

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ МЕТАЛОПЛАКУЮЧИХ МАСТИЛЬНИХ ПОКРИТТІВ  
НА ГНУЧКИХ ЕЛЕМЕНТАХ ПРУЖНИХ МУФТ****Марцинковський Василь Сігізмундович**кандидат технічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0002-4324-1360  
email: mcb@triz-ltd.com**Тарельник В'ячеслав Борисович**доктор технічних наук, професор  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0003-2005-5861  
email: tarelnyk@ukr.net**Коноплянченко Євген Владиславович**кандидат технічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0003-4814-1796  
email: yevhen.konoplianchenko@snau.edu.ua**Думанчук Михайло Юрійович**старший викладач  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0003-3559-4729  
email: m\_duman@ukr.net**Рясна Ольга Василівна**старший викладач  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0001-6917-6950  
email: olgar5062017@gmail.com

Роботу присвячено розробці технологічних методів підвищення надійності та довговічності пружних муфт. Відомо, що основною причиною втрати працездатності муфти є знос гнучких елементів пакету внаслідок їх фретинг-корозії і наступного втомного руйнування. Проведено дослідження особливостей процесів фретинг-корозії гнучких елементів пружних муфт. Виконано аналіз існуючих методів зниження фретинг-корозії деталей машин, на підставі якого виявлено існуючі проблеми та запропоновано методи їх рішення. Встановлено, що найбільш ефективним механізмом фізико-хімічного впливу на поверхні гнучких елементів, з точки зору підвищення їх зносостійкості, є нанесення на них металоплакуючих мастильних матеріалів.

В результаті проведених досліджень розроблено нову технологію формування пакету гнучких елементів пружної муфти. Особливістю запропонованої технології є створення між гнучкими елементами проміжного металоплакуючого шару на основі парафіну з додаванням порошку міді і порошку дисульфиду молібдену. Приготування металоплакуючого матеріалу полягає в розплавленні парафіну, введенні необхідної кількості порошку дисульфиду молібдену та ретельному перемішуванні. Нанесення матеріалу на гнучкі елементи виконується при складанні пакету з гнучкими елементами. Дослідження ефективності впливу металоплакуючого матеріалу на знос поверхонь гнучких елементів було виконано на спеціальному стенді, що імітує реальний стан пакету гнучких елементів при роботі муфти. Встановлено, що найбільш раціональний вміст порошку міді та порошку дисульфиду молібдену в металоплакуючому матеріалі знаходиться в межах від 5 до 25 вагових відсотків.

Для механізованого способу нанесення металоплакуючих мастильних матеріалів на гнучкі елементи пружної муфти була виготовлена спеціалізована установка. Установка забезпечує приготування розчину металоплакуючого матеріалу та його нанесення шляхом занурювання гнучких елементів. Надлишки розчину видавлюються при стисканні пакету штатними кріпильними деталями.

Запропонована технологія дозволяє підвищити фретингостійкість гнучких елементів в 6,5 раз в порівнянні з необробленими.

**Ключові слова:** пружна муфта, гнучкий елемент, фретинг-корозія, сталь 12Х18Н9, парафін, мідь, дисульфід молібдену, металоплакуючий мастильний матеріал.

DOI: <https://doi.org/10.32845/msnau.2020.3.6>

### Постановка проблеми у загальному вигляді

Основні вимоги, що пред'являються до динамічного обладнання (ДО) – економічність, надійність і зручність в експлуатації і обслуговуванні (а краще: в його не обслуговуванні). Муфти різної конструкції широко застосовуються в різних областях техніки.

У сучасному насосному і компресорному машинобудуванні широко використовуються пружні муфти (ПМ) з гнучкими елементами для передачі крутного моменту від приводу на енергетичний агрегат [1]. Досвід використання в приводах ДО ПМ з гнучкими металевими елементами показує їх переваги в порівнянні з традиційними зубчастими і втулково-пальцевими муфтами: компенсація значно більшої неспіввісності з'єднаних валів, збільшення терміну служби, м'який пуск, демпфірування осьових і радіальних сил, відсутність мастила

і необхідності обслуговування в процесі експлуатації.

Найбільш частою причиною втрати працездатності ПМ є втомлюване руйнування гнучких елементів в наслідок їх фретинг-корозії (Ф-К).

На рис. 1 представлені фотографії зруйнованого пакета гнучких елементів муфти TS18-130AG 1759 (а) і поверхонь їх характерних ділянок муфти TS18-130AG1759 (б) і фірми «ТРИЗ» (в), пошкоджених Ф-К.

Умовами для виникнення Ф-К є наявність взаємних мікропереміщень мембран, стиснутих при складанні в пакет. Дані дефекти розвиваються в середині пакета і тому їх діагностування ремонтними службами ускладнено [2]. У зв'язку з цим, питання захисту деталей муфт від Ф-К є актуальними для всіх галузей промисловості, де вони застосовуються.

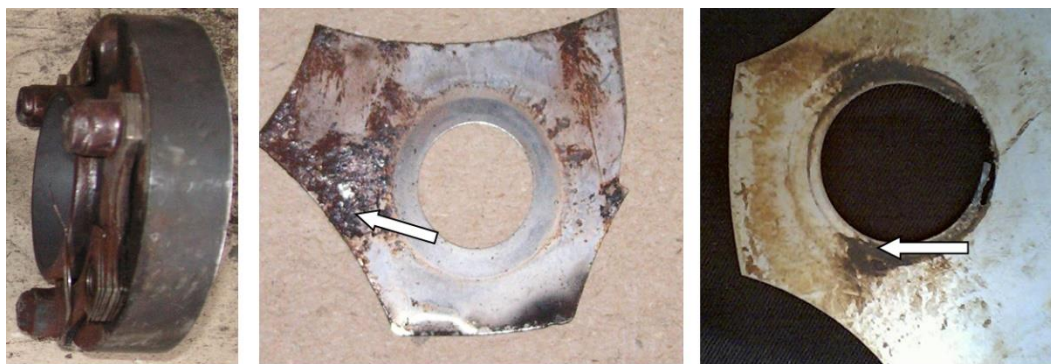


Рис. 1. Наслідки фретинг-корозії деталей муфти з гнучкими металевими елементами.

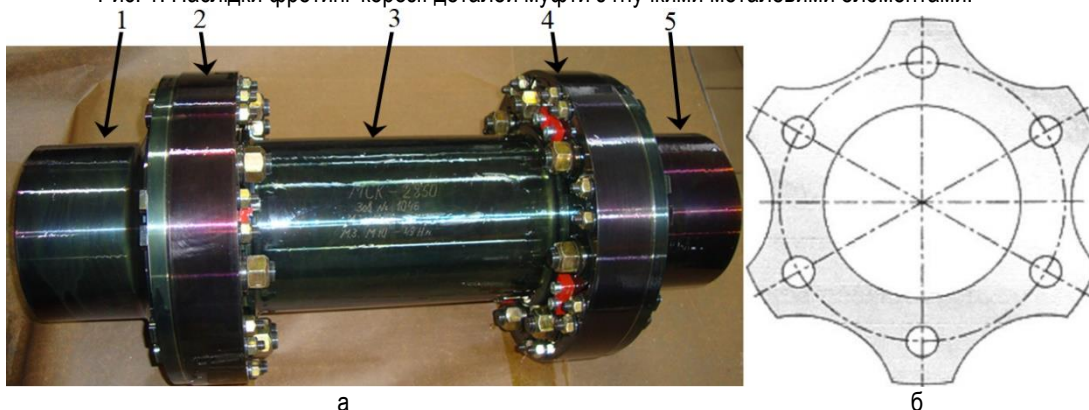


Рис. 2. Муфта (а) з пакетами гнучких елементів типу МСК -2850 (б) конструкції ТОВ "ТРИЗ".

### Аналіз основних досліджень і публікацій

Муфта з пружними металевими елементами (рис. 2) складається з двох напівмуфт (1, 5) пружних передавальних елементів (2, 4), розділених циліндричною проставкою (3). Пружні елементи виконані у вигляді пакетів кільцевих металевих мембран заводського збирання. Матеріалом для виготовлення гнучких елементів муфт служить корозійно- і жаростійка холоднокатана сталь 12Х18Н9, ГОСТ 4986-79.

Їх основними перевагами в порівнянні з традиційними зубчастими і втулково-пальцевими муфтами є значні компенсуючі можливості в плані радіальної неспіввісності і перекосів валів приводу і агрегату, незначні осьових і радіальні реактивні сили; пружні муфти безшумні в роботі, не вимагають мастила і обслуговування в процесі експлуатації.

Заміна штатних зубчастих муфт на пружні забезпечує

стабільність компенсуючих властивостей, запобігаючи осьового зміщення ротора в пускових режимах. При виході на робочий режим осьова сила, що діє на ротор компресора з боку зубчастого зачеплення штатної зубчастої муфти КВТ (компресор високого тиску) – мультиплікатор, становить ~4500 Н, а при зміні форми плями контакту може перевищує ~12000 Н, що може привести до аварії (рис. 3). Максимальна осьова сила з боку муфти з пружними елементами становить не більше ~150 Н.

В даний час ТОВ "ТРИЗ" розроблено пакет прикладних програм, який дозволяє проводити оптимізацію ПМ за критеріями міцності, віброізолюючими та компенсуючими властивостями з урахуванням динамічних особливостей конкретних роторних машин.

Блок-схема завдань, що вирішуються при проектуванні муфт з пружними елементами, наведено на рис. 4.



Рис. 3. Руйнування зубчастої муфти мультиплікатора (компресор К-104 виробництва карбаміду)..

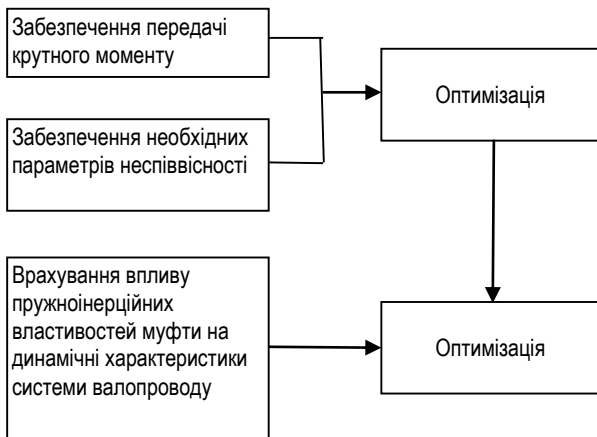


Рис. 4. Блок-схема завдань, що вирішуються при проектування пружних муфт з гнучкими елементами.

Аналіз втрат працездатності пакетів гнучких елементів ПМ показує, що, незважаючи на успішне вирішення оптимізаційних задач в області проектування ПМ, зокрема, вирішення завдань оптимізації геометричної форми, напружено-деформованого стану гнучкого елемента, міцності, мінімізації маси, а також кутової і осьової жорсткості, недоліком подібних способів є те, що гнучкі елементи муфт схильні до Ф-К, яка в найвищій мірі проявляється в місцях жорсткого зацмлення кріпильними елементами (рис. 5). Ураження Ф-К становить велику небезпеку, так як може служити джерелом втомного руйнування пружних елементів і в кінцевому підсумку виходу муфти з ладу.

Муфти з пружними металевими елементами поставляються відповідно до вимог стандарту API 671 "Муфти спеціального призначення для застосування в нафтопереробній промисловості". Прогнозований (розрахунковий) ресурс муфти становить 20 років, гарантія та зобов'язання відповідають вимогам AP 671.

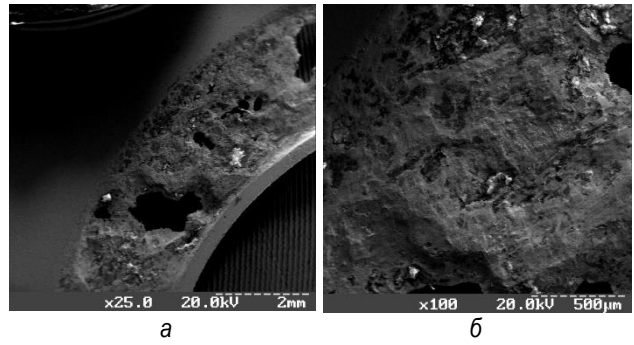


Рис. 5. Топографія поверхні гнучкого елемента пошкодженого Ф-К: а –  $\times 25$ ; б –  $\times 100$ .

Традиційним способом формування пакету гнучких елементів ПМ є спосіб, що включає виготовлення гнучких елементів і подальше їх складання в пакет з механічним кріпленням [3].

Однак недоліком їх конструкції, а значить, і способу виготовлення є схильність поверхонь гнучких елементів до Ф-К.

Відомий спосіб формування пакету гнучких елементів пружних муфт, що включає виготовлення гнучких елементів, подальше їх складання в пакет з механічним кріпленням, в якому перед складанням на поверхні гнучких елементів, що сполучаються наносять металоплакуючий мастильний матеріал (МММ), принаймні, в місцях їх механічного кріплення при формуванні пакета, а після складання пакет стискають, видаляючи надлишок металоплакуючого мастильного матеріалу [4].

При застосуванні такої технології може реалізуватися ефект беззношуваності, який проявляється в тому, що на деталях, що труться в процесі роботи вузлів тертя формується тонка, така що важко піддається окисленню захисна плівка, яка має здатність до самовідновлення. Вона складається з введених в матеріали присадок у вигляді поверхнево-активних речовин, порошкоподібних металів, їх оксидів і т.д., причому товщина плівки складає від декількох атомних шарів до 1-2 мкм. Підвищена ефективність МММ обумовлена наявністю контакту поверхонь тертя через пластично деформуєми м'який і тонкий шар металу, більшою реалізацією ефекту Рєбіндера, перенесенням частинок зносу з однієї поверхні тертя на іншу і утриманням частинок в зоні контакту електричним полем [5].

Нанесення МММ, що складається з парафіну з додаванням порошку з міді або її сплавів забезпечує, практично, повне беззношування поверхонь гнучких елементів, завдяки зашпаклюванню мікронерівностей поверхонь заготовок і збільшення площі їх фактичного контакту, а також зменшення коефіцієнта тертя, що, в кінцевому підсумку, значно знижує силу тертя, а значить, ймовірність руйнування і знос контактуючих поверхонь. Найбільш раціональним процентним вмістом металоплакуючої присадки, як для міді, так і для бронзи БНК є 5-25 вагових відсотків, так як подальше збільшення процентного вмісту присадки не впливає на якість мастила (табл. 1).

Слід зазначити, що випробування, що демонструють досягнення позитивного ефекту, пов'язаного з поліпшенням якості пакетів гнучких елементів ПМ проводилися на стенді, при амплітуді 2 мм і з кількістю циклів  $10^7$  [6]. Однак наступними дослідженнями було встановлено, що при збільшенні

амплітуди до 5 мм і кількості циклів до  $2 \times 10^7$  знос поверхонь гнучких елементів значно зростає, причому більшою мірою не в зоні кріплення, а на ділянках, віддалених від неї, де контактуючі поверхні при переміщенні проходять великі відстані відносно один одного.

Таблиця 1 - Результати вимірювання шорсткості поверхонь гнучких елементів ПМ, пошкоджених Ф-К при випробуванні на стенді з амплітудою 2 мм і кількості циклів  $10^7$

Матеріал поверхонь контакту	Ra, мкм	Rz, мкм	Rmax, мкм
сталь 12X18H9	0,76	3,3	3,8
100% парафін	0,35	1,9	2,6
95% парафін+5% мідь	0,18	1,4	1,7
75% парафін+25% мідь	0,17	1,3	1,8
50% парафін+50% мідь	0,17	1,4	1,7
95% парафін+5% БНК	0,17	1,4	1,8
75% парафін+25% БНК	0,18	1,3	1,7
50% парафін+50% БНК	0,18	1,4	1,8

При розбиранні після випробувань пакета з гнучкими елементами на поверхнях останніх було виявлено сліди зносу в результаті Ф-К (рис. 6). Продукти зносу, що з'явилися в результаті більш тривалих випробувань, перебуваючи в замкнутому просторі між поверхнями гнучких елементів, шаржують їх і сприяють появі окремих кратерів.

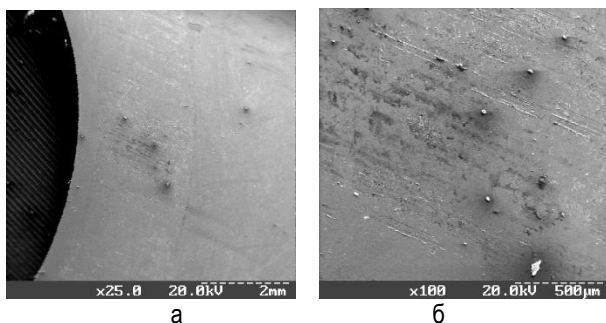


Рис. 6. Сліди Ф-К поверхонь гнучких елементів ПМ при збільшенні  $\times 25$  (а) і  $\times 100$  при амплітуді згинання 5 мм і кількості циклів  $2 \times 10^7$ .

Відома позитивна роль дисульфиду молібдену ( $\text{MoS}_2$ ), що застосовується в якості твердого мастила в загальній проблемі підвищення надійності і довговічності машин і механізмів. Так, в [7] відзначається, що за класифікацією, запропонованою Кемпбелом, дисульфід молібдену, як і графіт, слюда, тальк, нітрид бору, стеарат-цинку відноситься до групи твердих мастил, кристалічна ґратка яких має шарувату структуру. Атоми кожного шару пов'язані між собою міцними хімічними зв'язками, окремі шари пов'язані між собою слабкими молекулярними силами, що забезпечує легкість ковзання по площині спайності. Товщина одного елементарного шару  $\text{MoS}_2$  дорівнює 6,25 Å. Плівка дисульфиду молібдену товщиною 0,025 мкм складається з 40 шарів з 38 площинами ковзання між ними. Висока адгезія дисульфиду молібдену до металів обумовлена міцними молекулярними зв'язками, утвореними атомами сірки з металом; будова кристалічної ґратки забезпечує наявність важливих для мастильних матеріалів високих адгезійних властивостей.

В роботі [8] зазначається, що хороші результати дає

застосування дисульфиду молібдену як наповнювача в мастилах, що запобігають Ф-К.

Таким чином, метою роботи є створення способу, який забезпечує надійний захист гнучких елементів ПМ від Ф-К і підвищення їх довговічності в більш важких умовах, за рахунок зміни якісних параметрів їх поверхневих шарів шляхом нанесення корозійностійких мастильних матеріалів, що включають в свій склад порошок з дисульфиду молібдену.

#### Методика досліджень та обговорення результатів

Для визначення впливу покриттів з дисульфиду молібдену на Ф-К гнучких елементів ПМ проводилися додаткові дослідження.

У запропонованому способі МММ попередньо готують з парафіну з додаванням порошку міді в кількості від 5 до 25 вагових відсотків і порошку дисульфиду молібдену ( $\text{MoS}_2$ ) в кількості від 5 до 25 вагових відсотків і наносять по всій поверхні, що сполучається, кожного гнучкого елемента, принаймні, в межах 20-30 мм від місця його механічного кріплення при формуванні пакета [9].

Приготування мастильного матеріалу здійснювалося наступним чином. У розплавлений парафін при інтенсивному перемішуванні вводили порошок з міді і дисульфиду молібдену. Отриманий матеріал наносили на заготовки гнучких елементів муфти. При цьому використовували наступні серії покриттів, виконаних в співвідношеннях:

- 1-й пакет - без покриття;
- 2-й пакет - 100% парафін;
- 3-й пакет - 95% парафін + 5% мідь;
- 4-й пакет - 75% парафін + 25% мідь;
- 5-й пакет - 5% мідь + 5%  $\text{MoS}_2$  + 90% парафін;
- 6-й пакет - 5% мідь + 25%  $\text{MoS}_2$  + 70% парафін;
- 7-й пакет - 5% мідь + 50%  $\text{MoS}_2$  + 45% парафін;
- 8-й пакет - 5% мідь + 75%  $\text{MoS}_2$  + 20% парафін;
- 9-й пакет - 25% мідь + 5%  $\text{MoS}_2$  + 70% парафін;
- 10-й пакет - 25% мідь + 25%  $\text{MoS}_2$  + 50% парафін;
- 11-й пакет - 25% мідь + 50%  $\text{MoS}_2$  + 20% парафін;
- 9-й пакет - 25% мідь + 75%  $\text{MoS}_2$ .

Потім заготовки збирали в пакет. Надлишок покриття видаляли шляхом здавлювання заготовок при температурі плавлення парафіну.

Величину зносу вимірювали профілографіями-профілометрами: моделі 252 і DIAVITE DH-5 за трьома параметрами (Ra, Rz і Rmax). Вимірювання проводилися поперек напрямку прокату. База вимірювань становила 4 мм.

Вихідна шорсткість гнучких елементів муфт зі сталі 12X18H9 (ГОСТ 4986-79) становила: Ra=0,16 мкм; Rz=1,4 мкм і Rmax = 1,7 мкм.

Для випробувань набирали пакет з гнучких елементів муфти МСК-470, розрізаних навпіл. Як матеріал покриття використовували парафін, як в чистому вигляді, так і з добавками з міді і дисульфиду молібдену.

Випробування проводили на стенді (рис. 7), при амплітуді 5 мм і з кількістю циклів  $2 \times 10^7$ . В результаті було встановлено, що додавання в мастильний матеріал, що складається з парафіну і порошку міді в кількості від 5 до 25 вагових відсотків, порошку дисульфиду молібдену в кількості від 5 до 25 вагових відсотків, значно знижує знос поверхонь гнучких елементів. Результати досліджень зведено до табл. 2.



Рис. 7. Стенд для дослідження фретингостійкості: 1 – лічильник циклів; 2 – станина з підшипниковими опорами; 3 – електропривод; 4 – ексцентриковий механізм; 5 – пакет з гнучких елементів; 6 – механізм кріплення гнучких елементів.

Таблиця 2 - Результати вимірювання шорсткості поверхонь гнучких елементів ПМ, пошкоджених Ф-К при випробуванні на стенді з амплітудою 5 мм і кількості циклів  $2 \times 10^7$

№	Матеріал поверхонь контакта	Ra, мкм	Rz, мкм	Rmax, мкм
1	сталь 12X18H9	1,63	6,25	7,19
2	100% парафін	0,71	3,81	5,16
3	5% Cu + 95% парафін	0,35	2,74	3,55
4	25% Cu + 75% парафін	0,33	2,41	3,47
5	5% Cu + 5% MoS <sub>2</sub> + 90% парафін	0,29	2,54	3,18
6	5% Cu + 25% MoS <sub>2</sub> + 70% парафін	0,28	2,49	3,12
7	5% Cu + 50% MoS <sub>2</sub> + 45% парафін	0,28	2,47	3,11
8	5% Cu + 75% MoS <sub>2</sub> + 20% парафін	0,27	2,47	3,12
9	25% Cu + 5% MoS <sub>2</sub> + 70% парафін	0,27	2,15	2,95
10	25% Cu + 25% MoS <sub>2</sub> + 50% парафін	0,26	2,13	2,93
11	25% Cu + 50% MoS <sub>2</sub> + 25% парафін	0,26	2,14	2,89
12	25% Cu + 75% MoS <sub>2</sub>	0,25	2,13	2,90

Аналіз результатів табл. 2 показав, що відповідно до запропонованої технології, при використанні МММ у вигляді парафіну з добавками з міді і дисульфиду молібдену знос приблизно на 20% менше, ніж в покриттях без дисульфиду молібдену. Найбільш раціональним процентним вмістом метало-плакуючої присадки як для міді, так і для дисульфиду молібдену є 5-25 вагових проценти, оскільки подальше збільшення процентного вмісту присадки не впливає на якість змащення.

Для механізованого способу нанесення МММ на гнучкі елементи пружних муфт була виготовлена спеціалізована установка для металоплакування (рис. 8), що включає підйомне кільце 1, ємність з парафіном 2, оправку з пакетом заготовок 3, мішалку 4, теплоносію (воду) 5, ТЕН 6, електродвигун 7, підставку 8. Заготовки гнучких елементів пружних муфт занурювали в розплав мастильного матеріалу, що знаходиться в ємності установки для металоплакування.

Установка працює наступним чином. У ємності 2 за рахунок нагрівання води ТЕНами 6 розігрівається парафін до температури 80-90 °С. Після цього включають електродвигун 7 мішалки 4, а в парафін додають розраховану кількість порошку з міді і дисульфиду молібдену. На наступному етапі формують пакет шляхом насадки заготовок гнучких елементів по одній на оправку. Сформований занурений пакет заготовок стискають на оправці, в результаті чого видаляється зайвий мастильний матеріал з простору між заготовками. Потім

оправку піднімають над ємністю для охолодження до кімнатної температури. При цьому залишки мастила стікають в ємність.

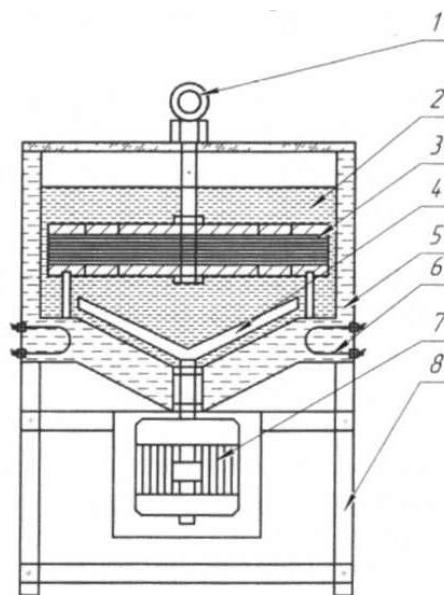


Рис. 8. Установка для металоплакування гнучких елементів ПМ.

#### Висновки:

1. Проведено аналіз найбільш ефективних методів зниження фретинг-корозії гнучких елементів пружних муфт. Встановлено, що найбільш ефективним механізмом фізико-хімічного впливу на поверхні гнучких елементів, з точки зору підвищення їх зносостійкості, є нанесення на них металоплакуючих мастильних матеріалів.

2. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що введення до складу металоплакуючого мастильного матеріалу, що складається з парафіну і міді, порошку дисульфиду молібдену, дозволяє, відповідно в 6,5 і 1,4 разів підвищити фретингостійкість гнучких елементів в порівнянні з гнучкими елементами без мастильного матеріалу і з металоплакуючим мастильним матеріалом, що складається з парафіну і міді.

### Список літератури:

1. John Crane. Power Transmission Couplings. TLK Membrane Coupling for High Power Applications in the Process Industry. [www.johncrane.co.uk](http://www.johncrane.co.uk). John Crane. Power Transmission Couplings. M Series Membrane Coupling for the Oil & Gas. [www.johncrane.co.uk](http://www.johncrane.co.uk).
2. Тарельник В.Б. Марцинковский В.С. Модернизация и ремонт роторных машин: Монография.- Сумы: Издательство „Казацкий вал” 2005.- 254 с.
3. Гулый А.Н. О возможности применения соединительных муфт ГОСТ 26455-97 в насосных агрегатах для взрывоопасных зон. Сборник материалов XI Международной научно-технической конференции ГЕРВИКОН 2005, Сумы, Украина.
4. Патент України на винахід № 92832, F16D 3/50, C10M 103/00. Спосіб формування пакетів гнучких елементів пружних муфт. / Марцинковский В.С., Тарельник В.Б., Братушак М.П.; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23.
5. Польцер Г., Майсснер Ф. Основы трения и изнашивания: Пер. с нем. М.: Машиностроение, 1984.-с.199-204.
6. В. С. Марцинковский, В.Б. Тарельник, М.П. Братушак, С.А. Горовой, Технология повышения долговечности гибких элементов упругих муфт // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2008. – №2(12). – С.77-80.
7. В.В. Иванов, Ю.В. Марченко. Перспективы применения дисульфида молибдена для формирования вибрационных механохимических твердосмазочных покрытий. Вестник ДГТУ, 2010. Т. 10. № 3(46)С. 381-385.
8. Папок К.К. Моторные и реактивные масла и жидкости. (См. [nglib.ru](http://nglib.ru)). Москва: Государственное Научно-Техническое Издательство Нефтяной и Горно-Топливной литературы, 1962. — 742 с.
9. Патент України на винахід №137273 F16D 3/70, C10M 103/00. Спосіб формування пакетів гнучких елементів пружних муфт / Тарельник В.Б., Марцинковский В.С., Гапонова О.П., Коноплянченко Е.В., Думанчук М.Ю., Тарельник Н.В. ; опубл. 10.1.201, Бюл. № 19.

**Martsynkovskiy V. S.,** Sumy National Agrarian University (Ukraine)

**Tarelnik V. B.,** Sumy National Agrarian University (Ukraine)

**Konoplianchenko Ie. V.,** Sumy National Agrarian University (Ukraine)

**Dumanchuk M. Y.,** Sumy National Agrarian University (Ukraine)

**Ryasnaya O. V.,** Sumy National Agrarian University (Ukraine)

#### **Improvement of the technology of forming metal-clad lubricants on flexible elements of elastic couplings**

*The work is devoted to the development of technological methods for increasing the reliability and durability of elastic couplings. It is known that the main reason for the loss of operation of the coupling is the wear of the flexible elements of the package due to fretting corrosion and subsequent fatigue failure. The study of the features of the fretting corrosion processes of flexible elements of elastic couplings is carried out. The analysis of existing methods for reducing fretting corrosion of machine parts is carried out, on the basis of which the existing problems are established and methods for solving them are proposed. It has been established that the most effective mechanism of physicochemical action on the surface of flexible elements, from the point of view of increasing their wear resistance, is the application of metal-clad lubricants on them.*

*As a result of the research, a new and more effective technology for the formation of a package of flexible elements of an elastic coupling has been developed. A feature of the proposed technology is the creation between the flexible elements of an intermediate metal-cladding layer based on paraffin with the addition of copper powder and molybdenum disulfide powder. Preparation of metal-cladding material consists in melting paraffin, introducing the required amount of molybdenum disulfide powder and thoroughly mixing. The application of material on flexible elements is carried out when assembling a package with flexible elements. The study of the effectiveness of the effect of metal-cladding material on the wear of the surfaces of flexible elements was carried out on a special bench simulating the real state of the package of flexible elements during the operation of the coupling. It was found that the most rational content of copper powder and molybdenum disulfide powder in the cladding material is in the range from 5 to 25 weight percent.*

*For the mechanized method of applying metal-clad lubricants to the flexible elements of an elastic coupling, a specialized installation was made. The installation provides the preparation of a solution of metal-cladding material and its application by immersion of flexible elements. Excess solution is squeezed out when the bag is compressed with standard fasteners.*

*The proposed technology allows to increase the fretting resistance of flexible elements by 6.5 times compared to untreated ones.*

**Key words:** elastic coupling, flexible element, fretting corrosion, steel 12X18H9, paraffin, copper, molybdenum disulfide, metal-clad lubricant.

Дата надходження до редакції: 15.11.2020