінення рослин в теплицях.

Література.

1. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения: ГОСТ 27.002-89. – [Действует с 1990-07-01]. – М.: АН СССР, 1989. – 32 с.

2. *Вентцель Е.С.* Теория вероятности и ее инженерные приложения / *Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров.* – 2-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2000.— 480 с.
3. *Аль-Аммори Али.* Математическая модель параллельного информационного резервирования информационно-управляющих систем / *Аль-Аммори Али* // Искусственный интеллект. – 2007. – № 3. – С. 227-238.
4. *Васильев К.К.* Методы обработки сигналов / *К.К. Васильев* - учебное пособие. – Ульяновск, 2001. – 80 с.
5. Обнаружение сигналов при известных параметрах помех [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.sernam.ru. (дата обращения: 05.10.2010)
6. *Аль-Аммори Али.* Некоторые способы повышения эффективности бортовых информационно-управляющих систем распознавания опасных полетных ситуаций / *Аль-Аммори Али, П.В. Дяченко* // Вісник ЧДТУ.- 2007.- №3-4 .- С 56-60.
7. *Бабенко Н.И.* Оптимизация процесса принятия решений при ап-риори заданных вероятностях состояний внешней среды на основе критерия Байеса / *Н.И. Бабенко, С.А. Бабичев, А.В. Шарко* // Проблемы информационных технологий. – 2009. – №1 - С.15-23.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНФОРМАЦИОННОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЗБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ В ТЕПЛИЦАХ

Сабо А.Г., Речина О.Н.

Аннотация – в статье рассмотрены вопросы выбора и обоснования оптимальной структуры параллельного информационного резервирования системы облучения растений согласно принципам мажоритарной логики.

APPRAISAL METHODOLOGY OF INFORMATION RESERVATION FOR ENERGYSAVING CONTROL SYSTEM OF PLANTS ILLUMINATION IN HOTHOUSES

A. Sabo, O. Rechina

Summary

Sampling technique and substantiation of optimum structure of parallel information reservation for energysaving control system of hothouse plants illumination according to majority logic principles is considered.



УДК 631.371:621.31

ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОМБІНОВАНОЇ ОБРОБКИ ПОЛИВАЛЬНОЇ ВОДИ ТА РОЗЧИНІВ

Коваленко Л.Р., к.т.н.,

Коваленко О.І., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: 0619 42 11 74

Анотація – в роботі наведено результати виробничої перевірки установки. Визначені показники якості роботи розроблених пристроїв, перевірка їхньої експлуатаційної надійності, а також техніко-економічне порівняння запропонованих електротехнологічних методів обробки поливальної води і розчинів мінеральних добрив з існуючою технологією вирощування овочевих культур.

Ключові слова – енергозберігаючі технології, живильний розчин, малооб'ємна гідропоніка, комбінована обробка.

Постановка проблеми. Для вдосконалення технології поливу в промислових теплицях широко застосовується краплинне зрошування, яке має ряд переваг перед традиційними способами поливу (шланговий полив, дощування). Краплинне зрошування є основним способом поливу при вирощуванні рослин методом малооб'ємної гідропоніки, яка передбачає створення оптимальних водно-повітряних, живильних і температурних параметрів в кореневій зоні рослин. Об'єм субстрату для життєдіяльності кореневої системи обмежений і є хімічно нейтральним середовищем, тому подача води, живильних елементів і тепла для підтримки заданих умов повинні здійснюватися своєчасно і в необхідних кількостях [1, 4].

Запропонована технологія обробки води та живильних розчинів дозволить досягти високої ефективності використання добрив, покращення мінерального живлення та знезаражування розчину при одночасному зменшенні витрат електроенергії.

Аналіз останніх досліджень. Світовими лідерами в сільському господарстві і тепличних технологіях є голландські фірми. І виражено це як в науковій сфері, так і в самому виробництві. На сьогодні відомі приклади застосування поливальної води обробленої в магнітному по-

лі (магнітоактивованої). При цьому відмічається позитивний вплив такої води на ріст та розвиток рослин [1, 2, 3].

Існує спосіб електроімпульсної обробки води, який шляхом дії на воду сукупністю фізичних полів і випромінювань (електромагнітним, ультрафіолетовим, тепловим, фотонним та ін.) дозволяє отримувати бактерицидно стійку воду, але цей спосіб не забезпечує повної і рівномірної обробки великих об'ємів води та не дозволяє отримати магніто активованої поливальної води та розчинів мінеральних добрив з заданими параметрами [2, 3].

Формування цілей статті. Метою виробничої перевірки було визначення якості роботи розроблених пристроїв, перевірка їхньої експлуатаційної надійності, а також техніко-економічне порівняння запропонованих електротехнологічних методів обробки поливної води і розчинів мінеральних добрив з існуючою технологією вирощування овочевих культур.

Основна частина. Виробнича перевірка установки для обробки поливної води і розчинів мінеральних добрив проводилася в блоці теплиць приватно-орендного сільськогосподарського підприємства Агрофірма „Таврія” Бердянського району Запорізької області.

Виробничі випробування проводили в блоці теплиць захищеного ґрунту площею 1000 м², в теплицях застосовувалася ґрунтова технологія вирощування овочів, та в блоці теплиць площею 1000 м² на малооб'ємній гідропоніці. Кожна теплиця була обладнана краплинною системою поливу рослин. Блок теплиць містив вузол приготування розчинів мінеральних добрив із баками з концентрованими розчинами мінеральних добрив і кислоти та змішувального резервуара. Кислотність розчинів мінеральних добрив контролювалася рН-метром, а концентрація – кондуктометром.

Як базовий варіант для порівняльного аналізу приймалася існуюча технологія вирощування овочів у весняних теплицях.

Паралельно вирощували овочі при обробці поливної води і розчинів мінеральних добрив в магнітному полі та в полі коронного розряду. Для цього її пропускали через установку, яка містила апарати для магнітної обробки та обробки в полі коронного розряду.

Водні розчини оброблювали в магнітному полі з індукцією 0,1 Тл при трикратному перемагнічуванні і швидкості руху розчину 1 м/с. Після цього вони проходили обробку протягом 1 хв в полі коронного розряду з напругою $15,5 \cdot 10^3$ В і відстані між коронуючими електродами $3 \cdot 10^{-2}$ м. Зміну параметрів поливної води і розчинів мінеральних добрив контролювали промисловим рН-метром.

Часто вода, що надходить із підземних джерел та водогонів, недостатньо очищена і тому має високе мікробне забруднення, що має особливе значення для вирощування рослин на малооб'ємній гідро-

поніці, де розчин використовують тривалий час. Тому для активації та знезаражування води проводили комбіновану обробку поливної води в магнітному полі та послідовно у полі коронного розряду.

Зрівняльне використання магнітного та комбінованого, електромагнітних полів показало високу технологічну та енергетичну ефективність останнього. Частотний спектр електромагнітного поля дуже широкий і охоплює діапазон від низькочастотного до іонізуючого. Результати хіміко-бактеріологічного аналізу поливної води підтверджують високу бактерицидну ефективність цього способу та покращення хімічних показників якості води. Порівняльні результати поливальної води до обробки та після її наведені у табл. 1.

Таблиця 1 - Хіміко-бактеріологічний аналіз поливної води

Вода	Колі-індекс, мг/дм ³	Загальне мікробне число шт. у 1 см ³	Загальна жорст- кість, моль/ дм ³	Сухий залишок, мг/дм ³	Хлориди, мг/дм ³	Кальцій, мг/дм ³	Нітрати мг/дм ³	Нітриди, мг/дм ³	Аміак мг/дм ³
Вихідна	120	97	3,3	744,0	194	47,1	0,09	0,04	0,16
Оброб- лена	3	60	1,5	236,5	83	15,0	0,06	0,02	0,10

Питомі енергетичні витрати за цим способом у 4,4 рази менші, ніж при використанні для знезараження ультрафіолетової установки ОВ-50.

Агрохімічна лабораторія господарства контролювала продукцію на вміст нітратів, які визначалися у відповідності з існуючою методикою їх визначення за допомогою нітратного іоноселективного електрода. Вміст нітратів при вирощуванні овочів із комбінованою електромагнітною обробкою поливної води і розчинів мінеральних добрив зменшується порівняно з існуючою технологією.

Застосування нового комбінованого методу та установки для обробки поливальної води та живильних розчинів в теплицях веде до економії енергоресурсів за рахунок меншого споживання електроенергії, так як прискорюється дозрівання овочів, а також попередні дослідження показали, що скорочується кількість добрив, які використовуються при вирощуванні овочевих культур, значно зменшуються витрати води для поливу, витрати якої є одним із головних показників, що впливає на вартість технології вирощування в теплицях, та у кінцевому випадку теж веде до енерго- та ресурсозбереження.

В подальшому обрахування економічної ефективності будемо проводити для визначеної площі розсадного відділення (наприклад, в 1000 м^2 , що є типовим значенням для площі розсадних відділень невеликих теплиць). Таким чином, за один рік вирощування рослин економічний ефект від впровадження комбінованого методу та пристрою обробки поливальної води рослин в теплиці складе [4, 5]

$$E_p = N_y \cdot (\Delta W \cdot B_e + \Delta V \cdot B_v + (\Delta D + \Delta P) \cdot S) - \Delta A_o, \quad (1)$$

- де N_y – кількість циклів вирощування врожаїв за рік;
 ΔW – економія електроенергії за рахунок зменшення енергоспоживання за весь термін вирощування овочів, кВт·год;
 B_e – діючий тариф на електроенергію для сільськогосподарських виробників;
 ΔV – економія використаної води за рахунок зменшення її споживання за весь термін вирощування овочів, м^3 ;
 B_v – діючий тариф на воду для сільськогосподарських виробників;
 ΔD – вартість від економії добрив з розрахунку на 1 га, грн.;
 ΔP – вартість додатково отриманої продукції з 1 га, грн;
 S – площа, на якій вирощуються овочі, га;
 ΔA_o – амортизаційні відрахування на нове обладнання, що встановлюється, грн.

Економія електроенергії

$$\Delta W = \frac{\Delta E}{100} \cdot W_s \cdot S_p, \quad (2)$$

- де ΔE – економія електроенергії при введенні пристрою за рахунок скорочення терміну вирощування, %;
 W_s – питоме споживання електроенергії при вирощуванні овочів, $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$;
 S_p – площа розсадного відділення, м^2 .

Розрахунок проведемо для варіанту використання комбінованого методу та пристрою обробки води та живильних розчинів для рослин, данні яких є надійні при виробничих випробуваннях окремо для вирощування томатів та для вирощування огірків

$$\Delta V = \frac{\Delta V_v}{100} \cdot V_s \cdot S_p, \quad (3)$$

- де ΔV_v – економія води при введенні пристрою (за даними випробувань), %;

V_s – питоме споживання води при вирощуванні овочів в захищеному ґрунті, $\text{м}^3/\text{м}^2$;
 S_p – площа розсадного відділення, м^2 .

$$\Delta A_0 = a \cdot K_3, \quad (4)$$

де a – норма амортизаційних відрахувань на нове обладнання.
 K_3 – вартість додатково встановленого обладнання, засобів керування та пускового обладнання, $K_{3n} = 12700$ грн. та $K_{3к} = 20324$ грн.

Вартість зекономлених добрив, яку отримали при вирощуванні рослин за рахунок впровадження комбінованого пристрою обробки води з розрахунку на 1 га

$$\Delta D = \Delta M \cdot C_d \cdot S, \quad (5)$$

де ΔM – кількість зекономлених добрив за результатами виробничих випробувань з 1 м^2 , кг;
 C_d – загальна ціна добрив за 1 кг, грн.;
 S – площа, на якій вирощуються рослини, м^2 .

Вартість додатково отриманої продукції в перерахунку на 1 га

$$\Delta P = \Delta P \cdot C \cdot S, \quad (6)$$

де ΔP – додатковий врожай за результатами виробничих випробувань з 1 м^2 , кг;
 C – ціна за 1 кг продукції, грн.;
 S – площа, на якій вирощуються рослини, м^2 .

Додаткові капіталовкладення на впровадження комбінованої електромагнітної обробки поливної води та розчинів добрив

$$K_0 = K_M + K_{II} + K_A + K_K \quad (7)$$

де K_M – вартість переобладнання електричної мережі, грн.;
 K_A – вартість переобладнання і наладки пускозахисної апаратури, грн.;
 K_K – вартість пристрою комбінованої обробки води, грн.;
 K_{II} – вартість впровадження програмного забезпечення для розрахунку живильного розчину, грн.

Розрахунок проведемо для технології вирощування рослин на малооб'ємних субстратах, де поливальна вода та поживні розчини використовуються повторно, при використанні комбінованого методу та пристрою обробки води та живильних розчинів в системі полива та живлення рослин провели виробничі випробування окремо для вирощування томатів та для вирощування огірків. Результати розрахунку зведено до табл. 3.

Таблиця 3 – Техніко-економічні показники при вирощуванні в теплицях на малооб'ємній гідропоніці огірків та томатів

Показники	огірки	томати
Економія електроенергії ΔW , кВт год	44300	53200
Економія води ΔV , м ³	38500	42500
Амортизаційні відрахування ΔA_0 , грн.	4985	4985
Вартість зекономлених добрив ΔD , грн.	8800	9750
Вартість додаткової продукції ΔP , грн.	35460	45700
Річний економічний ефект E_p , грн.	700566	615132
Додаткові капіталовкладення K_0 , грн..	252204	252204
Термін окупності капіталовкладень T , років	0,36	0,4

Висновки. 1. Розроблено алгоритм обробки поливальної води та розчинів добрив в теплицях при вирощуванні овочевих культур.

2. Постійне магнітне поле у комплексі з коронним розрядом має бактерицидну дію, ефект знезараження розчину при цьому становить 85...90%.

3. Дослідження, що до контролю продукції на вміст нітратів, за даною технологією вирощування з застосуванням електротехнологічних методів обробки поливальної води і живильних розчинів показали, що він зменшується на 13 % порівняно з існуючою технологією.

4. Запропоновані електротехнологічні методи дають можливість підвищити урожайність на 21 %, зменшити витрати мінеральних добрив на 15 %, електроенергії на досвічування розсади на 4 кВт год на рослину, значно скоротити витрати поливальної води на 25...30% та зменшити трудовитрати на стерилізацію поживного середовища. Строк окупності капіталовкладень складає 0,36...0,4 року.

Література.

1. Коваленко О.І. Енергозберігаючі технології обробки поливної води та живильних розчинів у теплицях / О.І. Коваленко, Л.Р. Коваленко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. - Вип. 33. – С. 107–113.
2. Пат. 15963 Україна, МПК С02 F1/48. Спосіб електромагнітної обробки поливальної води та розчинів мінеральних добрив / Л.Р.Коваленко, В.О.Мунтян, О.І.Коваленко, А.В.Макаренко (Україна).- № 2006013664; заявл. 10.02.06; опубл. 17.07.06. Бюл. №7.- с.6.
3. Пат. 21225 Україна, МПК С02 F1/48. Пристрій для електромагнітної обробки поливальної води та розчинів/ Л.Р.Коваленко, В.О.Мунтян, О.І.Коваленко, (Україна).- №200606887; заявл. 19.06.06; опубл. 15.03.07. Бюл. № 3.- С.6.
4. Пилюгина В.В. Автоматическое управление подачей питательного раствора в теплице на малообъемной гидропонике / В.В. Пилюгина,

Ю.Г.Шейнгин, Б.В.Захаров // Науч.-техн. бюлл. по электриф.с.х-ва. ВИЭСХ. 1986. – Вып. 1(56). – с.33-38.

5. Мунтян В.О. Спосіб та пристрій для електромагнітної обробки поливальної води та розчинів добрив у теплиці./ В.О.Мунтян, Л.Р.Коваленко // Общегосударственный научно-производственный и информационный журнал. Энергосбережение энергетика энергоаудит. Г. Харьков, №7 июль 2007, - С. 11-15.

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ И РАСТВОРОВ

Коваленко Л.Р., Коваленко А.И.

Аннотация – в работе приведены результаты производственных испытаний установки. Определены показатели качества работы разработанных устройств, проверена эксплуатационная надежность, а также технико-экономическое сравнение предложенных электротехнологических методов обработки поливной воды и растворов минеральных удобрений с существующей технологией выращивания овощных культур.

ESTIMATION OF TECHNICAL ECONOMIC EFFICIENCY OF FLUIDIZER THE COMBINED TREATMENT OF WATERING WATER AND SOLUTIONS

L. Kovalenko, O. Kovalenko

Summary

Results over of productive tests of setting are In-process brought. The indexes of quality of work of the worked out devices are certain, operating reliability, and also technical economic comparison of the offered electro-technological methods of treatment of watering water and solutions of mineral fertilizers, is tested with existent technology of growing of vegetable cultures.



УДК 629.114.2.075

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ТЕРРАНАВИГАЦИИ

Петров В.А., к.т.н.,

Петров А.В., инженер

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел.: (0619) 43-45-94

Аннотация – в работе описаны компоненты микро-электромеханических систем и обоснована возможность их использования для осуществления автоматического вождения мобильных машин (терранавигации).

Ключевые слова – управление по положению, автопилот, одо-метр, гироскоп, МЭМС-технология.

Постановка проблемы. На данном этапе развития транспортного машиностроения широкое внедрение автоматического вождения мобильных машин пока не достигнуто. Известны единичные попытки использовать средства спутниковой навигации(GPS) для управления сельскохозяйственным агрегатом. Для реализации процесса терранавигации в некоторых источниках наметился ряд подходов:

Анализ последних исследований и публикаций. Для минимизации потока информации в системах управления рекомендуется использовать принцип управления по положению[1,2].

Система управления по положению есть гибрид обычного управления с автопилотом[2].

Достаточно точный автопилот включает в себя гироскоп.

Для ориентации на местности и прогнозирования продольных перемещений на мобильной машине необходимо устанавливать точный акселерометр (одометр) [3].

Позиционирование мобильной машины возможно при помощи магнитного поля земли(компас).

Позиционирование мобильной машины с использованием спутниковой навигационной системы(GPS,ГЛОНАС).

Формирование целей статьи. В статье приводятся современные компоненты и их техническое описание, которые позволяют: усовершенствовать системы рулевых управлений мобильных машин; упростить процесс внешнего управления и обеспечить позиционирование мобильной машины на местности.

Основная часть. Согласно прогнозам iSuppli, в ближайшие годы будет иметь место существенный рост объемов продаж электроники потребительского назначения с улучшенными функциями навигации на местности и улучшенными до интуитивного уровня возможностями пользовательского интерфейса. В частности, среднегодовой темп роста объемов продаж только одних мобильных телефонов со встроенным цифровым компасом составит порядка 130%. МЭМС продукция STM имеет все шансы для успешной конкуренции на массовом рынке потребительской электроники. Помимо отличных рабочих характеристик этому способствует учет всех требований использования в портативной электронике, включая очень малые размеры корпуса, простоту схемы включения, низковольтное питание, малый потребляемый ток в активном режиме работы и возможность перевода в экономичный режим работы. Благодаря гарантированности рабочих характеристик в пределах широкого диапазона температур ($-30/40...85^{\circ}\text{C}$) новая продукция STM также с успехом может применяться в разнообразных промышленных применениях.

Компания STMicroelectronics (STM), ставшая по мнению авторитетной аналитической компании iSuppli номером один на рынке МЭМС-датчиков движения в 2008 году [1], по-прежнему остается ведущим игроком на этой арене. Успех компании связан с передовыми рабочими характеристиками их продукции, которые дополняются малыми габаритами, простотой применения, экономичностью и адекватной стоимостью. Ассортимент МЭМС-датчиков компании STM преимущественно составляют акселерометры и гироскопы [2, 3], позволяющие контролировать параметры линейных и угловых перемещений, соответственно. Теперь в ассортименте STM появились трехосевой гироскоп L3G4200D/DH с цифровым выходом и модуль цифрового компаса LSM303DLH [4] (рис. 1).



Рис. 1. Трехосевой гироскоп L3G4200D/DH с цифровым выходом.

Благодаря малым размерам и низкому потребляемому току трехосевые гироскопы L3G4200D/L3G4200DH могут применяться в системах позиционирования для повышения точности устройств спутниковой навигации и сохранения ее работоспособности в условиях не-

стабильного или полного отсутствия приема спутниковых сигналов (рис. 2).



Рис. 2. Система автоматического мониторинга транспорта.

На рис. 2 представлена структура системы автоматического мониторинга транспорта, предназначенной для формирования информации о местоположении транспортных средств в реальном времени. Для повышения точности спутниковой навигации дополнительно учитываются данные об инерциальном движении, которые оцениваются с помощью гироскопа и имеющегося в составе любого современного транспортного средства одометра (датчик пройденного пути). После обработки всей оперативной информации формируются более точные данные о положении, направлении и скорости движения, которые передаются в коммуникационный центр через РЧ-канал, а затем выводятся на экран в диспетчерской и отправляются другим системам. Помимо L3G4200D/L3G4200DH отличным кандидатом для работы в подобном применении может служить модуль LSM320HAY30, который в 28-выводном корпусе LGA (4.4×7.5×1.1 мм) интегрирует трехосевой акселерометр и двухосевой гироскоп (pitch, yaw). Такой модуль способен полностью контролировать движение инерциальной системы, избавляет от необходимости использования одометра и создает предпосылки для беспроводной реализации устройства мониторинга.

Гироскопы L3G4200D/DH существенно отличаются в сторону улучшения рабочих характеристик (рис. 3) за счет расширения диапа-

зона контролююваних кутових швидкостей (підтримуються три діапазони $\pm 250/500/2000$ град/с), застосування цифрового SPI/I²C-сумісного інтерфейсу для виводу даних, можливості переключення в економічні режими роботи з малим споживаним струмом (режим SLEEP: 1.5 мА; режим POWER-DOWN: 5 мкА) і розміщення в компактному корпусі LGA-16 (4×4×1 мм) [4]. Добитися столь важливого відхилення в робочих характеристиках вдалося завдяки використанню єдиної вимірної структури для контролю руху в трьох ортогональних осях. Крім того, застосування єдиної вимірної структури виключає проблему взаємного впливу, що позитивно сказується на точності вимірювань і сприяє зниженню споживаного струму в активному режимі роботи приблизно на 40% – до рівня 6.1 мА (номінальне значення). Значення кутових швидкостей виводяться в 16-бітному форматі. Обидві мікросхеми розраховані на роботу при напругі живлення 2.4...3.6 В і в промисловому діапазоні температур $-40...85^{\circ}\text{C}$. Перераховані характеристики є загальним набором особливостей для L3G4200D/DH (рис. 4). З представленої структурної схеми видно, що L3G4200DH відрізняється підвищеною ступенню інтеграції. У L3G4200DH передбачено 96-рівневий буфер FIFO, який дозволяє накопити 32 набори значень кутових швидкостей відносно осей x, y і z. Використання буфера FIFO дозволить знизити частоту генерації переривань управляючого процесора, що, як наслідок, дає йому можливість довше перебувати в дежурному режимі роботи і, в кінцевому рахунку, дозволяє суттєво знизити середній споживаний системою струм.

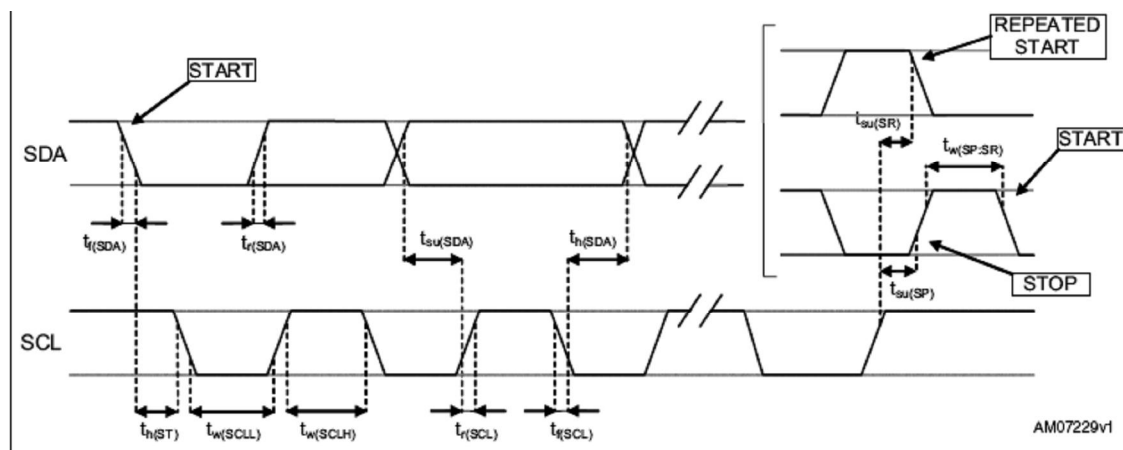


Рис. 3. Временная диаграмма цифрового интерфейса L3G 4200D.

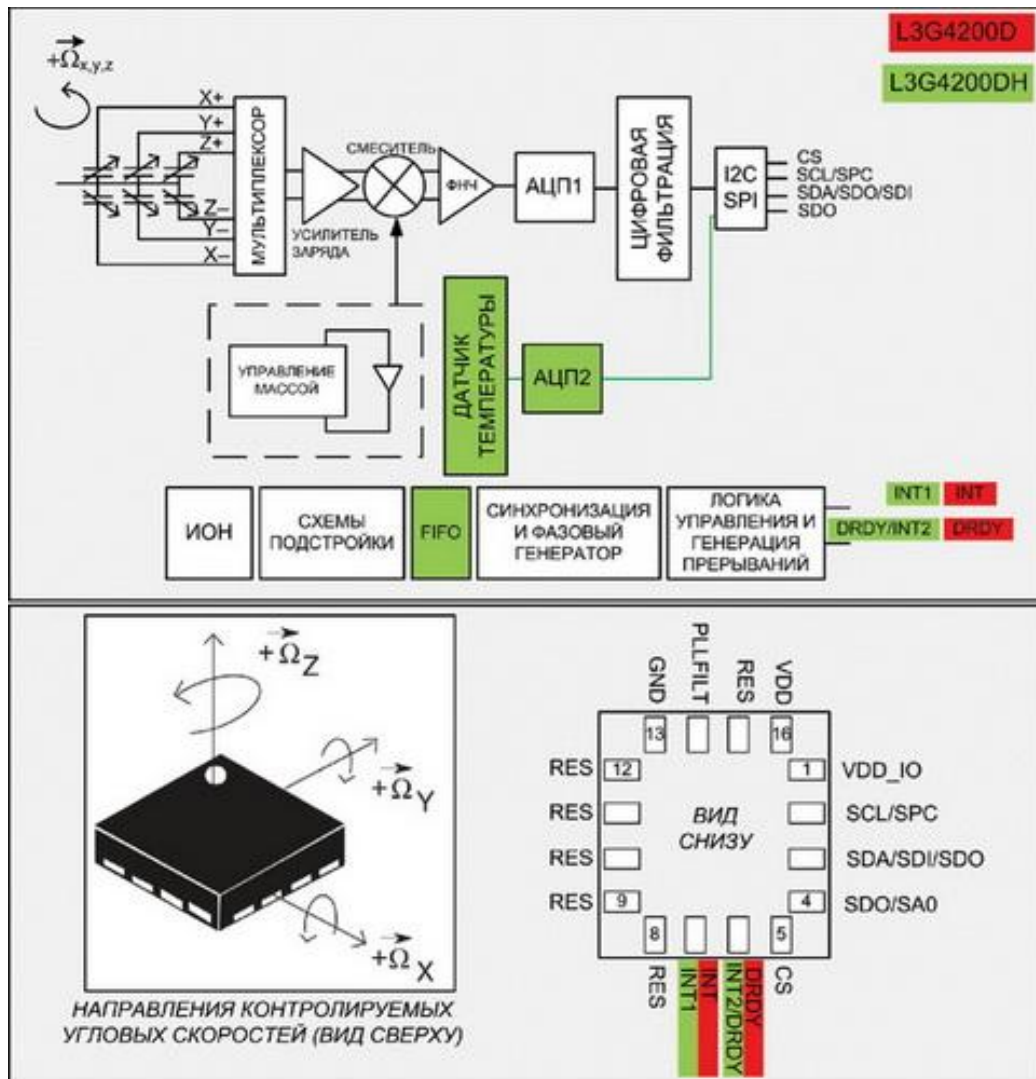


Рис. 4. Структурная схема и расположение выводов гироскопов L3G4200D/DH .

Наличие у L3G4200DH буфера FIFO отразилось и на различиях в назначении выводов. В отличие от L3G4200D, у микросхемы DH вывод готовности данных (DRDY) имеет альтернативное назначение – выход генерации прерывания по заполнению буфера (INT2).

Следующий участник данного обзора является результатом сотрудничества STM и известного новатора в области измерительных технологий – компании Honeywell. Разработанная последней анизотропная магниторезистивная (AMR) технология позволяет создавать магниточувствительные элементы, способные контролировать силу и направление магнитного поля Земли и определять направление по отношению к Северному магнитному полюсу. Помимо лучшей в своем классе точности технология AMR обеспечивает малое электропотребление, автоматическую компенсацию смещений (исключает необходимость калибровки) и способность работать в условиях очень малой напряженности магнитного поля.

Перечисленные возможности разработки Honeywell теперь доступны в новой продукции компании STM – модуле цифрового компаса LSM303DLH (рис. 5). В дополнение к магнетометру модуль содержит трехосевой акселерометр. Среди возможностей – индикация направления (в т.ч. при отсутствии движения), сигнализация о наличии интересующих объектов в выбранном направлении и сохранение функций навигации в условиях неустойчивого или полного отсутствия приема сигналов от систем глобального спутникового позиционирования.

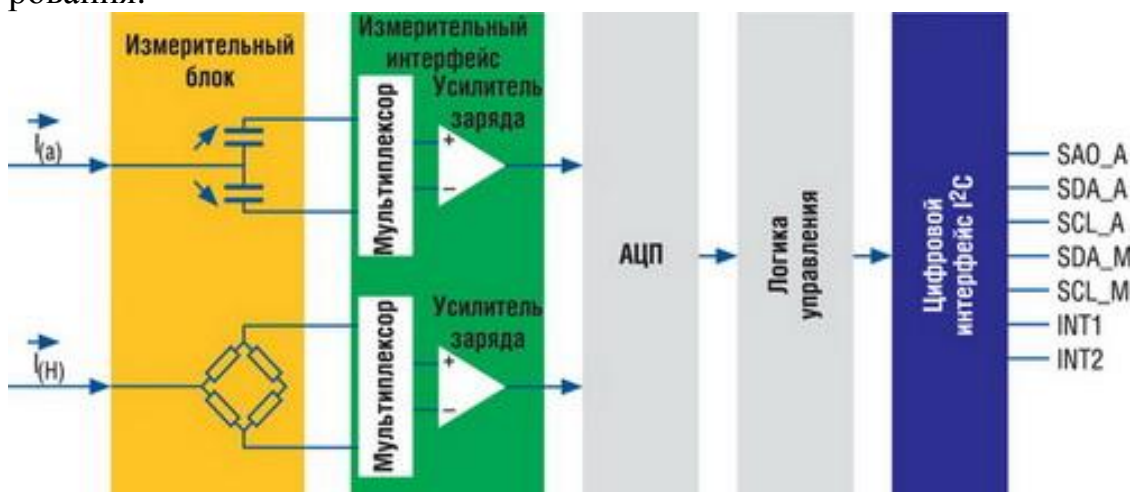


Рис. 5. Структурная схема модуля цифрового компаса LSM303DLH

Каналы измерения напряженности магнитного поля предусматривают работу в одном из семи программно-выбираемых диапазонов от $\pm(0,13 - 0,81)$ мТл (ведется разработка модуля для диапазона до 2 мТл). В свою очередь каналы измерения линейных ускорений поддерживают работу в одном из трех программно-задаваемых диапазонов $\pm 2/\pm 4/\pm 8g$. Вывод результатов измерений организован в цифровом виде (16-битный формат). Для этого в модуль интегрированы АЦП и два независимых последовательных интерфейса I²C (поддерживаются скоростные режимы 100 и 400 кГц). Модуль предусматривает возможность раздельного перевода в экономичный режим работы трактов магнетометра и акселерометра и генерации двух сигналов прерывания с гибкой программируемой настройкой. Данные прерывания позволяют активизировать управляющий процессор в случае обнаружения движения и свободного падения. Функциональные возможности модуля завершают функции тестирования, которые могут быть иницированы по запросу пользователя раздельно для трактов магнетометра и акселерометра.

Столь внушительные возможности модуля реализованы в рамках чрезвычайно компактного 28-выводного корпуса LGA с размера-

ми 5×5×1 мм. Его рабочие характеристики гарантированы для диапазонов напряжения питания 2,5 - 3,3 В и температур –30 - 85 °С.

Модуль LSM303DLH может с успехом использоваться в разнообразных промышленных приложениях: в системах навигации любых транспортных средств, а также в робототехнике.

Выводы. Благодаря появлению современных электромеханических компонентов появилась реальная возможность для воплощения терранавигации уже завтра.

Продукция STM обладает достаточно высокими эксплуатационными характеристиками (точность, надежность, чувствительность), удобством применения (наличие цифрового выхода) и доступной стоимостью.

Литература.

1. *Гельфенбейн С.П.* Терранавигация/ *С.П. Гельфенбейн.* - М.: Колос, 1981 . – 207 с.
2. *Петров А.В.* Впровадження керування «по положенню» в конструкціях рульових управлінь мобільних машин / *А.В. Петров* // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. - Дніпропетровськ: ДДАУ, 2009. - №2-09. - С. 271-273.
3. *Староверов К.* МЭМС-датчики движения от STMicroelectronics: акселерометры и гироскопы/ *К. Староверов*// Электронные компоненты, 2009, №12 - С.53-57.
4. Motion Sensors (MEMS). Официальный сайт STMicroelectronics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.st.com/mems. - Заголовок с экрана.

СУЧАСНІ ЗАСОБИ ТЕРАНАВІГАЦІЇ

Петров А.В., Петров В.О.

Анотація - описано компоненти мікроелектромеханічних систем та зумовлена можливість їхнього застосування для втілення автоматичного керування мобільними машинами (терранавігація).

MODERN MEANS OF TERRANAVIGATION

A.Petrov ,V. Petrov.

Summary

The elements of electromechanical systems are described in the article. Their usage is described for automatic driving of transport means (terranavigation).



УДК 637.5.02

ОСОБЛИВОСТІ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ТЕРМООБРОБКИ ВАРЕНИХ КОВБАС

Петриченко С.В., к.т.н.,

Лобода О.І., інженер.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-13-06

Анотація – представлено структурну схему автоматичної системи управління технологічним процесом термообробки варених ковбас. Для проектування мікропроцесорної системи управління складено циклограму технологічного процесу.

Ключові слова – ковбаса, термокамера, термообробка, режим, оператор, мікроконтролер.

Постановка проблеми. Аналіз існуючих технологічних процесів теплової обробки варених ковбас, різноманітність операцій теплових процесів, що використовуються при цьому, та необхідність точного дотримання режимів термообробки потребує не просто автоматизації цих процесів, а комплексного підходу до розробки систем керування режимами термічної обробки на основі мікропроцесорної техніки [1, 2].

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. На даному етапі активізується реакція кольороутворення в м'ясній емульсії за рахунок інтенсивного розпаду нітриту натрію. 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 [2, 4].

Для отримання готової продукції високої якості перед обжарюванням необхідно підсушити оболонку ковбасних виробів (не допускаючи пересушування). Між батонами треба дотримувати певну відстань, уникати злипання. Перед подачею диму ковбасні батони необхідно добре прогріти потоком гарячого повітря. В процесі підсушу-

вання відбувається випаровування вологи з оболонки і слабо зв'язаної вологи з м'ясної емульсії. По мірі зневоднення здатність оболонки до сорбції коптильних речовин надалі збільшується. Проте при надмірному висушуванні оболонки, що супроводжується усадкою і зменшенням діаметру мікрокапілярів, ступінь сорбції знов може впасти. З цієї причини в процесі підсушування і обжарювання необхідно постійно контролювати стан (вологість, еластичність) поверхні продукту. Оптимальна температура підсушування – 50-60 °С, відносна вологість – 20-30%. При зниженні відносної вологості швидкість випаровування різко зростає і оболонка може порепатися, збільшуються втрати маси продукту. При відносній вологості вище 30% хід підсушування сповільнюється – оболонка зберігає сіре забарвлення. Тривалість процесу підсушування також залежить від типу використовуваної оболонки. Оптимальна швидкість руху середовища в термокамері складає 2 м/с. При цій швидкості забезпечуються мінімальні втрати маси при хороших органолептичних показниках готових виробів.

Обжарювання (гаряче копчення) - обробка поверхні м'ясопродуктів гарячими димовими газами з температурою 50-120 °С протягом періоду від 30 хвилин до 3 годин. Температура обжарювання багато в чому визначається видом м'ясопродуктів. Для більш жирнішої сировини потрібні мінімальні температури, щоб запобігти виступу жиру на поверхні оболонки. Щоб уникнути утворення зайвої зморшкватості оболонки рекомендується підвищення вологості в камері до 52 ± 5 % за 15-20 хвилин до закінчення процесу обжарювання. Тривалість обжарювання залежить від діаметру батона і виду м'ясопродуктів. Як правило, процес проводять в дві фази: підсушування оболонки при 50-60 °С і власно обжарювання при максимальних температурах [3].

Мета обжарювання - зміцнення структури і набуття товарного вигляду, завершення стабілізації забарвлення фаршу, випаровування частини слабо зв'язаної вологи, що дозволяє отримати готовий продукт з монолітною структурою, і дія на ковбаси диму, що забезпечує приємний специфічний смак і запах ковбас. При обжарюванні активізується реакція кольороутворення (з температури 25-30 °С) в м'ясній емульсії за рахунок інтенсивного розпаду нітриту натрію. Застосування низьких температур обжарювання або скорочення її тривалості приводить до появи пористості і блідо-сірого кольору.

Велике значення при варінні м'ясних продуктів має швидкість нагріву. При дії високих температур протягом короткого часу унаслідок інтенсивного випаровування готовий виріб матиме незадовільні органолептичні показники, низьку соковитість і вихід. При повільному нагріві денатурація білкових фракцій носить характер послідовного наростання, функціональні групи білків поступово і активніше беруть участь в побудові вторинного структурованого каркаса емульсії,

що супроводжується меншою усадкою системи і мінімальними втратами води. М'які режими термообробки (при температурі 75-80 °С) забезпечують вищі виходи, покращують ніжність і соковитість продукту. Проте застосування м'яких режимів нагріву у виробничих умовах приводить до необхідності подовження технологічного процесу. Ступінчасті режими термообробки дозволяють забезпечити краще скріплення і розподіл вологи по об'єму продукту, поліпшити його якісні характеристики, скоротити загальну тривалість процесу. Чим м'якше режими термообробки, тим більше виражений м'ясний аромат готових виробів. Тому варіння ковбасних виробів рекомендується проводити ступінчасто:

- I ступінь – при температурі 50-55 °С до температури в центрі батона 30-35 °С;
- II ступінь – при температурі 65-70 °С до температури в центрі батона 55 °С;
- III ступінь – при температурі 78-85 °С до температури в центрі батона 72 °С.

В процесі варіння завершується реакція кольороутворення: при температурі 60 °С червоне забарвлення зберігається усередині м'яса, при температурі 60-70 °С, йде інтенсивне фарбування емульсії в рожевий колір.

Чим вище темп нагріву, тим менш стабільне забарвлення м'ясопродуктів. Перевищення рівня кінцевої температури, що регламентується при варці, в центрі продукту до 75-80 °С приводить до зміни кольору м'яса і появи сіро-коричневого відтінку.

Копченню піддають напівкопчені, варено-копчені і сирокопчені ковбаси. Умови проведення процесу копчення залежать від вигляду і товщини ковбасних виробів.

При копченні необхідно підтримувати достатньо високу щільність диму, щоб процес йшов інтенсивніше. Слід уникати надмірно швидкого зневоднення поверхневих шарів фаршу, інакше в ковбасних батонах можуть утворюватися порожнечі. Важливо підтримувати температурний режим, при збільшенні температури може оплавитися шпик, що знижує стійкість копченого продукту при зберіганні.

При копченні ковбасних виробів рекомендується підтримувати повільне горіння палива (тління) при достатньому доступі повітря. Дим, що утворюється в цьому випадку, додає продукту приємний колір і аромат. При проведенні процесу при низьких температурах краще використовувати дрова, тирсу і стружку (тріску), отримані від дерев листяних порід (бук, дуб, горіх, вільха, плодови дерева та ін.).

Охолодження ковбасних виробів необхідно проводити традиційним способом - зрошування холодною водою протягом 15-45 хвилин залежно від діаметру оболонки до температури в центрі батона

40-45 °С з подальшим охолодженням в камері при температурі 0-8°С до температури в центрі не вище 10°С. Можливе охолодження продукту з інтервалами (5 хвилин зрошування водою - 5 хвилин пауза), що сприяє економії води, забезпечує одночасну і рівномірну усадку оболонки і фаршу, виключає зморшкуватість поверхні батона. Для запобігання появи зморшок на оболонках охолодження ковбасних виробів необхідно проводити відразу після термообробки. При цьому оболонка щільно облягає продукт.

Порушення температурних режимів термообробки погіршує якість готових виробів. Інтенсивне надмірне переохолодження ковбасних виробів може в подальшому (при відвантаженні) привести до конденсації вологи на їх поверхні, в результаті колір оболонки блякне, погіршується зовнішній вигляд, створюються умови для розвитку небажаної мікрофлори.

Аналіз останніх досліджень. Однією з найважливіших структурно-механічних характеристик ковбасного фаршу і готових варених ковбас є розмір і взаємне розташування часток, що визначають структуру фаршу.

Ковбасний фарш має багатокомпонентний склад і значну деструкцію інгредієнтів сировини, що зумовлюють високу чутливість процесу формування структури до технологічних параметрів процесу обробки.

Фарш варених ковбас одержують внаслідок повного руйнування м'язової тканини. Ковбасний фарш є трифазною системою, за агрегатним станом фаз він має рідке дисперсне середовище і тверду дисперсну фазу, а також насичений пухирцями повітря. Фарш належить до зв'язнодисперсних структур, у яких дисперсійне середовище структурно закріплене і не може вільно переміщатися. Розмір часток є основною кількісною характеристикою дисперсності, тому що значення їхніх величин тісно зв'язане з показниками якості продукту. Навіть при постійній концентрації фази розміри часток впливають на стан системи, її міцність і в'язкість.

Тверда дисперсна фаза складається з часток м'яса і сполучної тканини, що мають адсорбовані на поверхні молекули води, і часток жиру, оточених білковими молекулами. У водо-білково-сольовому розчині дисперсного середовища знаходяться білкові молекули, що також мають гідрооболонку, і молекули солей.

Ковбасному фаршеві властиві як фізико-хімічні, так і фізико-механічні форми зв'язку вологи. Фізико-механічний зв'язок зумовлений утриманням вологи в осередках структури, у мікро і макрокапілярах. Фізико-хімічний зв'язок спричинений адсорбцією вологи в гідратних оболонках або осмотичним утриманням у клітках.

Структура фаршу варених ковбас являє собою тонкодисперсну систему, у якій тверда дисперсна фаза складається з емульгованих часточок жиру, оточених розчинним міозимом, а також набряклих часточок м'язових і сполучних волокон різного розміру [5]. Рідка фаза – дисперсне середовище – складається з розчинних білків, з'єднань органічного і неорганічного характеру і доданої при кутеруванні води. Вода, зв'язуючись з білками, утворює гель або матрицю, у якій утримуються частки дисперсної фази. Після термообробки внаслідок денатурації білків утворюється безперервний просторовий каркас, що додає твердість і монолітність продуктові. У формуванні гелевої матриці і білково-жирової емульсії визначальну роль грають режими термічної обробки ковбасних виробів. Порушення температурних параметрів та швидкості протікання термічних процесів спричиняють появу бульйонно-жирових патьоків – стікання і застигання бульйонно-жирової суміші під ковбасною оболонкою, розтріскування та репання оболонок, нерівномірність термічної обробки.

Всі ці дефекти обумовлюють зниження споживчих властивостей варених ковбас: неоднорідність фаршу всередині батона ковбаси при візуальному огляді і неоднорідність за смаком усередині батона.

Формулювання цілей статті. Розробка системи автоматичного управління процесом обробки варених ковбас в термокамері періодичної дії на базі AVR мікроконтролеру 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.

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.

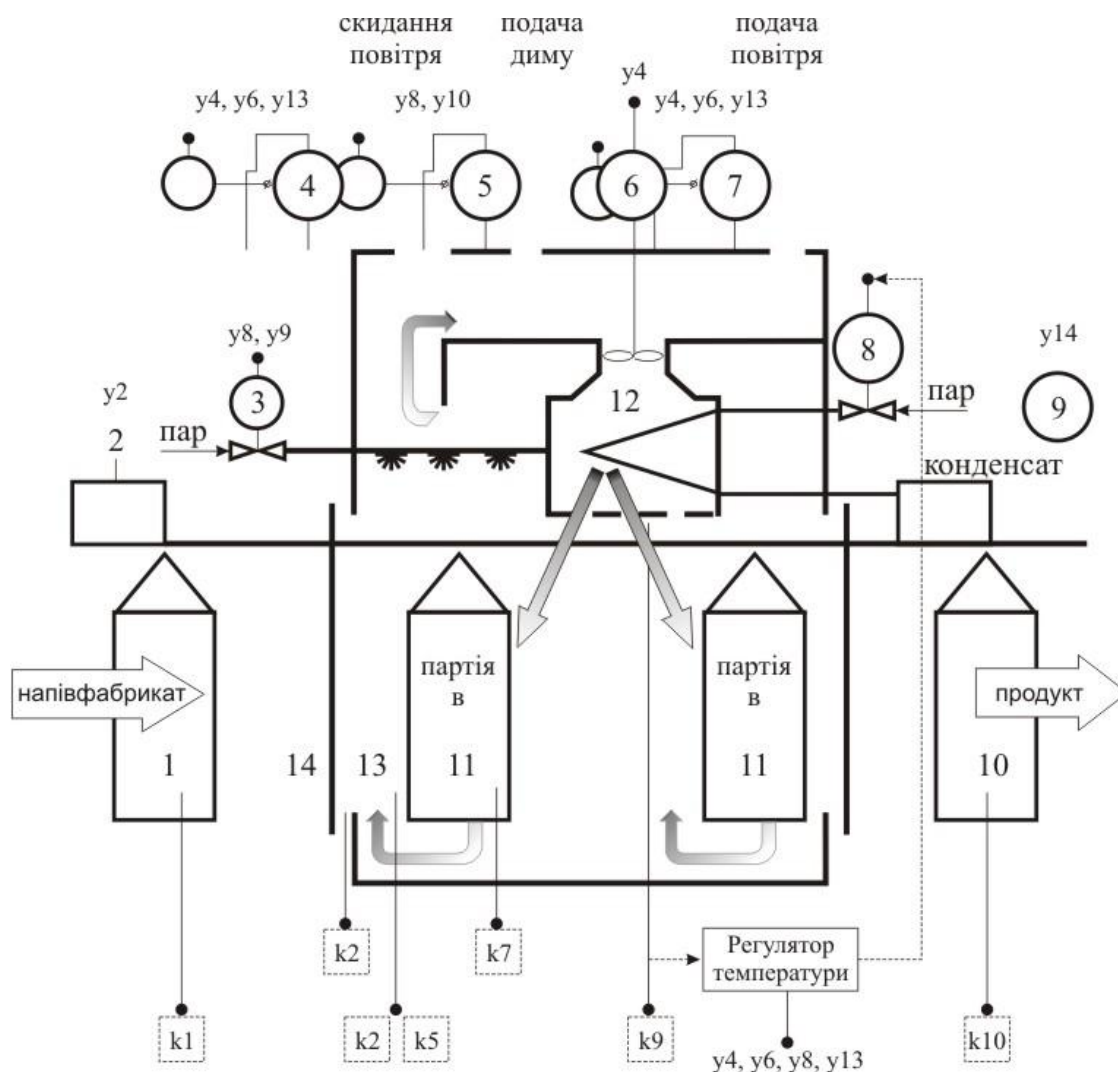


Рис. 1. Технологічна схема камери періодичної дії для термообробки ковбас.

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 нагрівач повітря 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" τ_0 ;
- тривалість циклу подачі диму в об'єм камери τ_d ;
- граничне значення тривалості режиму "варка" τ_b .

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 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.

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 Δt_1 , яка виконується в основному ручним методом, може складати від декількох десятків хвилин до декількох годин.

У відповідності характеристик партії з банку даних обирається і запускається операція керування Y1 - програма, яка формує режими обробки даної партії. Вибір коду програми термообробки даної партії може здійснюватися автоматично (після вводу до системи управління інформації про характеристики сировини) або задається оператором.

Запускається програма завантаження контейнерів з ковбасними напівфабрикатами і розміщення їх в об'ємі термокамери - операція управління Y2. Операція завантаження завершується закриванням дверцят камери. Цей момент контролюється за сигналом від кінцевого вимикача, встановленого на дверцятах (контрольна операція k2).

З програми, запущеної на позиції Y1 обираються команди, що формують режим підсушки, необхідний для завантаженої партії сировини (операція керування Y3).

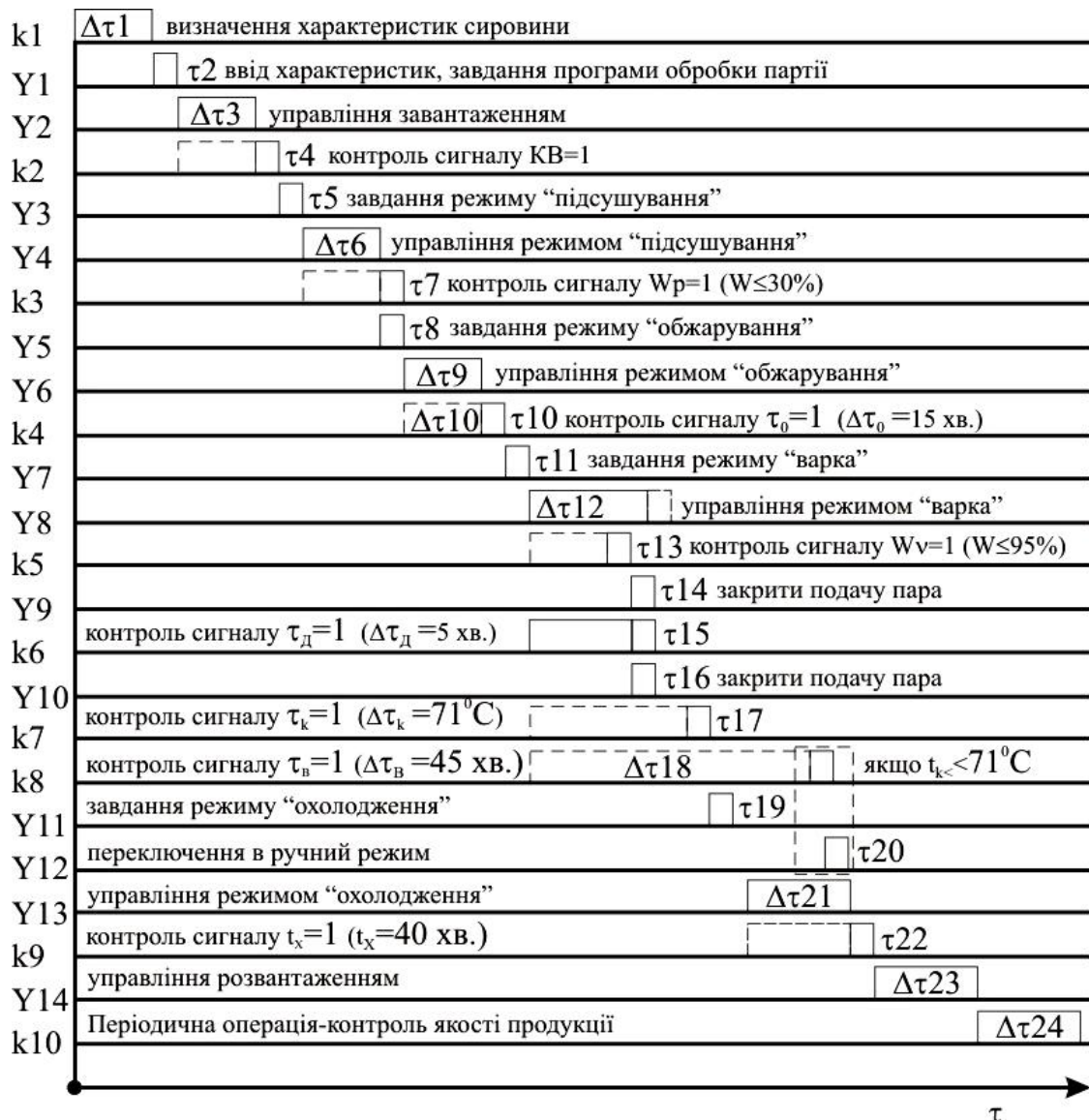


Рис. 2. Циклограма реалізації операції контролю і керування при термообробці партії варених ковбас в камері періодичної дії.

Технічні засоби автоматизації камери реалізують програму режиму підсушки - видалення залишкової вологи з повітряного середовища (керуюча операція Y4). Шибер на повітропроводі і вентиляторі, які забезпечують циркуляцію повітря, включаються в режим вентиляції камери зовнішнім нагрітим у повітронагрівачі до температури t_p "сухим" повітрям. Вологе повітря з об'єму камери скидається до атмосфери, при цьому за час цієї операції включено регулятор температури повітря на виході з повітронагрівача, який підтримує температуру повітря на вході до камери поблизу значення $t_p = 85-95^\circ C$. Уставка регулятора обирається по програмі Y1, наприклад, із умов термостійкості ковбасної оболонки. Одночасно контролюється зміна вологості повітря в об'ємі камери до значення, наприклад, $W_p < 30\%$.

За сигналом $W_p = 1$ (контрольна операція k3) з програми Y1 обираються команди, які формують режим обсмажування для завантаженої партії сировини (операція керування Y5).

Технічні засоби автоматизації камери переводять обладнання камери в режим інтенсивної термообробки ковбасних батонів сухим гарячим повітрям для утворення "корочки" (операція управління Y6).

Повітряні потоки переключаються в режим замкненої циркуляції через камеру і повітряний нагрівач. Уставка регулятора температури на виході повітрянагрівача t_0 задається за програмою Y1, наприклад, $t_0 = 95$ °C, для даного виду ковбас і підтримується під час операції. При включенні операції запускається лічильник таймеру, який контролює час від початку операції $\Delta\tau_{10}$. Тривалість операції задається з програми Y1, наприклад, $\Delta\tau_{10} = 15$ хв.

Коли пройде заданий час, таймер формує сигнал $\tau_{10} = 1$ (контрольна операція k4), яка визначає перехід до режиму "варка" - доведення партії ковбас до споживчої готовності. З програми Y1 обираються команди, які формують режим варки для завантаженої партії сировини (операція керування Y7). Технічні засоби автоматизації камери переводять обладнання камери у режим обробки заготовок димо-вологоповітряною сумішшю (операція керування Y8). Повітряний потік циркулює по замкненому колу через камеру і повітрянагрівач. Температура на виході нагрівача t_v підтримується регулятором. Уставка регулятора, наприклад, $t_v = 85$ °C, задається з програми Y1. При запуску режиму "варки" в об'єм повітря в камеру подається перегрітий пар. Одночасно контролюється зміна вологості повітряного середовища в камері (контрольна операція k5). При досягненні вологості, яка потрібна для даної партії сировини, наприклад, $W_v = 95$ %, програмою Y1 за сигналом $W_v = 1$ подача пари до камери припиняється (операція керування Y9).

При запуску режиму "варка" відкривається також шибер подачі диму від димогенератору в об'єм камери. Одночасно запускається лічильник таймеру, який контролює час від початку операції $\Delta\tau_d$. Тривалість подачі диму, наприклад, $\Delta\tau_d = 5$ хв., визначається програмою Y1. За сигналом таймера $\tau_d = 1$ (контрольна операція k6) шибер подачі диму закриється (операція керування Y9).

Під час всього періоду реалізації режиму "Варка" відбувається контроль зміни температури всередині контрольного ковбасного батону t_k (контрольна операція k7). При досягненні температури кулінарної готовності, наприклад, $t_k = 75$ °C, формується сигнал $t_k = 1$, який визначає перехід до режиму "охолодження".

При запуску режиму "варка" запускається також лічильник таймеру, який контролює час від початку операції $\Delta\tau_b$. Цей лічильник контролює граничну тривалість режиму "варка". Наприклад, $\Delta\tau_b = 45$ хв. (ко-

нтрольна операція k7). Чисельне значення Δt_b задається програмою Y1 для даної партії. Сигнал від лічильника $\tau_b = 1$ поступає, якщо за період часу Δt_b температура всередині батону не досягнута. По цьому сигналу формується перевід системи керування даної камерою в режим ручного керування і інформація оператору в вигляді "Кулінарна готовність партії не досягнута" (операція керування Y12). Наступні операції керування камерою проводяться оператором вручну.

Режим "охолодження" формується за сигналом $t_k = 1$ (контрольна операція k7), за командами, що обираються з програми Y1 (операція керування Y11). Технічні засоби автоматизації переводять обладнання в режим вентиляції камери навколишнім холодним повітрям. Нагріте повітря з камери виводиться в атмосферу (операція керування Y13).

За період реалізації режиму контролюється температура повітря в камері t_0 (контрольна операція k9). При зниженні температури повітря до значення, визначеного програмою Y1, наприклад, до $t_x = 40$ °C, формується сигнал $t_x = 1$. Виводиться інформація оператору "Партія готова" і технічні засоби автоматизації переводяться в режим "розвантаження" (операція управління Y14).

Періодично за планом контролю якості готової продукції з партії беремо вибірку продукту і проводимо вимір і оцінювання показників якості (контрольна операція k10).

Циклограма (рис. 2) є основою для розробки алгоритму реалізації програмно – логічної системи керування циклами роботи термокамери, а також програми для мікроконтролеру, 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 ПВВ₁ 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].

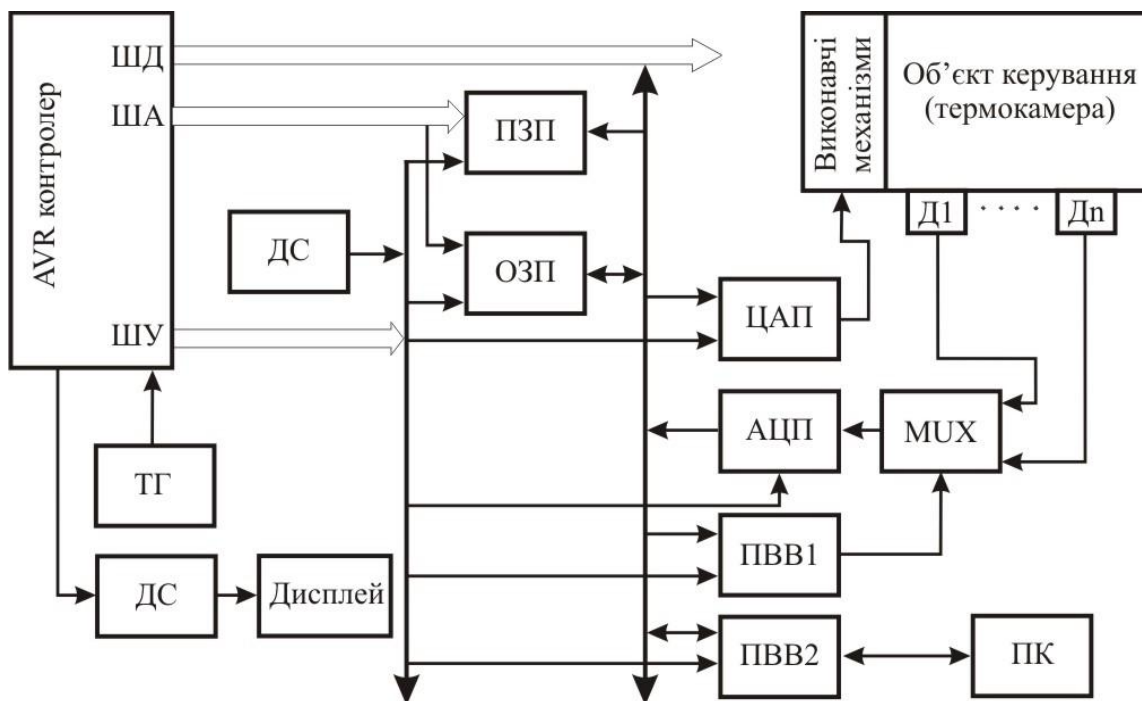


Рис. 3. Структурна схема управління процесом термообробки варених ковбас на базі AVR мікроконтролеру.

АЦП перетворює сигнал в цифрову форму і видає його на ШД під дією сигналів з ШУ. Пристрій вводу - виводу ПБВ₂ 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.

Література.

1. Мищенко Е.П. Технология и оборудование колбасного производства/ Е.П. Мищенко, Е.И. Гольдман. – М.: Пищевая промышленность, 1969. – 304 с.
2. Янушкин Н.П. Технология мяса и мясопродуктов и оборудование мясокомбинатов/ Н.П. Янушкин, И.А. Лагоша. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 664 с.
3. Корнюшко Л.М. Оборудование для производства колбасных изделий. Справочник / Л.М. Корнюшко. – М.: Колос, 1993. - 304 с.

4. *Гвоздєв О.В.* Технологія обладнання для переробки продукції тваринництва [Гвоздєв О.В., Ялчак Ф.Ю., Рогач Ю.П., Кюрчева Л.М.]. – Суми: Довкілля, 2004. – 420 с.
5. *Ивашов В.И.* Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: уч. пос. для вузов / В.И. Ивашов. – М.: Пищевая промышленность, 2007. – 464 с.
6. *Трамперт В.* AVR RISC микроконтроллеры/ Пер. с нем. В. Трамперт. – К.: "МК-Пресс", 2006. – 464 с.
7. *Белов А.В.* Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR / А.В. Белов. – СПб.: Наука и Техника, 2008. – 544 с.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ТЕРМООБРАБОТКИ ВАРЕННЫХ КОЛБАС

Петриченко С.В., Лобода О.І.

Аннотация - представлена структурная схема автоматической системы управления технологическим процессом термообработки вареных колбас. Для проектирования микропроцессорной системы управления составлена циклограмма технологического процесса.

SPECIFIC FEATURES OF THE MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM FOR SAUSAGE THERMAL COOKING PROCESS

S. Petrichenko, A. Loboda

Summary

The block diagram of automatic process control system of heat treatment is presented for cooking of sausages. The sequence diagram of the process was composed to design microprocessor control system.



УДК 620.178.16.004

ДИФЕРЕНСАЦІЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗНОСУ МАТЕРІАЛІВ ПАР ТЕРТЯ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ, ЩО ПРАЦЮЄ НА БІОПАЛИВІ

Журавель Д. П., к.т.н.,

Юдовінський В.Б., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-54

Анотація - робота присвячена встановленню впливу різних параметрів, що впливають на процес деталей трибоспрямижень, які працюють в середовищі біопалива.

Ключові слова – коефіцієнт зносу, спряження, динамічне і статичне руйнування, біопаливо, середовище, пара тертя, режим роботи.

Постановка проблеми. Зношування основних сполучень мобільної техніки впливає на працездатність основних вузлів паливної апаратури і всіх вузлів двигунів внутрішнього згорання, які працюють в середовищі біопалива. В даний час є велика кількість робіт пов'язаних питанням впливу біопалива на знос деталей сполучень агрегатів мобільної техніки [1,2,3]. Але при аналізі стійкості деталей сполучення до зношування у всіх роботах наводиться відносний показник зносостійкості матеріалів. Відсутність же абсолютного показника зносостійкості або зносу матеріалів в конкретних умовах зношування значно ускладнює аналітичний розрахунок довговічності деталей сполучень по зносу, особливо при прогнозуванні ресурсу сполучення, вузла або агрегату на ранніх стадіях проектування.

Таким абсолютним показником може бути коефіцієнт зносу матеріалів деталей трибоспрямижень, що враховує зносостійкість матеріалів і умови зношування і залежний від розподілу тиску по поверхні контакту, швидкості відносного переміщення деталей трибоспрямижень і часу напрацювання. Крім того, цей показник може враховувати середовище і режими роботи трибоспрямижень.

Аналіз останніх досліджень. Одним з найбільш загальних показників зносу матеріалів пар тертя є коефіцієнт зносу K_u , як показник швидкісних, силових і конструктивних параметрів спряження [1,2].

В той же час, на процес зношування деталей трибоспрямижень впливає не лише матеріали і конструктивні особливості спряжень, але і умови, режим і середовище роботи деталей спряжень, особливо якщо

це пов'язано з контактом біопалива, яке активно впливає на метали, що перебувають в статичному стані [3,4].

Формулювання цілей статті. Диференсація коефіцієнта зносу матеріалів пар тертя мобільної техніки, що працюють на біопаливі.

Основна частина. Коефіцієнт зносу, як показник стійкості матеріалів пар тертя, до зносу є інтегральною характеристикою зношування спряжень, об'єднуючи різні види зношування, що існують в даному спряженні, а також конструктивні їх особливості, умови, режим і середовище роботи. Будучи випадковою функцією часу, коефіцієнт зносу характеризує процес зношування, що дозволяє визначати період припрацювання спряжень і його граничний стан по зносу.

Більшість факторів, що змінюють коефіцієнт зносу, як випадкову величину, вплив деяких основних факторів на чисельні значення коефіцієнтів зносу, можна представити схемою (рис. 1).

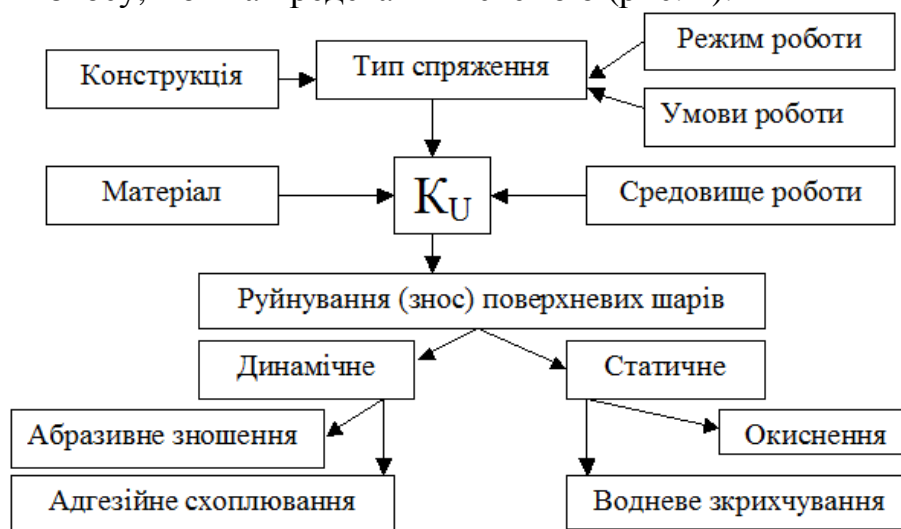


Рис. 1. Фактори, які впливають на коефіцієнт зносу.

Теоретичні і експериментальні дослідження показали, що основну роль відіграє тип спряження, що визначається конструктивними особливостями, силовими і швидкісними параметрами. Чисельні значення коефіцієнтів зносу, залежно від типу спряження, коливаються в межах від $0,003 \times 10^{-5}$ мкм/Па·км для спряження вал-втулка обертального руху до $20-25 \times 10^{-5}$ мкм/Па·км для спряжень плоских пар поступального руху. Коливання числових значень коефіцієнтів зносу пояснюється розподілом тиску по поверхні контакту трибоспряжень, а також діапазоном швидкісних характеристик. Але якщо трибоспряження працюють в хімічно активним середовищем, яке активно впливає на статичне руйнування, то ці значення зростають. Особливо це спостерігається за наявності великих періодів простою в агресивному середовищі біопалива.

Значну роль відіграє і сам матеріал деталей спряження, вірніше його здатність чинити опір зношуванню, тобто енергоємністю повер-

хневих шарів, здатних чинити опір руйнуванню від зовнішніх впливів енергією. Числові значення коефіцієнтів зносу різних матеріалів залежать від твердості матеріалів і змінюються від $0,004 \times 10^{-5}$ мкм/Па·км для бронзи БР ОСЦ 6-6-3, до $0,0002 \times 10^{-5}$ мкм/Па·км для сталі 45, загартованої (сполучення вал-втулка обертового руху).

Різний вплив на коефіцієнт зносу чинять середовище, абразивні, окисні і наводнювальні властивості середовища та їх активність. Виробничі випробування спряжень показали, що інтенсивність абразиву в середовищі їх роботи збільшує коефіцієнти зносу матеріалів з 3×10^{-5} до 25×10^{-5} мкм/Па·км. Крім того, середовище роботи або зношування деталей спряження визначає і домінуючий вид зношування, тобто вид руйнування поверхневих шарів деталей. Приймаючи до уваги, що основним видом зношування деталей спряжень є абразивне, то вплив матеріалу пари тертя і середовища роботи конкретного спряження при цьому на чисельні значення коефіцієнтів зносу може бути представлені схемою (рис. 2).

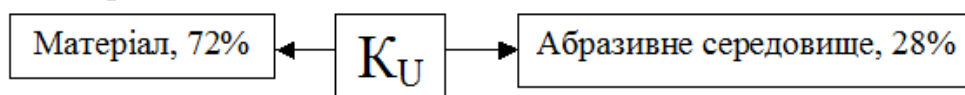


Рис. 2. Ступінь впливу матеріалу і середовища роботи пар тертя.

Перераховані вище чинники побічно впливають на коефіцієнт зносу, але не визначають його основну роль, як показника надійності спряження по зносу. Основна функція коефіцієнта зносу протистояти зношуванню або руйнуванню поверхневих шарів при контактному прикладенні навантаження. Значний вплив на процес зношування має активність середовища. Ступінь впливу параметрів пари тертя конкретного спряження на чисельні значення коефіцієнтів зносу представлений на рис. 3.

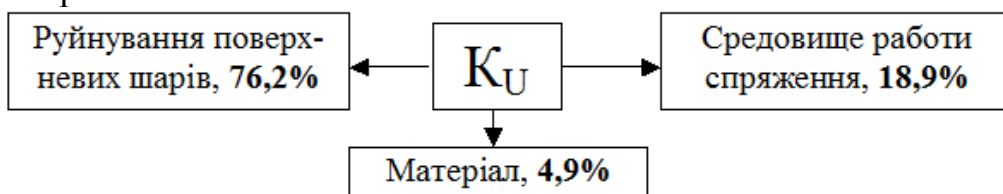


Рис. 3. Ступінь впливу параметрів пари тертя на коефіцієнт зносу.

Руйнуванню поверхневих шарів деталей спряження, що піддається зношуванню, може бути як динамічним, так і статичним. Динамічне руйнування поверхневих шарів – це руйнування в процесі відносного переміщення деталей сполучення і є головним видом руйнування в процесі зношування. Статичне руйнування поверхневих шарів деталей спряження або руйнування спокою – це руйнування при швидкості відносного переміщення рівне або близьке нулю, коли найактивніше позначається вплив активного середовища. Активність середо-

вища можлива із-за наявності меркаптанів, які найбільш активні в статичному стані спряження.

Динамічне руйнування поверхневих шарів металів по домінуючих процесах буває абразивним зношуванням при малих і середніх навантаженнях в спряженні і адгезійним схоплюванням при великих питомих навантаженнях в спряженні. Причому, при абразивному зношуванні, характеристикою процесу є величина абразивного зерна і його кількість в зоні контакту тіл трибоспряжень.

Статичне руйнування поверхневих шарів відбувається або за рахунок імпульсного навантаження спряжень і втомнювального руйнування ділянок поверхні, або за рахунок окисних і наводнювальних процесів, що відбуваються на контактуючих поверхнях. Як показали експерименти, чисельні значення коефіцієнта зносу статичного руйнування коливаються для спряжень відкритих передач в межах $(1-3) \cdot 10^{-8}$ мкм/Па·км, що складає 0,1% всього руйнування поверхневих шарів деталей спряження. Особливо сильно позначаються прості деталі трибоспряжень в агресивних середовищах, які руйнують їх поверхні, що сприяє прискореному зносу.

Ступінь впливу різних параметрів на чисельні значення коефіцієнтів зносу представлені на рис. 4. Як видно з цієї схеми, значний вплив на зношування деталей спряжень має динамічне руйнування і тип спряження. На величину динамічного руйнування значний вплив має матеріал пар тертя, середовище і режим роботи спряження. Великий вплив має і активність середовища, яка особливо активно впливає на процес зношування в статичному стані спряження.

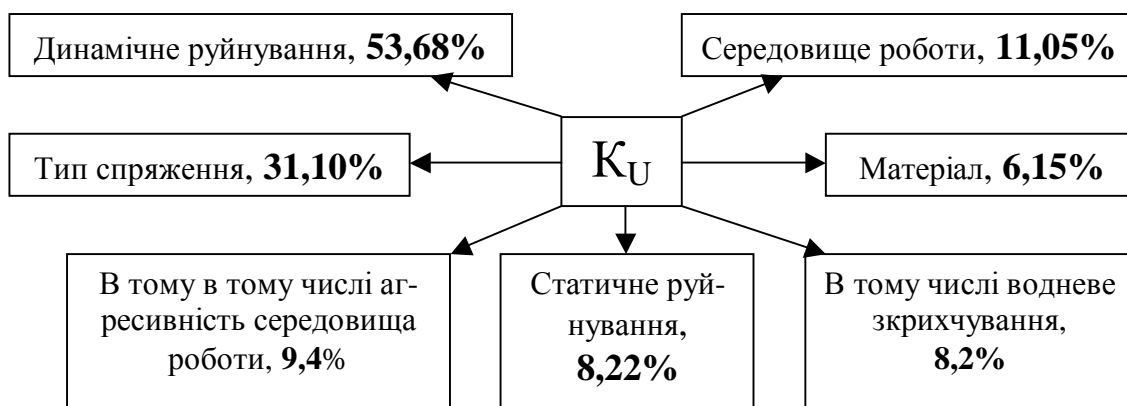


Рис. 4. Ступінь впливу різних параметрів на коефіцієнт зносу.

Висновки. Таким чином, при певному виді зношування, для конкретного спряження, основним параметром, що дозволяє регулювати чисельні значення коефіцієнтів зносу, є матеріал пар тертя і активність середовища його роботи. Великий вплив на значення коефіцієнта тертя має активність середовища (кількість меркаптанів), а також

режим роботи (час простоїв), збільшуючи вплив активності середовища в статичному стані.

Література.

1. Ковалев И.Т. Коэффициент износа - показатель надежности деталей сопряжений/ И.Т. Ковалев, В.Б. Юдовинский // Надежность и качество, 1974. - №2. – С. 31-38
2. Юдовинский В.Б. Теория разрушения поверхностных слоев металла при трении/ В.Б. Юдовинский, Д.П. Журавель// Праці ТДАТА. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. - Вип.33. - С. 103-107.
3. Журавель Д.П. Износ металлов в среде биотоплива при прерывистом процессе изнашивания/ Д.П. Журавель, В.Б. Юдовинский // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 10, Т.8. – С. 265-278.
4. Журавель Д.П. Вплив меркаптанів біопалива на водневе зношування поверхонь тертя/ Журавель Д.П., Юдовинский В.Б., Кюрчев С.В.// Вісник Львівського НАУ: Агроінженерні дослідження. – Львів: ЛНАУ, 2009. – №13. – Т.2. - С. 182-189.

**ДИФФЕРЕНСАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗНОСА
МАТЕРИАЛОВ ПАР ТРЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ,
РАБОТАЮЩЕЙ НА БИОТОПЛИВЕ**

Журавель Д.П., Юдовинский В.Б.

Аннотация – работа посвящена установлению влияния различных параметров, влияющих на процесс деталей сопряжений, работающих в среде биотоплива.

**DIFFERENTIATION OF THE FACTOR OF DETERIORATION
OF MATERIALS OF PAIRS OF FRICTION OF THE MOBILE
TECHNICS WHICH WORKS ON BIOFUEL**

D. Juravel, V. Yudovynskyu

Summary

Work is devoted to an establishment of influence of various parameters which influence the process of the coupling working details in the environment of biofuel.



УДК 665.2/3.067.7

ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ПРИСТРОЇВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ОЧИСТКИ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ РІДИН

Назаренко І.П., к.т.н.,

Лобода О.І., інженер,

Гомонець О.П., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-11-74

Анотація – в роботі розглянута функціональна схема і визначені параметри широкосмугового високовольтного багатозначного джерела живлення для установок електричного очищення діелектричних рідин.

Надані результати випробування реалізованого джерела живлення чотирьохфазного виконання, яке виконане на базі високовольтних трансформаторів, підсилювачів потужності і персонального комп'ютера з генератором функцій двоканальних низько-частотних синусоїдальних коливань.

Ключові слова – джерело живлення, підсилювач, генератор, трансформатор, електрична очистка.

Постановка проблеми. Електричне поле великої напруженості використовується для очистки рослинних олій, біопалив, технічних масел та інших діелектричних рідин. В основу роботи апаратів електроочистки діелектричних рідин покладено принцип розділення зважених частинок домішок під дією неоднорідного електричного поля високої напруги. У роботі [1] показано, що ефективна очистка рідин може бути отримана завдяки організації в робочій зоні електросепаратора біжучого електричного поля. Таке поле створюється завдяки подачі на електроди електросепаратора змінної багатозначної напруги оптимальної частоти. Потрібна частота однозначно зумовлюється електричними властивостями як самої рідини, так і зважених частинок. Отже, показано, що використання джерела живлення з регульованою високою багатозначною вихідною напругою та з регульованою частотою дозволить підвищити ефективність електричної очистки.

Аналіз основних публікацій. В існуючих електротехнологічних комплексах електричної очистки діелектричних рідин використовують джерела живлення постійного або змінного струму промислової

частоти високої напруги з малим струмом навантаження [2]. Такі джерела живлення являють собою підвищувальний трансформатор та випрямляч або помножувач напруги (якщо використовується постійний струм). Однак, зважаючи на те, що ефективність очистки залежить від частоти електричного поля [3], джерело живлення повинно забезпечувати можливість її регулювання. Крім того, у разі використання пристрою електричної очистки для рідин із різними напругами пробою, потрібно регулювати і напругу живлення. Використання в пристроях електричної очистки біжучого електричного поля додатково потребує застосування двох або багатофазних систем напруги [3]. На жаль, не існує подібного промислового джерела живлення, що потребує його розробки.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є розробка, створення та дослідження параметрів широкосмугового високовольтного багатофазного джерела живлення для установок електричної очистки діелектричних рідин.

Матеріали і методи досліджень. У роботі використовувались персональний комп'ютер, мікросхеми TDA7294, високовольтні трансформатори ТСВЗ, високовольтний вольтметр С-96. Використовувалась методика визначення амплітудних частотних характеристик ланок автоматики.

Результати досліджень. До джерела живлення висуваються наступні технологічні вимоги: вихідна фазна напруга 0...6 кВ, діапазон регулювання частоти 50-800 Гц, зсув фаз 90° та 120° ; вторинний струм короткого замикання 10 мА.

Нами запропонована функціональна схема високовольтного багатофазного джерела живлення, що показана на рис. 1.

Схема складається з генератора синусоїдальних коливань із регульованою частотою А1, двох фазообертачів А2, А3, трьох підсилювачів А4, А5, А6, перемикача режимів роботи фаз S та високовольтних підвищувальних трансформаторів TV1-TV4.

Схема працює наступним чином. Генератор синусоїдальних коливань А1 генерує електричний струм регульованої частоти та напруги. З нього сигнал подається на підсилювач А4 та на фазообертачі А2, А3. Фазообертачі дозволяють отримати на виході синусоїдальні сигнали з будь-яким зсувом фаз.

При встановленні зсуву фаз у 90° і нормальному положенні перемикача S напруга з підсилювача А4 подається на високовольтні трансформатори TV1 та TV3, а напруга з підсилювача А5 подається на високовольтні трансформатори TV2 та TV4. Таким чином на виході трансформаторів отримуємо високу напругу зі зсувом фаз у 90° , і при включенні трансформаторів зіркою (рис. 1) – чотирифазну симетричну систему напруги.

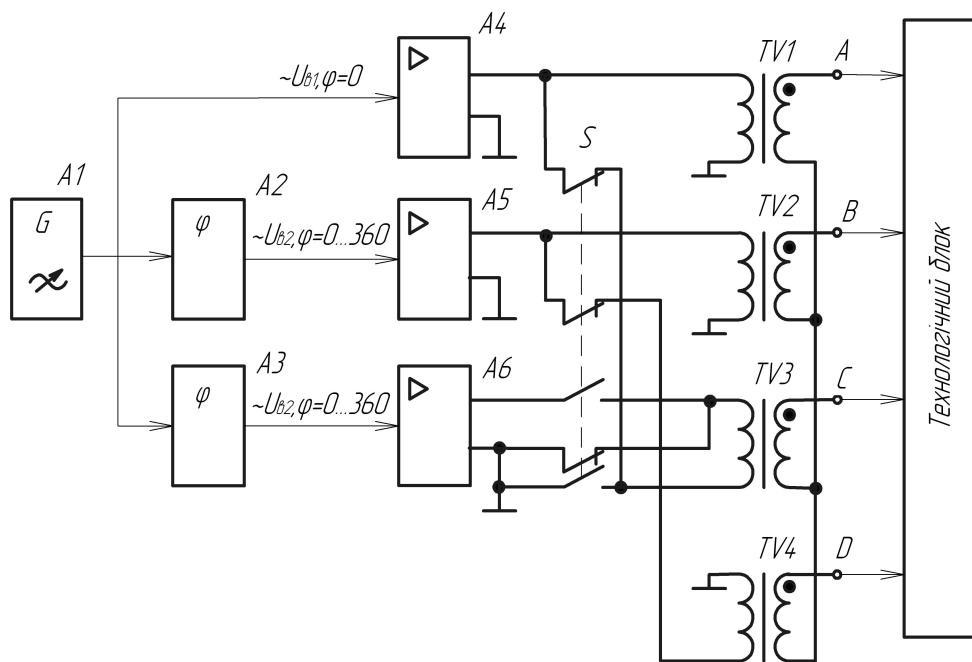


Рис. 1. Функціональна схема високовольтного джерела живлення.

При встановленні зсуву фаз у 120° і переключенні перемикача S в інше положення напруга з підсилювача A4 подається на високовольтний трансформатор TV1, з підсилювача A5 – на трансформатор TV2, а напруга з підсилювача A6 - на трансформатор TV3. Таким чином, на виході трансформаторів отримуємо високу напругу зі зсувом фаз у 120° , а при включенні трансформаторів зіркою – трифазну симетричну систему напруги.

Реалізація розглянутої схеми здійснювалась за допомогою програми до ПК, яка здійснює низькочастотний генератор функцій у діапазоні частот від 0 до 20 кГц, вихідні сигнали якого поступають на два канали виходу звукової карти комп'ютера. Сигнал одного з каналів може бути довільно зсунутий по фазі відносно іншого. Амплітуда сигналу регулюється і не залежить від частоти [4]. Таким чином, за допомогою ПК реалізовувались функції генератора та фазообертача. Підсилювачі були виконані на базі мікросхем TDA7294, а для підвищення напруги використовувались трансформатори ТСВ3.

Амплітудна частотна характеристика підсилювача на базі мікросхеми TDA7294 в діапазоні частот 20-20000 Гц не залежить від частоти [5], і тому в даному діапазоні амплітудна частотна характеристика джерела живлення визначається характеристикою високовольтного трансформатора, яка показана на рис. 2.

З її аналізу видно, що при даних технічних засобах реалізації високовольтне багатозфазне джерело живлення дозволяє отримати багатозфазну регульовану напругу в діапазоні частот 50-800 Гц.

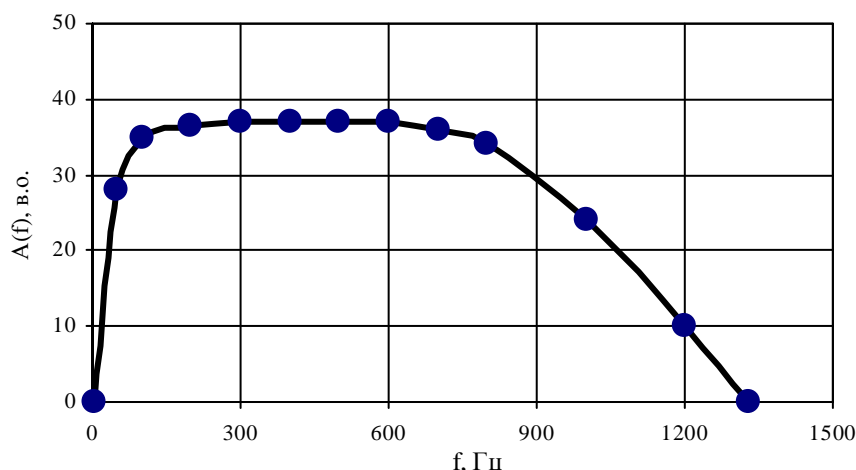


Рис. 2. Амплітудна частотна характеристика трансформатора ТСВЗ.

Виміряні характеристики джерела живлення показали, що діапазон регулювання чотирифазної напруги для дослідного зразка складає 0-6 кВ, робочій діапазон частот - 50-800 Гц. Відхилення зсуву фаз від заданого не перевищує 4%.

Висновки. Запропонована функціональна схема дозволяє проектувати широкосмугові джерела живлення для установок електричної очистки діелектричних рідин. Для збільшення діапазону частот потрібно використовувати спеціальні широкосмугові високовольтні трансформатори зі стабільною амплітудною частотною характеристикою. Випробуване джерело живлення можна використовувати в дослідницьких цілях, а для промислових зразків доцільно в якості генератору використовувати контролери.

Література.

1. Назаренко І.П. Очистка діелектричних рідин в електричному полі / І.П. Назаренко, Л.С. Червінський // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України / Редкол.: Д.О. Мельничук та ін. – К., 2009.- Вип. 139. - С. 97-103.
2. Эфендиев О.Ф. Электроочистка жидкости в пищевой промышленности / О.Ф. Эфендиев. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 149 с.
3. Назаренко І.П. Очистка діелектричних рідин в електричному полі / І.П. Назаренко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка / Редкол.: Д.І. Мазоренко (відп. ред.) та ін. – Харків, 2009.- Вип.87.- С. 153-155.
4. Марстон Р.Н. Популярные аудиомикросхемы / Р.Н. Марстон. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 384 с.

5. Функциональный двухфазный генератор НЧ сигналов с использованием звуковой карты компьютера [Электронный ресурс] / *Записных О.Л.* – Режим доступа: <http://www.zapisnyh.narod.ru>.

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Назаренко И.П., Лобода А.И., Гомонец А.П.

Аннотация - рассмотрена функциональная схема и определены параметры широкополосного высоковольтного многофазного источника питания для установок электрической очистки диэлектрических жидкостей.

Предоставлены результаты испытания источника питания в четырехфазном исполнении. Источник питания выполнен на базе высоковольтных трансформаторов, усилителей мощности и персонального компьютера с генератором функций двухканальных низкочастотных синусоидальных колебаний.

THE POWER SUPPLY FOR DEVICES OF ELECTRIC CLEARING OF DIELECTRIC LIQUIDS

I. Nazarenko, A. Loboda, A. Gomonets

Summary

In work the function chart is considered and parameters of the broadband high-voltage multiphase power supply for installations of electric clearing of dielectric liquids are defined.

Results of test power supply in quadriphase execution are given. The power supply is executed on the basis of high-voltage transformers, amplifiers of capacity and the personal computer with the generator of functions of two-channel low-frequency sinusoidal fluctuations.



УДК 681.04

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА СИНТЕЗА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ

Кошман С. О., к.т.н.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка

Тел.: (057) 712-35-37

Аннотация – рассматривается метод табличной реализации арифметической операции умножения в системе остаточных классов, который позволяет сократить количество оборудования табличных операционных устройств.

Ключевые слова – система счисления, табличная арифметика, система обработки информации, производительность.

Постановка проблемы. Сложность, масштабы и объемы задач, которые решаются современными системами обработки информации (СОИ) реального времени, обуславливают необходимость расширения их функций и возможностей, что приводит к увеличению количества и сложности оборудования вычислительных средств и систем, усложнению их математического и программного обеспечения. Это в свою очередь вызывает необходимость принятия дополнительных мер по обеспечению заданного уровня надежности и повышению производительности функционирования СОИ.

Для повышения надёжности СОИ, которые функционируют в позиционных системах счисления (ПСС), обычно используют два основных принципа: повышение надежности отдельных логических элементов и схем (использования новой элементной базы) и введения различных типов избыточности (применения разных видов резервирования, которые влияют на надежность функционирования СОИ). Поскольку надежность логических элементов в основном определяется уровнем развития технологии, то очевидно, что введение избыточности при использовании любой элементной базы, есть, наиболее, эффективный путь повышения надёжности СОИ.

Что касается поиска путей повышения производительности СОИ реального времени без снижения надёжности обработки информации,

то в пределах ПСС этого добиться практически невозможно без ухудшения массогабаритных и других основных характеристик.

Однако, как показано в [1, 2] замена традиционно-используемой в СОИ позиционной системы счисления на непозиционную систему счисления, а именно на систему остаточных классов (СОК) может положительно решить вышеуказанные задачи.

Формулирование целей статьи. Целью статьи является рассмотрение концепции построения СОИ в СОК с учётом основных свойств и принципов организации архитектур на базе непозиционных систем счисления.

Основная часть. Как известно в СОК операнд A представляется в виде набора остатков $\{a_i\}, i = \overline{1, n}$, которые образуются путём последовательного деления исходного числа A на набор $\{m_i\}$ модулей (оснований), при условии, что они являются взаимно попарно простыми числами, т. е. для любой пары оснований наибольший общий делитель равен единице $(m_i, m_j) = 1; i \neq j$, где $a_i = A - [A / m_i]m_i$.

Из определения можно сформулировать основные свойства СОК такие как:

1. Независимость остатков. Это свойство дает возможность построить СОИ в виде набора информационно независимых вычислительных трактов (отдельных СОИ, функционирующих по своему определенному модулю m_i в СОК). При этом время реализации арифметических операций определяется временем реализации в вычислительном тракте СОИ по наибольшему основанию m_n СОК. Как видно, ошибки, возникающие за счет отказов (сбоев) схем двоичных разрядов в произвольном вычислительном тракте СОИ, не «размножаются» в соседние тракты, а остаются в пределах одного остатка, что дает возможность повысить достоверность вычислений в СОК.

2. Равноправность остатков. Любой остаток a_i числа A_k в СОК несёт информацию обо всём исходном числе, что даёт возможность программными методами заменить искажённый тракт по модулю m_i на исправный (контрольный) тракт по модулю m_j ($m_i < m_j$), не прерывая решения задачи.

Так же следует отметить, что одна и та же СОИ в СОК может иметь различную надёжность в зависимости от требований, которые предъявляются к точности, объёму памяти и быстродействию при решении определённого вида задач.

3. Малоразрядность остатков. Это свойство позволяет существенно повысить быстродействие выполнения арифметических операций, как за счёт малоразрядности вычислительных трактов СОИ, так и за счёт возможности применения (в отличие от ПСС) табличной арифметики, где арифметические операции сложения, вычитания и умноже-

ния выполняются практически в один такт.

Отметим основные принципы реализации арифметических операций над остатками числа в СОК такие как: сумматорный (на базе малоразрядных двоичных сумматоров); принцип кольцевого сдвига (на базе кольцевых регистров сдвига); прямой логический принцип с использованием логических переменных и табличный принцип на базе матричных схем (постоянных запоминающих устройств).

При этом можно сделать вывод, что табличный принцип обладает следующими достоинствами:

- табличные схемы имеют высокую надежность, так как реализуются в виде компактных ПЗУ; в этом случае весь тракт СОИ строится по блочному принципу, что улучшает ремонтпригодность СОИ (уменьшается время восстановления);

- простота табличных схем и дешифраторов, имеющих количество выходов, соответствующих основанию СОК;

- высокое быстродействие; результат операции может быть получен в момент поступления входных операндов, т.е. в один такт; время выполнения арифметических операций в СОК сравнимо с тактовой частотой вычислителя, что принципиально невозможно для позиционных вычислительных машин при существующей элементной базе.

Однако, несмотря на вышеуказанные достоинства табличного принципа реализации арифметических операций, он обладает довольно существенным недостатком, а именно: количество оборудования таблицы (количество логических элементов I) имеет квадратичную зависимость от выбранного основания $(m_i)^2$, а общее количество схем совпадения в узлах матриц для заданной системы оснований СОК равно $\sum_{i=1}^n (m_i)^2$.

Из этого следует, что для практической реализации СОИ, основанную на табличном принципе, необходимо применять методы специального кодирования, построенные на основе использования планарной симметрии, которые позволяют уменьшить количество оборудования таблиц за счёт их внутренней избыточности.

Рассмотрим метод реализации операции модульного умножения.

Составим таблицу из числовых значений $a_i \times b_i \pmod{m_i}$ (табл. 1). Эта таблица симметрична относительно диагоналей, вертикали и горизонтали, проходящих между числами $\frac{(m_i - 1)}{2}$ и $\frac{(m_i + 1)}{2}$ [3]. Симметричность относительно вертикали и горизонтали определяется из условия кратности суммы симметричных чисел

$$a_i b_i + a_i (m_i - b_i) \equiv 0 \pmod{m_i}, \quad a_i b_i + b_i (m_i - a_i) \equiv 0 \pmod{m_i}.$$

Вследствие этого, для реализации операции $a_i b_i \pmod{m_i}$ представляется наиболее эффективным применение методов таблицы специального кодирования, позволяющих в четыре раза уменьшить таблицу модульного умножения. Для решения поставленной задачи возможны различные представления специальных кодов. Рассмотрим вариант реализации операции модульного умножения посредством кода табличного умножения (КТУ) (табл. 1).

Таблица - 1 Реализации арифметической операции модульного умножения $(a_0 \times b_0) \pmod{m}$

$b \backslash a$	a_0	...	$a_{\frac{m-1}{2}}$	$a_{\frac{m+1}{2}}$	...	a_{m-1}
b_0	c_{00}	...	$c_{\binom{m-1}{2}0}$	$c_{\binom{m+1}{2}0}$	...	$c_{(m-1)0}$
...
$b_{\frac{m-1}{2}}$	$c_{0\binom{m-1}{2}}$	...	$c_{\binom{m-1}{2}\binom{m-1}{2}}$	$c_{\binom{m+1}{2}\binom{m-1}{2}}$	...	$c_{(m-1)\binom{m-1}{2}}$
$b_{\frac{m+1}{2}}$	$c_{0\binom{m+1}{2}}$	...	$c_{\binom{m-1}{2}\binom{m+1}{2}}$	$c_{\binom{m+1}{2}\binom{m+1}{2}}$	...	$c_{(m-1)\binom{m+1}{2}}$
...
b_{m-1}	$c_{0(m-1)}$	...	$c_{\binom{m-1}{2}(m-1)}$	$c_{\binom{m+1}{2}(m-1)}$	...	$c_{(m-1)(m-1)}$

Пусть даны входные операнды a_i и b_i . Значения $a_i(b_i)$, лежащие в диапазоне $\left[0, \frac{m_i - 1}{2}\right)$, могут быть закодированы произвольным образом, а значения $a_i(b_i)$, лежащие в диапазоне $\left[\frac{m_i + 1}{2}, m_i - 1\right)$, кодируются, как $m_i - a_i(m_i - b_i)$. Для отличия диапазонов вводится индекс γ_a (γ_b), определенный следующим образом:

$$\gamma_a, \gamma_b = \begin{cases} 0, & \text{если } 0 \leq a_i(b_i) \leq \frac{m_i - 1}{2} \\ 1, & \text{если } \frac{m_i + 1}{2} \leq a_i(b_i) \leq m_i - 1 \end{cases}$$

Метод определения результата операции модульного умножения, посредством КТУ, следующий:

– если заданы два операнда в КТУ $a_i = (\gamma_a, a'_i)$, $b_i = (\gamma_b, b'_i)$, то для того чтобы получить произведение этих чисел по модулю m_i , достаточно получить произведение $a'_i \times b'_i \pmod{m_i}$ и инвертировать его

обобщенный индекс γ_i ;

- если γ_a отлично от γ_b , т.е. $a_i \times b_i \pmod{m_i} = (\gamma_i, a'_i \times b'_i \pmod{m_i})$,

где $\gamma_i = \begin{cases} \bar{\gamma}_i, & \text{если } \gamma_a \neq \gamma_b \\ \gamma, & \text{если } \gamma_a = \gamma_b \end{cases}$

Для того чтобы восстановить таблицу модульного умножения $a_i \times b_i \pmod{m_i}$, достаточно иметь числовую информацию только о ее восьмой части. При этом избыточность $1/4$ части таблицы умножения определяется симметрией относительно её левой диагонали

$$(\gamma_a, a'_i)(\gamma_b, \beta'_i) \pmod{m_i} \equiv (\gamma_b, \beta'_i)(\gamma_a, a'_i) \pmod{m_i}.$$

Отсюда возникает возможность сократить таблицу (количество схем совпадения ПЗУ) модульного умножения.

Блок-схема реализации $1/8$ части таблицы умножения представлена на рис. 1.

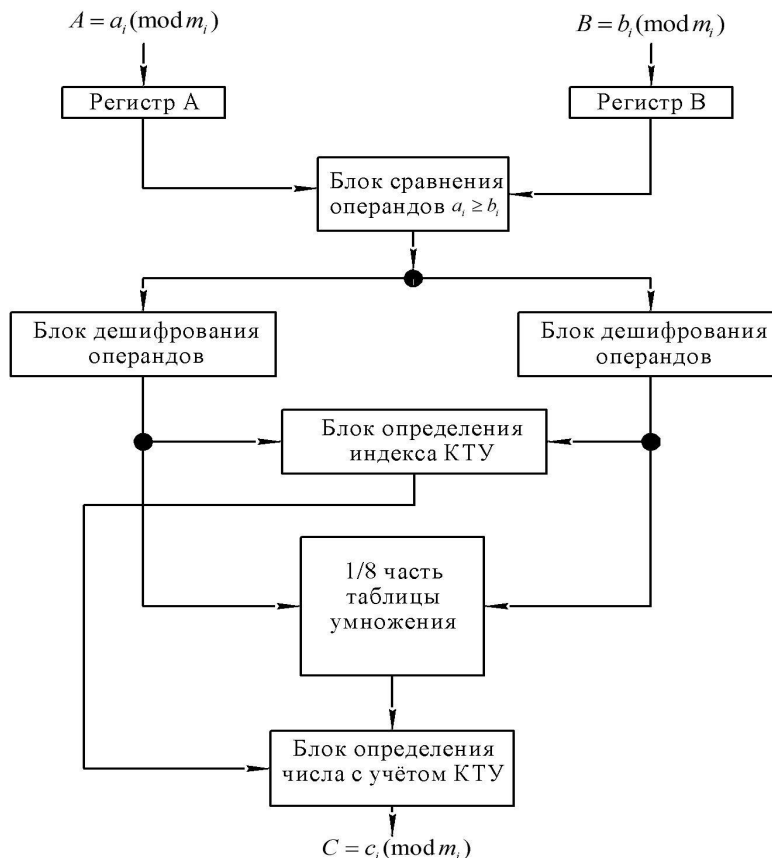


Рис. 1. Блок схема реализации $1/8$ части таблицы умножения в СОК.

Таким образом, используя внутреннюю избыточность таблицы модульного умножения, возможно, максимально уменьшить количество оборудования табличного операционного устройство. Рассмотр-

ренный метод реализации модульной операций умножения позволяет оптимизировать структуру СОИ путем повышения эффективности использования табличной арифметики. Сокращение количества оборудования ПЗУ, составляющих основную часть операционного устройства, позволяет повысить надежность показатели (увеличить вероятность безотказной работы $P(t)$, уменьшить время восстановления $T_в$) и улучшить эксплуатационно-технические показатели (уменьшить массу и габаритные размеры, уменьшить потребляемую мощность и улучшить техническое обслуживание) СОИ в СОК.

Литература.

1. Акушский И. Я. Машинная арифметика в остаточных классах / И. Я. Акушский, Д. И. Юдицкий. – М. : Советское радио, 1968. – 440 с.
2. Краснобаев В. А. Застосування системи залишкових класів у машинній арифметиці / В. А. Краснобаєв, С. О. Кошман // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Х. : ХДТУСГ, 2003. – Вип. 19, т. 2 – С. 134–136.
3. Кошман С. А. Табличный метод обработки цифровой информации в классе вычетов / С. А. Кошман, С. Н. Деренько, В. А. Краснобаев // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – № 5. – С. 171–175.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ СИНТЕЗУ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ СИСТЕМ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ

Кошман С.О.

Анотація – розглядається метод табличної реалізації арифметичної операції множення у системі залишкових класів, котрий дозволяє скоротити кількість обладнання табличних операційних пристроїв.

PERFECTION OF METHOD OF SYNTHESIS OF THE HIGH-PERFORMANCE SYSTEMS TREATMENT OF INFORMATION ON THE BASIS OF THE SYSTEM OF REMAINING CLASSES

S. Koshman

Summary

The method of tabular realization of arithmetic operation of increase in the system of remaining classes is examined, which allows to shorten the amount of equipment of tabular operating devices.



УДК 631.362

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВІДМОВ І МАЛОГО РЕСУРСУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Гулевський В. Б., к.т.н.,

Кузнецов І.О., к.т.н.,

Гулевська Н.О., інженер,

Просвірніна Е.В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (06192) 42-23-41

Анотація - робота присвячена підвищенню якості абразивної обробки відновлюваних деталей на підставі аналізу причин відмов і малого ресурсу відновлюваних деталей двигунів сільськогосподарської техніки.

Ключові слова – абразивна обробка, мастильно-охолоджувальна рідина, відновлення, деталі.

Аналіз проблеми. У зв'язку з тим, що до 80 % відмов в роботі двигунів транспортних засобів відбувається внаслідок різних чинників: фізичного зносу, корозії, ерозії, кавітації, старіння матеріалу та інш., тому кожен вид ушкоджень можна оцінити певними критеріями [1, 2]. Проте, в реальних умовах вихід з ладу деталей двигунів транспортної техніки за нормальних умов експлуатації в основному відбувається внаслідок відхилення розмірів деталі від номінального розміру поверхні, відхилення від правильної геометричної форми деталі, відхилення по шорсткості поверхні і т. д.

Аналіз останніх досліджень. Сучасний стан технологічних процесів відновлення деталей, наявність великої експериментальної техніки для визначення робітників навантажень і високий рівень розвитку прикладної теорії пружності при відносно хороших знаннях фізичних і механічних властивостей матеріалів, дозволяють забезпечити достатню міцність відновлених деталей двигунів сільськогосподарської техніки з великою гарантією від їх поломок в нормальних умовах експлуатації. Проте практика експлуатації двигунів показує, що у 80 випадках із 100, вони виходять з ладу унаслідок відмови роботи вузлів тертя в результаті зносу поверхонь тертя або поломки, викликаній ним. Внаслідок цього найбільш поширеною причиною виходу з ладу

відновлених деталей транспортних засобів, являється не поломка, а знос, який обумовлює порушення розмірів, форми і взаємного положення робочих поверхонь.

Причинами відмов і малого ресурсу деталей після ремонту є: низька культура виробництва ремонтних деталей; низька якість механічної обробки поверхонь деталей, що сполучаються.

Тому, важко вирішити завдання визначення достовірності впливу деяких параметрів на якість ремонту деталей за допомогою різних комплексних критеріїв, що представляють різні комбінації з неінформаційних критеріїв.

Постановка завдань дослідження. Для визначення впливу деяких параметрів на якість ремонту деталей необхідно встановити причини відмов і малого ресурсу деталей після ремонту.

Основна частина. Більшість деталей автомобілів, приблизно 65 %, має знос до 0,15 мм і тільки 5 % деталей при виході автомобілів в капітальний ремонт мають знос більше 0,5 мм. При ремонті автомобілів повторно після відновлення можуть використовуватися до 70 % зношених деталей [3].

Більшість відмов сталися унаслідок наявності дефектів механічної обробки, що чинять істотний вплив на усі експлуатаційні властивості деталей (рис. 1). Неправильний вибір методів механічної обробки деталей може утруднити забезпечення заданих параметрів мікро- і макрогеометрії і хвилястості оброблених поверхонь деталей засобів транспорту (рис. 2). Внаслідок чого поверхні, піддані механічній обробці з грубою шорсткістю, зношуються швидше, скорочуючи ресурс роботи деталі до допустимого зносу, оскільки ресурс роботи деталі визначається величиною допустимого зносу і для конкретної деталі і інтенсивністю зношування, особливо в період прироблення, коли "з'їдається" велика частина металу.

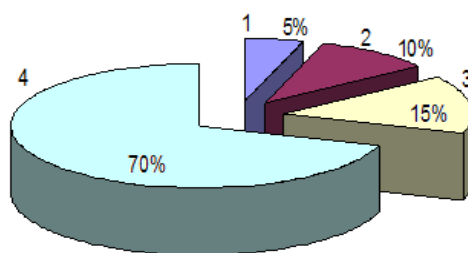


Рис. 1. Причини відмов і малого ресурсу деталей, %: 1 - порушення монтажу і експлуатації та ін.; 2 - абразивний знос деталей; 3 - приховані дефекти при відновленні; 4 - дефекти механічної обробки деталей.

Найбільш поширеним високопродуктивним способом механічної обробки є абразивна обробка відновлюваних деталей шліфувальними кругами. Найінтенсивніше шліфувальний круг втрачає різальну здат-

ність при засалюванні, оскільки воно, як правило, є наслідком налипання часток матеріалу (металу) відновленої деталі на абразивні зерна, внаслідок чого втрачають різальну здатність ще не затуплені зерна, з усіма витікаючими з цього негативними наслідками [3, 4].

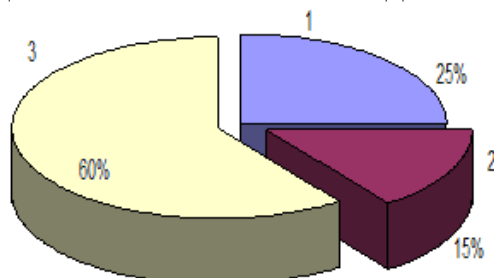


Рис. 2. Вплив дефектів механічної обробки на властивості відновлених деталей, %: 1 - зміна фізико-механічних властивостей матеріалу деталей; 2 - механічні ушкодження; 3 - зміна розмірів, геометрії форми і мікрогеометрії робочих поверхонь.

Зменшення нагріву деталі при шліфуванні є радикальним засобом зниження засалювання шліфувального круга, підвищення і стабілізації їх різальної здатності. Застосовуючи нові прогресивні склади мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) і сучасні способи їх подачі (гідро-аеродинамічний, струменево-напірний, поетапний), можна створити умови охолодження, при яких, незважаючи на високу контактну температуру, поверхневий шар матеріалу деталі зазнаватиме найменші зміни [6]. Ці обставини є вирішальними при абразивній обробці деталей.

Проте забруднення МОР механічними домішками може істотно погіршити стабілізацію різальної здатності інструменту, і як наслідок отримання не якісних поверхонь відновлюваних деталей [6].

Висновки. На підставі зробленого аналізу зроблено висновок, що механічна обробка істотно впливає на якість і властивості поверхневого шару відновлених деталей, від якого залежить, в основному, рівень експлуатації, а, отже, і термін служби сільськогосподарської техніки. При використанні абразивної обробки для ремонту деталей спостерігається інтенсивна втрата різальної здатності шліфувальних кругів. Це негативно впливає на якість відновлюваних деталей і надалі може зменшити ресурс двигуна.

Застосування МОР може істотно підвищити різальну здатність інструменту. Тому важливе значення придбаває аналіз впливу якості МОР на ефективність процесу абразивної обробки при відновленні деталей сільськогосподарської техніки.

Література.

1. *Сипайлов В.А.* Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности / *В. А. Сипайлов* – М.: Машино-

роение, 1978. - 168 с.

2. Устранение прижогов и трещин путем применения оптимального метода охлаждения при шлифовании / Д.Н. Троицкая, Н.В. Умнова, Е.С. Киселев и др. // Технология автомобилестроения. - 1981. - № 11. - С. 17-19.

3. Технологія та обладнання для відновлення автомобільних деталей / В.Є. Канарчук, А. Д. Чигринець, О.Л. Голяк, П.М. Шоцький. – К.: ІСДО, 1993. - 480 с.

4. Григорьев М.А. Износ и долговечность автомобильных двигателей / М.А. Григорьев, Н.Н. Пономарев. - М.: Машиностроение, 1986. -248с.

5. Энтелис С.Г. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием. / С.Г. Энтелис, Э.М. Берлине. – М.: Машиностроение, 1986 - 352 с.

6. Просвірнін В.І. Аналіз забруднень мастильно-охолоджувальних рідин при відновленні деталей транспортної техніки / В.І. Просвірнін, В.Б. Гулевський, Б.В. Савченков // Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ. – Харків, 2008.- Вип.69.– С. 162-167.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ОТКАЗОВ И МАЛОГО РЕСУРСА ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Гулевский В. Б., Кузнецов И.О., Гулевская Н.А., Просвирнина Э.В.

Аннотация - работа посвящена повышению качества абразивной обработки восстанавливаемых деталей на основании анализа причин отказов и малого ресурса восстанавливаемых деталей двигателей сельскохозяйственной техники

THE ANALYSIS OF CAUSES OF FAILURES AND SMALL RESOURCE RESTORED DETAILS OF ENGINES OF AGRICULTURAL MACHINERY

V. Gulevsky, I. Kuznetsov, N. Gulevskay, E. Prosvirnina

Summary

Work is devoted improvement of quality of abrasive processing of restored details on the basis of the analysis of causes of failures and a small resource of restored details of engines of cars



УДК 631.363

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КУЛЬКОВИХ ОЧИСНИКІВ УДАРНОЇ ДІЇ ПРИ КАЛІБРУВАННІ НАСІННЯ ПЛОДОВИХ КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР

Караєв О.Г., к.т.н.,

Інститут зрошуваного садівництва ім. М.Ф. Сидоренка УААН

Тел. (06192) 42-24-36

Бондаренко Л.Ю., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (06192) 42-24-36

Анотація - наведено математичну модель оптимізації параметрів кулькових очисників решіт із випадковим рухом робочих органів за рахунок мінімізації часу вибивання застряглого насіння з отвору. Одержано залежності впливу параметрів кулькових очисників на енергію вибивання застряглого насіння.

Ключові слова – кулькові очисники решіт, ефективно вибивання, калібрування, посівний матеріал, моделювання процесу.

Постановка проблеми. Процес розділення насіння сільськогосподарських культур на фракції за допомогою плоских решіт відбувається якісно за умови, коли в отворах решіт якнайменше застряглого насіння. Найбільш ефективними і економічно вигідним пристроєм для очищення решіт є використання кулькових очисників ударної дії. У зв'язку з тим, що насіння плодкових кісточкових культур значно відрізняється за формою і розмірами від насіння сільськогосподарських культур, то виникає задача обґрунтування параметрів роботи кулькових очисників, які б забезпечили якісне очищення отворів решіт від застряглого насіння.

Аналіз останніх досліджень. Фундаментальні дослідження з визначення параметрів роботи кулькових очисників викладені у працях [1-11], у яких розглядається процес очищення решіт за рахунок удару кульки безпосередньо по насінню, що заклинило в отворах решіт. При цьому вважалося, що ймовірність вибивання застряглого насіння є відомою величиною. Адже така ймовірність є залежною від геометричних параметрів кулькових очисників та кінематичних параметрів установки. Тому виникає необхідність в розробці моделі оптимізації, яка дозволяє мінімізувати математичне очікування часу вибивання

насіння з отвору і отримати оптимальні параметри кулькових очисників.

Формулювання цілей статті. Розробити математичну модель оптимізації параметрів кулькових очисників установки для калібрування насіння плодкових кісточкових культур, які б забезпечили ефективне вибивання застряглої насіння з отворів решіт в процесі їх роботи, за рахунок мінімізації математичного очікування часу вибивання кісточки з отвору.

Основна частина. Для побудови математичної моделі оптимізації геометричних параметрів кулькових очисників умовно розіб'ємо один повний цикл руху кульки в підрешітному просторі на такі стадії: удар об решето; вільне падіння в полі сил тяжіння; удар об поверхню прутка; підйом до решета (рис. 1).

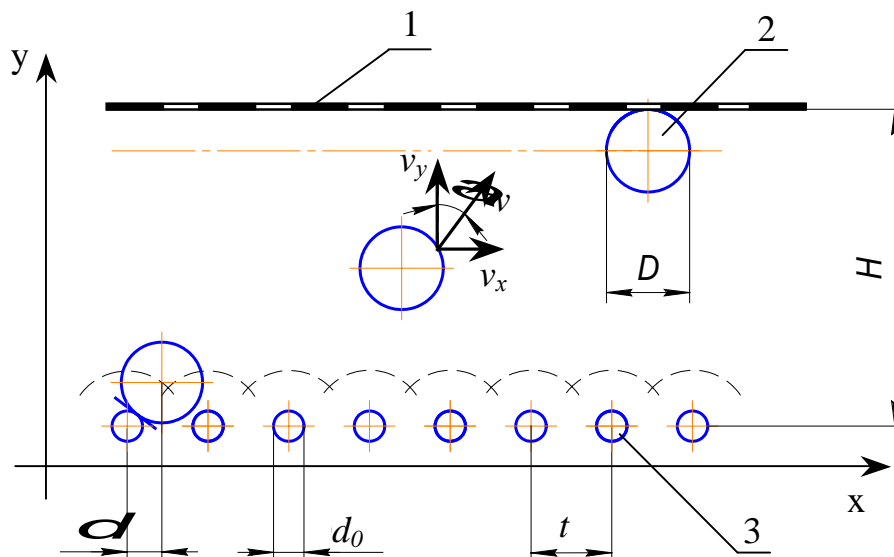


Рис. 1 - Розрахункова схема параметрів кулькового очисника: 1 – сортувальне решето; 2 – гумова кулька; 3 – пруток; D – діаметр кульки; H – висота підрешітного простору; t – відстань між прутками; d_0 – діаметр прутка.

Режими роботи установки, повинні бути такими, щоб надати кульці енергію, необхідну для вибивання кісточок, що застрягли в отворах решета. Значення цих параметрів приймемо як середні для зерноочисних і сортувальних машин: (частота коливання решітної частини $\omega=48,2\text{c}^{-1}$, амплітуда коливань $A=0,01\text{м}$).

Розробку моделі здійснено із урахуванням таких припущень:

1. Зміщення кульки відносно прутка δ – стохастична величина, розподілена рівномірно на відрізку $[0;t/2]$.

2. Фаза коливання τ у момент зіткнення кульки з прутком – стохастична величина, розподілена рівномірно на відрізку $[0;2\pi/\omega]$.

3. Модуль швидкості v кульки безпосередньо перед ударом об решето є випадковою величиною з функцією розподілу $f(v)$.

4. Кут відхилення швидкості перед ударом об решето α розподілений приблизно нормально, при цьому $3\sigma = \pi/2$ (90^0).

Вважатимемо, що після усталеного процесу руху кожна з кульок при підйомі до решета має горизонтальну і вертикальну складові швидкості.

Швидкість кульки на початку руху має такі складові

$$(v_{0x}, v_{0y}) = (v_0 \sin \alpha, v_0 \cos \alpha). \quad (1)$$

При ударі об решето горизонтальна складова швидкості кульки у середньому зберігається, а вертикальна перетворюється як при частково пружному ударі, тому швидкість кульки в момент удару об решето має такі складові

$$(u_{1x}, u_{1y}) = (v_{0x}, -k \cdot v_{0y}), \quad (2)$$

де k – коефіцієнт відновлення швидкості кульки після удару.

Швидкість кульки наприкінці падіння

$$(u_{2x}, u_{2y}) = \left(v_0 \sin \alpha - A\omega \cos \omega \tau - \sqrt{k^2 v_0^2 \cos^2 \alpha + g(2H - D - \sqrt{(d_0 + D)^2 - 4\delta^2})} \right). \quad (3)$$

Швидкість кульки після удару об прутки

$$(u_{3x}, u_{3y}) = (|u_3| \sin \theta, |u_3| \cos \theta), \quad (4)$$

де θ – кут між напрямком швидкості після удару об прутки та вертикаллю.

Швидкість при підйомі до решета

$$(v_{1x}, v_{1y}) = \left(u_{3x} + A\omega \cos \omega \tau, \begin{cases} \sqrt{u_{3y}^2 - g(2H - D - \sqrt{(d_0 + D)^2 - 4\delta^2})}, & u_{3y} > \sqrt{g(2H - D - \sqrt{(d_0 + D)^2 - 4\delta^2})}; \\ 0, & u_{3y} \leq \sqrt{g(2H - D - \sqrt{(d_0 + D)^2 - 4\delta^2})} \end{cases} \right) \quad (5)$$

Звідки маємо, що швидкість кульки після повного циклу задається стаціонарною функцією від параметрів $(v_0, \alpha, \delta, \tau)$

$$v_1 = \sqrt{v_{1x}^2 + v_{1y}^2} = F(v_0, \alpha, \delta, \tau). \quad (6)$$

Для знаходження функції розподілу $f(v)$ досить відмітити, що вона задовольняє:

- інтегральному рівнянню

$$f(v_1) = \int_0^{+\infty} R(v_1, v_0) f(v_0) dv_0, \quad (7)$$

де $R(v_1, v_0)$ – щільність розподілу величини v_1 після повного циклу за умови, що швидкість на початку циклу дорівнює v_0 .

$$R(v_1, v_0) = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \zeta(\alpha) \frac{\int_{U_t} \left(\sum_i \left| \frac{\partial}{\partial v_1} H_i(v_0, \alpha, v_1, \tau) \right| \begin{matrix} v_1 \in D(H_i(v_0, \alpha, v_1, \tau)) \\ v_1 \notin D(H_i(v_0, \alpha, v_1, \tau)) \end{matrix} \right) d\tau}{\iint_{U_\delta \times U_t} \mu(v_0, \alpha, \delta, \tau) d\tau d\delta} d\alpha; \quad (8)$$

- умові нормування

$$\int_0^{+\infty} f(v_0) dv_0 = 1. \quad (9)$$

Знаходження такої функції проведено чисельними методами. Припустимо, що час повного циклу руху кульки коливається навколо деякої середньої величини, для чого визначимо:

- середню швидкість кульки у поверхні решета на початку циклу

$$\hat{v} = \int_0^{+\infty} v f(v) dv; \quad (10)$$

- середній шлях кульки при падінні

$$\hat{L} = H - D/2 - \left(\frac{1}{4} \sqrt{(d_0 + D)^2 - t^2} + \frac{(d_0 + D)^2}{4t} \operatorname{arctg} \frac{t}{\sqrt{(d_0 + D)^2 - t^2}} \right); \quad (11)$$

- тривалість часу проходження кулькою половини циклу при умові, що вертикальна складова швидкості кульки на початку циклу була v_y

$$t_0 = \frac{2}{g} (\sqrt{v_y^2 + 2g\hat{L}} - v_y). \quad (12)$$

Тоді при умові, що початкова швидкість дорівнює \hat{v} , середній час руху кульки у повному циклі визначиться за формулою

$$\hat{t}_0 = \frac{4}{g} \int_{-\infty}^{\infty} \zeta(\alpha) (\sqrt{(\hat{v} \cos \alpha)^2 + 2g\hat{L}} - \hat{v} \cos \alpha) d\alpha. \quad (13)$$

Ймовірність того, що за один цикл кулька виб'є кісточку обчислюється за формулою

$$P = nS \cdot \left(1 - \int_0^{\sqrt{\frac{12E}{\pi\rho D^3}}} f(v) dv \right), \quad (14)$$

де E – енергія кульки, необхідна для вибивання кісточки з отвору;

ρ - щільність матеріалу кульки (кг/м^3).

Тоді математичне очікування часу вибивання кісточки дорівнюватиме

$$\hat{T} = \hat{t}_0 \sum_{i=1}^{\infty} i P (1-P)^{i-1} = \frac{\hat{t}_0}{P} = \frac{1}{nS} \frac{\hat{t}_0}{\sqrt{\frac{12E}{\pi\rho D^3}}} \rightarrow \min. \quad (15)$$

$$1 - \int_0^{\hat{t}_0} f(v) dv$$

Таким чином, для отримання оптимальних параметрів кулькових очисників достатньо мінімізувати функцію (15) із застосуванням по координатного методу пошуку мінімуму.

Функція (15) залежить також від енергії вибивання E , яка може бути розрахована за формулою

$$E = \frac{2F \cdot h}{3}, \quad (16)$$

де F - сила зчеплення кісточки з крайкою отвору (прийmemo в середньому для всіх кісточок $F \approx 2\text{Н}$);

h - величина контакту кісточки з отвором, мм (прийнято дві товщини решета, тобто $h = 0,0028$ мм).

Тоді згідно з (16) енергія кульки, що необхідна для вибивання застряглого насіння $E = 1,867 \cdot 10^{-3}$ Дж ≈ 2 мДж.

Для визначення меж оптимальних значень параметрів кулькового очисника побудовано графіки щільності розподілу енергії кульки при різних значеннях параметрів за допомогою розробленого програмного забезпечення (рис. 2 – 4).

Обчислення проводились при значеннях: $k = 0,7$; $\omega = 48,2 \text{ с}^{-1}$; $A = 0,01\text{м}$; $\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$. На графіках вертикальною лінією позначено межу області енергій, при яких в середньому відбувається вибивання кісточки з отвору.

Із графіків видно, що при $D < 25$ мм і $t < 0,4 \cdot D$ процес вибивання кісточки з отвору практично не відбувається, тому що енергії кульки буде недостатньо. Отримані залежності визначають області оптимальних значень параметрів кулькового очисника, а саме:

1) діаметр кульки належить до інтервалу 25 - 35 мм (практичні обчислення показали, що при діаметрах, менших за 25 мм енергія кульки є надто малою);

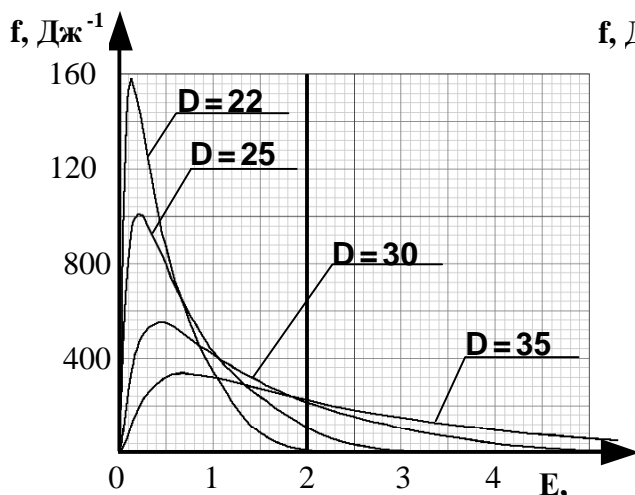


Рис. 2. Щільність розподілу енергії кульки в залежності від її діаметра (при $t = 0,7D$; $H = 1,2D$).

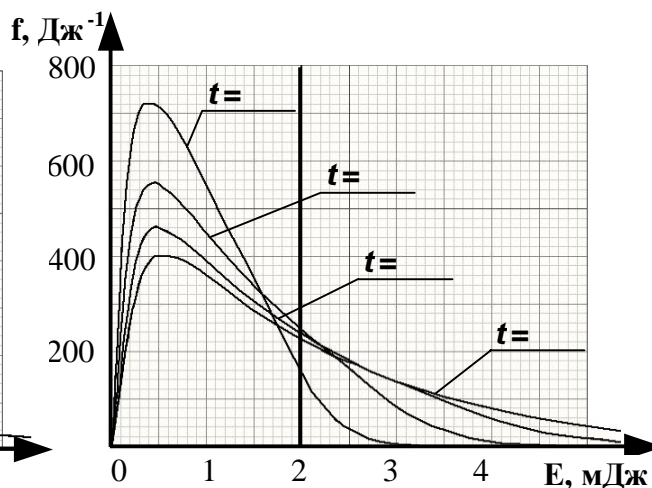


Рис. 3. Щільність розподілу енергії кульки в залежності від відстані між прутками (при $D = 0,033\text{м}$; $H = 1,2D$).

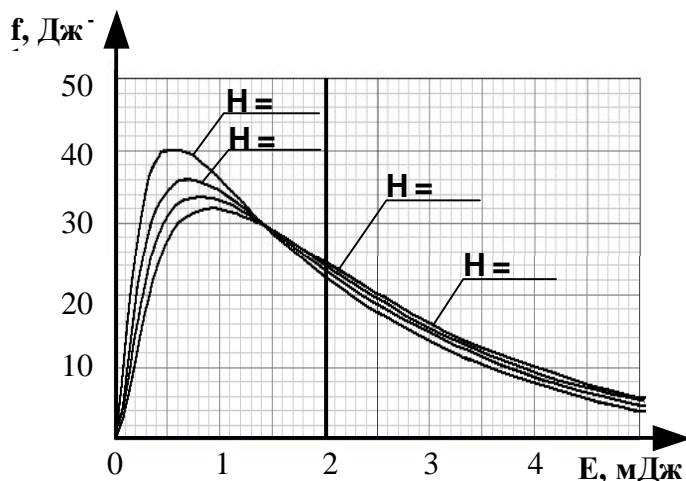


Рис. 4. Щільність розподілу енергії кульки в залежності від висоти підрешітного простору (при $D = 33\text{ мм}$; $t = 0,7D$).

2) згідно з [2], інтервал значень для висоти підрешітного простору є залежним від діаметра кульки і повинен складати $H = (1,2-1,4)D$.

3) інтервал значень для відстані між прутками визначено, враховуючи, що він повинен бути не більше ніж $0,7D$ (в протилежному випадку стає істотним явище багатократного удару кульки о прутки) і не менше ніж $0,5 \cdot D$ (згідно отриманих залежностей). Прийнято $t \approx (0,5-0,7) \cdot D$.

Як метод пошуку мінімуму функції однієї змінної застосовано метод золотого перерізу. Цей метод збігається повільніше, ніж градієнтні методи, але не потребує неперервної диференційованості функції.

Оптимізацію функції (15) було проведено за допомогою розробленої програми та отримано такі оптимальні параметри кулькового очисника: діаметр кульки $D = 33\text{ мм}$; відстань між прутками $t = 23\text{ мм}$; висота підрешітного простору $H = 40\text{ мм}$.

Висновки. Встановлено, що для вибивання застряглого насіння з отвору кінетична енергія кульки повинна бути не менша, ніж $E = 2$ мДж (для кісточок абрикоса та мигдалю).

Отримано рівняння щільності розподілу швидкості та енергії кульок при ударі об решето, та встановлено, що енергія кульки істотно залежить від діаметра кульки D , відстані між прутками t та висоти підрешітного простору H .

Визначено, що для оптимізації геометричних параметрів кулькового очисника достатньо застосувати алгоритм пошуку мінімуму функції трьох змінних, яка є функціоналом від щільності розподілу швидкості кульки. Фізична суть введеної цільової функції полягає в тому, що вона є оцінкою математичного очікування часу вибивання застряглого насіння з отвору решета.

Література.

1. *Півень М.В.* Обґрунтування параметрів процесу решітного сепарування зернових сумішей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / *М.В. Півень*; Харків. нац. техн. ун-т сільського господарства – Харків, 2006. – 21 с.
2. *Заика П.М.* Динамика вибрационных зерноочистительных машин / *П.М. Заика*. – М.: Машиностроение, 1977. – 278 с.
3. *Файбушевич Г.З.* Исследование забиваемости решет зерноочистительных машин / *Г.З. Файбушевич* // *Механиз. и электриф. соц. с/х.* – 1965. – №2. – С.39.
4. *Файбушевич Г.З.* Очистка вибрационных решет / *Г.З. Файбушевич* // *Техника в сельском хозяйстве.* – 1964. – № 8. – С. 75-78.
5. Шариковая очистка решет, совершающих горизонтальные колебания / *П.М. Заика, В.Ф. Ридний, А.В. Миняйло, Н.В. Слоновский* // *Динамические процессы и надежность машин*; МИИСП. – М.; 1977. – Т. XIV. – Вып. 12. – С. 68-75.
6. К вопросу о забиваемости вибрационных зерноочистительных решет / *П.М. Заика, Н.В. Слоновский, В.Ф. Ридний, А.В. Миняйло* // *Вісник сільськогосподарської науки.* – 1969. – № 8. – С.92-100.
7. *Заика П.М.* Периодический режим движения рабочего органа шарикового очистителя вибрационного решета / *П.М. Заика, В.Ф. Ридний, А.В. Миняйло* // *Применение новейших математических методов и вычислительной техники в решении инженерных задач*; МИИСП. – М., 1977. – Т.14, вып. 10. – С. 46-52 .
8. *Слоновский Н.В.* Параметры расклинивания семян при ударном методе очистки решет вибрационных семяочистительных машин / *Н.В. Слоновский, А.П. Заика* // *Совершенствование конструкции рабочих органов сельскохозяйственной техники: Сб. науч. тр. / Харьк. с-х. ин-т им. В.В. Докучаева.* Харьков, 1988. – С.96-104.

9. Ридный В.Ф. Определение параметров шариковых очистителей плоских решет, качающихся в горизонтальной плоскости / В.Ф. Ридный // Повышение эффективности и качества работы вибрационных семяочистительных машин; МИИСП. – М.; 1981. – С.55-57.
10. Ридный В.Ф. Определение параметров шариковых очистителей плоских вибрационных решет / В.Ф. Ридный, А.В. Миняйло // Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин; МИИСП. – М., 1979. – С.22-25
11. Загородний О.І. Наукові основи процесів очищення отворів решіт зерноочисних машин: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11 / О.І. Загородний; Харків.держ. техн. ун-т сільського господарства. – Харків, 2001. – 37с.

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШАРИКОВЫХ
ОЧИСТИТЕЛЕЙ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ
КАЛИБРОВАНИИ
СЕМЯН ПЛОДОВЫХ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР**

Караев О.Г., Бондаренко Л.Ю.

Аннотация - приведена математическая модель оптимизации параметров шариковых очистителей решет со случайным движением рабочих органов за счет минимизации времени выбивания застрявших семян из отверстия. Получены зависимости влияния параметров шариковых очистителей на энергию выбивания застрявших семян.

**GROUND OF PARAMETERS BALL-SHAPED
PURIFIERS OF SHOCK ACTION OF ARRANGEMENT FOR
CALIBRATION SEED OF FRUIT – STONE CULTURES**

O. Karaev, L. Bondarenko

Summary

The mathematical model of optimization of parameters of ball-shaped purifiers of sieves is resulted with casual motion of workings organs due to minimization of time of beating out seized-up seed from opening. Dependences of influence of parameters of ball-shaped purifiers are got on energy of beating out seized-up seed from opening of sieve.