

Видається з 1996 року  
Засновник і видавець  
Сумський національний  
аграрний університет  
Реєстраційне свідоцтво  
КВ № 8217 від 16.12.2003 р.

*Редакційна рада*

**Ладика В.І.**, доктор  
сільськогосподарських наук,  
професор, академік НААНУ,  
головний редактор;  
**Маслак О.М.**, кандидат  
економічних наук, доцент,  
заступник головного редактора;  
**Данько Ю.І.**, кандидат  
економічних наук, доцент,  
відповідальний редактор;  
**Фотіна Т.І.**, доктор  
ветеринарних наук, професор,  
**Подгасцький А. А.**, доктор  
сільськогосподарських наук,  
професор;  
**Соколов М.О.**, доктор  
економічних наук, професор;  
**Тарельник В.Б.**, доктор  
технічних наук, професор.

*Редакційна колегія серії*

**Тарельник В.Б.**, доктор технічних  
наук, професор, редактор (СНАУ);  
**Шелудченко В.В.**, кандидат  
технічних наук, доцент, заступник  
редактора (СНАУ).  
**Антошевський Б.**, доктор  
технічних наук, професор,  
Келецький технічний університет  
(Польща);  
**Кундера Ч.**, доктор технічних наук,  
професор, Келецький технічний  
університет (Польща);  
**Саарела Йоко**, доктор технічних  
наук, професор, Гельсінський  
університет навколишнього  
середовища (Фінляндія);  
**Гецович Є.М.**, доктор технічних  
наук, професор (СНАУ);  
**Подригало М.А.**, доктор технічних  
наук, професор (ХНАДУ);  
**Павлюченко А.М.**, доктор  
технічних наук, професор (СНАУ);  
**Кузема О.С.**, доктор фіз.-мат. наук,  
професор (СНАУ);  
**Ревенко І.І.**, доктор технічних наук,  
професор (НУБІП України);  
**Топілін Г.Є.**, доктор технічних  
наук, професор (Одеський ДАУ).

Серія «Механізація та

Міністерство освіти і науки України

# ВІСНИК

## СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ  
Виходить 12 разів на рік.

СЕРІЯ «Механізація та автоматизація виробничих процесів»  
ВИПУСК 10/3 (31), 2016.

### ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС, ДИНАМІКА, МІЦНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ МАШИН

<b>Черниш О. М.</b> Аналіз надійності відповідальних елементів сільськогосподарських машин в умовах перевантаження.....	3
<b>Мітков В.Б., Кувачов В.П.</b> Методика визначення оцінки рівня екологічної безпеки сільськогосподарських агрегатів .....	6
<b>Коноплянченко Е. В., Колодненко В. Н., Герасименко В. А., Яременко В. П.</b> Обеспечение качества ремонта и модернизации сложных машин применением формализованной методики поиска ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий .....	10
<b>Лебедь В. Т.</b> Совершенствование процесса демонтажа крупногабаритных составных изделий при их реинжиниринге.....	16
<b>Афтанділянц Є. Г.</b> Підвищення абразивної зносостійкості та ресурсу роботи деталей сільськогосподарських машин .....	22
<b>Горик О. В., Брикун О. М., Черняк Р. Є.</b> Вибір економічно оптимальної швидкості атаки при дробеструменевому очищенні металевих поверхонь .....	27
<b>Вірченко С. Г.</b> До питання автоматизованого динамічного формування об'єктів машинобудування.....	31
<b>Тарельник В. Б., Волошко Т. П., Волошин І. Е.</b> Повышение усталостной прочности деталей прессовых соединений.....	35
<b>Горовий М. В.</b> Ефективність відцентрового очищення моторних масел.....	40
<b>Горовий С. О.</b> Конструктивно-проектувальний розрахунок суміжних опорно – ущільнювальних вузлів відцентрового насоса з самовпорядкованим ротором .....	44
<b>Яременко В. В.</b> Підвищення технічної готовності комбайнів на основі діагностування гідравлічних приводів .....	48
<b>Думанчук М. Ю., Волошин І. Е.</b> Рентгеноструктурный анализ поверхностных слоев при контактом и безконтактном электроэрозионном легировании .....	52
<b>Саржанов О. А., Саржанов Б. О.</b> Аналіз методів ремонту відповідальних деталей центрифуг для стічних вод.....	58
<b>Алієв Е. Б., Гаврильченко О. С.</b> Дослідження спрацьованості лопаток пластинчасто-роторного вакуумного насоса від тривалості його експлуатації.....	63
<b>Журавель Д. П.</b> Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів.....	66
<b>Верещака І. В.</b> Надійність композитних та металокомпозитних газових балонів для автотранспортних засобів і сільгосптехніки.....	72
<b>Гапонова О. П., Охріменко В. О.</b> Структура і властивості боридних покриттів легованих міддю та хромом на іструментальних сталях.....	78
<b>АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ЕНЕРГЕТИКА В АПК</b>	
<b>Тимошенко Г. А., Рясна О. В., Стриж В. О., Приходько М. С.</b> Тихохідний генератор для вітроустановки .....	83
<b>Семірненко Ю. І., Семірненко С. Л.</b> Використання відходів очистки товарного соняшника у якості палива.....	86
<b>Василенко О. О., Геліх А. О.</b> Пожежна безпека автотранспортних засобів, сільськогосподарських машин та техніки, що використовують паливо, яке є біологічним аналогом нафтовому .....	90
<b>Лисенко В. М., Сіренко В. Ф.</b> Шляхи обґрунтування способів енергозбереження в сільськогосподарському виробництві на основі методик теорії нечітких множин .....	96
<b>Семірненко С. Л., Семірненко Ю. І.</b> Використання в енергетичних цілях соломки озимої пшениці .....	101
<b>Шийко О. М.</b> Розрахунок аеродинамічного опору тертя і теплообміну при наявності в пристінному прикордонному шарі ламінарно-турбулентного	

автоматизація виробничих процесів» наукового журналу «Вісник Сумського національного аграрного університету» належить до фахових видань (наказ Міністерства освіти і науки України від 29.12.2014 р. № 1528)	переходу.....	105
	<b>Рожкова Л. Г., Савченко-Перерва М. Ю.</b> Сравнительный анализ применения тепловых насосов и ветроустановок в системах отопления.....	112
	<b>Болтянська Н. І.</b> Показники оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в тваринництві .....	118
	<b>Яковлев В. Ф.</b> Обгрунтування параметрів блоку фільтрації пристрою визначення якісних ознак біологічних структур фіксованої геометричної форми....	121
	<b>ІТ ТА ІННОВАЦІЇ АГРАРНОЇ НАУКИ</b>	
	<b>Куценко А., Жук С.</b> Про частотний розрахунок періодично структурованої балки в задачах віброзахисту.....	125
	<b>Семененко М. В.</b> До питання збереження довкілля та ресурсів в розвитку сучасної сільськогосподарської землеробської техніки.....	128
	<b>Бондарев С. Г.</b> Повнопривідні інтегровані трансмісії транспортних засобів.....	131
	<b>Кузема О. С., Кузема П. О.</b> Призмий магнітний мас-аналізатор з електричним фокусуванням іонів за напрямком .....	137
	<b>Павлюченко А. М., Шелудченко В. В.</b> Новий спосіб енергозбереження в сушінні та грануляції мінеральних добрив.....	140
	<b>Пилипака С. Ф., Кременець Т. С., Захарова Т. М.</b> Узагальнене натуральне та параметричне рівняння класу спіралей, до яких входять відомі криві.....	145
	<b>Пришляк В. М.</b> Обгрунтування напрямків наукових досліджень підвищення якісних показників сівби біоенергетичних культур на схилі землях малої крутизни .....	148
	<b>Савченко Л. А.</b> Розробка транспортно-виробничого процесу перевезення продукції деревообробної промисловості.....	153
	<b>Колодій О. С., Кюрчев С. В., Мельник К. Л.</b> Дослідження руху насіння в аспіраційному каналі пневмогравітаційного сепаратора методами числових експериментів .....	156
	<b>Ярошенко П. М.</b> Математична модель гідрооб'ємного рудового керування енергонасиченого трактора в складі машинного агрегату.....	160
	<b>Туренко А. И., Коробко А. И., Подригало М. А.</b> Влияние коэффициента постоянного распределения тормозных сил на устойчивость автомобиля при служебных торможениях.....	165
	<b>Виговський С. М., Роговський І. Л.</b> Інженерні заходи забезпечення охорони праці при експлуатації мез на зерноскладах підприємств АПК.....	168
	<b>Ловеїкін В. С., Човнюк Ю. В., Ляшко А. П.</b> Аналіз і оптимізація параметрів нестационарних коливань та хвилеутворень у дискретно-континуальних механічних системах.....	174
	<b>Ловеїкін В. С., Човнюк Ю. В., Кадикало І. О., Діктерук М. Г.</b> Використання розв'язків «кембріджських задач» про рух ланцюгів (А. Келі та Г. Бука) у аналізі коливань канатів вантажопідійомних кранів при підйомі вантажу «з підхватом» .....	181
	<b>Теслюк В. В., Григорюк І. П., Теслюк В. В., Барановський В. М., Шведик М. С.</b> Актуальність розробки модельної біотехнології одержання та застосування грибних глюканів для захисту рослин проти хвороб.....	188
	<b>Кутузова И. А., Ковязин А. С., Голуб Г. А.</b> Теоретическое определение потерь давления при движении газа через слой шаров.....	190
	<b>Пилипака С. Ф., Клендій М. Б.</b> Рух частинки по поверхні циліндра, всі точки якого описують кола в горизонтальних площинах .....	195
	<i>Автори випуску</i> .....	202
СЕРІЇ наукового журналу «Вісник Сумського національного аграрного університету»		
ЕКОНОМІКА ТА МЕНЕДЖМЕНТ		
ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА		
БУДІВНИЦТВО		
ТВАРИННИЦТВО		
МЕХАНІЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ		
ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ		
АГРОНОМІЯ І БІОЛОГІЯ		
Всі серії наукового журналу «Вісник Сумського національного аграрного університету» індексуються в Міжнародній наукометричній базі РІНЦ		
Друкується згідно з рішенням вченої ради Сумського національного аграрного університету (Протокол № 3 від 10.10.16 р.)		
Адреса видавця та виготовлювача: 40021, м. Суми, вул. Г. Кондратьєва, 160 Телефон: (0542) 78-74-22, 62-78-45 E-mail: vestnik.snau@mail.ru Тираж 300 пр. Зам. №8		
Відповідальність за точність наведених фактів, цитат та ін. лягає на авторів опублікованих матеріалів. Передрук матеріалів журналу тільки з дозволу редакції. Друкується в авторській редакції		
© Сумський національний аграрний університет, 2016		

## ДОСЛІДЖЕННЯ СПРАЦЬОВАНОСТІ ЛОПАТОК ПЛАСТИНЧАСТО-РОТОРНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ВІД ТРИВАЛОСТІ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

**Е. Б. Алієв**, к.т.н., завідувач відділу техніко-технологічного забезпечення насінництва, Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України, м. Запоріжжя  
**О. С. Гаврильченко**, к.т.н., завідувач кафедри механізації виробничих процесів у тваринництві, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

*В результаті проведених досліджень були отримані теоретичні залежності, що дозволяють визначити спрацьованість лопаток пластинчасто-роторних вакуумних насосів і теоретичний час їх наробітку. Встановлено, що теоретичний час спрацьованості текстолітових лопаток вакуумного насоса УВУ-60/45 складає 2000-2500 год.*

**Ключові слова:** спрацювання, вакуумний насос, наробіток, технічний стан.

**Постановка проблеми.** Нормальний експлуатаційний режим вакуумної системи залежить від вакуумного насоса. Від його роботи і технічного стану залежатиме робота усіх вузлів і агрегатів, що входять до складу молочно-доїльного обладнання. Основними параметрами, що характеризують стан вакуумного насоса, є його продуктивність і вакуумметричний тиск, що максимально розвивається на всмоктуванні.

**Аналіз результатів останніх досліджень.** Параметри молочно-доїльного обладнання пов'язані між собою, і зміна одного призводить до зміни іншого. При падінні продуктивності насоса більш ніж на 20 % від паспортної, відбуваються значні за величиною і тривалістю коливання тиску (до 10-18 кПа замість регламентованих 2 кПа [1]), що призводить до гальмування рефлексу молоковіддачі, втрати продуктивності і жирності молока.

Однією з умов зниження збитків від відмов молочно-доїльного обладнання є вчасне технічне обслуговування вакуумних насосів [2, 3, 4]. Їх раптові відмови викликають зупинку процесу доїння корів. Провівши аналіз роботи вакуумної системи молочно-доїльного обладнання, можна зробити висновок про те, що її працездатність залежить від надійності кожного елемента системи. При цьому основним елементом у вакуумній системі є вакуумний насос. Розглядаючи конструктивні причини, видно, що на продуктивність пластинчасто-роторного вакуумного насоса впливає надмірний знос поверхонь – найбільший вплив робить торцевий знос лопаток насоса, що сполучаються з його кришками. Відхилення конструктивних параметрів (ширина, товщина і форма верхньої кромки) лопаток викликає втрату їх стійкості в процесі роботи вакуумного насоса. Знання граничного зносу пластин дозволяє планувати раціональну періодичність їх заміни.

**Мета досліджень.** Провести дослідження спрацьованості лопаток пластинчасто-роторного вакуумного насоса від тривалості його експлуатації.

**Основна частина.** Величина робочого вакууму молочно-доїльного обладнання залежить від статичного вакуумметричного тиску і його

коливань  $P = P_{ст} - \Delta P$ . Для визначення залежності коливань робочого вакууму від продуктивності вакуумної системи скористаємося формулою перепаду тисків Дарсі-Вейсбаха [5]

$$\Delta P = \left( \frac{\beta \cdot l}{D_{ВП}} \right) \cdot \frac{\rho \cdot V_{ВП}^2}{2}, \quad (1)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт тертя повітря;

$l$  – довжина вакуумпроводу, м;

$D_{ВП}$  – діаметр вакуумпроводу, м;

$\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$V_{ВП}$  – швидкість потоку, м/с;

$\Delta P$  – перепад тисків, Па.

Далі використовуємо формулу визначення витрат повітря

$$Q = \frac{V_{ВП} \pi D_{ВП}^2}{4}. \quad (2)$$

Виразимо швидкість потоку з формули (2) і підставимо у формулу (1), проведемо математичні обчислення і отримаємо

$$\Delta P = \frac{8Q^2 \beta \cdot l \cdot \rho}{\pi^2 D_{ВП}^5}. \quad (3)$$

Фактична продуктивність насоса визначається за формулою

$$Q = K(n_{об}) \cdot n_{об} \cdot V_{ц}, \quad (4)$$

де  $n_{об}$  – частота обертання ротора, с<sup>-1</sup>;

$K(n_{об})$  – коефіцієнт заповнення камери, що залежить від конструкції насоса і частоти його обертання (за даними Мжельского Н.І. він може коливатися в досить широких межах  $K = 0,3-0,9$ );

$V_{ц}$  – робочий об'єм насоса, м<sup>3</sup>

$$V_{ц} = L \left( \frac{1}{4} (D^2 - d^2) - \phi \cdot Z \cdot e \right), \quad (5)$$

де  $L$  – довжина лопаток, м;

$D$  – діаметр статора, м;

$d$  – діаметр ротора, м;

$\varphi$  – товщина лопаток, м;  
 $Z$  – число лопаток;  
 $e$  – ексцентриситет, м

$$e = \frac{1}{2}(D-d). \quad (6)$$

Враховуючи (6) і (5), приведемо вираз (4) до наступного вигляду

$$Q = \frac{K(n_{об}) \cdot n_{об} \cdot L}{4} (D-d)(D+d-2\varphi Z). \quad (7)$$

Наступним етапом було дослідження залежності фактичної продуктивності насоса від часу його експлуатації  $t$  з урахуванням зносу лопаток. Як показують експериментальні дослідження [6], на продуктивність насоса впливають внутрішні перетікання повітря, які виникають в основному крізь торцеві щілини. Тому в процесі зносу лопаток внаслідок їх тертя об кришку насоса розмір торцевої щілини збільшується, тим самим зменшуючи об'ємну продуктивність насоса (рисунок 1).

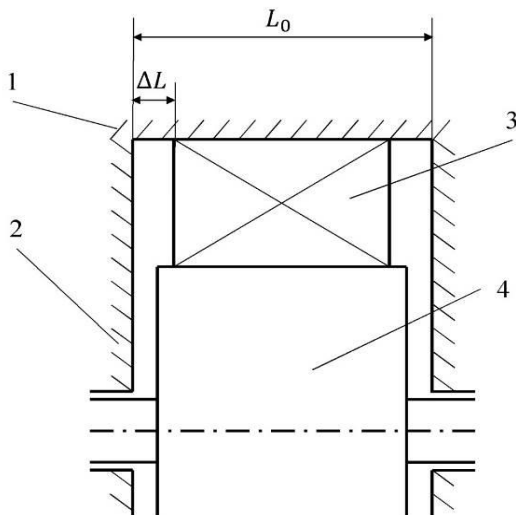


Рисунок 1 – Поздовжній переріз пластинчато-роторного вакуумного насоса: 1 – статор; 2 – бокова кришка; 3 – лопатка; 4 – ротор

Представимо довжину лопаток як функцію напруцювання

$$L = L(t) = L_0 - 2\Delta L(t), \quad (8)$$

$$P = P_{ст} - \frac{\beta \cdot l \cdot \rho}{2\pi^2 D_{ВП}^5} \left[ K \cdot n_{об} \cdot \left( L_0 - 2 \frac{C_\gamma \cdot \vartheta \cdot F \cdot t}{\varphi \cdot b} \right) (D-d)(D+d-2\varphi Z) \right]^2. \quad (10)$$

Згідно з конструкцією молочно-доїльного обладнання та конструктивними параметрами ротаційного вакуумного насоса УВУ-60/45 з текстолітовими лопатками ( $P_{ст} = 52 \text{ кПа}$ ,  $L_0 = 0,032 - 0,04 \text{ м}$ ,  $d = 0,088 - 0,092 \text{ м}$ ,  $D = 0,105 - 0,112 \text{ м}$ ,  $Z = 4$ ,  $\varphi = 0,005 - 0,007 \text{ м}$ ,  $n = 1500 \text{ об/хв}$ ,  $K = 0,3 - 0,9$ ,  $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ ,

де  $L_0$  – початкова довжина лопаток, м;

$\Delta L(t)$  – функція зносу лопаток, м.

Розглянемо криву зносу пари лопатка-кришка насоса [7] (рисунок 2).

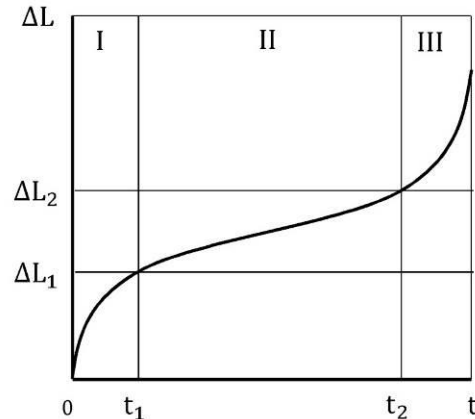


Рисунок 2 – Крива зносу пари лопатка-кришка насоса

На кривій зносу можна виділити три ділянки, що відповідають трьом стадіям зносу: I – приробіток поверхонь пари лопатка-кришка насоса; II – лінійний знос, що спостерігається при нормальній експлуатації насоса; III – стадія катастрофічного зносу.

Оскільки при нормальній роботі вакуумного насоса спостерігається лінійний знос пари лопатка-кришка насоса, то функція зносу лопаток має вигляд

$$\Delta L(t) = \frac{C_\gamma \cdot \vartheta \cdot F \cdot t}{\varphi \cdot b}, \quad (9)$$

де  $C_\gamma$  – характеристика зносостійкості матеріалів трибосистеми,  $\text{Па}^{-1}$ ;

$\vartheta$  – швидкість лінійного зносу, м/с;

$F$  – сила між парю лопатка-кришка насоса, Н;

$b$  – ширина лопатки, м;

$t$  – тривалість експлуатації, с.

Знайдемо величину робочого тиску вакуумної системи молочно-доїльного обладнання, звівши вирази (4) і (7) – (9) у єдине рівняння

$\beta = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ,  $l = 12 - 14 \text{ м}$ ,  $D_{ВП} = 0,025 \text{ м}$ ), отримуємо графік залежності робочого тиску вакуумної системи від тривалості експлуатації (рисунок 3).

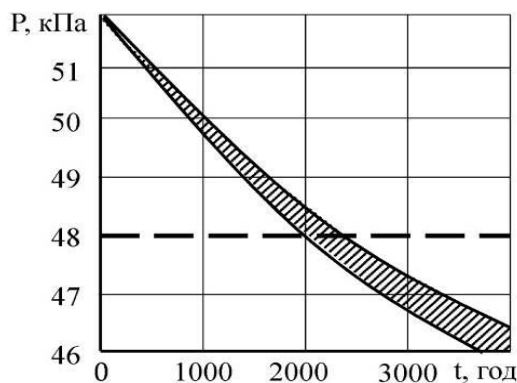


Рисунок 3 – Залежність величини робочого тиску вакуумної системи від тривалості експлуатації лопаток пластинчасто-роторного вакуумного насоса

**Висновки.** В результаті проведених до-

сліджень були отримані теоретичні залежності, що дозволяють визначити спрацьованість лопаток пластинчасто-роторних вакуумних насосів і теоретичний час їх наробітку. Встановлено, що теоретичний час спрацьованості текстолітових лопаток вакуумного насоса УВУ-60/45 складає 2000-2500 год.

#### **Список використаної літератури:**

1. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.
2. 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.
3. Алієв Ельчин Бахтияр огли. Підвищення ефективності експлуатації вакуумної системи молочного-доїльного обладнання: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Алієв Ельчин Бахтияр огли. – Запоріжжя, 2012. – 177 с.
4. Колончук М. В. Эффективность ротационных вакуумных установок с профилированными рабочими элементами / М. В. Колончук // Агропанорама. – Минск, 2009. – № 4. – С. 4-10.
5. Schiroslawski W. Zur Anwendung von Instandhaltungsvorschriften in Anlagen der industriemassigen Tierproduktion / W. Schiroslawski // Agrartechnik, 1976. – № 26, 2. – P.71-74.
6. Механические вакуумные насосы / Е. С. Фролов, И. В. Автономова, В.И. Васильев и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.
7. Гаркунов Д. Н. Триботехника. Износ и безизносность / Д. Н. Гаркунов. – М.: МСХА, 2001. – 616с.

#### **Алієв Э.Б., Гаврильченко А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ЛОПАТОК ПЛАСТИНЧАТО-РОТОРНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*В результате проведенных исследований были получены теоретические зависимости, позволяющие определить износ лопаток пластинчато-роторного вакуумного насоса и теоретическое время их наработки. Установлено, что теоретическое время износа текстолитовых лопаток вакуумного насоса УСУ-60/45 составляет 2000-2500 ч.*

**Ключевые слова:** износ, вакуумный насос, наработка, техническое состояние.

#### **Aliev E., Gavrilchenko A. WEAR STUDY BLADES ROTARY VANE VACUUM PUMP ON THE DURATION OF ITS OPERATION**

*The studies were obtained theoretical dependences for determining the wear blades rotary vane vacuum pump and the theoretical time of their achievements. It was found that the theoretical time wear textolite blade vacuum pump MLD-60/45 is 2000-2500 hours.*

**Keywords:** wear, vacuum pump, operating time, technical condition.

Стаття надійшла в редакцію: 27.09.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Тарельник В.Б.