

УДК 629.4.027.11:621.891

*Інж. І.С. Груник*

**РОЗРАХУНОК ПОДАЧІ ОСЬОВОЇ ОЛИВИ В МОТОРНО-ОСЬОВИЙ  
ПІДШИПНИК ЛОКОМОТИВА З УРАХУВАННЯМ АДСОРБЦІЙНИХ  
ЯВИЩ НА ПОВЕРХНЯХ ТЕРТЯ**

*Представив д-р техн. наук, професор Є.М. Лисіков*

**Вступ.** Моторно-осьові підшипники (МОП) тягового електродвигуна локомотивів багато в чому забезпечують безпеку руху та визначають надійність колісно-моторного блока в експлуатації.

Деталі МОП є високонавантаженими елементами екіпажної частини із жорсткими габаритними обмеженнями та піддаються негативному впливу високих динамічних навантажень, що виникають

при русі локомотива. Саме ці несприятливі умови переважають у роботі МОП під час руху локомотива на швидкостях від 0 до 80 км/год [1]. Ці впливи перешкоджають утворенню стійкого масляного шару на поверхнях тертя, що призводить до роботи підшипника в режимі граничного змащення [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У режимі граничного змащення відбувається часткове руйнування адсорбційного шару мастильного матеріалу, що призводить до появи безпосереднього контакту окремих мікронерівностей поверхонь тертя, що й супроводжується процесом їх зношування [3]. Звідси випливає значення якості як поверхневого шару підшипника, так і застосовуваного мастильного матеріалу, що впливають на працездатність елементів МОП.

Нині на залізницях України є в експлуатації вантажні локомотиви ВЛ11М, у яких застосовується система змащування МОП з постійним рівнем [4].

Система змащування моторно-осьових підшипників (МОП) електродвигуна ТЛ-2К1 локомотива ВЛ11М виявляє низку недоліків, серед яких: обмежена подача мастила до поверхонь тертя, схильність до забруднення та втрата гнотами своєї мастило-транспортної спроможності, порушення установки польстерного механізму, залежність подачі мастила від температурних коливань [5], втрата працездатності внаслідок насичення гнотів водою та замерзання у холодну пору року [4], неможливість використання протизношувальних присадок в осьовій оливі.

Таким чином, існуюча система змащування МОП локомотивів ВЛ11М має істотні недоліки і не здатна в достатній мірі забезпечити утворення на поверхнях тертя сприятливих змащувальних режимів. Тому

для усунення недоліків та підвищення ресурсу МОП за рахунок зменшення інтенсивності зношування вкладишів доцільно використання примусової циркуляції осьової оливи через підшипник та застосування протизношувальної присадки в осьовій оливі для забезпечення достатнього шару адсорбційної плівки на поверхнях тертя.

**Метою роботи** є визначення необхідної подачі мастильного матеріалу в МОП локомотива ВЛ11М з урахуванням адсорбційних явищ на поверхнях тертя.

**Основний матеріал.** Подачу мастильного матеріалу в МОП локомотива ВЛ11М з урахуванням адсорбційних явищ на поверхнях тертя визначаємо з умови зменшення концентрації молекул ПАР у діаметральному зазорі підшипника при обертанні осі, а саме з наближення, що за один оберт осі з замкнутого об'єму оливи в діаметральному зазорі зникає об'єм молекул ПАР, необхідний для формування граничної товщини мастильної плівки.

Тоді подачу мастильного матеріалу в МОП локомотива отримаємо з виразу

$$Q = \frac{V_{\delta}}{t_p}, \quad (1)$$

де  $V_{\delta}$  – об'єм оливи в зазорі, м<sup>3</sup>;

$t_p$  – час обертання осі без зміни мастила в зазорі, с.

Об'єм оливи в зазорі визначається за формулою

$$V_{\delta} = \pi \cdot \delta \cdot l \cdot \left( R_2 + \frac{\delta}{4} \right), \quad (2)$$

де  $\delta$  – діаметральний зазор (рис. 1), м;

$R_2$  – радіус осі, м;

$l$  – довжина підшипника, м.

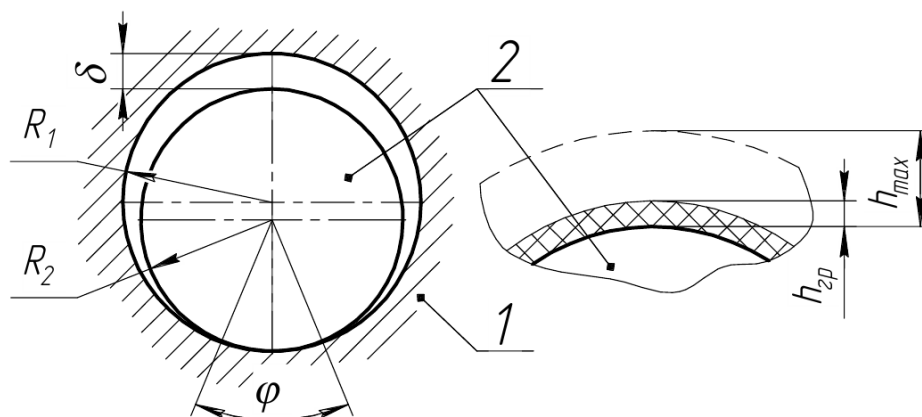


Рис. 1. Схема МОП (1 – підшипник, 2 – вісь)

Час обертання осі без зміни мастила в зазорі отримаємо з виразу:

$$t_p = \frac{2 \cdot \pi \cdot k}{\omega}, \quad (3)$$

де  $k$  – кількість обертів без зміни мастила в зазорі до досягнення заданої граничної концентрації молекул ПАР;

$\omega$  – кутова швидкість обертання колісної пари локомотива,  $\text{с}^{-1}$ .

Для визначення кількості обертів  $k$  знайдемо необхідну концентрацію молекул ПАР в об'ємі оливи, яка необхідна для формування граничної товщини мастильної плівки на поверхнях тертя МОП.

Для цього на підставі роботи [6] визначаємо максимальну відстань взаємодії молекул ПАР з поверхнею мікронерівності. Попередні розрахунки показали, що для припрацьованих поверхонь сполучення МОП з  $R_a = 0,25 \cdot 10^{-6}$  м і робочій температурі осьової оливи  $t = 353$  К максимальна відстань взаємодії молекул ПАР з поверхнею мікронерівності становить  $h_{\max} = 1,85 \cdot 10^{-6}$  м.

Концентрацію молекул ПАР в об'ємі оливи, яка необхідна для формування граничної товщини мастильної плівки на поверхнях тертя МОП, отримаємо з виразу:

$$c = \frac{V_m}{V}, \quad (4)$$

де  $V_m$  – об'єм молекул ПАР на поверхні тертя, які формують граничну мастильну плівку,  $\text{м}^3$ ;

$V$  – об'єм оливи, з якого відбувається осадження молекул ПАР на поверхню тертя,  $\text{м}^3$ .

Визначимо об'єм оливи, з якого відбувається осадження молекул ПАР на поверхню тертя:

$$V = h_{\max} \cdot S_n, \quad (5)$$

де  $S_n$  – номінальна площа поверхні осі,  $\text{м}^2$ ;

$h_{\max}$  – максимальна відстань взаємодії молекул ПАР з поверхнею мікронерівності, м.

Номінальна площа поверхні осі знаходиться з виразу:

$$S_n = 2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot l \cdot \left(1 - \frac{\varphi}{360}\right), \quad (6)$$

де  $\varphi$  – кут обхвату, град.

Знаючи номінальну площу поверхні осі отримаємо контактну площу поверхні за умови, що мікронерівності на поверхні представлені у формі півсфер та

розподілені рівномірно з кроком  $T_m$ , а контакт по мікронерівностях відбувається на половині їх висоти, тоді:

$$S_k = \frac{3 \cdot \pi \cdot R^2}{4} \cdot \frac{S_n}{T_m^2}, \quad (7)$$

де  $R$  – радіус мікронерівності, в першому наближенні  $R = R_a$ , м.

Об'єм молекул ПАР на поверхні тертя, які формують граничну мастильну плівку, отримаємо за формулою

$$V_m = S_k \cdot h_{zp}. \quad (8)$$

Далі отримаємо залежність зміни концентрації молекул ПАР в оливі в діаметральному зазорі підшипника від величини останнього та кількості обертів осі:

$$c_V = \frac{c \cdot V_\delta - V_m \cdot k}{V_\delta}. \quad (9)$$

Для розрахунку зміни концентрації молекул ПАР в оливі (9) приймаємо такі дані:

- кутова швидкість обертання колісної пари,  $\omega = 0.40 \text{ с}^{-1}$ ;
- діаметральний зазор,  $\delta = (0.5..2.5) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ;
- радіус осі,  $R_2 = 0.1025 \text{ м}$ ;
- довжина підшипника,  $l = 0.3 \text{ м}$ ;
- гранична товщина мастильної плівки,  $h_{zp} = 0.1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ;
- радіус мікронерівностей,  $R = 0.25 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ;
- крок мікронерівностей,  $T_m = 2.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ;
- кут обхвату,  $\varphi = 20^\circ$ ;
- максимальна відстань взаємодії молекул ПАР з поверхнею мікронерівності,  $h_{\max} = 1.85 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ .

Результати розрахунків зміни концентрації молекул ПАР в оливі в діаметральному зазорі підшипника від величини останнього та кількості обертів осі подані на рис. 2.

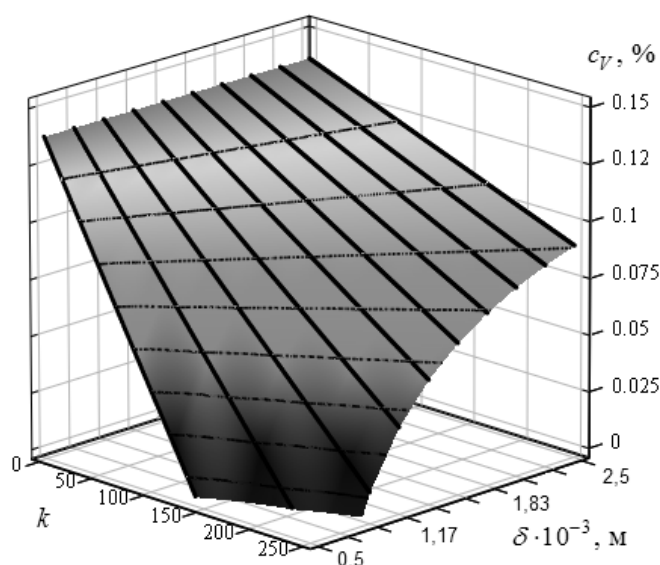


Рис. 2. Графік залежності концентрації молекул ПАР в оливі в діаметральному зазорі підшипника від величини останнього та кількості обертів осі

З графіка на рис. 2 визначаємо кількість обертів без заміни мастила в зазорі до досягнення заданої граничної концентрації молекул ПАР. Приймаємо для розрахунку граничну концентрацію молекул як

$$c_{zp} = 0,85 \cdot c_V. \quad (10)$$

Знайдені величини дозволяють розрахувати подачу мастильного матеріалу в МОП локомотива. Результати розрахунку подані на рис. 3.

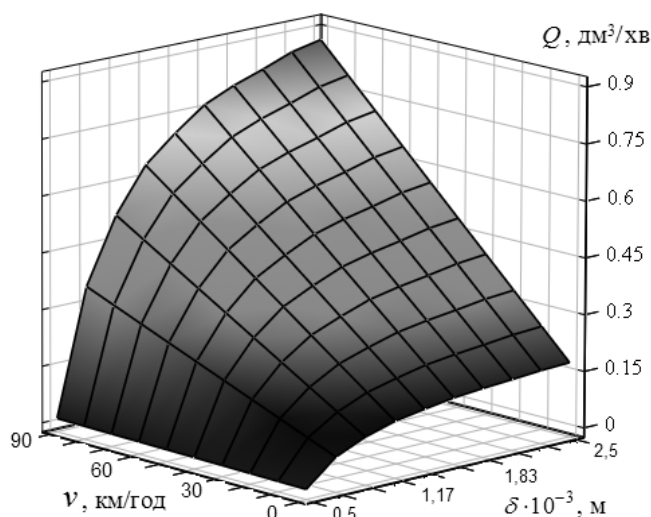


Рис. 3. Графік залежності подачі осьової оливи від діаметрального зазору підшипника та швидкості руху локомотива

Аналіз графіка на рис. 3 показує, що подача мастильного матеріалу в МОП локомотива ВЛ11М з урахуванням адсорбційних явищ на поверхнях тертя залежно від діаметрального зазору підшипника та швидкості руху локомотива змінюється не лінійно і в цілому збільшується при збільшенні останніх. Найбільші величини подача досягає при максимальних значеннях діаметрального зазору і швидкості руху локомотива та сягає значень  $Q = 0,867 \text{ дм}^3/\text{хв}$ . При швидкості руху годинного і тривалого режимів роботи локомотива ВЛ11М подача осьової оливи змінюється в діапазоні  $Q = 0,007..0,558 \text{ дм}^3/\text{хв}$  і для середніх

значень діаметрального зазору МОП  $\delta = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  становить  $Q = 0,45 \text{ дм}^3/\text{хв}$ .

**Висновки.** Проведено теоретичне дослідження подачі мастильного матеріалу в МОП локомотива ВЛ11М з урахуванням адсорбційних явищ на поверхнях тертя для впровадження системи примусової циркуляції осьової оливи. Встановлено, що найбільші величини подача досягає при максимальних значеннях діаметрального зазору і швидкості руху локомотива. При швидкості руху годинного і тривалого режимів роботи локомотива ВЛ11М подача осьової оливи змінюється в діапазоні  $Q = 0,007..0,558 \text{ дм}^3/\text{хв}$  і для середніх значень діаметрального зазору МОП  $\delta = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  становить  $Q = 0,45 \text{ дм}^3/\text{хв}$ .

### *Список літератури*

1. Астахов, В.Н. Особенности нагружения поверхностей трения в моторно-осевых подшипниках локомотивов [Текст] / В.Н. Астахов, Е.Н. Лысиков, П.Е. Коновалов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 125. – С. 69–75.
2. Азаренко, В.А. Повышение надежности моторно-осевых подшипников локомотивов [Текст] / В.А. Азаренко, А.Н. Германов // Вестник ВНИИЖТ. – М., 1988. – № 2. – С. 36-40.
3. Гаркунов, Д.Н. Виды трения и износа. Эксплуатационные повреждения деталей машин [Текст] / Д.Н. Гаркунов, П.И. Корник. – М.: Изд-во МСХА, 2003. – 344 с.
4. Руднев, В.С. Тяговый привод колесных пар тепловоза [Текст] / В.С. Руднев // Локомотив-информ. – 2007. – № 9. – С. 35-40.
5. Калихович, В.Н. Тяговые приводы локомотивов: (устройство, обслуживание, ремонт) [Текст] / В.Н. Калихович. – М.: Транспорт, 1983. – 111 с.
6. Лысиков, Е.Н. Расчет толщины адсорбированных слоев молекул ПАВ на поверхностях трибосопряжений [Текст] / Е.Н. Лысиков, В.Б. Косолапов, С.В. Воронин // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – Харьков: РИО ХНАДУ, 2001. – № 7-8. – С. 95-99.

**Ключові слова:** моторно-осьовий підшипник, олива, адсорбційні явища, молекули поверхнево-активних речовин.

### *Анотації*

Проведено розрахунок потрібної подачі осьової оливи в моторно-осьовий підшипник локомотива ВЛ11М з урахуванням адсорбційних явищ на поверхнях тертя при застосуванні системи примусового циркуляційного змащення.

Проведен расчет необходимой подачи осевого масла в моторно-осевой подшипник локомотива ВЛ11М с учетом адсорбционных явлений на поверхностях трения при использовании системы принудительной циркуляционной смазки.

The calculation of the necessary supply of oil in the motor axial-axial bearing locomotive VL11M including adsorption phenomena on the friction surfaces by using a system of forced circulation lubrication