

**ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ, НАПРЯМКІВ ТА ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ
ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ТА СПІВВІСНОСТІ КОРИННИХ ОПОР БЛОККАРТЕРІВ
ДВИГУНІВ**

С.І Маркович, канд. техн. наук, доц.,
В.О. Дубовик, канд. техн. наук, доц.,
О.Ю. Жулай, канд. техн. наук, ст. викл.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Деформація базових поверхонь блоку і кришок двигуна приводить до спотворення форми і розміру корінних опор блоку по діаметру і зсуву центру отворів середніх корінних опор що до крайніх, тобто приводить до неспіввідності останніх. Все це впливає на початкове взаємне розташування поверхонь тертя і приводить до інтенсивного зношування колінчастого валу і корінних підшипників. Білов Е. А. [1], Краснов В.В. [2], Тяжелов И.Н. [3], Финкельштейн З.С. [4], Льяков В. [5], Кузнецова С.А. [6] вивчаючи роботу двигунів, пришли до висновку, що однією з основних причин недостатнього терміну служби двигуна є зміни геометричних розмірів та співвідності корінних опор блоккартерів двигунів.

Мета дослідження: визначення характеру, напрямків та закономірностей зміни геометричних розмірів та співвідності корінних опор блоккартерів двигунів.

Дослідження проводилось в рамках реалізації Програми впровадження регіональних наукових досліджень у промислове виробництво Кіровоградської області на 2017-2020 роки між університетом та координатором виконання заходів і завдань Програми – Департаментом інфраструктури та промисловості Кіровоградської обласної державної адміністрації згідно договору від 22 листопада 2019 року № 31.119 на виконання науково-дослідної роботи "Розробка та впровадження технології та оснащення для відновлення співвідності та оптимальних геометричних параметрів корінних опор блоккартерів ДВЗ".

Як об'єкти дослідження прийняті блоки двигунів ЯМЗ-238НБ, що поступили в капітальний ремонт. Дослідження проводили в моторній дільниці ПрАТ "Кіровоградське автотранспортне підприємства "Агробудавтосервіс".

Мінімальне число об'єктів спостережень підраховане по ГОСТ 17510-79. Всі заміри проведено згідно ГОСТ 18509-80. Блоки заміряні в зборі з кришками при моменті затягування болтів 30-32 Н-м. Схема вимірів діаметру корінних опор блоків приведена на рис. 1. Виміри проведені в 3-х площинах (А-А, Б-Б, В-В) і 2-х перетинах (I-I, II-II). Перший перетин вибрано найближчий до радіатора, заміри проведені на відстані 8 мм від початку корінної опори блоку. Другий перетин брали на відстані 8 мм від кінця корінної опори. Заміри проведені нутроміром індикаторним 80 - 120 мм. Погрішність вимірювання +12 мкм.

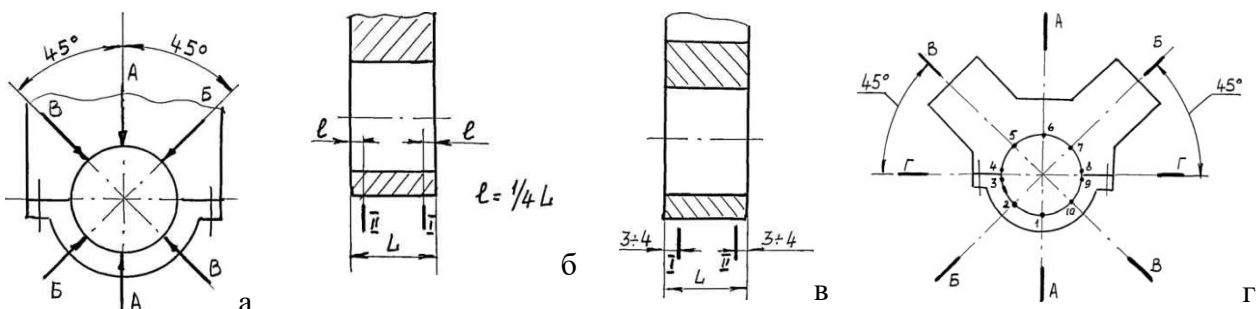


Рисунок 1 – Схема вимірів діаметру а) корінних опор блоків двигунів ШВ-238НБ в трьох площинах (А-А, Б-Б, В-В) а) і двох перетинах (I-I, II-II) б); деформацій корінних опор блоків двигунів ЯМЗ-238нб в двох перетинах (I-I, II-II), чотирьох площинах (А-А, Б-Б, В-В, Г-Г)

Одночасно з вимірюванням діаметру корінних опор заміряли і деформацію в блоках і кришках цих опор. Виміри проведені пристосуванням, виготовленим по аналогії з приладом

Ярославського об'єднання "Автодизель" [7] для виміру деформації корінних опор блоку двигуна ЯШ-236. Погрішність вимірювання +4 мкм.

Для роботи з пристосуванням блок двигуна встановлювався в робоче положення так, щоб він спирався на подовжні бічні стінки, але у жодному випадку не на кришки опор колінчастого валу щоб уникнути їх деформації. Затягування болтів кріплення кришок здійснювалося з моментом, що крутить, 30-32 Н-м, тобто з тим моментом, з яким були затягнуті болти при обробці корінних опор. Пристосування вводили в блок кінцем вільним від індикатора. Свідчення індикатора записували через кожні 45°, повертаючи пристосування за годинниковою стрілкою на 360°.

Деформація кожної корінної опори заміряна в 10 точках (5 точок в блоці і 5 точок в кришках), розташованих у взаємно перпендикулярних площинах (А-А і Г-Г, Б-Б і В-В), а також в 2-х перетинах (І-І, ІІ-ІІ), розташованих від кінців корінних опор на відстані 3-4 мм. Значення деформацій вибрані найбільші з розглянутих двох перетинів.

Виміри деформації корінних опор починали з точок 1,2. Деформація в районі площини роз'єму заміряна в точках близько розташованих до площини роз'єма: 3-8, 4-9. Після повного обороту пристосування стрілка індикатора поверталася в нульове положення. Записавши показання індикатора з першою по п'яту корінні опори, отримали епюри розподілу деформації всіх п'яти корінних опор.

Для дослідження неспіввідності корінних опор по ГОСТ 17510-79 підраховано мінімальне число об'єктів спостережень. Мінімальне число об'єктів спостережень для блоків склало 41 (при довірчій вірогідності $\beta = 0,95$; відносній помилці $\delta = 0,10$; коефіцієнті варіації $\gamma = 0,43$). Об'єм вибірки прийнятий $N = 50$.

Одночасно з виміром деформації у цих двигунів визначена зміна діаметру корінних опор.

Для дослідження зміни діаметру корінних опор блоків, що поступили в капітальний ремонт, по ГОСТ 17510-79 підраховано мінімальне число об'єктів спостережень. Мінімальне число об'єктів спостережень 36 (при довірчій вірогідності $\beta = 0,95$; відносній помилці $\delta = 0,10$; коефіцієнті варіації $\gamma = 0,34$), Об'єм виборки прийнятий $N = 40$.

На рис.2 представлені полігони розподілу зміни діаметру корінних опор блоків двигунів ЯМЗ-238НБ, що поступають в капітальний ремонт. Значення відхилень вибрані найбільші з розглянутих двох перетинів. Абсолютне значення відхилень діаметру визначені по відношенню до номінального розміру діаметру корінних опор блоку, рівного 116 мм.

З приведених графіків видно, що у 90 % корінних опор блоків діаметр перевищує допустимий технічними умовами (+0,030 мм); зміна діаметру корінних опор спостерігається як у бік збільшення (позитивні значення X_i), так і у бік зменшення діаметру (негативні значення X_i); найбільша зміна діаметру корінних опор спостерігається в площині Б-Б, тобто під кутом 45° до горизонту у бік обертання колінчастого валу.

Збільшення діаметру корінних опор блоків може бути пояснено деформацією останніх. Максимальна значення діаметру досягають величини 116,080 мм і спостерігаються у першої і п'ятої корінних опор.

Зменшення діаметру корінних опор блоків відбувається, на наш погляд, за рахунок зім'яття поверхонь раз'єму блоку і кришок, що виникають в процесі мікропереміщень їх щодо один одного при затягуванні болтів, сполучаючих кришки з блоками.

Характерно, що для всіх п'яти корінних опор обох конструкцій блоків найбільше зменшення діаметру спостерігається у вертикальній площині (А-А) і доходить до значень діаметру, рівного 115,940 мм.

Найбільше збільшення діаметру корінних опор блоків в площині Б-Б (на відміну від однорядних двигунів, де найбільше збільшення діаметру спостерігається у вертикальній площині А-А) пояснюється, на наш погляд, конструкцією V - подібного двигуна ЯМЗ-238НБ, у якого циліндри розташовані під кутом 45° до горизонту.

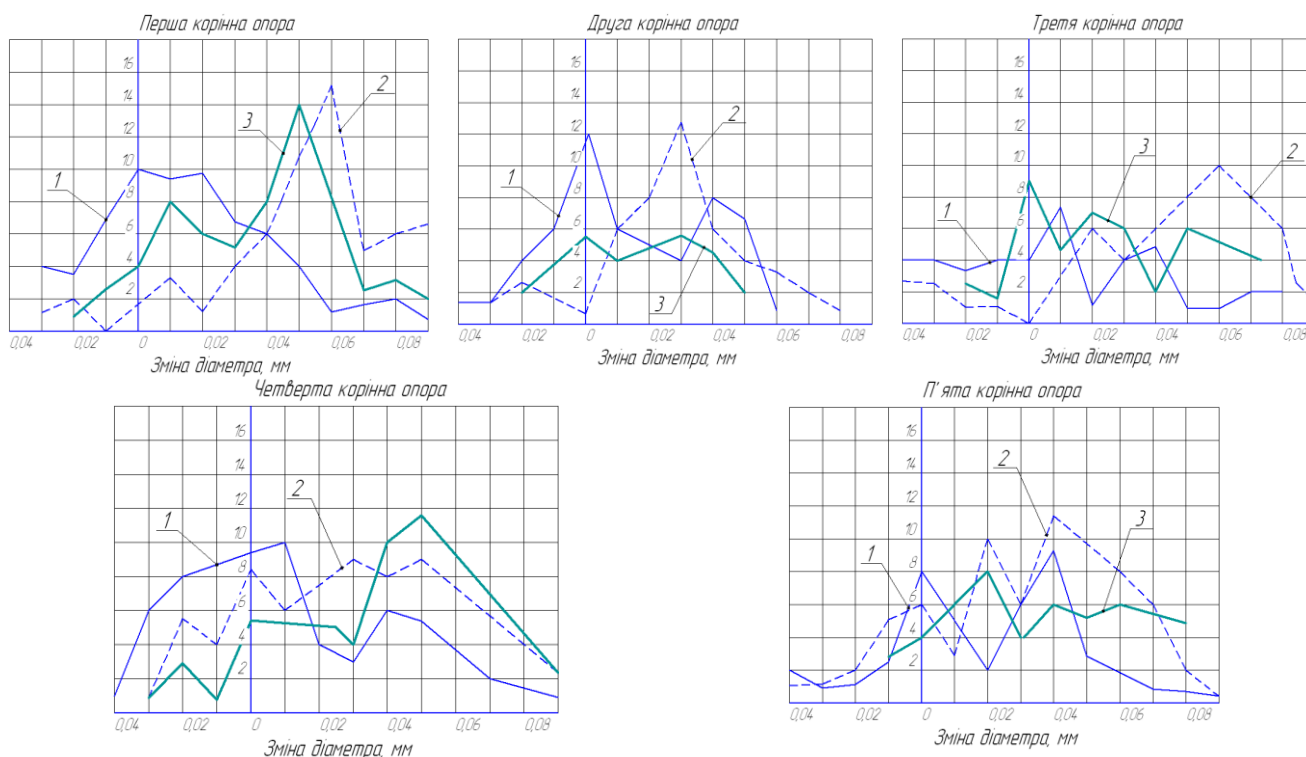


Рисунок 2 – Полігони розподілу зміни діаметра корінних опор блоків двигунів ЯМЗ-238НБ, що поступають в капітальний ремонт: 1- в площині А-А, 2 - в площині Б-Б, 3 - в площині В-В

Визначені емпіричні криві розподілу зміни діаметру п'яти опор блоків двигунів ЯМЗ-238НБ, що поступають в капітальний ремонт, і статистичні характеристики цих змін.

З приведених графіків і статистичних характеристик визначили, що найбільше збільшення діаметру мають перша ($X = 0,042$ мм) корінна опора. Найменше збільшення діаметру ($X = 0,035$ мм) спостерігається у 3-ої і 4-ої ; $x = 0,036$ мм корінних опор.

Найбільше збільшення діаметру крайніх корінних опор, на наш погляд, пояснюється обертанням консольних кінців колінчастого валу, що розбивають корінні опори. Крім того, наявність маховика на кінці колінчастого валу поблизу п'ятої корінної опори збільшує навантаження на неї і посилює збільшення діаметру. На збільшення діаметру другою, третьою і четвертою корінних опор, мабуть, впливає деформація блоку.

Статистична обробка даних мікрометражу дозволила визначити вірогіднісний закон, якому підкоряються данні емпіричні розподіли.

Як показало дослідження, емпіричні криві розподілу зміни діаметру всіх п'яти корінних опор блоків базової конструкції є асиметричними і эксцесивними. Криві перших чотирьох корінних опор мають позитивну асиметрію, а крива п'ятої корінної опори має негативну асиметрію. Асиметричність кривої 2 корінної опори найбільша ($a_s = 0,741$), асиметричність кривої I корінної опори найменша ($a_s = 0,026$). Величини асиметрії і эксцесу у кривих розподілу зміни діаметру всіх корінних опор блоків не перевищують потрібних значень їх помилок. Це свідчить про добре узгодження емпіричних кривих з кривою нормального розподілу.

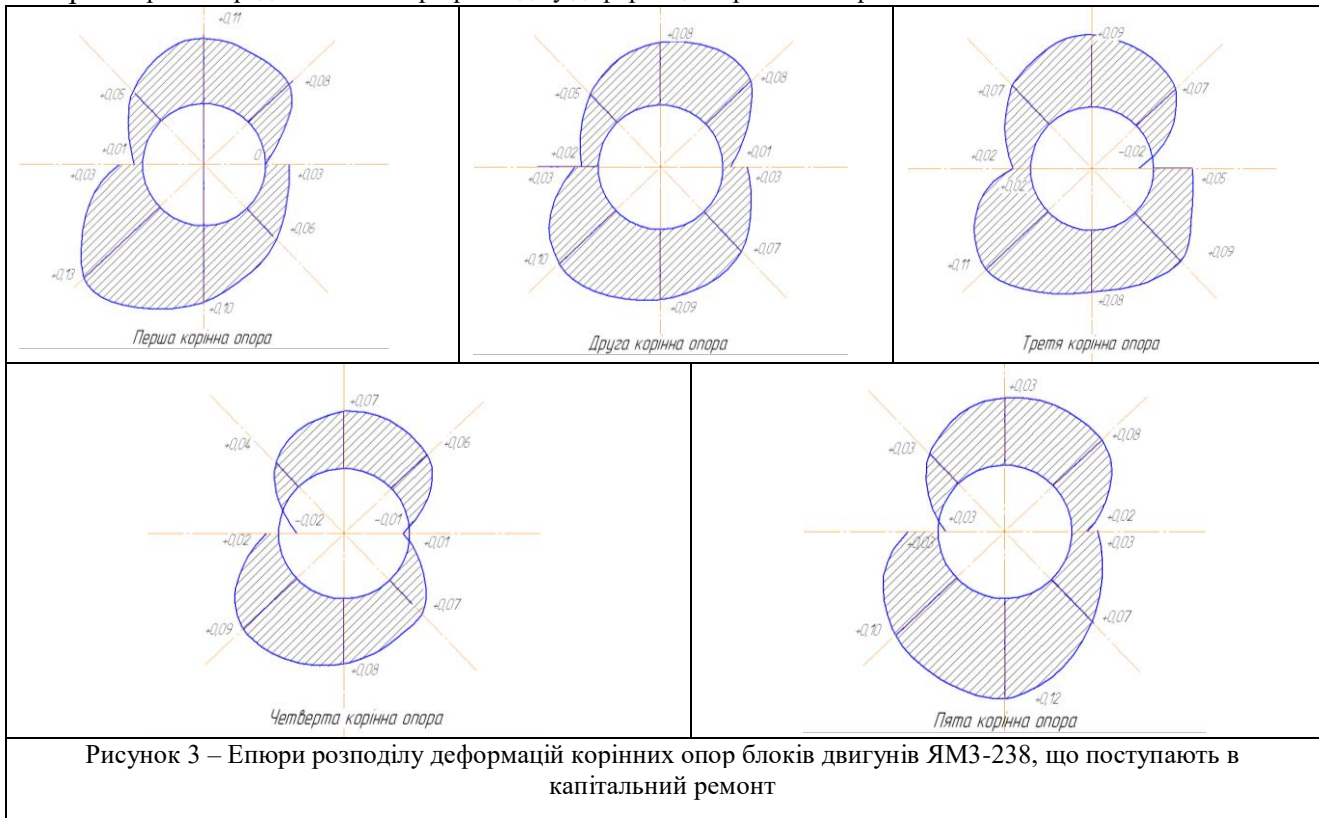
Знаючи закон, якому підкоряється дане емпіричне розподілення, визначена кількість корінних опор блоків, не лежать в межах поля допуску. Ця кількість склала: для 1 корінної опори - 86 %, для 2 корінної опори - 78 %, для 3 корінної опори - 64 %, для 4 корінної опори - 66%, для 5 корінної опори - 83 % .

Оскільки в процесі експлуатації двигунів відбувається не тільки зміна діаметру корінних опор по величині, але змінюється і їх геометрія, яка приводить до неспіввісності корінних опор, то досліджена і геометрія корінних опор блоків двигунів ЯМЗ-238НБ, поступаючих в капітальний ремонт, а також визначена неспіввісність.

Для дослідження неспіввісності корінних опор блоків двигунів ЯМЗ-238НБ, що поступають в капітальний ремонт, по ГОСТ 17510-79 підраховано мінімальне число об'єктів

спостережень. Мінімальне число об'єктів спостережень склало 41 (при $\beta = 0,95$; $\delta = 0,10$; $\gamma = 0,43$). Об'єм вибірки прийнятий $N = 50$.

Одночасно з виміром деформації у цих двигунів визначена зміна діаметру корінних опор. На рис. 3 представлені епюри розподілу деформації корінних опор.



З представлених епюр видно, що найбільшу деформацію мають крайні корінні опори - перша і п'ята; найбільша деформація корінних опор спостерігається у вертикальній площині (А-А) і в площині, розташованій під кутом 45° до горизонту (Б—Б); найменша деформація спостерігається в площині роз'єму блоку і кришок (Г-Г)4 деформація кришок більше деформації блоків.

Епюри розподілу деформації корінних опор дозволили розрахувати неспіввісність середніх корінних опор блоку двигуна щодо крайніх, прийнятих за базові.

Розрахунок величини неспіввісності середніх корінних опор щодо крайніх, прийнятих за базових, проведений по методиці, запропонованій в роботі [8]. По цій методиці спочатку визначена величина зсуву центру всіх корінних опор щодо осі пристосування. Ця величина визначена як напіввісниця алгебраїчного найбільшого і найменшого значення свідчення індикаторної головки, заміряних в протилежних крапках, з урахуванням значень зміни діаметру, що доводиться на сторону корінної опори, що заміряється, тобто:

$$C_i = \frac{(a_{bi} - h_b) - (a_{mi} - h_m)}{2} ,$$

де a_{bi} a_{mi} - числові значення свідчень індикаторної головки, виражені в мм, з боку більшої і меншої зміни діаметру; h_b - числове значення найбільшої зміни діаметру, вираженого в мм, в площині, що заміряється; h_m - числове значення найменшої зміни діаметру, вираженого в мм, в тій же площині виміру.

Враховуючи, що найбільша деформація корінних опор спостерігається у вертикальній площині (А-А) і в площині, розташованій під кутом 45° до горизонту Б-Б), а найбільше збільшення діаметру корінних опор обох конструкцій блоків є в площині Б-Б (рис.3), нами розглянутий зсув центрів корінних опор тільки у вертикальній площині.

Далі розрахунковим шляхом, з урахуванням відстаней від досліджуваної корінної опори до крайніх, прийнятих за базових, а також про облік зсуву центру пристосування

щодо центру досліджуваної корінної опори, знайдений зсув центрів середніх корінних опор. Потім по GT СЕВ 301-76 підрахована величина неспіввісності середніх корінних опор щодо крайніх, прийнятих за базові.

Визначені емпіричні криві розподілу неспіввісності середніх корінних опор щодо крайніх, прийнятих за базові, блоків двигунів ЯМЗ-238НБ, що поступають в капітальний ремонт, і статистичні характеристики цих неспіввісностей.

З графіків і статистичних характеристик встановлено, що найбільшу неспіввісність має третя корінна опора ($X=0,027$ мм). Найменшу неспіввісність має 2 корінна опора ($X = 0,019$ мм).

Причому максимальні значення неспіввісностей корінних опор блоків двигунів досягають величини: для 2 корінної опори - 0,064 мм, для 3 корінної опори - 0,094 мм, для 4 корінної опори - 0,064 мм.

Статистична обробка даних мікрометражу дозволила визначити імовірнісний закон, якому підкоряються дані емпіричні розподіли.

Величини асиметрії і ексцесу у кривих розподілу неспіввісності корінних опор обох конструкцій блоків не перевищують потрібних значень їх помилок $\delta a_3 = 0,35$; $3\delta a_3 = 1,05 \geq a_3$; $= 0,70$; $3\delta e_k = 2,10 \geq e_k$. Це свідчить про хороше узгодження емпіричних кривих з кривою нормального розподілу.

Висновки.

1. В результаті експлуатації двигунів відбувається деформація блоків і кришок корінних підшипників, що приводить до спотворення геометрії корінних опор блоку.

2. Зміна діаметру корінних опор у блоків підкоряється закону нормального розподілу.

3. Деформація кришок більше деформації блоків і досягає максимального значення 0,130 мм.

4. Спотворення геометричної форми корінних опор в блоці і кришках корінних підшипників викликає відхилення корінних опор від номінального розміру як по діаметру, так і по неспіввісності. Найбільші відхилення від номінального розміру діаметру спостерігаються у першій і п'ятій корінних опор і складають: $X=0,042$ мм і $X = 0,040$ мм відповідно. Максимальна величина відхилення від номінального розміру діаметру складає: 0,085 мм. Найбільша неспіввісність спостерігається у 3 корінної опори і складає: $X = 0,027$ мм. Максимальна величина неспіввісності складає: 0,094 мм.

Список літератури

1. Билев Е.А. Ремонт базових поверхностей блока цилиндров двигателя ЗИЛ-120. - Автомобильный транспорт, 1958, № 8, с.25-27.
2. Краснов В.В. Влияние несоосности коренных подшипников на нагруженность коленчатого вала тракторного двигателя. - Труды НАГМ, 1970, вып.206, с.73-84.
3. Тяжелов И.Н. Разработка методов оценки деформации и напряжений в кривошипно-шатунном механизме. - Отчет МАДИ, 1970. 251 с.
4. Финкельштейн З.С. Исследование надежности подшипников автомобильного двигателя. - Сб.: Надежность и контроль качества. Ежемесячное приложение к журналу "Стандарты и качество", 1971, № 9, с.69-74.
5. Ильяков Б. В. Контроль диаметра и соосности опор коренных подшипников. - Автомобильный транспорт, 1970, 10, с.39-40.
6. Кузнецова С.А. Исследование износов постелей блока двигателей ЯМЗ-238НБ, поступающих в капитальный ремонт. - Научные труды ЛСХИ, т.339, Ленинград-Пушкин, 1976, с.51-54.
7. Чирков М.Ф. Прибор для контроля соосности постелей под вкладыши коленчатого вала. - Автомобильная промышленность, 1973, № 4, с.15-17.
8. Тихомиров Г.А., Сеницын Н.М. Методика определения смещения опор валов корпуса бортовых фрикционов трактора. - В сб.: Ремонт, надежность и совершенствование машин, Труды, вып.29, Челябинск, 1967, с.319-325.