

## ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ РОТАЦІЙНИХ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК

**Линник Ю.О., ст. викл.**

*(Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет)*

**Павленко С.І., к.т.н., доцент**

*(Відділ біоекотехнічних систем у тваринництві Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»)*

*Проведено аналіз енерговитрат ротаційних вакуумних насосів доїльних установок і визначені шляхи їх зниження. Обґрунтовано доцільність використання автоматизованої системи сервоконтролю ротаційного пластинчатого вакуумного насоса, яка дозволяє знизити його питому енергоємність при збереженні необхідного рівня вакууму і ефективного резерву.*

**Постановка проблеми.** В зв'язку із прагненням виробників молочно-доїльного обладнання в розробці високопродуктивної доїльної техніки, яка відповідає зоотехнічним, санітарно-гігієнічним і міжнародним техніко-технологічним вимогам (ISO 3918 [1], ISO 5707 [2], ISO 6690 [3]), в осатаній час, не приділяється відповідної уваги енергоощадним технологіям.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розглядаючи лінійні доїльні установки (типу УДМ і УДБ) з точки зору енерговитрат можна стверджувати, що для електропривода вакуумного насоса споживана потужність складає від 4 до 9 кВт, для електричного водонагрівача – від 5 до 10 кВт, для електропривода молочного насоса – від 0,75 до 1 кВт, для всього іншого молочно-доїльного обладнання – до 1 кВт [4].

Енерговитрати високопродуктивних доїльних залів (типу «Ялинка», «Паралель», «Карусель») складають значно високого рівня ніж у лінійних доїльних установках: споживана потужність електропривода вакуумного насоса складає від 7,5 до 29 кВт, електричного водонагрівача – від 7 до 15 кВт, електропривода молочного насоса – від 1,1 до 2,2 кВт, для всього іншого молочно-доїльного обладнання – до 1 кВт [5].

Підбиваючи підсумки енерговитрат доїльних установок маємо, що споживана потужність лінійних доїльних установок складає від 9,75 до 21 кВт, доїльних залів – від 15,6 до 47,2 кВт в залежності від їх розмірів.

Молочно-доїльне обладнання, будучи в експлуатації 365 днів на рік, використовуються від 8 до 16 годин в день в залежності від кількості дійного стада і дійних місць в доїльній установці. Однак не все обладнання, що потребує енерговитрат, знаходиться в експлуатації весь зазначений час. Електроприводи вакуумних і молочних насосів працюють постійно під час технологічного процесу доїння, тобто за рік експлуатуються від 2920 до 5840

годин. Електричний водонагрівач вмикається до і після доїння і працює від 20 до 40 хвилин.

Із вищезазначеного випливає, що найбільшій увазі заслуговує найбільш енерговитратний елемент доїльної установки – вакуумний насос.

**Метою досліджень** є визначення шляхів зниження енерговитрат вакуумних насосів доїльних установок.

**Основні результати дослідження.** У доїльних установках застосовуються різноманітні схеми і конструкції вакуумних систем, основною складовою яких є вакуумні насоси. В технологічному процесі машинного доїння найбільш поширення набули механічні ротаційні вакуумні насоси, так як їх техніко-технологічні параметри відповідають техніко-економічним вимогам, які ставляться до доїльних установок [6].

Переважаюча більшість доїльних установок укомплектовано вакуумними системами, в яких використовуються два типи насосів: пластинчатий ротаційний та водокільцевий вакуумні насоси. Ці насоси знайшли застосування в установках виробників молочно-доїльного обладнання «GEA Farm Technologies», «DeLaval», «Milkline», ВАТ «Брацлав». Ще один тип насосів, який заслуговує на увагу, є двороторний вакуумний насос, який знайшов використання в вакуумних системах доїльних установок компанії «VouMatic».

Водокільцеві вакуумні насоси [7-9] відрізняються значною об'ємною продуктивністю, простотою конструкції і надійністю в роботі (рис. 1, а). Вони не мають всмоктуючого і випускного клапанів, у них немає розподільчого механізму, відсутні металеві поверхні тертя та не потрібно мастило під час роботи. Проте достатня надійність в роботі забезпечується лише за певних умов експлуатації. Зокрема, вони вимагають додаткових пристроїв для подачі робочої рідини, можуть працювати лише при плюсовій температурі навколишнього середовища. Недоліками водокільцевих насосів є низький механічний ККД (0,48-0,52) через значні гідравлічні витрати в рідинному кільці, нестійкий режим роботи і високі експлуатаційні витрати на одиницю питомої продуктивності. Крім того, вони мають високі витрати споживаної потужності – 0,33-1,22 кВт·год/м<sup>3</sup> [10, 11].

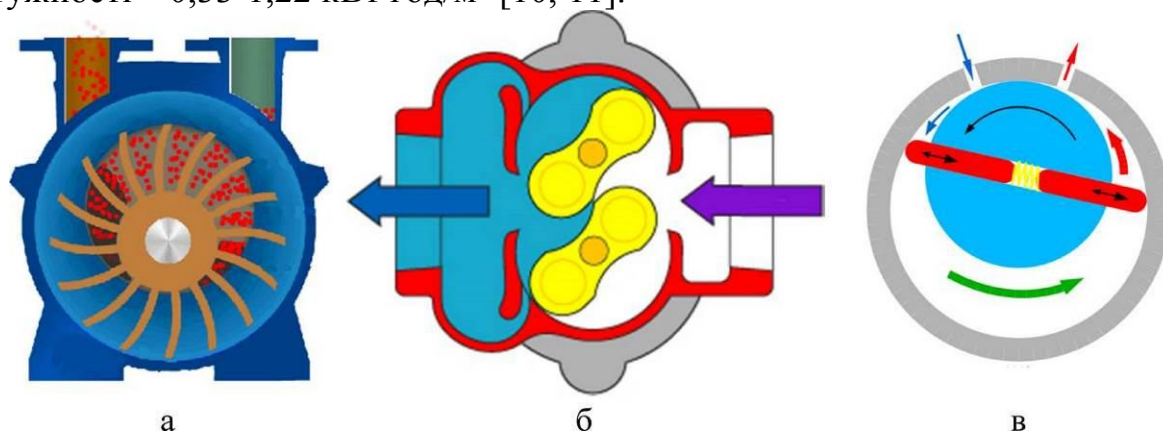


Рисунок 1 – Схеми ротаційних вакуумних насосів:

а – водокільцевий; б – двороторний; в – пластинчатий.

У деяких господарствах знаходять застосування двороторні вакуумні насоси (рис. 1, б) [12, 13, 14]. Вони мають два поршні (ротора), що обертаються, з двома або трьома ущільнюючими лопатями, що переносять повітря від всмоктуючого до нагнітального вікна між двома сусідніми циліндрами. Різновидом двороторних вакуумних насосів є також гвинтові насоси. Істотним недоліком насосів цього типу є те, що вони не можуть працювати ефективно при високих тисках через великі внутрішні перетікання повітря. Ці насоси енергоємні, оскільки на робочі органи постійно діє повний перепад тиску нагнітання, їх відрізняє невеликий адіабатичний ККД і шум високої частоти, який викликається перервами в процесі всмоктування і нагнітання повітря.

Проведені дослідження і літературні джерела свідчать [15, 16], що з усіх типів ротаційних вакуумних насосів, призначених для доїльних установок, кращі показники (табл. 1) мають ротаційні вакуумні насоси пластинчатого типу з ексцентричним розташуванням ротора (рис. 1, в). Це пояснюється досить високою продуктивністю, простотою конструкції, низькою вартістю насоса, незалежністю від природно-кліматичних умов. Дія насоса цього типу базується на зміні об'єму робочої камери, що відсікається пластинами при обертанні ротора, який розташовано ексцентрично в корпусі насоса. Пластини можуть мати радіальне або тангенціальне (похиле) розташування. Пластинчаті ротаційні вакуумні насоси мають механічний ККД, який характеризує відношення індикаторної потужності до потужності на валу насоса, рівний 0,8-0,9. Насоси цього типу добре урівноважені, при досить великих обертах створюють менші пульсації вакууму і мають невеликі габаритні розміри і масу. Вони складаються з меншої кількості деталей, в них немає всмоктуючих і нагнітальних клапанів. Крім того, їх відрізняє спрощена схема розподілу повітря. Для пластинчатих ротаційних вакуумних насосів не потрібно масивні фундаменти, оскільки вони мають плавний, з мінімальною вібрацією, характер роботи. Ці насоси більш рівномірно відкачують повітря і більш швидкохідні.

Таблиця 1 – Показники роботи вакуумних насосів

Тип вакуумного насоса	ККД, який враховує гідравлічні, об'ємні та механічні втрати	Коефіцієнт подачі	Питома енергоємність при робочому вакуумі, кВт·год/м <sup>3</sup>
Ротаційний пластинчатий	0,80-0,90	0,3-0,4	0,06-0,08
Водокільцевий	0,48-0,52	0,4-0,7	0,33-1,22
Двороторний (Рутса)	0,70-0,80	0,6-0,8	0,64-0,82

Враховуючи вищезазначене, для доїльних установок з точки зору зменшення енерговитрат доцільно використовувати ротаційні пластинчаті вакуумні насоси, споживану потужність електроприводів яких можна зменшити шляхом:

– зниження питомої енергоємності за рахунок оптимізації конструктивно-режимних параметрів вакуумного насоса;

– правильного вибору вакуумного насоса для конкретної доїльної установки;

– сервоконтролю частоти обертання ротора вакуумного насоса.

В результаті попередніх досліджень розробленого ротаційного пластинчатого вакуумного насоса для індивідуальних доїльних установок [15, 16] встановлено залежність питомої енергоємності від величини встановленого робочого вакууму і частоти обертання ротора (рис. 2).

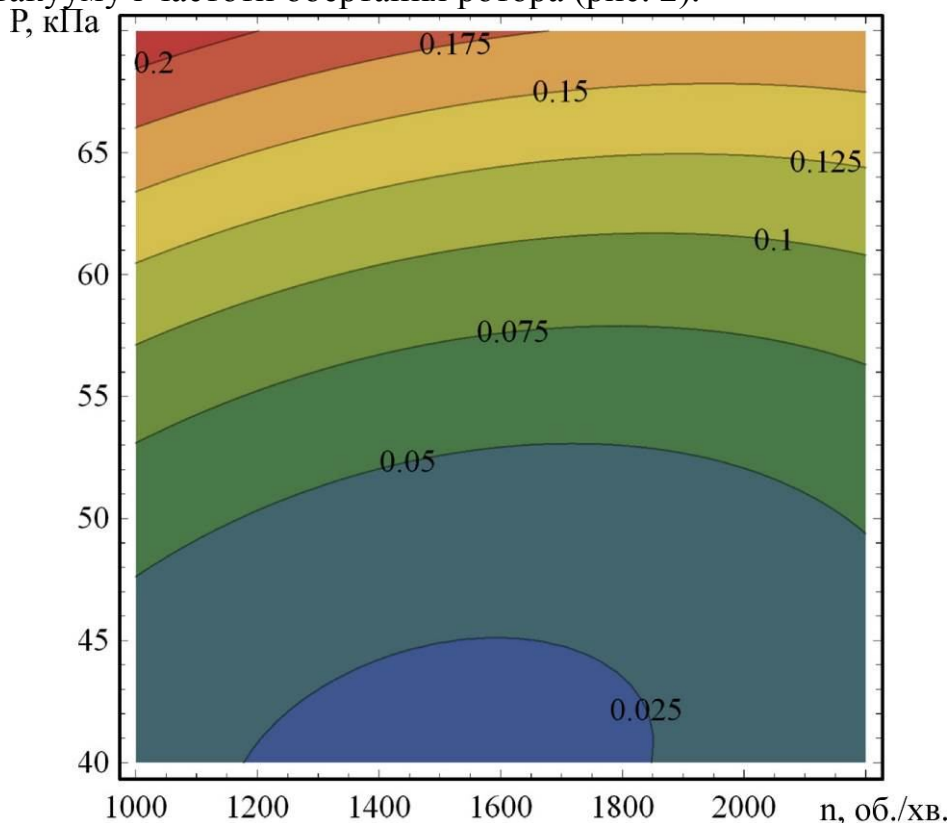


Рисунок 2 – Залежність питомої енергоємності  $q$  (кВт·год/м<sup>3</sup>) ротаційного пластинчатого вакуумного насоса від величини встановленого робочого вакууму  $P$  (кПа) і частоти обертання ротора  $n$  (об./хв.)

З рис. 2 видно, що для кожного рівня встановленого робочого вакууму при мінімальній питомій енергоємності ротаційного пластинчатого вакуумного насоса відповідає своя частота обертання ротора. Відповідно до цього можна зробити висновок про доцільність використання автоматизованої системи сервоконтролю частоти обертання ротора вакуумного насоса, схема якої представлено на рис. 3.

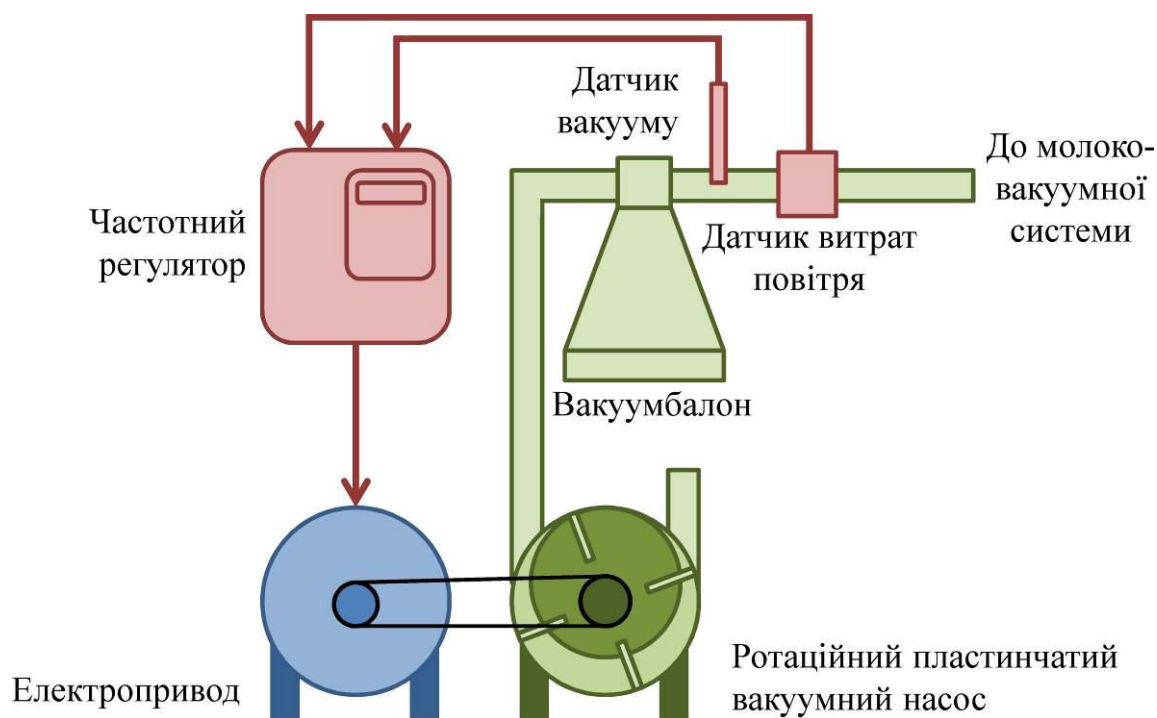


Рисунок 3 – Автоматична система сервоконтролю ротаційного пластинчатого вакуумного насоса

**Висновки.** 1. В результаті аналізу існуючих конструкцій вакуумних насосів доїльних установок встановлено, що ротаційний пластинчатий вакуумний насос в порівнянні з іншими має високий механічний ККД, низьку енергоємність, простоту конструкції і обслуговування, швидкохідність, можливість безпосереднього з'єднання з двигуном, що вказує на найбільшу доцільність використання його в якості силового агрегату.

2. Обґрунтовано доцільність використання автоматизованої системи сервоконтролю ротаційного пластинчатого вакуумного насоса, яка дозволяє знизити його питому енергоємність при збереженні необхідного рівня вакууму і ефективного резерву.

## Список літератури

1. ISO 3918. Milking machine installations – Vocabulary. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 42 p.

2. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.

3. ISO 6690. Milking machine installations – Mechanical tests. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 46 p.

4. Алієв Е.Б. Техніко-економічне обґрунтування застосування методики прогнозування ресурсу молочно-доїльного обладнання / Е.Б. Алієв // Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки – Вінниця, 2012. – Вип. 10, т. 2. – С. 36-39.

5. Алієв Е.Б. Результати експериментальних досліджень вакуумної системи молочно-доїльного обладнання / Е.Б. Алієв // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т. 2. – С. 108-115.

6. Шевченко І.А. Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок / І.А. Шевченко, Е.Б. Алієв / За редакцією доктора технічних наук, професора, член-кореспондента НААН України, І.А. Шевченка – Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд, 2013 – 156 с. – ISBN 978-966-2602-41-VIII.

7. Алферов А.И. Обеспечение эффективности и работоспособности водокольцевых вакуумных насосов в агрегатах индивидуального доения / А.С. Гринченко, А.И. Алферов // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Збірник наукових праць / Укр. НДІ прогнозування техніки і технологій для с.-г. виробництва ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2005. – Вип. 8 (22), кн. 2. – С. 56-60.

8. Алферов А.И. Определение остаточных деформаций крыльчатки водокольцевого вакуумного насоса с применением компьютерных технологий / А.С. Гринченко, А.И. Алферов // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка: Механізація сільськогосподарського виробництва. – Харків, 2006. – Вип. 44, том 2.- С.269-273.

9. Алферов А.И. Исследование процесса повреждаемости крыльчатки водокольцевого вакуумного насоса доильного агрегата / А.И. Алферов // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка: Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. – Харків, 2007. - Вип.51. - С. 246-252.

10. Алферов А.И. Ресурсные испытания и оценка долговечности крыльчатки вакуумного насоса доильного агрегата / А.С. Гринченко, А.И. Алферов // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: 2007. - Вип.61. - С.81-86.

11. Алферов А.И. Ускоренные испытания водокольцевых вакуумных насосов агрегатов индивидуального доения / А.И. Алферов // Международный форум молодежи «Молодежь и сельскохозяйственная техника в XXI веке». Сборник материалов форума. – Харьков: ХНТУСХ, 2005. – С. 65.

12. Wycliffe H. Rotary pumps and mechanical boosters – as used on today's high vacuum systems / H. Wycliffe // Vacuum. – № 37. – 1987. – P. 603-607.

13. Audi M. Ion pumps / M. Audi, M. de Simon // Vacuum. – № 37. – 1987. – P. 639-636.

14. Kubina E. Decreasing energetic demands of vacuum pumps being used in machine milking with utilization of a frequency convertor / E. Kubina, Š. Kováč // RES. AGR. ENG. – 2002. – № 48. – P. 103-111.

15. Павленко С.І. Оптимізація конструктивно-режимних параметрів ротаційного вакуумного насосу індивідуальної доїльної установки / С.І.

Павленко, В.Ю. Дудін, Е.Б. Алієв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2011. – Вип. 1(7). – С. 133-144. –ISSN 2075-1591.

16. Дудін В.Ю. Експериментальні дослідження фаз розподілу повітря ротаційного пластинчатого вакуумного насоса / В.Ю. Дудін, В.І. Плотницький, Е.Б. Алієв // Materiały IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania są nauką i technikami - 2013». – Rolnictwo : Przemysł. – Nauka i studia, 2013. – Volume 32. – P. 24–27. – ISBN 978-966-8736-05-6.

## **Аннотация**

### **Снижения энергозатрат ротационных вакуумных насосов доильных установок**

Линник Ю.А., Павленко С.И.

*Проведен анализ энергозатрат ротационных вакуумных насосов доильных установок и определены пути их снижения. Обоснована целесообразность использования автоматизированной системы сервоконтроля ротационного пластинчатого вакуумного насоса, которая позволяет снизить его удельную энергоемкость при сохранении необходимого уровня вакуума и эффективного резерва.*

## **Abstract**

### **Reducing energy consumption rotary vane vacuum pumps milking machines**

Y. Linnik, S. Pavlenko

*The analysis of energy consumption rotary vacuum pump milking machines and identified ways to reduce them. The expediency of using the automated system servo control rotary vane vacuum pump, which reduces its energy density while maintaining the required vacuum level and effective provision.*