

Технологічний університет Поділля

На правах рукопису

ЛУК'ЯНЮК МИКОЛА ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 621.891

**РОЗРОБКА МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТА
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО
ДОСЛІДЖЕННЯ ТОРЦЕВИХ
УЩІЛЬНЕНЬ**

Спеціальність 05.02.04 - Тертя та зношування в машинах

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Хмельницький 1995

027.891
Дисертацією є рукопис
університеті Поділля

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК

715
Робота виконана в Технологічному

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



доктор 00761589 (-)

Doctoringenieur habilitierter,

професор СЕМЕНЮК

Микола Федорович

ОФІЦІЙНІ ОПОНЕНТИ - Заслужений діяч науки і

техніки України,

доктор технічних наук,

професор БИКОВ

Валентин Іванович;

- кандидат технічних наук,

доцент СІДЛЕЦЬКИЙ

Ігор Олександрович.

ПРОВІДНЕ ПІДПРИЄМСТВО - агрегатний завод, Міністерство

машинобудування, військово-

промислового комплексу та

конверсії України, м.Красилів

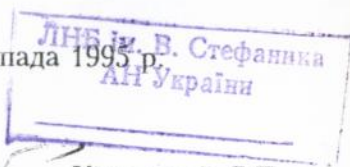
Захист відбудеться 22 грудня 1995 р. в 12⁰⁰ годин на
засіданні спеціалізованої вченої ради Д 29.01.01 в
Технологічному університеті Поділля за адресою 280016,
м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11, 3-й учбовий корпус,
зал засідань.

З дисертацією можна ознайомитися в науковій
бібліотеці Технологічного університету Поділля (вул.
Кам'янецька, 110/1).

Автореферат розіслано 20 листопада 1995 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Кіницький Я.Т.



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність і ступінь дослідженості тематики

Розвиток галузей машинобудування, пов'язаних з новими технологічними процесами, застосування вакуумних технологій, обладнання, що працює в режимах високих та надвисоких тисків, висувають особливо жорсткі вимоги до ущільнюючих з'єднань. На базі цього виник та сформувався новий напрямок в теорії тертя та зношування - герметологія, яка має вирішувати з використанням найновіших технологій, матеріалів і методів розрахунку питання забезпечення надійності герметизуючих вузлів.

Деталі, що застосовуються в ущільнюючих вузлах рухомих і нерухомих з'єднань, працюють як в пружному, так і в пластичному режимах, обумовлених у кожному окремому випадку конкретними умовами експлуатації. Тому важливо задавати деталям і вузлам необхідні властивості вже на стадії проектування, використовуючи для цього сучасні методи розрахунку, вибираючи при цьому оптимальні види та режими обробки для забезпечення необхідних властивостей.

Великий вплив на герметичність має характер шорсткості та її кількісні характеристики. Тому процес розрахунку герметизуючих вузлів завжди базується на значеннях контактних параметрів, що визначаються шорсткістю, тобто фактичної площі контакту, номінального та фактичного напруження, величини зазору.

Традиційні методи розрахунку, що базуються на методі опорних кривих, не забезпечують достатньої точності. Це пов'язано з тим, що профілограма не дає точного уявлення про стан шорсткої поверхні, оскільки вона проходить переважно по схилах мікронерівностей, до того ж дуже низька вірогідність врахування в процесі зняття профілограми максимальних виступів та западин. Метод досить громіздкий і вимагає використання нестандартних параметрів шорсткості.

В зв'язку з цим набуває особливої актуальності питання про використання для розрахунку герметичності нових методик. Найбільш прогресивним в цьому відношенні є метод, який базується на використанні моделі стохастичного поля для розрахунку характеристик шорсткості.

Мета роботи та основні завдання наукового дослідження

- вивчення умов роботи деталей герметизуючих вузлів і розробка інженерної методики розрахунку торцевих ущільнень з використанням моделі стохастичного поля для опису шорсткості поверхні.

Теоретична та практична цінність дослідження та його наукова новизна:

1. Запропонована інженерна методика розрахунку герметичності торцевих ущільнень, які працюють в умовах пружного та пластичного контактування. Методика базується на використанні моделі стохастичного поля. При цьому були отримані формули контактних характеристик, що являють собою комплекси:

- номінального напруження;
- фактичної площі контакту;
- фактичного напруження в зоні контакту;
- питомого об'єму зазору.

2. Виконано розрахунок на ЕОМ параметрів контактних характеристик для реальних поверхонь. Наведені таблиці і методика користування ними для виконання розрахунків на герметичність.

3. Встановлена функціональна залежність між параметрами контакту. Отримані достатньо точні формули, які значно спрощують розрахунок в порівнянні з табличним методом.

4. Розроблена конструкція та виготовлена установка комплексного дослідження контактних параметрів та герметичності торцевих ущільнень.

Рівень реалізації, впровадження наукових розробок

Методи розрахунку контактних параметрів, а також величини натікання через ущільнення доведені до інженерних методик і можуть бути використані при розрахунках вакуумної техніки та обладнання, які працюють в режимах високих тисків. Результати роботи впроваджені на Красилівському агрегатному заводі.

Апробація

Основні положення роботи і її окремі результати доповідались і обговорювались на міжреспубліканській науково-технічній конференції "Якість та надійність вузлів тертя", Хмельницький, 23-25 вересня 1992; міжнародній науково-технічній конференції "Вдосконалення

устаткування легкої промисловості та складної побутової техніки”, Хмельницький, жовтень 1993; III науково-технічній конференції “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва”, Хмельницький, червень 1995; засіданнях наукових семінарів кафедр основ конструювання машин, машин та апаратів легкої промисловості Технологічного університету Поділля; науково-технічних конференціях викладачів Технологічного університету Поділля в 1992-95 рр.

Структура та обсяг роботи

Дисертація складається з вступу, шести розділів, висновків, списку літератури та додатку.

Робота викладена на 145 сторінках машинописного тексту, включає 25 рисунків, 51 таблицю, 137 бібліографічних джерел.

Декларація конкретного особистого внеску дисертанта у розробку наукових результатів, що виносяться на захист

Дисертація містить лише ті наукові результати, які отримані дисертантом особисто.

Характеристика методології, методу дослідження об'єкта

Об'єктом дослідження є торцеві ущільнюючі вузли та їх деталі.

При проведенні досліджень використовувались методи математичного моделювання, теорії пружності та пластичності, обчислювальної математики, методи вимірювання фізико-механічних характеристик матеріалів, величини тиску, часу натікання, запису та аналізу параметрів шорсткості. Розроблена конструкція установки

для комплексного дослідження контактних явищ і герметичності торцевих ущільнень в широкому діапазоні зміни параметрів і режимів роботи. Проведені експериментальні дослідження, результати яких порівнюються з результатами розрахунків за методиками, одержаними дисертантом, та з результатами розрахунків за існуючими методиками.

ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ містить обґрунтування актуальності теми та коротку анотацію змісту дисертації.

В розділі 1 проаналізовано існуючі методи розрахунку герметичності торцевих ущільнень, показано, що традиційні методики, які базуються на методі опорних кривих, мають ряд недоліків: громіздкість розрахунків, низька точність внаслідок недосконалості методу профілографування шорстких поверхонь (профілограма проходить по схилах мікронерівностей і не завжди враховує максимальні виступи та западини), необхідність використання в розрахунках нестандартних параметрів шорсткості.

В розділі 2 проаналізовано існуючі конструкції експериментальних установок і методики проведення експериментів.

Аналіз конструкцій експериментальних установок дослідження герметичності дозволяє виділити наступні типи конструкцій:

- для дослідження герметичності рухомих та нерухомих з'єднань;
- для дослідження торцевих та циліндричних ущільнень;
- з використанням мастил та без них;
- для газових та рідинних середовищ;
- з манометричними, дифманометричними та барометричними контрольними-вимірювальними приборами;
- нагнітання та вакуумування;
- прості, напівавтоматичні та автоматичні.

Наведені переваги та недоліки розглянутих конструкцій; поставлене завдання на проектування експериментальної установки, яка б дозволяла максимально врахувати діапазон зміни контактних параметрів, які підлягають контролю, з врахуванням недоліків попередніх конструкцій.

Розділ 3 присвячений розробці методу розрахунку герметичності.

В основу математичної моделі плинущу газу (рис. 1) покладене рівняння осесиметричної фільтрації (1):

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{d p^2}{d r} \right) = 0, \quad (1)$$

де r - радіус, який змінюється від r_1 до r_2 ; p - тиск газу, що відповідає радіусу r .

Після рішення даного рівняння при граничних умовах:

$$p = p_1, \text{ якщо } r = r_1;$$

$$p = p_2, \text{ якщо } r = r_2,$$

розподілення тиску газу в зазорі має вигляд:

$$p_2 = p_1^2 + \frac{9}{\ln(r_2/r_1)} \cdot \ln(r/r_1) \cdot (p_2^2 - p_1^2) \quad (2)$$

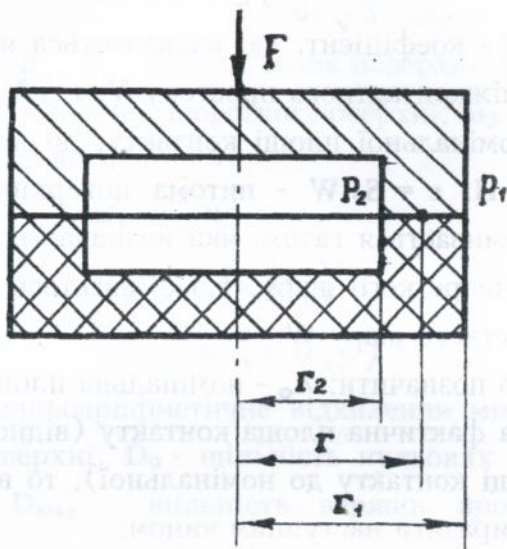


Рис. 1. Схема контактування

На основі закону Дарсі швидкість плинину газу через ущільнення

$$v = - \frac{K_n}{\eta_n} \cdot \frac{dp^2}{dr} \quad (3)$$

де K_n - коефіцієнт проникності; η_n - динамічна в'язкість газу.

Сумарний потік газу через ущільнення за одиницю часу можна виразити формулою:

$$Q = H \int_0^{2\pi} r \cdot v \cdot dQ = \frac{2\pi \cdot K_n \cdot H}{\eta_n} \cdot \frac{p_2^2 - p_1^2}{\ln(r_2/r_1)} \quad (4)$$

де H - висота пористого шару.

Коефіцієнт проникності K_n можна визначити залежністю:

$$K_n = \frac{e^3}{5 c^2}, \quad (5)$$

де $e = V/H$ - коефіцієнт, що визначається як відношення об'єму міжконтактного простору V , який припадає на одиницю номінальної площі контакту, до висоти пористого шару H ; $c = S/W$ - питома поверхня шорсткого шару, що омивається газом, яка визначається відношенням площі шорсткого шару, що омивається газом S , до об'єму шорсткого шару W .

Якщо позначити: A_0 - номінальна площа контакту; η - відносна фактична площа контакту (відношення фактичної площі контакту до номінальної), то величини S і W можна виразити наступним чином:

$$S = 2 A_0 (1 - \eta), \quad (6)$$

$$W = A_0 \cdot H. \quad (7)$$

З врахуванням (5)...(7) формула (4) набуває вигляду:

$$Q = \frac{\pi \cdot V^3}{10 \eta_b (1 - \eta)^2} \cdot \frac{p_2^2 - p_1^2}{\ln(r_2/r_1)}. \quad (8)$$

Подальші дослідження були направлені на встановлення залежності об'єму міжконтактного простору V і відносної фактичної площі контакту η від параметрів шорсткості контактуючих поверхонь, їх фізико-механічних властивостей і навантаження в зоні контакту. Для цього був використаний метод опису шорсткості, в основі якого лежить теорія стохастичних процесів. Шорсткість описується такими формулами:

- щільність виступів вершин (кількість вершин на одиницю площі):

$$D = \int_{-\infty}^{\infty} p(\varepsilon_1^*) d\varepsilon_1^* = \frac{1}{6\pi\sqrt{3}} \cdot \frac{m_4}{m_2}, \quad (9)$$

де $\varepsilon_1^* = m_0^{\frac{1}{2}} \cdot \varepsilon_1$; ε_1 - висоти точок поверхні, відміряні від середньої площини шорсткої поверхні; m_0 , m_2 , m_4 - спектральні моменти:

$$m_0 = \frac{\pi}{2} R_a^2; \quad (10)$$

$$m_2 = m_0 (\pi \cdot D_0)^2; \quad (11)$$

$$m_4 = 4m_2 (\pi \cdot D_{\max})^2, \quad (12)$$

тут R_a - середньоарифметичне відхилення мікропрофіля шорсткої поверхні; D_0 - щільність нульових точок профілограми; D_{\max} - щільність вершин профілограми; $p(\varepsilon_1^*)$ - щільність ймовірності висот вершин:

$$p(\varepsilon_1^*) = \frac{P(\varepsilon_1^*)}{D} = \frac{\sqrt{3}}{2\pi} \left\{ \frac{3\sqrt{2\pi}}{2\alpha} (\varepsilon_1^{*2} - 1) \cdot \exp\left(-\frac{\varepsilon_1^{*2}}{2}\right) \cdot (1 + \operatorname{erf} \beta) + \frac{\sqrt{3(2\alpha-3)}}{\alpha} \times \right. \\ \left. \times \varepsilon_1^{*2} \cdot \exp(-C_1 \cdot \varepsilon_1^{*2}) + \sqrt{\frac{2\pi \cdot \alpha}{3(\alpha-1)}} \cdot \exp\left[-\frac{\alpha}{2(\alpha-1)} \varepsilon_1^{*2}\right] (1 + \operatorname{erf} \gamma) \right\}, \quad (13)$$

де α - параметр широкополосності:

$$\alpha = 4 \left(\frac{D_{\max}}{D_0} \right)^2; \quad (14)$$

C_1 , C_2 , β , γ - функції від параметра α .

Параметр α змінюється від 1,5 до $+\infty$. Для реальних поверхонь можна прийняти $2 \leq \alpha \leq 20$.

Спочатку досліджувався випадок пружного контактування поверхонь. Розглянуто контакт шорсткої поверхні з жорсткою гладкою. Модель шорсткої поверх-

ні прийнята в вигляді сферичних сегментів радіуса r , з розподілом виступів по висоті за виразом (13).

Якщо ввести в розгляд безрозмірну величину h (рівень деформації)

$$h = m_0^{-1/2} \cdot d, \quad (15)$$

де d - відстань між середньою площиною шорсткої поверхні і плоскою поверхнею, то площу одиничного контакту A_i і зусилля на контакті N_i висотою ε_i^* , при заданому h можна розрахувати за формулами:

$$A_i = \pi \left(\frac{\pi}{2} \right)^{1/2} R \alpha \cdot r (\varepsilon_i^* - h), \quad (16)$$

$$N_i = \frac{4}{3} \left(\frac{\pi}{2} \right)^{3/4} E' \cdot R \alpha^{3/2} \cdot r^{1/2} (\varepsilon_i^* - h), \quad (17)$$

де E' - приведений модуль Юнга:

$$\frac{1}{E'} = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2}, \quad (18)$$

тут E_1, E_2, μ_1, μ_2 - модулі Юнга і коефіцієнти Пуассона контактуючих матеріалів.

Виходячи із щільності вершин мікронерівностей D і щільності ймовірностей висот вершин $p(\varepsilon_i^*)$ отримано формулу для щільності плям контакту

$$\delta = D \int_h^{\infty} p(\varepsilon_i^*) d\varepsilon_i^*. \quad (19)$$

Для середніх значень площі одиничного контакту та зусилля на одиничному контакті, з врахуванням (16), (17) отримано:

$$A_i = \frac{D}{\delta} \pi \left(\frac{\pi}{2} \right)^{1/2} R \alpha \cdot r \int_h^{\infty} (\varepsilon_i^* - h) p(\varepsilon_i^*) d\varepsilon_i^*, \quad (20)$$

$$\overline{N}_i = \frac{4}{3} \left(\frac{\pi}{2} \right)^{\frac{3}{4}} E' \cdot R\alpha^{3/2} \cdot r^{1/2} \cdot \frac{D}{\delta} \int_h^{\infty} (\varepsilon_1^* - h)^{3/2} p(\varepsilon_1^*) d\varepsilon_1^*. \quad (21)$$

Позначивши

$$F(n; h; \alpha) = \int_h^{\infty} (\varepsilon_1^* - h)^n p(\varepsilon_1^*) d\varepsilon_1^*, \quad (22)$$

матимемо

$$\overline{A}_i = \pi \left(\frac{\pi}{2} \right)^{\frac{1}{2}} R\alpha \cdot r \frac{D}{\delta} F(1; h; \alpha), \quad (23)$$

$$\overline{N}_i = \frac{4}{3} \left(\frac{\pi}{2} \right)^{\frac{3}{4}} E' \cdot R\alpha^{3/2} \cdot r^{1/2} \cdot \frac{D}{\delta} F(1,5; h; \alpha), \quad (24)$$

$$\delta = D \cdot F(0; h; \alpha). \quad (25)$$

Із співвідношень (23), (24) отримано наступні формули:

- відносна фактична площа контакту

$$\eta = \overline{A}_i \cdot \delta = \pi \left(\frac{\pi}{2} \right)^{\frac{1}{2}} R\alpha \cdot r \cdot D \cdot F(1; h; \alpha); \quad (26)$$

- номінальне напруження в контакті

$$\sigma_n = \overline{N}_i \cdot \delta = \frac{4}{3} E' \cdot D \left(\frac{\pi}{2} \right)^{\frac{3}{4}} R\alpha^{3/2} \cdot r^{1/2} \cdot F(1,5; h; \alpha); \quad (27)$$

- фактичне напруження в зоні контакту

$$\sigma_r = \frac{4}{3\pi} \left(\frac{\pi}{2} \right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{R\alpha}{r} \right)^{\frac{1}{2}} E' \frac{F(1,5; h; \alpha)}{F(1; h; \alpha)}. \quad (28)$$

Формула для обчислення питомого об'єму зазору, як відомо, має вигляд:

$$\begin{aligned}
 V_s(h) &= \sqrt{\frac{\pi}{2}} \mathbf{Ra} \int_{-\infty}^n \left[1 - \overline{A}_m(\xi_i^*) \right] d\xi_i^* = \\
 &= \frac{1}{2} \mathbf{Ra} \cdot \exp\left(-\frac{h^2}{2}\right) + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \mathbf{Ra} \cdot h \left[1 + \operatorname{erf}\left(\frac{h}{\sqrt{2}}\right) \right].
 \end{aligned} \tag{29}$$

Щільність вершин виступів D і радіус вершин виступів r можна визначити з відомих співвідношень:

$$D = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}} D_{\max}^2, \tag{30}$$

$$r = \frac{0,0308}{\mathbf{Ra} \cdot D_0 \cdot D_{\max}}, \tag{31}$$

де D_0 , D_{\max} - щільність нулів та піків профілограми.

Вирази (26)...(29) зводяться до вигляду, зручного для програмування:

$$\frac{\sigma_n}{E' \cdot D_{\max}^2 \cdot \mathbf{Ra} (\mathbf{Ra} \cdot r)^{1/2}} = \frac{8\pi}{9\sqrt{3}} \left(\frac{\pi}{2}\right)^{3/4} F(1,5; h; \alpha); \tag{32}$$

$$\frac{\eta}{E' \cdot D_{\max}^2 \cdot \mathbf{Ra}} = \frac{\pi^2}{3} \left(\frac{2\pi}{3}\right)^{1/2} F(1; h; \alpha); \tag{33}$$

$$\frac{\sigma_r}{E'} \left(\frac{r}{\mathbf{Ra}}\right)^{1/2} = \frac{4}{3\pi} \left(\frac{\pi}{2}\right)^{1/4} \frac{F(1,5; h; \alpha)}{F(1; h; \alpha)}; \tag{34}$$

$$\frac{V}{\mathbf{Ra}} = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{h^2}{2}\right) + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot h \left[1 + \operatorname{erf}\left(\frac{h}{\sqrt{2}}\right) \right]. \tag{35}$$

В лівих частинах виразів (32)...(35) отримано безрозмірні комплекси:

- номінального напруження (вираз (32));
- фактичної площі контакту (вираз (33));
- фактичного напруження в зоні контакту (вираз (34));
- питомого об'єму зазору (вираз (35)).

Особливістю правих частин виразів (32)...(35) є те, що вони залежать лише від двох безрозмірних параметрів (h і α), що дає можливість перейти до наступної схеми розрахунків:

- позначимо праві частини виразів (32)...(35) як $S_1 \dots S_4$;

- змінюючи α від 1,5 до 20, з кроком $\Delta\alpha=0,5$ обчислюємо комплекси S_1, S_2, S_3, S_4 , змінюючи для кожного значення α параметр h від 0 до 3, з кроком $\Delta h=0,2$. Розрахунок виконано на ЕОМ, на алгоритмічній мові PASCAL, результати зведені в таблиці.

В роботі наведена методика виконання розрахунків з використанням таблиць.

Користування таблицями є не зовсім зручним, оскільки вимагає виконання інтерполяції табличних значень. У зв'язку з цим було встановлено функціональну залежність між параметрами S_1, S_2, S_4 і виведено формули, які дозволяють з достатньою точністю вести розрахунок без таблиць.

Залежність $S_2(S_1)$ (рис. 2) можна апроксимувати формулою

$$\ln S_2 = a + b \cdot \ln S_1, \quad (36)$$

де $a \approx 0,6233$; $b \approx 0,9$.

Розрахункова формула для S_2 має вигляд

$$S_2 = 1,864 S_1^{0,9}. \quad (37)$$

Залежність $S_4(S_1)$ дещо складніша (рис. 3) і носить лінійний характер лише в практично важливому діапазоні навантажень (при $\ln S_1 < 0$).

Залежність може бути апроксимована формулою:

$$S_4^2 = c + d \cdot \ln S_1, \quad (38)$$

де $d \approx -2,411$; коефіцієнт c залежить від параметра α (рис. 4) і має вигляд:

$$c = 2,696 \exp(-0,0779 \alpha). \quad (39)$$

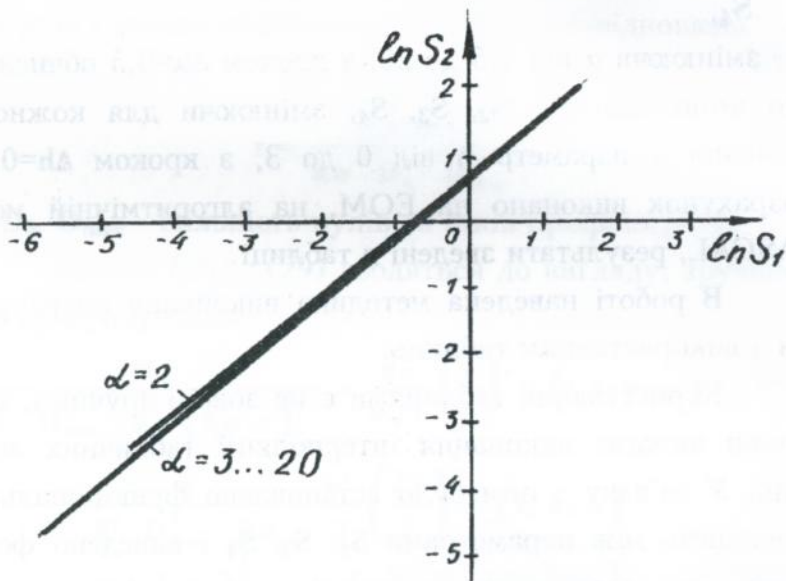


Рис. 2. Графіки залежності $\ln S_2$ ($\ln S_1$) для $2 \leq \alpha \leq 20$.

Крім випадку пружного, розглянуто також випадок пластичного контактування, для якого справедливими є співвідношення:

$$\eta = \frac{\sigma_u}{H}; \quad (40)$$

$$\eta = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{h}{\sqrt{2}} \right), \quad (41)$$

де H - твердість більш м'якого матеріалу контактуючої пари.

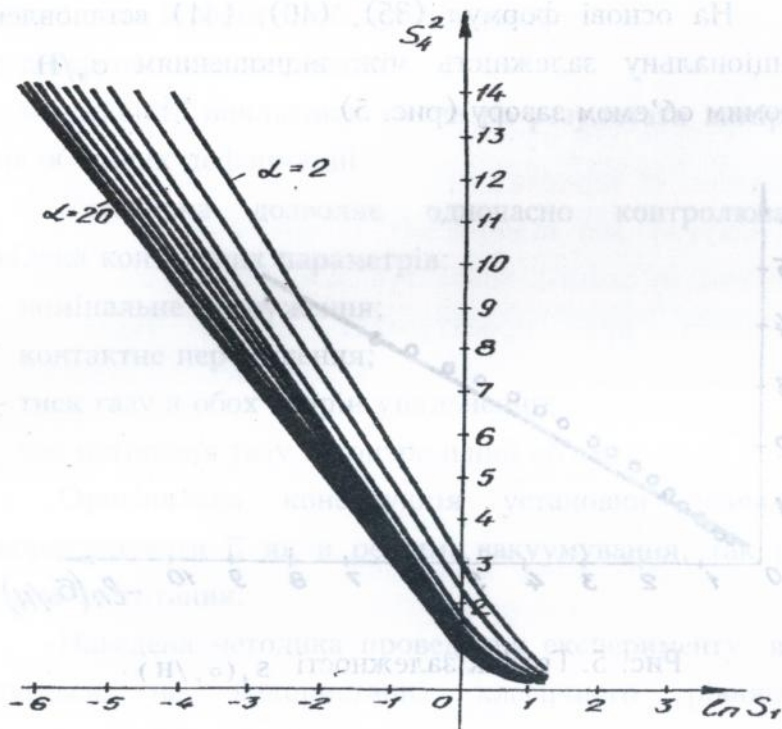


Рис. 3. Графіки залежності $s_4^2(\ln S_1)$.

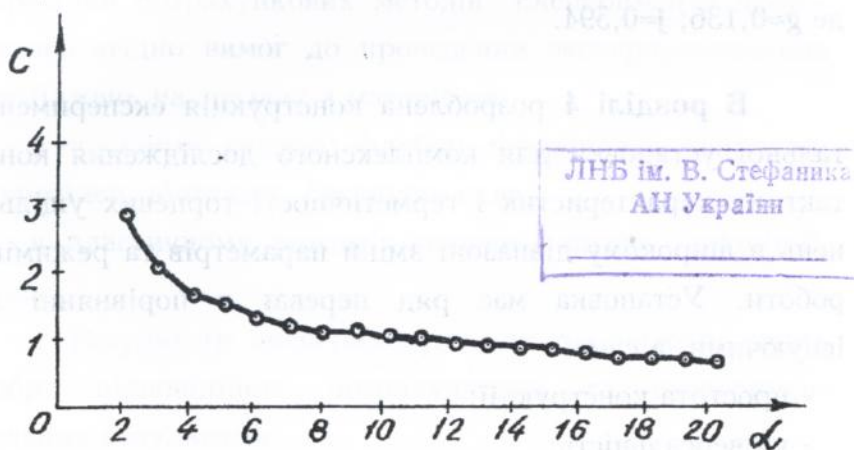


Рис. 4. Графік залежності $c(\alpha)$.

На основі формул (35), (40), (41) встановлено функціональну залежність між відношенням $\sigma_{\text{н}}/H$ та питомим об'ємом зазору (рис. 5).

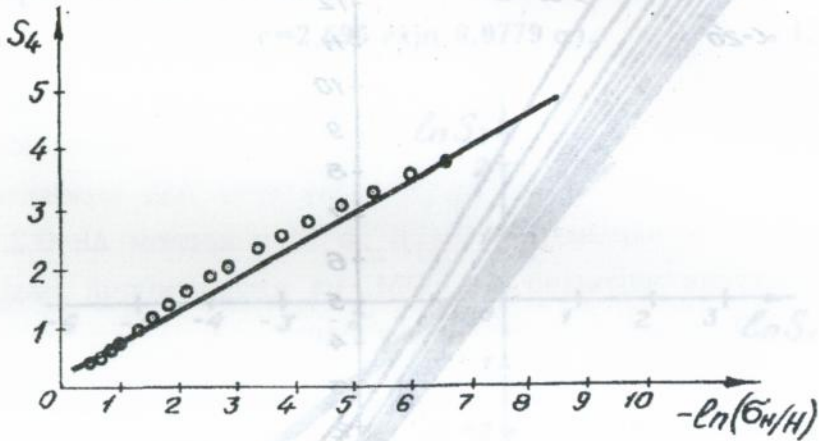


Рис. 5. Графік залежності $s_4(\sigma_{\text{н}}/H)$.

Після апроксимації отримано формулу

$$S_4 = g - j \cdot \ln(\sigma_{\text{н}}/H), \quad (42)$$

де $g \approx 0,136$; $j \approx 0,594$.

В розділі 4 розроблена конструкція експериментальної установки для комплексного дослідження контактних характеристик і герметичності торцевих ущільнень в широкому діапазоні зміни параметрів та режимів роботи. Установка має ряд переваг в порівнянні з існуючими, а саме:

- простота конструкції;
- універсальність;

- простота в роботі і обслуговуванні;
- достатньо висока точність;
- можливість виключити вплив на результати вимірювань об'ємних деформацій.

Установка дозволяє одночасно контролювати декілька контактних параметрів:

- номінальне напруження;
- контактне переміщення;
- тиск газу з обох сторін ущільнення;
- час натікання газу в контрольний об'єм.

Оригінальна конструкція установки дозволяє використовувати її як в режимі вакуумування, так і в режимі нагнітання.

Наведена методика проведення експерименту, яка базується на використанні класичного рівняння Менделєєва-Клапейрона.

В розділі 5 наведені результати експериментальної перевірки розрахункових методів. Експерименти проводились згідно вимог до проведення експериментальних досліджень на зразках з матеріалів:

- в пружному режимі: флубон, фторопласт, капролон, поліетілен, вініпласт, органічне скло;
- в пластичному режимі: свинець, латунь, алюміній, мідь.

Результати експериментальних досліджень дають добру відповідність розрахункових та експериментальних результатів.

В розділі 6 систематизовані основні результати і висновки по роботі.

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні торцевих ущільнень, які працюють в умовах вакууму або підвищених тисків, при пружному та пластичному режимі контактування. Результати використовуються при проектуванні вузлів герметизації обладнання, яке випускається Красилівським агрегатним заводом.

Викладення основних результатів дисертації та формулювання підсумкових висновків.

1. Проведений загальний аналіз стану питання, проаналізовані методи розрахунку герметичності торцевих ущільнень. Показано, що питання розрахунку герметичності вивчено недостатньо. Традиційні методики з використанням різноманітних моделей мікронерівностей і методу опорних кривих не дають бажаного результату, вони досить громіздкі, вимагають використання нестандартних параметрів шорсткості.

Поліпшення методики розрахунку повинно базуватися на ймовірносних підходах з використанням моделі стохастичного поля. На основі виконаних досліджень поставлені цілі та задачі роботи.

2. Розглянуті існуючі методики експериментальної перевірки герметичності ущільнень, зроблений аналіз типів і конструкцій експериментальних установок.

3. Розроблена методика розрахунку герметичності торцевих ущільнень, які працюють в умовах пружного

та пластичного контактування, при цьому топографія шорстких поверхонь описується на основі теорії стохастичних процесів.

Інженерні методи розрахунку наведені у двох варіантах: у вигляді таблиць та на основі апроксимуючих залежностей.

4. Розроблена конструкція експериментальної установки, призначеної для комплексного дослідження контактних характеристик та герметичності торцевих ущільнень в широкому діапазоні зміни параметрів та режимів роботи. Від раніше існуючих конструкцій установка відрізняється цілим рядом переваг, які перераховані вище. Розроблена методика проведення експериментів.

5. Достовірність розроблених методів розрахунку доведена результатами експериментальних досліджень та співставленням з результатами розрахунків за існуючими методиками. На відміну від існуючих методик, в розроблених використовуються лише стандартні характеристики шорсткості.

Основні положення роботи опубліковані в 13 роботах:

1. Лукьянюк Н.В., Семенюк Н.Ф. Анализ типажа оборудования и разработка конструкции установки для исследования герметичности. - Тезисы докладов межреспубликанской научно-технической конференции "Качество и надежность узлов трения". Хмельницкий, 1992, с. 51-53.

2. Лукьянюк Н.В., Бачинская Н.К., Калда Г.С., Семенюк Н.Ф. Разработка конструкции экспериментальной установки исследования контактных деформаций металло-полимерных сопряжений. - Тезисы докладов межреспубликанской научно-технической конференции "Качество и надежность узлов трения". Хмельницкий, 1992, с. 53-54.

3. Семенюк Н.Ф., Тимощук А.Г., Лукьянюк Н.В., Калда Г.С. Установка для исследования герметичности цилиндро-поршневых уплотнений. - Тезисы докладов межреспубликанской научно-технической конференции "Качество и надежность узлов трения". Хмельницкий, 1992, с. 54-55.

4. Лукьянюк Н.В. Влияние изменения нагрузки в контактирующей паре на изменение объема межконтактного пространства. - Сборник трудов молодых ученых ХТИ. Хмельницкий, 1993, с. 136-137.

5. Лукьянюк Н.В. Расчет относительной фактической площади пластического контакта изотропных поверхностей. - Сборник трудов молодых ученых ХТИ. Хмельницкий, 1993, с. 139-140.

6. Семенюк Н.Ф., Бачинская Н.К., Лукьянюк Н.В. Механика фрикционного контакта шероховатых поверхностей. // Трение и износ. - 1993 - № 6, - с. 984-990.

7. Лукьянюк Н.В., Семенюк Н.Ф. Зависимость герметичности металло-полимерных уплотнений от нагрузки в зоне контакта. - Тезисы докладов международ-

ной научно-технической конференции "Вдосконалення обладнання легкої промисловості та складної побутової техніки". Хмельницький, 1993, с. 58.

8. Лук'янюк Н.В., Семенюк Н.Ф. Установка для исследования герметичности металло-полимерных уплотнений. - Тезисы докладов международной научно-технической конференции "Вдосконалення обладнання легкої промисловості та складної побутової техніки". Хмельницький, 1993, с. 60.

9. Лук'янюк М.В., Семенюк М.Ф. Установка для экспериментальных исследований герметичности вакуумных уплотнений в режиме пластичного контактування. - Тези доповідей науково-технічної конференції "Наукові основи сучасних прогресивних технологій" з нагоди презентації Технологічного університету Поділля. Хмельницький, 1994, с. 147.

10. Семенюк М.Ф., Лук'янюк М.В., Терлецька О.В. Методика экспериментальных исследований герметичности торцевых уплотнений. - Тези доповідей III-ї науково-технічної конференції Української технологічної академії "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва". Хмельницький, 1995, с. 231.

11. Семенюк М.Ф., Лук'янюк М.В., Терлецька О.В. Экспериментальные исследования контактных перемещений торцевых уплотнений. - Тези доповідей III-ї науково-технічної конференції Української технологічної академії "Вимірювальна та обчислювальна тех-

ніка в технологічних процесах і конверсії виробництва". Хмельницький, 1995, с. 232.

12. Лук'янюк М.В. Інженерна методика розрахунку герметичності торцевих ущільнень при пластичному контактуванні. - Тези доповідей науково-технічної конференції "Технологічний університет в системі формування освітньої та наукової діяльності Подільського регіону". Хмельницький, 1995, с. 336.

13. Лук'янюк М.В. Експериментальна перевірка залежності герметичності торцевих ущільнень від величини шорсткості контактуючої пари і величини напруженості в зоні контакту. - Тези доповідей науково-технічної конференції "Технологічний університет в системі формування освітньої та наукової діяльності Подільського регіону". Хмельницький, 1995, с. 337.

Аннотація

Лукьянюк Н.В. Разработка методов расчета и экспериментального исследования торцевых уплотнений.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.04 - трение и износ в машинах, Технологический университет Подолья, Хмельницкий, 1995.

Защищается 13 публикаций, которые содержат теоретические исследования контактных характеристик и герметичности торцевых уплотнений, а также результаты экспериментальных исследований. Разработаны методики, доведенные до инженерного уровня. Сконструирована установка и проведены исследования, которые подтвер-

дили хороше відповідність розрахункових результатів з експериментальними даними.

Abstract.

Lukyanyuck M.V. Development of methods for calculation and experimental investigation research of pave-tightenings.

The thesis is submitted for the degree of Candidate of Technical Sciences on speciality 05.02.04 - Friction and Wear in Machines, the Technological University of Podillya, Khmelnytsky, 1995.

Thirteen publications have been submitted which contain theoretical investigations of contact characteristics and tighten ability of pave-tightenings, as well as the results of experimental investigations.

Methods suitable for engineering calculations have been conducted worked out.

An experimental installation has been designed and investigations have been conducted which validated good compliance of calculation results with the experimental data.

Ключові слова: тертя, знос, фактична площа контакту, міжконтактний об'єм, пластичний контакт, пружний контакт, торцеві ущільнення, герметичність, шорсткість.



447135

AB 33.593