

УДК 637.116

Дудін В., канд. техн. наук (Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет)

## Вакуумний агрегат доїльних установок промислового типу

*Розроблено експериментальну вакуумну установку, укомплектовану ротаційним пластинчастим вакуумним насосом, який не потребує змащення. Запропоновані рішення дозволили зменшити енергоємність та експлуатаційні витрати.*

**Ключові слова:** вакуумна установка, насос, пластина, змащення, енергоємність.

**Суть проблеми.** Для забезпечення роботи доїльних установок промислового типу, які одночасно обслуговують від 10 корів, переважно застосовуються вакуумні установки, оснащені насосами двох типів: пластинчастими ротаційними та водокільцевими. До переваг перших слід віднести простоту конструкції, меншу матеріалоемність. Що стосується недоліків, то це, в першу чергу, наявність поверхонь тертя, які потребують змащення. При цьому є небезпека викиду мастила в атмосферу, що погіршує ще й екологічність насоса. Крім того, вони мають досить високу питому енергоємність, що, вочевидь, пояснюється втратами повітря через перетікання та витратами енергії на подолання тертя. У той же час водокільцеві насоси не мають поверхонь тертя, але складніші за конструкцією, більш матеріалоемні та потребують постійного контролю якості води та окремих пристроїв для її введення.

Недоліки ротаційних пластинчастих насосів обу-

мовлюються, зокрема, недосконалістю конструкції, обмеженнями, які накладаються використанням традиційних матеріалів. Так використання нових полімерних композиційних матеріалів, як конструкційних для виготовлення пластин насоса, дозволить не лише уникнути необхідності змащення робочих поверхонь, а й зняти обмеження на допустиму швидкість руху пластини по поверхні статора.

**Мета роботи.** Підвищення ефективності вакуумної установки за рахунок удосконалення конструктивно-технологічної схеми та оптимізації параметрів ротаційного вакуумного насоса. Для досягнення поставленої мети слід розв'язати такі проблеми:

- знайти можливість усунення змащення поверхонь тертя насоса;
- обґрунтувати геометричні параметри насоса.

**Основна частина.** Необхідність змащення поверхонь тертя ротаційного вакуумного насоса обумовлюється матеріалами пари тертя: текстоліт (пластина)

– чавун (статор). Під час роботи без змащення в парі спостерігається досить високий коефіцієнт тертя та підвищений знос текстоліту, а висока температура, яка виникає в зоні контакту, призводить до незворотної деструкції пластин. При цьому продукти термодеструкції мають високу твердість, що призводить до катастрофічного зносу внутрішньої поверхні статора. Деякі зарубіжні виробники вирішують цю проблему шляхом використання пластин на основі графітових матеріалів, що значно зменшує коефіцієнт тертя в парі під час сухого тертя та дає змогу відмовитись від змащення. Однак використання таких матеріалів обмежено через дві причини: досить високий знос графітових пластин та їх низька стійкість до динамічних навантажень, яка призводить до механічного руйнування під час перехідних режимів роботи насоса (пуск, зупинка). Тому наробіток таких пластин досить низький, що потребує їх частої заміни. Крім того, застосування графітових пластин передбачає високі вимоги до якості виконання поверхні статора, а це призводить до збільшення вартості його виготовлення.

У цьому розрізі альтернативою графітовим матеріалам можуть виступити вуглепластики – полімерні композиційні матеріали, армовані вуглецевим волокном. На сьогодні багато сучасних полімерних композиційних матеріалів спеціального призначення стали доступними для використання в різних галузях машинобудування. Враховуючи те, що робочі температури насосів, які працюють зі змащенням сягають 80-90° С, доцільно обирати матеріал, який має високі характеристики теплостійкості. До таких матеріалів можна віднести антифрикційні полімерні композиції на основі фторопласту 4 та ароматичного поліаміду фенілон С-2 [1]. Перші, поряд з високими трибологічними характеристиками, відрізняються низькою міцністю та не можуть працювати в умовах нерівномірних навантажень. Що стосується останнього, то маючи унікальні фізико-механічні властивості, він є досить дорогим. Крім того, композиції на основі фенілону мають дуже складну технологію приготування та переробки, тому малопридатні до масового або серійного виробництва. Найближчим за характеристиками є вуглепластик на основі фенол-формальдегідної смоли ЛБС-1, армованої вуглецевим волокном. Недоліком цього матеріалу є досить високий коефіцієнт тертя в роботі без змащення – до 0,35. Тому до використання в досліджуваному насосі запропоновано новий матеріал, до складу якого додатково входить термічнорозщеплений графіт [2]. З коефіцієнтом тертя близьким до графітових матеріалів, він має значно вищу міцність та зносостійкість.

Наступний крок – обґрунтування геометричних параметрів насоса. Їх, за впливом на продуктивність, можна розділити на дві групи: безпосереднього впливу (розмір прямо впливає на продуктивність) та опосередкованого (вплив форми та розміщення окремих елементів). До перших слід віднести діаметри статора та ротора, ексцентриситет та довжину пластини.

З чотирма пластинами і кутової швидкості обертання ротора  $\omega$  теоретична продуктивність насоса складе:

$$Q = 0,5e \cdot (D + e) \cdot L \cdot \omega, \quad (1)$$

де  $D$  – діаметр статора, м.

$L$  – довжина пластини, м.

$e$  – ексцентриситет, м

$\omega$  – кутова швидкість, рад<sup>-1</sup>.

На підставі практичних даних [3] рекомендується приймати такі конструктивні співвідношення для вакуумних насосів:

ексцентриситет

$$e = 0,07D, \quad (2)$$

відношення довжини пластини  $L$  до діаметра статора  $D$

$$\frac{L}{D} = 0,6 \dots 2,0 \quad (3)$$

Привівши всі перераховані параметри до діаметра

статора та враховуючи, що  $\omega = \frac{\pi n}{30}$ , було отримано таку залежність:

$$Q = 0,5 \cdot 0,07D \cdot (D + 0,07D) \cdot (0,6 \dots 2,0) D \cdot \frac{\pi n}{30} \quad (4)$$

Підставивши у вираз (4) значення діаметра статора у межах від 0,15 до 0,3 м та прийнявши частоту обертання рівну 1000 хв<sup>-1</sup>, отримуємо таку графічну залежність (рис. 1).

Аналізуючи отримані дані, можна сказати, що збільшення довжини пластини не так значно впливає на продуктивність насоса, як збільшення діаметра. При збільшенні  $D$  від 0,15 до 0,3 м дозволяє збільшити продуктивність більше ніж у 4 рази, в той час як за максимального відношення  $L/D$  вона збільшується лише у 2,5 рази.

Звичайно отримані теоретичні показники продуктивності будуть відрізнятися від дійсних. Але треба враховувати те, що в реальних умовах зі збільшенням колової швидкості руху пластин зменшуються перетікання повітря між робочими камерами насоса, а, отже, підвищується його об'ємний ККД. Тому за однакової теоретичної продуктивності, насос який матиме більший діаметр, матиме й вищу дійсну продуктивність. Так за геометричними параметрами, насос РВН 40/350А буде знаходитися у точці А (рис. 1), при цьому відповідні до нього за теоретичною продуктивністю геометричні параметри будуть лежати на відрізку АВ.

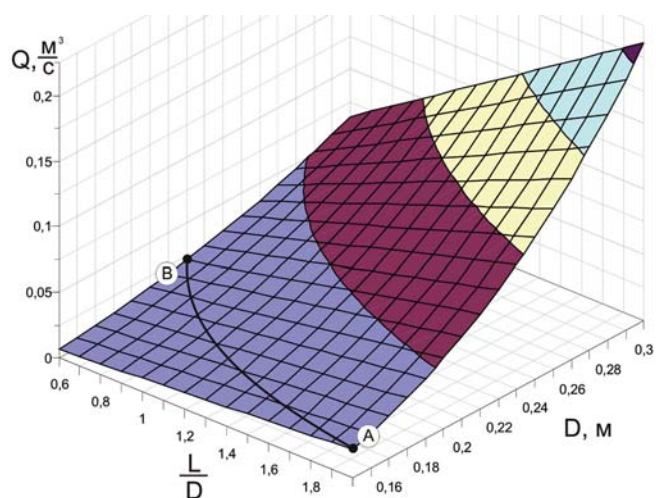


Рис. 1 – Залежність теоретичної продуктивності насоса від відношення довжини пластини до діаметра статора за  $n=1000$  хв<sup>-1</sup>

Технічні характеристики та питомі показники наявних вакуумних установок та експериментальної

Показник	Експериментальна установка	УВУ60/45А	УВУ-Ф-120/90
Продуктивність, л/хв ( $\text{м}^3/\text{год}$ )	1200 (72)	1000 (60)	2000 (120)
Система мащення	СЗ	М	М
Потужність, кВт	3,0	4,0	7,5
Питомі витрати енергії:			
за хвилину, кВт/л	0,0025	0,004	0,0038
за годину, кВт/м <sup>3</sup>	0,042	0,067	0,0625
Річні витрати на технічне обслуговування за 6 годин роботи			
праці, люд/год	-	76	76
мастила, кг	-	13,10	21,5
Гарантійний наробіток насоса до заміни пластин, годин	3000	1000	1000



Рис. 2 – Загальний вигляд експериментальної вакуумної установки: 1 – пульт керування; 2 – вакуум-насос; 3 – електродвигун; 4 – вакуумметр; 5 – вакуум-регулятор; 6 – глушник; 7 – вакуум-балон; 8 – рама

Таким чином насос із геометричними параметрами, які відповідають точці В, буде мати аналогічну продуктивність. При цьому, відповідно до відомих залежностей, теоретична потужність на привід насоса має безпосередньо залежність від геометричних розмірів і буде однаковою на всьому відрізку АВ.

Виходячи з вищесказаного до реалізації було прийнято насос із такими геометричними параметрами: діаметр статора  $D=0,21$  м, довжина пластини  $L=0,21 \times 0,6=0,126$  м, ексцентриситет  $e=0,07 \times 0,21=0,0147$  м.

Конструкцію ротаційного вакуумного насоса відповідно до отриманих результатів було реалізовано ТОВ «Агромех-Плюс», м. Дніпропетровськ у складі універсального вакуумного агрегата, призначеного для

використання в доїльних установках (рис. 2).

Результати випробувань установки дають змогу стверджувати, що за меншої споживаної потужності було отримано вищі показники продуктивності (табл. 1).

Крім того, завдяки використанню пластин із нового матеріалу повністю виключено витрати на змащення та покращено екологічні показники насоса. Що стосується надійності, то, спираючись на отримані раніше дані [4], прогнозований наробіток насоса до заміни пластин складе біля 3000 годин.

**Висновок.** Проведені дослідження дозволяють стверджувати, що використання вуглепластика, як конструкційного матеріалу для виготовлення пластин, дозволяє виключити необхідність змащення поверхонь тертя насоса. При цьому збільшення діаметра статора насоса приводить до збільшення швидкості руху пластин, що дозволяє знизити внутрішні перетікання. Експериментальна вакуумна установка, оснащена розробленим насосом, порівняно з наявними аналогами, має меншу енергоємність та експлуатаційні витрати.

#### Список літератури

1. Буря А.И. Свойства углепластиков и опыт их применения в машиностроении / А.И. Буря, А.Д. Деркач, В.Ю. Дудин // Международный технический журнал «Мир техники и технологий». – № 12. – 2002. – С. 30-31.
2. Пат. 47930 А Україна, МПК (2006) С08L 61/00. Полімерна композиція / О.І. Буря, В.Ю. Дудін, О.Д. Деркач, Ю.П. Фесенко, В.М. Прокоп'єв; заявник і патентовласник О.І. Буря, Ю.П. Фесенко, В.М. Прокоп'єв. – № 2001 117715; заявл. 15.07.2002; опубл. 15.07.2002, Бюл. №7, 2002 р.
3. Мжельский Н.И. Вакуумные насосы для доильных установок / Н.И. Мжельский – М.: Машиностроение, 1974. – 151 с.
4. Дудін В.Ю. Підвищення надійності ротаційного пластинчатого вакуумного насоса індивідуальних доїльних установок / В.Ю. Дудін // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки – Вінниця, 2014. – випуск 1 (84) – С. 93-97.

**Анотація.** Розроблена експериментальна вакуумна установка, укомплектована ротаційним пластинчастим вакуумним насосом, який не потребує смазки. Предложенные решения позволили уменьшить энергоёмкость и эксплуатационные затраты.

**Summary.** Conducted to develop an experimental vacuum unit, equipped with rotary vane vacuum pump which requires no lubrication. The proposed solution has allowed to reduce energy consumption and operating costs.

Стаття надійшла до редакції 27 листопада 2015 р.