

УДК 637.11

**Ю.О. Линник, ст. викл., В.Ю. Дудін, канд. техн. наук**

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, м.Дніпропетровськ, Україна, mvptddau@rambler.ru*

## Розрахунок енерговитрат системи сервоконтроля ротаційного пластинчастого вакуумного насоса доїльної установки

В результаті розрахунку технологічних показників виконання процесу машинного доїння встановлена динаміка зміни потужності електродвигуна вакуумного насоса для доїльних установок із системою його сервоконтролю і без неї. Встановлені питомі витрати енергії на доїння 1 корови. **енерговитрати, доїльна установка, система сервоконтроля, вакуумний насос, електроенергія, ефективність**

**Ю.А. Линник, ст. препод., В.Ю. Дудин, канд. техн. наук**

*Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, г.Днепропетровск, Украина*  
**Расчет энергозатрат системы сервоконтроля ротационного пластинчатого вакуумного насоса доильной установки**

В результате расчета технологических показателей выполнения процесса машинного доения установлена динамика изменения мощности электродвигателя вакуумного насоса для доильных установок с системой его сервоконтроля и без нее. Установлены удельные затраты энергии на доение 1 коровы. **энергозатраты, доильная установка, система сервоконтроля, вакуумный насос, электроэнергия, эффективность**

**Постановка проблеми.** На сьогодні існує широкий вибір високопродуктивних доїльних установок із системами сервоконтролю їх молочно-вакуумних систем, основним визначаючим критерієм ефективної експлуатації яких є енерговитрати. Таким чином, використання автоматизованої системи сервоконтролю ротаційного пластинчастого вакуумного насоса дозволяє знизити його питому енергоємність при збереженні необхідного рівня вакууму і ефективного резерву [1-2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розроблена автоматизована система сервоконтроля ротаційного пластинчастого вакуумного насоса працює наступним чином [3]. Перед включенням автоматизованої системи сервоконтролю ротаційного пластинчастого вакуумного насоса на частотному регуляторі встановлюється номінальне значення вакуумметричного тиску  $P_n$ , яке необхідне підтримувати у молочно-вакуумній системі доїльної установки. Після включення автоматизованої системи сервоконтролю ротаційного пластинчастого вакуумного насоса частотний регулятор відключає електропривод. На датчику вакуумметричного тиску і датчику витрат повітря зафіксовані відповідні значення вакуумметричного тиску  $P = 0$  кПа і витрат повітря  $Q = 0$  м<sup>3</sup>/год. Дані про значення вакуумметричного тиску і витрат повітря з датчиків поступають на частотний регулятор, який включає електропривод і поступово підвищує частоту обертання  $n$  його валу. Електропривод за допомогою механічної передачі приводить в дію ротаційний пластинчатий вакуумний насос, який створює вакуум в молочно-вакуумній системі. На далі відбувається вимір вакуумметричного тиску  $P$  і витрат повітря  $Q$  на відповідних датчиках. Отримані дані з датчиків передаються на частотний регулятор. Якщо поточне значення вакуумметричного тиску  $P$  більше ніж

бажане  $P_n$ , то частотний регулятор збільшує частоту обертання  $n$  вала електропривода, в протилежному випадку зменшує її. Із збільшенням (зменшенням) частоти обертання вала електропривода збільшується (зменшується) частота обертання ротора ротаційного пластинчастого вакуумного насоса, що призводить до збільшення (зменшення) його продуктивності  $Q$ . Таким чином відбувається вирівнювання вакуумметричного тиску  $P$  в молочно-вакуумній системі до бажаного значення  $P_n$ . Дані, які поступають з датчика витрат повітря, використовуються для сигналізації на частотному регуляторі значення витрат повітря  $Q$  в молочно-вакуумній системі. Використання запропонованої системи дозволить зменшити енерговитрати вакуумного насоса доїльної установки і стабілізувати вакуумметричний тиск в вакуумній системі [3].

**Постановка завдання.** Провести розрахунок енерговитрат системи сервоконтроля ротаційного пластинчастого вакуумного насоса доїльної установки.

**Виклад основного матеріалу.** Для аналізу роботи доїльної установки «Ялинка» із 12 доїльними місцями, розглянемо роботу кожного місця окремо. Технологічний процес машинного доїння корови передбачає виконання наступних операцій: підготовка доїльної установки, впуск корів, очікування підготовки до доїння, підготовку корів до доїння, автоматична робота доїльного апарата, заключна операція доїння, очікування випуску, випуск корів. Операція підготовки доїльної установки до процесу доїння кожною групою корів займає в середньому 90 с. Операція впуску і випуску корів в доїльній зал залежить від його довжини і для доїльної установки «Ялинка 2×6» продовжується протягом 45 с. При підготовці корів до доїння виконується підготовка вимені, надягання доїльних стаканів і запуск доїльного апарата. Час виконання зазначеної операції складає в середньому 60 с. Заключна операція доїння передбачає обробку дійок корови спеціальним розчином і виконується протягом 15 с. Основна операція – автоматична робота доїльного апарата, яка включає безпосередньо процес доїння, стимуляції, додоювання і зняття підвісної частини із використанням маніпулятора. Тривалість даної операції залежить індивідуально від кожної корови. Так хронометричні дослідження [4] із визначення тривалості виконання зазначеної операції показують, що її модель підпорядковується логарифмічно-нормальному закону розподілу (рис. 1):

$$f(x) = -\frac{1}{\sigma(x-\varepsilon)\sqrt{2}} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln(x-\varepsilon)-\mu)^2\right] \quad (1)$$

де  $\mu$ ,  $\sigma$  – середнє значення і середнє квадратичне відхилення логарифму випадкової величини;

$\varepsilon$  – нижня межа випадкової величини.

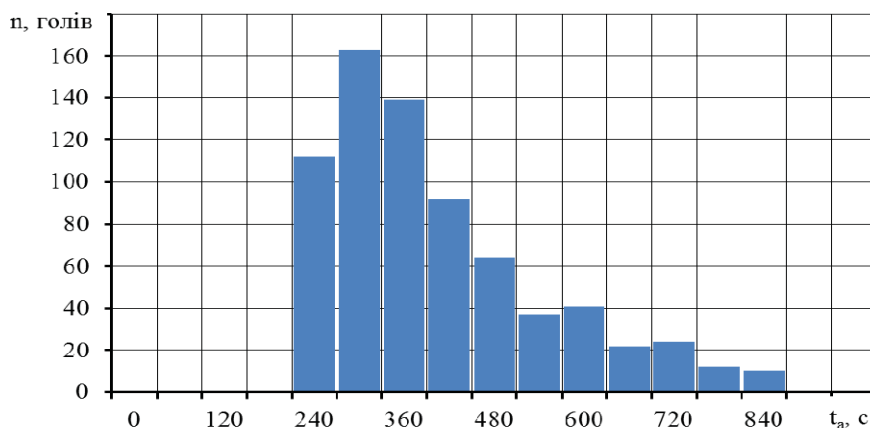


Рисунок 1 – Розподіл тривалості виконання операції автоматичної роботи доїльного апарата  
Джерело: розроблено на підставі досліджень [4]

Загальні витрати часу на технологічний процес машинного доїння на одне доїльне місце розраховується за формулою:

$$t = t_0 + t_{\text{вп}} + t_{\text{о.п.}} + t_n + t_a + t_3 + t_{\text{о.в.}} + t_{\text{вип}}, \quad (2)$$

де  $t_0$  – тривалість підготовки доїльної установки, с;

$t_{\text{вп}}$  – тривалість впуску корів, с;

$t_{\text{о.п.}}$  – тривалість очікування підготовки до доїння, с;

$t_n$  – тривалість підготовки корів до доїння, с;

$t_a$  – тривалість автоматичної роботи доїльного апарата, с;

$t_3$  – тривалість заключної операції доїння, с;

$t_{\text{о.в.}}$  – тривалість очікування випуску, с;

$t_{\text{вип}}$  – тривалість випуску корів, с.

З урахуванням розрахованої тривалості технологічного процесу машинного доїння на одне доїльне місце побудована циклограма робочого процесу на автоматизованій доїльній установці типу «Ялинка 2×6» (рис. 2).

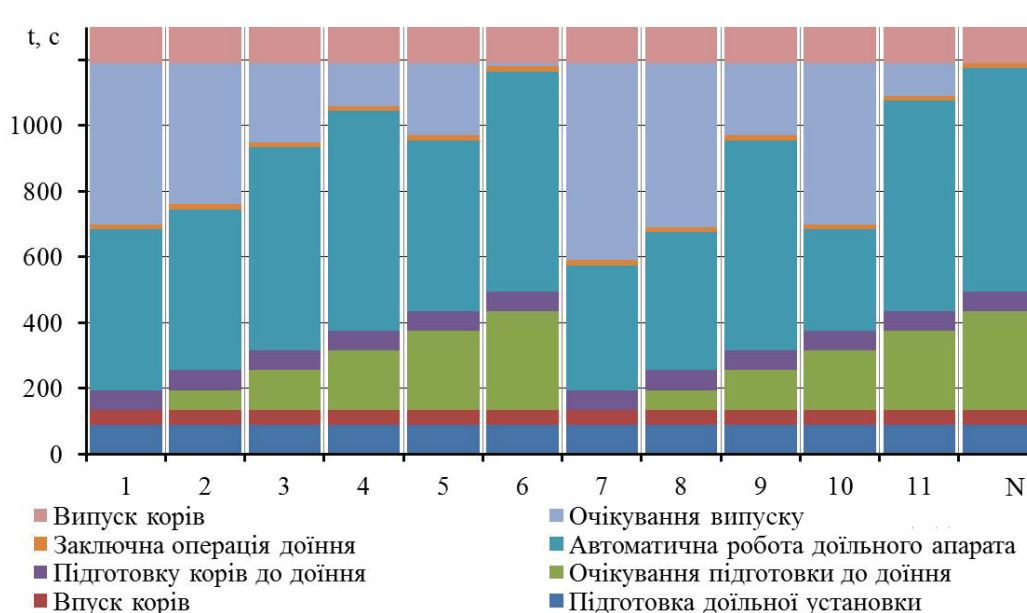


Рисунок 2 – Циклограма робочого процесу на автоматизованій доїльній установці типу «Ялинка 2×6»

Джерело: розроблено на підставі досліджень [4]

З циклограми робочого процесу машинного доїння на автоматизованій доїльній установці типу «Ялинка 2×6» видно, що доїльні апарати підключаються поступово згідно із послідовністю операцій. Тому витрати повітря доїльної установки постійно змінюються. Згідно [5] витрати повітря доїльної установки розраховуються за формулою:

$$Q_a = Q_0 + Z(Q'_a + Q''_a), \quad (3)$$

де  $Q_0$  – витрати повітря доїльної установки із відключеними доїльними апаратами,  $Q_0 = 400$  л/хв. [5];

$Q'_a$  – витрати повітря вакуумної складової доїльного апарата (вакуумний шланг, пульсатор),  $Q'_a = 25$  л/хв. [5];

$Q''_a$  – витрати повітря молочної складової доїльного апарата (молочний шланг, колектор, доїльні стакани),  $Q''_a = 20$  л/хв. [5];

$Z$  – кількість підключених доїльних апаратів.

Враховуючи циклограму на рисунку 2 і формулу (3) розрахуємо динаміку зміни витрат повітря доїльної установки в процесі машинного доїння (рис. 3).

Спираючись на проведені розрахунки динаміки зміни витрат повітря  $Q_a$  доїльної установки в процесі машинного доїння (рис. 3) для одного циклу доїння на доїльній установці типу «Ялинка 2×6» і результати експериментальних досліджень ротаційного пластинчатого вакуумного насоса, розрахуємо динаміку зміни потужності електродвигуна вакуумного насоса із системою сервоконтролю і без неї.

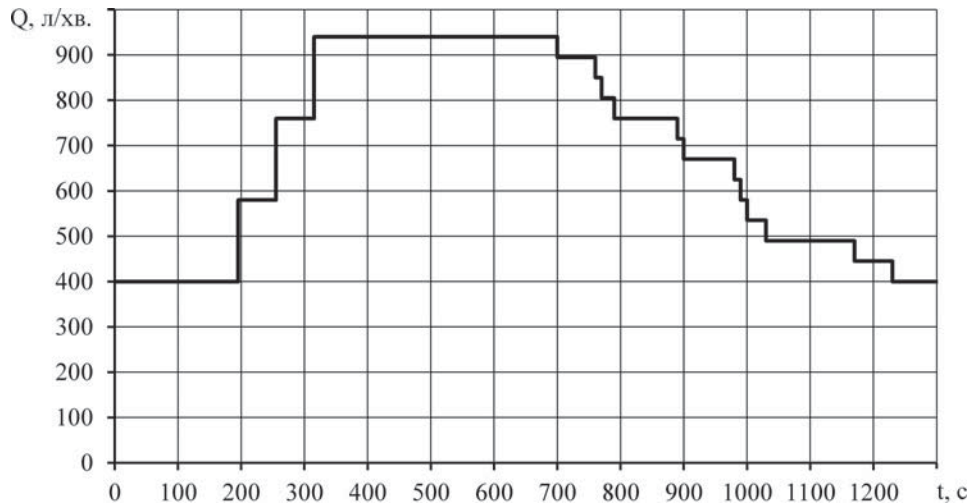


Рисунок 3 – Динаміка зміни витрат повітря  $Q_a$  доїльної установки в процесі машинного доїння  
Джерело: розроблено на підставі досліджень [4] і [5]

Складемо систему рівнянь для знаходження потужності електродвигуна вакуумного насоса від його продуктивності і заданого вакуумметричного тиску 50 кПа:

$$\begin{cases} N_p = N_p(n, P_n), \\ Q_a = Q_a(n, P_n), \\ P_n = 50 \text{ кПа}. \end{cases} \quad (4)$$

Вирішуючи систему рівнянь (4) відносно  $N_p$  і враховуючи динаміку зміни витрат повітря  $Q_a$  (рис. 3) отримуємо динаміку зміни потужності  $N_p$  електродвигуна вакуумного насоса із системою сервоконтролю і без неї для одного циклу доїння на доїльній установці типу «Ялинка 2×6» (рис. 4).

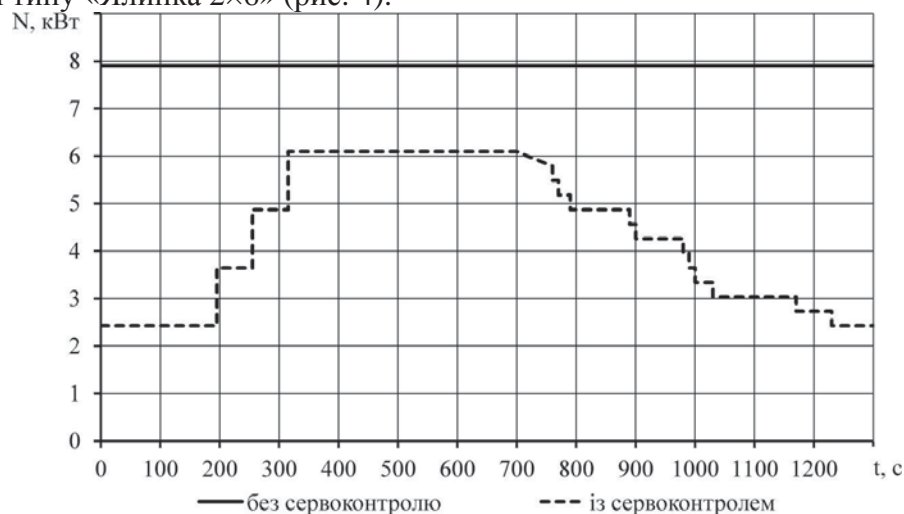


Рисунок 4 – Динаміка зміни потужності  $N_p$  електродвигуна вакуумного насоса в процесі машинного доїння

Джерело: розроблено на підставі досліджень [4] і [5]

За рис. 4 визначимо енергію яка витрачається при одноразовому доїнні 12 корів: без сервоконтролю –  $10274,719 \text{ кВт}\cdot\text{с} = 2,854 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$ , із сервоконтролем –  $4205,566 \text{ кВт}\cdot\text{с} = 1,168 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$  Розділивши отримані значення на кількість корів, отримуємо питомі витрати енергії на доїння 1 корови: без сервоконтролю –  $0,2378 \text{ кВт}\cdot\text{год./голову}$ , із сервоконтролем –  $0,0973 \text{ кВт}\cdot\text{год./голову}$ .

Для поголів'я дійних корів 100 голів (період лактації – 305 днів) при триразовому доїнні енерговитрати становитимуть: без сервоконтролю –  $0,2378 \cdot 100 \cdot 3 \cdot 305 = 21758,7 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$ , із сервоконтролем –  $0,0973 \cdot 100 \cdot 3 \cdot 305 = 8902,95 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$

**Висновки.** В результаті розрахунку технологічних показників виконання процесу машинного доїння встановлена динаміка зміни потужності  $N_p$  електродвигуна вакуумного насоса для доїльних установок із системою його сервоконтролю і без неї. Встановлені питомі витрати енергії на доїння 1 корови: без сервоконтролю –  $0,2378 \text{ кВт}\cdot\text{год./голову}$ , із сервоконтролем –  $0,0973 \text{ кВт}\cdot\text{год./голову}$ .

## Список літератури

1. Линник Ю. Підвищення ефективності системи сервоконтролю ротаційного пластинчастого вакуумного насоса доїльної установки [Текст] / Ю. Линник, С. Павленко // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів: Львів. нац. аграр. університет, 2014. – № 18. – С. 96-99.
2. Линник Ю. Шляхи усунення дестабілізації вакуумного режиму доїльних установок [Текст] / Ю. Линник // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. / ДНУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2014. – № 18 (32). – С. 278-283.
3. Пат. 98053 Україна, МПК (2015.01) F04C 2/00. Вакуумний пластинчато-роторний насос / Ю.О. Линник, С.І. Павленко, А.М. Пугач, В.Ю. Дудін; заявник і патентовласник Ю.О. Линник, С.І. Павленко, А.М. Пугач, В.Ю. Дудін. – № u201412961; заявл. 03.12.2014; опублік. 10.04.2015, Бюл. №7, 2015 р.
4. Цой Ю.А. Молочные линии животноводческих ферм и комплексов [Текст] / Ю.А. Цой – М.: Колос, 1982. – 222 с.
5. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст] / И.Е. Идельчик. – М.: Госэнергоиздат, 1960. – 464 с.

**Yuriy Linnik, assis. Prof., Volodymyr Dudin, PhD tech. sci.**

*Dnepropetrovsk State Agrarian & Economic University, Dnepropetrovsk, Ukraine*

### **Calculation of energy consumption of servo control rotary vane vacuum pump milking plant**

The purpose of research is to calculate the energy consumption of servo control rotary vane vacuum pump milking plant.

Taking into account the duration of the process designed milking per milking place built a sequence diagram workflow automated milking machines such as "Herringbone  $2 \times 6$ ". Based on this chart the dynamics of changes of air flow during the technological process of mechanical milking. The calculation of technological parameters of a process of machine milking of the dynamics of changes of the power of the electric motor of the vacuum pump for milking machines with servo control system it without her. Established specific energy consumption for the milking cows without servo –  $0.2378 \text{ kW}\cdot\text{h./head}$ , with servo control –  $0.0973 \text{ kW}\cdot\text{h./head}$ .

**energy, milking unit, servo control system, vacuum pump, power, efficiency**

Одержано 05.11.15