

**DNIPRO
POLYTECHNIC**
1899

**Звіт про проведення експлуатаційних випробування
технології безрозбірної інженерії поверхонь тертя.
Компресори повітряні, поршневі, із горизонтальним
розташуванням циліндрів.**

ВСТУП

На виконання програми і методики випробувань технології безрозбірної інженерії поверхонь тертя ТОВ «МОДІФІК» (ТОВ Мінерал Спец Проєкт є постачальником), погодженої директором комунального підприємства «Дніпровський електротранспорт» Дніпровської міської ради Кобець Володимиром Вікторовичем, фахівцями ТОВ «МОДІФІК» (ТОВ Мінерал Спец Проєкт є постачальником) спільно із фахівцями КП «Дніпровський електротранспорт» ДМР, з 07.06.2022р. по 09.08.2022р., на промислових потужностях тролейбусних депо 1, 2 КП «Дніпровський електротранспорт» ДМР, було проведено експлуатаційні випробування технології безрозбірної інженерії поверхонь тертя ТОВ «МОДІФІК» (ТОВ Мінерал Спец Проєкт є постачальником), на компресорах повітряних, поршневих, типу ЕК-4, пневматичної системи рейсових тролейбусів.

Мета проведення випробувань:

- перевірка ефективності трибологічної обробки поршневих повітряних компресорів типу ЕК – 4 із застосуванням технології безрозбірної

інженерії поверхонь тертя ТОВ «МОДІФІК» (ТОВ Мінерал Спец Проєкт є постачальником);

- демонстрація ефекту відновлення основних експлуатаційних характеристик повітряних компресорів типів ЕК – 4, у безрозбірний спосіб, в умовах реальної експлуатації тролейбусів;
- проведення комплексу енерго- та ресурсозаощаджувальних заходів.

Технологія безрозбірної інженерії поверхонь тертя

Сукупність способів (методів) видобутку/синтезу, збагачення, активації, гомогенізації, сепарації, мінералів, хімічних сполук, каталізаторів реакцій та поверхневоактивних речовин, виготовлення наповнювачів (змащувальних матеріалів), обробки поверхонь тертя, інших процесів, робіт та операцій, що змінюють стан та структуру матеріалів (об'єктів), виробів, агрегатів інше в процесі отримання нових технічних результатів із заданими показниками якості без виконання масштабних розбирально-складальних операцій.

Під час обробки поверхонь тертя агрегатів (вузлів), в залежності від їх конструкції, технічного стану і умов експлуатації, системи змащення, мастила, пальне

наповнюються технологічними наповнювачами твердозмащувальними, або наповнювачі наносяться безпосередньо на поверхні деталей.

Наповнювачі твердозмащувальні ТУ У 20.5-42277844:2019 (змін.2022)

Наповнювачі твердозмащувальні (НТ) - в кожному випадку окрема композиція гірських порід та мінералів, їх хімічних сполук із додаванням каталізаторів та поверхнево активних речовин.

Використання НТ призводить до зниження потужності механічних втрат, компенсації ресурсу машин (механізмів) та їх ресурсовизначальних деталей, відновлення експлуатаційних характеристик машин (механізмів).

Тролейбуси випробувань.

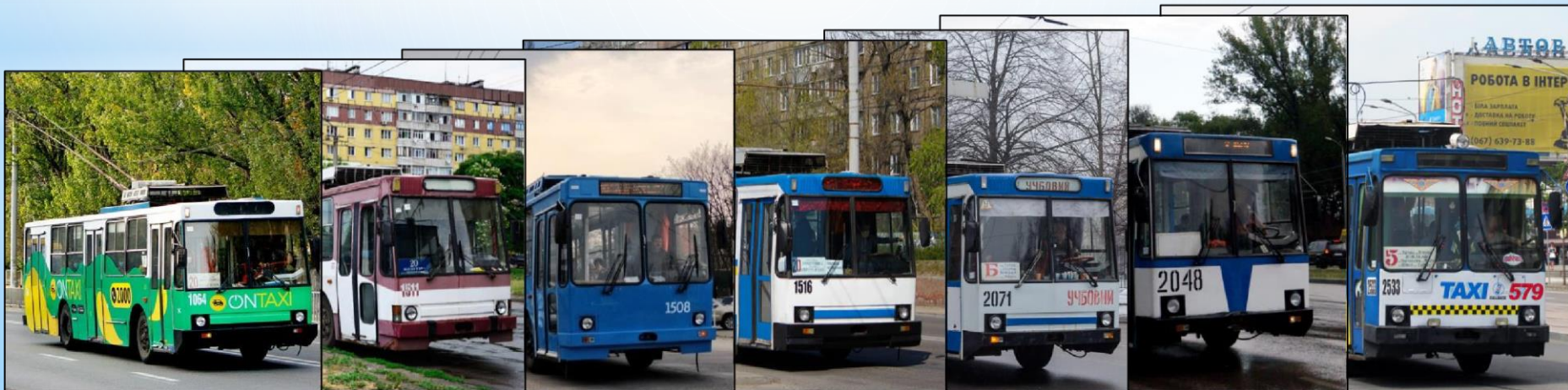
Депо 1:

1. ЮМЗ Т1Р2, інв. № 1064, буд. 1993 р., КР 06.2017р., СР 05.2022р.
2. ЮМЗ Т2, інв. № 1511, буд. 1995 р., КР 12.2019р.,
3. ЮМЗ Т2, інв. № 1508, буд. 2009 р., КР 03.2022р.
4. ЮМЗ Т2, інв. № 1516, буд. 1995 р., КР 06.2022р.

Тролейбуси випробувань.

Депо 2:

1. ЮМЗ Т2, інв. № 2533, буд. 2000 р., КР 08.2015р.
2. ЮМЗ Т1Р2, інв. № 2048, буд. 1992 р., КР 01.2019р.
3. ЮМЗ Т1Р2, інв. № 2071, буд. 1994 р., КР 03.2018р.



Повітряний компресор ЕК-4 (4В)

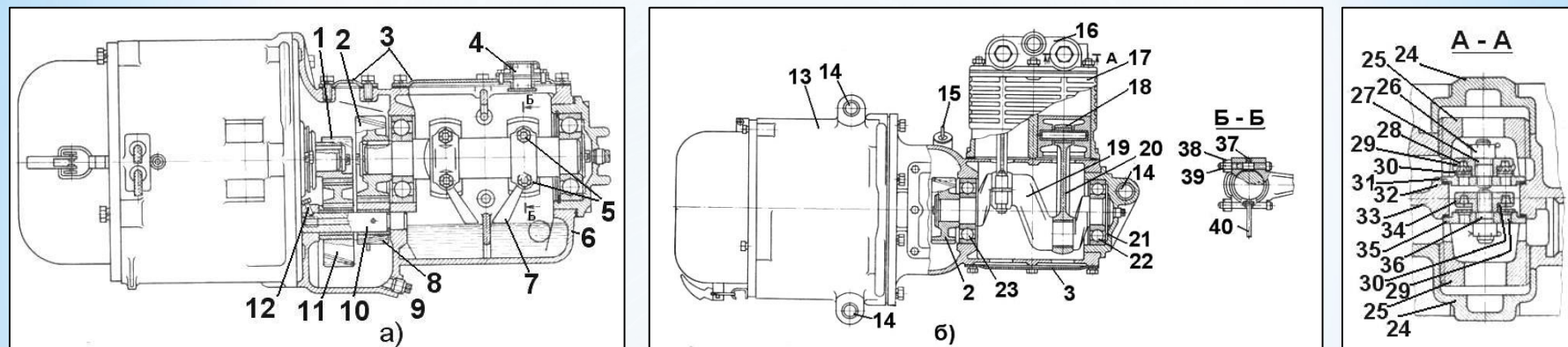


Рисунок 1. Компресор ЕК — 4. Креслення.

а) — вид збоку, б) — вид зверху; А-А — клапана коробка, розріз, 1, 2, 8, 11 — шестерні редуктора, 3 — кришки, 4 — сапун, 5 — стяжні бовти, 6 — корпус, 7 — розбріскувач, 9 — пробка, 10 — ексцентрикова вісь, 12 — стопорний бовт, 13 — електродвигун, 14 — кронштейни для підвішування агрегату, 15 — мастильний щуп, 16 — клапана коробка, 17 — блок циліндрів, 18 — поршень, 19 — колінчастий вал, 20 — шатуни, 21 — кришка, 22, 23 — кулькові підшипники, 24 — кришка клапану, 25 — стакан клапану, 26 — гайка М8, 27 — шпилька, 28 — обойма нагнітального клапану, 29 — пружина, 30 — пластина клапана, 31 — сидло нагнітального клапану, 32 — прокладка, 33 — корпус клапанної коробки, 34 — обойма всмоктуючого клапану, сидло всмоктуючого клапану, 36 — шпилька, 37 — регульовальні прокладки, 38 — гайка, 39 — шатунний бовт, 40 — розбріскувач.

ЕК. Опис. Частина

Компресор ЕК-4 складається з корпусу (картеру) **6**, блоку двох циліндрів **17**, клапанної коробки (головки блоку циліндрів) **16**, шатунно-кривошипного механізму і двоступеневого редуктору. Корпус **6** компресору, блок циліндрів **17** и клапанна коробка **16** відлиті із сірого чавуну. На корпусі монтуються усі вузли і деталі компресору. В корпусі є вікна для доступу до деталей вузлів компресору. Вікна закриті кришками **3**, під якими проложені картони прокладки для ущільнення. Через сапун **4** картер компресору має сполучення із атмосферою.

На шпильках, вкручених у тіло корпусу, укріплений блок циліндрів. Між корпусом і блоком циліндрів також прокладена пресшпанова прокладка для ущільнення. Зовнішня поверхня блоку циліндрів виконана ребристою для кращого охолодження. У блоці циліндрів розточуються і шліфуються два горизонтальні канали (циліндри), що служать напрямними для поршнів. Поверхня циліндрів оброблена за високим класом точності.

До блоку циліндрів **17** шпильками з гайками і пружинними розрізними шайбами кріпиться клапанна коробка **16**. Для ущільнення між клапанною коробкою **16** і блоком циліндрів **17** прокладена металоазбестова прокладка.

У клапанній коробці розташовані два всмоктувальні та два нагнітальні клапани (див. рис. 1). Клапан складається з сідла з отворами, розташованими по колу, і центральної шпильки, яка служить спрямовуючою кільцевого пластинчастого клапана. Пластина клапана притискається до сідла конічною пружиною. Клапан розташований у корпусі, на який обертається заглушка. Внутрішня порожнина клапанної коробки розділена перегородкою, що відокремлює всмоктувальну порожнину від нагнітальної. Всмоктувальна порожнина через повітряний фільтр з'єднується з атмосферою, а нагнітальна через зворотний

клапан компресора - з повітряними резервуарами. Повітряний фільтр служить для очищення повітря, що всмоктує. Фільтруючим елементом служить волосяна набивка, змішана з мастилом.

Шатунно-кривошипний механізм складається з колінчастого валу **19**, двох горизонтально розташованих шатунів **20** і двох поршнів **18**. Колінчастий вал двокривошипний. Обертається він у двох радіальних однорядних кулькових підшипниках **22** і **23**, один з яких (**23**) встановлений у розточуванні торцевої стінки корпусу, а інший (**22**) - в кришці **21** підшипника.

ЕК . Опис. Частина

Шатуни **20** сталеві, штаповані, двотаврового перерізу з двома головками по кінцях. Одна головка шатуна роз'ємна, залита бабітом і утворює шатунний підшипник ковзання. Друга головка нероз'ємна, в неї запресована бронзова втулка, що виконує роль підшипника ковзання для поршневого пальця. Обидві частини роз'ємної головки стягнуті на шатунній шийці колінчастого валу стяжними болтами **5**. Гайки болтів після затягування шплінтуються. До одного з болтів головки кріпиться розбрискувач **7**. В основі головок шатуна є мастильні канали, через які проходить мастило до шатунної шийки колінчастого валу і поршневого пальця.

Поршень **18** виготовлений із сірого чавуну. Він є циліндричною склянкою, на бічній поверхні якої виточені чотири канавки — струмки, в яких розміщені поршневі чавунні кільця. Кільця розрізані та внаслідок своєї пружності щільно прилягають до стінок циліндра. Перші два кільця - компресійні, служать для ущільнення між поршнем і стінками циліндра, третє і четверте - мастилознімаючі, призначені для знімання надлишків мастила зі стінок циліндра.

У напрямних стінках поршня є два приливи з отворами для встановлення поршневого пальця. Поршневий палець забезпечує шарнірне з'єднання поршня з шатуном. Від осьового переміщення палець утримується сталевими стопорними пружинними кільцями, які встановлюються у виточках припливу поршня.

Обертальний момент передається від електродвигуна до компресора через двоступінчастий

редуктор з передавальним числом 3,9. Дві шестірні редуктора - **1** і **2** сидять на шпонках відповідно на валу електродвигуна і колінчастого валу компресора, а дві інші - **8** і **11** - обертаються на бронзових втулках ексцентрикової осі **10**.

Ексцентрикова вісь **10** має дві опорні шийки, одна з яких входить у горизонтальне розточування торцевої стінки корпусу, а інша - в розточування фланця. Ексцентриситет ексцентрикової осі забезпечує регулювання зачеплення шестерень редуктора при зносі зубів у процесі експлуатації.

Для фіксації вісь стопориться болтом **12**. Ексцентрикова вісь порожниста з чотирма наскрізними мастильними каналами. По каналах мастило підходить до бронзових втулок, запресованих у шестірні, що вільно обертаються на цій осі.

ЕК. Опис. Частина

Для змащення компресора застосовується компресорна мастило марки 12М взимку та марки 19Т влітку. Масло в корпус заливається до верхнього рівня отвору, після чого мастилозаливний отвір закривається гвинтовою пробкою. У пробці просвердлено отвір для щупа масляного **15**, за допомогою якого здійснюється контроль за рівнем масла. Риска на нижньому кінці щупа показує допустимий рівень заливки олії. При обертанні колінчастого валу **19** масло з картера захоплюють розбризкувач **7**, створюючи масляний туман, який осідає на робочій поверхні деталей, що труться (стінках циліндрів, підшипниках) і змащує їх. Шестерні редуктора частково занурені в мастило і під час роботи компресора захоплюють його для змащення всього редуктора. У нижній частині корпусу є зливний отвір, що закривається пробкою **9**.

Фланець корпусу компресора **6** з'єднаний з корпусом електродвигуна **13** шпильками та гайками. При обертанні колінчастого валу компресора поршні, пов'язані з валом шатунами, здійснюють зворотнопоступальний рух. При русі поршня від клапанної коробки над поршнем утворюється розріджений простір. При цьому під тиском атмосферного повітря відкривається клапан, що всмоктує, і повітря

засмоктується з атмосфери через повітряний фільтр - відбувається цикл всмоктування. У нижній «мертвій» точці поршня обидва клапани закриті. Коли поршень рухається у бік клапанної коробки, повітря у циліндрі стискається. При цьому клапан, що всмоктує, закривається під дією пружини і стисненого повітря, а нагнітальний клапан під тиском стисненого повітря відкривається і випускає стиснене повітря в нагнітальну порожнину клапанної коробки і далі через зворотний клапан в резервуари. Якщо у першому циліндрі відбувається засмоктування повітря з атмосфери, то в другому циліндрі повітря стискається і нагнітається їх у резервуари. Для підвіски агрегату передбачено три кронштейни **14**.

Компресор ЕК – 4/ЕК – 4В. Основні технічні характеристики.

- 1) Число ступенів стискання – 1;
- 2) Число циліндрів – 2;
- 3) Розташування циліндрів – рядне, горизонтальне;
- 4) Номінальна частота обертання колінчастого валу, об/хв. – 280; 5) Тиск нагнітання кінцевий, МПа – 0,8; 6) Охолодження – повітряне.

Обробка компресору здійснюється шляхом заливки обраної змащувальної композиції (250мл.), яка складається із суміші наповнювачів (технологічного пакету трибологічної обробки) і штатного мастила компресору (12М;19Т), в картер агрегату 1 через отвір щупу 2 та пуску в роботу агрегату, в умовах депо, у повторно-короткочасному режимі роботи електроприводу (ПВ=50%), на час ≤ 120 хв.

Після закінчення напаяння, в умовах депо, тролейбус одразу відправляється на маршрут і працює в штатному режимі протягом ≥ 4 години.

Обробка вважається завершеною після напаяння тролейбусом, в штатному режимі, ≥ 28 мотогодин, або пробігу тролейбусом 1000км, в залежності від того, що настає раніше.

Перерва в роботі тролейбусу, під час обробки компресору, протягом більш ніж 48 години (2 доби) не допускається.

У разі наявності вимушеної перерви в роботі тролейбусу обробку компресору слід провести повторно.

Стисла методика обробки компресору ЕК - 4 (4В)

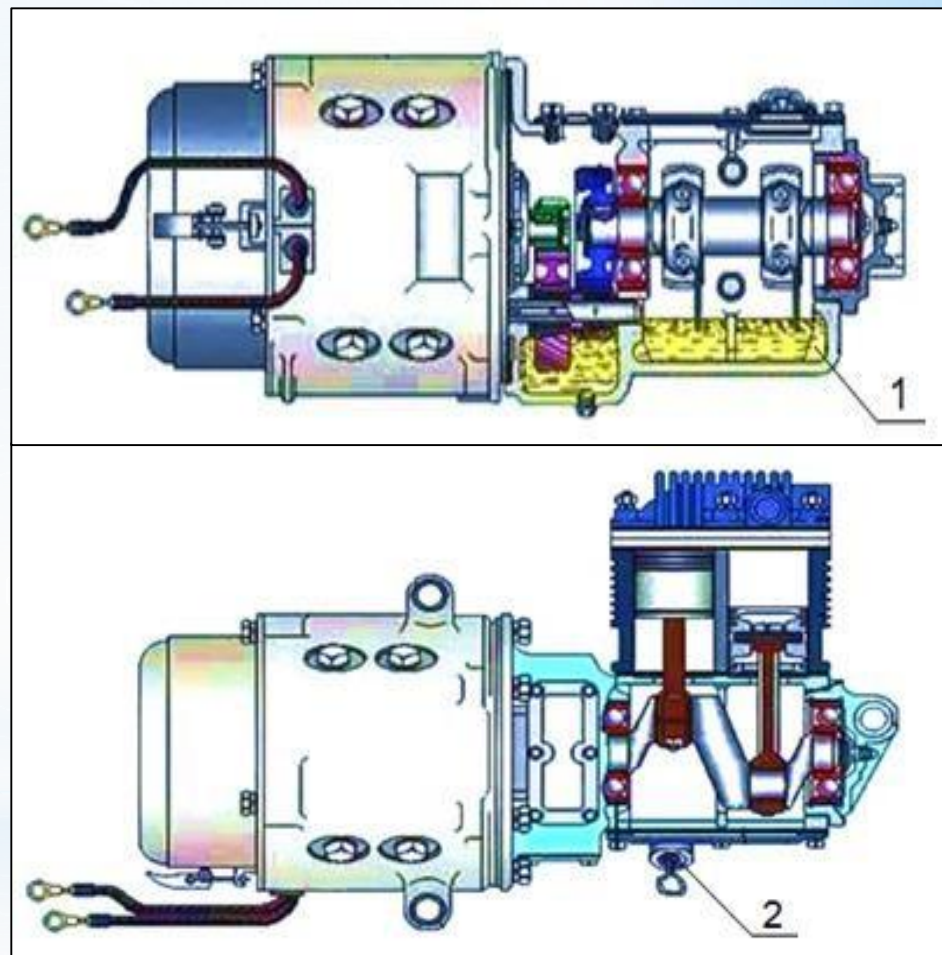


Рисунок 2. Компрессор ЕК-4.

1. Картер компрессору;

2. Отвір щупу рівня мастила.

Дані випробувань компресорів тролейбусів
які протягом випробувань відповідали вимогам
«Програми і методики випробувань»

№ з/п	Найменування показнику	Інвентарний номер тролейбусу			
		2533	2048	1508	1516
1	Дата початку/завершення робіт	10.06/14.07	10.06/07.07	14.07/01.08	18.07/09.08
2	Час напрацювання в депо, хв.	120	120	5	10
3	Інтервал вимірювання продуктивності, кгс/см ²	5,0-8,0	5,0-8,0	5,0-8,0	5,0-8,0
4	Продуктивність агрегату до/після обробки, с	109/85	133/111,33	92/82,7	123/121,3
5	Шумове навантаження, до/після обробки, dB	111/98	115/115	98/90,3	91/88,7
6	Рівень вібрації, до/після обробки, мм/с	7,9/6,7	8,0/6,6	4,8/4,7	6,4/6,8
7	Робочий струм приводу електроприводу, А	5,8-6,3	6,5-6,2	6,3-6,4	6,3-6,5
8	Характерні особливості будови циліндро-поршневої групи компресору	--	--	--	2 м.з. кільця, 1 компрес.

9	Ремонтні роботи які впливають на початкові/кінцеві умови випробувань та/або герметичність агрегату виконувались, Так/Ні	Ні	Ні	Ні	Ні
10	Пробіг тролейбусу від заміни кілець компресору, км	--	--	12972	4076
11	Зміна показників продуктивності агрегату, $\pm\%$	+22,02	+16,29	+10,11	+1,4
12	Зміна шумового навантаження агрегату, $\pm\%$	-11,77	0	-7,86	-2,53
13	Зміна показників вібрації агрегату, $\pm\%$	-15,19	-17,5	-2	-6,12