

Кабінет Міністрів України
Національний аграрний університет
Ніжинський агротехнічний інститут

Кафедра машиновикористання
в землеробстві

Методичні вказівки для виконання
лабораторно-практичної роботи:
**"Дослідження технічного стану деталей
при надходженні машин в ремонт"**

Ніжин 2007

УДК 631.36

Методичні вказівки містять загальні відомості про дослідження технічного стану деталей машин, статистичну обробку отриманих даних, а також порядок виконання лабораторно-практичної роботи

Робота виконується при вивченні дисципліни “Надійність та ремонт машин” студентами спеціальностей 6.091902 та 7.091902- “Механізація сільського господарства”

Затверджено методичною комісією факультету механізації сільського господарства Ніжинського агротехнічного інституту

Укладачі: М.І. Костащук, Л.О. Шейко

Рецензенти: доц.. Ткачук А.І., доц.. Пожидаєв С.П.

Методичні вказівки

для виконання лабораторно-практичної роботи:

„Дослідження технічного стану деталей
при надходженні машин в ремонт”

Укладачі: КОСТАЩУК МИКОЛА ІВАНОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент кафедри стандартизації і ремонту машин Національного аграрного університету; ШЕЙКО ЛЕОНІД ОЛЕКСІЙОВИЧ, старший викладач Ніжинського агротехнічного інституту

Мета роботи: оволодіти методикою дослідження і аналізу інформації про пошкодження деталей машин, що надходять в ремонт.

В результаті виконання даної роботи студент повинен:

1. Знати:

- 1.1. Призначення і важливість виконання роботи по дослідженню ремонтного фонду деталей.
- 1.2. Методику збору інформації про пошкодження деталей машин при їх надходженні в ремонт.
- 1.3. Методику аналізу зібраної інформації, обробітку її методами математичної статистики.

2. Уміти:

- 2.1. Складати мікрометражні карти (паспорта) по досліджуваним деталям.
- 2.2. Визначати величину і характер пошкодження деталей.
- 2.3. Обробляти отримані дані (результати мікрометражу) методами математичної статистики.

Рекомендована література

1. Масино М. А. Организация восстановления автомобильных деталей. М., Транспорт, 1981.
2. РТМ 44-62. Методика статистической обработки эмпирических данных. Щд-во стандартов, 1966.
3. Селиванов А. Е., Артемьев Ю. М. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники. М., Колос, 1978.

Призначення і важливість дослідження ремонтного фонду деталей.

Доведення конструкцій нових розробок сільськогосподарської техніки до високого рівня надійності, розробка ефективних заходів по їх надійній експлуатації на практиці передбаченого терміну служби, прогнозування повного і залишкового ресурсу деталей машин що надходять в ремонт вибір ефективних технологій відновлення деталей неможливе без вивчення технічного стану деталей машини в процесі експлуатації.

Володіння такою інформацією дозволяє планувати об'єми виготовлення деталей для запасних частин, приймати міри по підвищенню надійності деталей заводами – виготовлювачами і ремонтними підприємствами при відновленні деталей, розробляти найбільш ефективні технологічні процеси відновлення деталей, ефективно організувати виробництво по відновленню зношених деталей.

Знання величини дефектів і швидкості їх накопичення дозволяє прогнозувати ресурс деталей, визначати граничні і допустимі зноси робочих поверхонь, і, в загальному ефективно використовувати деталі, що були в експлуатації, встановлюючи їх на машини для подальшої роботи, чи направляючи на відновлення.

Технічний стан деталей визначається мірою відповідності поверхонь деталей технічної документації. В процесі експлуатації машин поверхні деталей зношуються (до 80%), змінюють форму і взаємне розташування, порушується їхня цілісність і суцільність.

В залежності від конструкції деталі, вузла, чи агрегату, до якого вона входить технології її виготовлення, умов роботи деталі і умов експлуатації машини – величини дефектів деталей (тобто міра невідповідності поверхонь технічній документації) можуть змінюватися в широких межах, тобто вони є випадковими величинами.

Числові характеристики визначені по отриманих в процесі дослідження випадкової величини, називаються статистичними характеристиками. Основними статистичними характеристиками випадкової величини служать середнє арифметичне і середнє квадратичне відхилення. Іншими часто вживаними статистичними характеристиками випадкових величин є розмах і коефіцієнт варіації.

Отриманні в процесі досліджень значення випадкових величин можуть бути представленні у вигляді таблиць і графічно. Графічне представлення виконується на основі таблиць і доповнює їх, ілюструючи розподіл випадкової величини. Отримана сукупність величин, розташована в порядку їх зростання – називається емпіричним розподілом, тобто отриманим в реальних умовах на основі дослідження конкретних об'єктів – деталей.

При великій кількості досліджень емпіричний розподіл випадкових величин наближається до теоретичного розподілу. В теорії імовірностей виділяється декілька основних законів розподілу випадкових величин – закон нормального розподілу, експоненціальний, Вейбула, Релея, гама – розподіл та деякі інші. При визначенні багатьох показників надійності сільськогосподарської техніки (ресурс, зноси та ін.) найбільш часто зустрічається закон нормального розподілу, закон розподілу Вейбула експоненціальний закон.

Для оцінки міри наближеності емпіричного закону розподілу випадкової величини до певного теоретичного користуються критерієм узгодження. Найбільш простими і поширеними є критерії Колмогорова і Пірсона, названі так в честь учених що їх запропонували.

На основі аналізу отриманих в процесі досліджень значень величин дефектів визначають кількість деталей придатних для подальшого використання, кількість деталей що потребують відновлення і кількість деталей що підлягає вибракуванню. На основі цих даних визначаються коефіцієнти придатності K_r , відновлення K_v і вибраковки K_6 .

Методика дослідження ремонтного фонду деталей машин.

Ремонтним фондом називається сукупність деталей , отриманих в результаті збирання машин, їхніх агрегатів і вузлів, що надійшли в ремонт.

1. Першим етапом дослідження ремонтного фонду є підготовка мікрометражних карт (або паспортів) деталей. В залежності від складності вибраної деталі – тобто від кількості досліджуваних показників – мікрометражні карти розробляють або індивідуально для кожної карти, або для певної кількості однакових деталей. В мікрометражній карті подається ескіз деталі з вказуванням поверхонь і дефектів, що підлягають дослідженню, розмірів поверхонь – як за кресленням так і допустимих, вимірювального інструменту. Ця інформація береться, як правило, з технічних вимог на ремонт даної марки машини. При відсутності технічних вимог по нових марках машин ескіз деталі складається з конкретної деталі. Поверхні, досліджувані дефекти і ін-

струмент визначаються по аналогії з подібними деталями машин, на які є технічні вимоги. Розміри карт вибирають такими, щоб при потребі по кожному дефекту можна було записувати розміри отримані вимірюванням в різних площинах і перерізах, або тільки максимальні і мінімальні значення.

В кожній карті повинно виділятися місце для відмітки дати і місця, де виконується дослідження та прізвище того, хто виконав роботу.

Кількість деталей для дослідження для початку приймається на рівні 40-50 штук, а після обробітку отриманої інформації визначається достатність взятої кількості і при необхідності кількість деталей збільшується.

2. Мікрометраж деталей виконується, як правило, на підприємствах, що ремонтують машини даної марки. Перед мікрометражем деталі очищуються, а їхня температура, як і температура вимірювального інструменту, повинна бути близькою до кімнатної (~20°).

Розміри поверхонь деталей вимірюються універсальним вимірювальним інструментом – штангенциркулем, мікрометром, індикаторним нутроміром та ін. Точність інструменту повинна бути у 2-3 рази вищою величини поля допуску на розмір поверхні.

Отримані вимірюванням розміри заносяться до мікрометражних карт.

Інші дефекти – тріщини, зломи, скрученість та ін. виявляються оглядом і відмічаються за альтернативною ознакою – так, чи ні. Типова форма мікрометражної карти показана в табл. 1.

Таблиця 1. Мікрометражна карта
 Стакан підшипника нижній – 125.37.219

Ескіз деталі	№ дефекту	дефект 1	дефект 2	дефект 3
	Назва дефекту	Знос зовнішньої поверхні	Знос внутрішньої поверхні	Тріщини, зломи
	Розмір за кресленням, мм	155 _{-0,025}	140 ±0,020	
	Допустимий розмір, мм	154,92	140,07	

1. Обробіток і систематизація отриманих даних

1.1. У відповідності з допустимими при ремонті розмірами по кожному з дефектів робиться висновок про придатність деталі по ньому, що відмічається в мікрометражній карті, чи на окремому листі літерами Г – придатні до подальшої експлуатації; В – такі, що вимагають відновлення; Б – ті, що підлягають вибракуванню. На основі висновків по дефектах робиться висновок про деталь в цілому, що дозволяє визначити коефіцієнти придатності, відновлення, вибраковки:

Таблиця 2. Результати досліджень

№ деталі	Величина, наявність дефекту			Висновок			
	по дефекту 1	по дефекту 2	по дефекту 3	по дефектах			по деталі
				1	2	3	
1							
2							
3							
4							
5							
7							
8							
9							
.							
-							
-							
-							
48							
49							
50							

$$K_r = \frac{n_r}{N}; \quad (1)$$

$$K_b = \frac{n_b}{N}; \quad (2)$$

$$K_{\delta} = \frac{n_{\delta}}{N}; \quad (3)$$

де – n_r, n_b, n_{δ} , - відповідно кількість деталей придатних для експлуатації, що потребують відновлення і тих, що вибраковуються;

N – загальна кількість досліджених деталей.

$$N = n_r + n_b + n_{\delta}; \quad (4)$$

$$K_r + K_b + K_{\delta} = 1; \quad (5)$$

Після визначення коефіцієнтів придатності, відновлення і вибраковки деталей визначаються коефіцієнти повторюваності дефектів серед деталей, що підлягають відновленню за формулою:

$$K_{nd} = \frac{n_d}{n_e}, \quad (6)$$

де K_{no} - коефіцієнт повторюваності певного дефекту;

n_o - кількість деталей з даним дефектом серед деталей, що підлягають відновленню.

1.2. Статистичні характеристики досліджуваних дефектів визначаються за формулами:

$$R = \delta_{\max} - \delta_{\min}, \quad (7)$$

де R – розмах, або зона розсіювання, мм;

δ_{\max} і δ_{\min} - відповідно максимальне і мінімальне значення зносу поверхні, мм.

Величина зносу поверхні визначається як різниця між отриманим розміром і розміром поверхні за кресленням – максимальним для отворів і мінімальним для валів.

Середнє значення зносу визначається за формулою:

$$\bar{\delta} = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \dots + \delta_n}{N}, \quad (8)$$

де $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n$ – величина зносу досліджуваної поверхні і-тої деталі, мм

Середнє квадратичне відхилення (стандарт) визначається за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\delta_1 - \bar{\delta})^2 + (\delta_2 - \bar{\delta})^2 + (\delta_3 - \bar{\delta})^2 + \dots + (\delta_n - \bar{\delta})^2}{N}} \quad (9)$$

Коефіцієнт варіації

$$v = \frac{\sigma}{\bar{\delta}} \quad (10)$$

Визначення коефіцієнта варіації дозволяє в певній мірі визначити теоретичний закон розподілу зносів. При $v \approx 0.30$ має місце нормальний закон розподілу. При $v > 0.40$ може мати місце один із декількох законів розподілу – Вейбула, експоненціальний, чи якийсь інший. Для точного визначення закону розподілу складається таблиця розподілу зносів поверхонь по інтервалах в порядку зростання з визначенням частоти дефекту в кожному інтервалі.

На основі такої таблиці будується гістограма, або полігон розподілу емпіричних даних (дослідних даних). Гістограмою називається набір прямокутників в системі координат величина зносу (вісь абсцис) – частота (частість) (вісь ординат), основою яких є розмір інтервалу, а висоти відповідають частоті (частості) зносів в даному інтервалі. Полігоном розподілу називається ламана лінія (крива), побудована по точках, що відповідають частоті (частості) зносу в кожному інтервалі. Ставляться точки по середині інтервалу. Полігон розподілу дозволяє більш точно підібрати теоретичний закон розподілу зносів.

Методика побудови полігону розподілу і вибору закону розподілу буде розглянута нижче на конкретному прикладі.

1.3. Приклад. Визначити коефіцієнти придатності, відновлення і вибраковки, та коефіцієнти повторюваності дефектів серед стаканів підшипників нижніх – деталь 125.37.219 тракторів Т-150К, при їх надходженні в ремонт, та статистичній характеристиці зносів.

1.3.1 Форма мікрометражної карти по даній деталі приведена в таблиці №1 і 2. Результати досліджень приведені в таблиці №3.

На основі зроблених висновків по результатах досліджень отримано:

- загальна кількість досліджених деталей $N=50$; (в таблиці 2 наведено 45);
- кількість придатних для подальшого використання деталей $n_1=26$;
- кількість деталей, що підлягають відновленню $n_2=21$;
- кількість вибракуваних деталей $n_3=3$;

Таблиця 3. Результати досліджень дефектів стаканів підшипників– 125.37.219

№ деталі	Дефект 1	Дефект 2	Деф. 3	Висновок			
	$D_{\text{доп}}=154.92$	$d_{\text{доп}}=140.07$	Так(+); ні (-)	1	2	3	По деталі
1	2	3	4	5	6	7	8
1	154.95	140.05	-	Г	Г	Г	Г
2	154.92	140.06	-	Г	Г	Г	Г
3	154.90	140.09	-	В	В	Г	В 1,2
4	154.93	140.07	-	Г	Г	Г	Г
5	154.89	140.10	-	В	В	Г	В 1,2
6	154.95	140.03	-	Г	Г	Г	Г
7	154.97*	140.05	-	Г	Г	Г	Г
8	154.88	140.08	-	В	В	Г	В 1,2
9	154.91	140.06	-	В	Г	Г	В 1
10	154.92	140.07	-	Г	Г	Г	Г
11	154.90	140.05	-	В	Г	Г	В 1
12	154.85	140.10	-	В	В	Г	В 1,2
13	154.93	140.04	-	Г	Г	Г	Г
14	154.86	140.12	-	В	В	Г	В 1,2
15	154.94	140.07	-	Г	Г	Г	Г
16	154.96	140.05	-	Г	Г	Г	Г
17	154.89	140.11	-	В	В	Г	В 1,2
18	154.94	140.12	-	Г	В	Г	В 2
19	154.97*	140.05	-	Г	Г	Г	Г
20	154.87	140.15	+	В	В	Б	Б
21	154.82	140.18	-	В	В	Г	В 1,2
22	154.93	140.06	-	Г	Г	Г	Г
23	154.90	140.06	-	В	Г	Г	В 1
24	154.84	140.12	-	В	В	Г	В 1,2
25	154.92	140.10	-	Г	В	Г	В 2
26	154.86	140.18	+	В	В	Б	Б
27	154.81	140,25**	-	В	В	Г	В 2

28	154.75**	140.20	-	В	В	Г	
29	154.93	140.05	-	Г	Г	Г	Г
30	154.93	140.06	-	Г	Г	Г	Г
31	154.90	140.08	-	В	В	Г	В 1,2
32	154.86	140.17	-	В	В	Б	В 1,2
33	154.95	140.07	-	Г	Г	Г	Г
34	154.94	140.06	-	Г	Г	Г	Г
35	154.95	140.05	-	Г	Г	Г	Г
36	154.95	140.06	-	Г	Г	Г	Г
37	154.92	140.05	-	Г	Г	Г	Г
38	154.85	140.07	-	В	Г	Г	В 1
39	154.96	140.12	-	Г	В	Г	В 2
40	154.93	140.06	-	Г	Г	Г	Г
41	154.94	140.05	-	Г	Г	Г	Г
42	154.92	140.06	-	Г	Г	Г	Г
43	154.82	140.15	-	В	В	Г	В 1,2
44	154.93	140.06	-	Г	Г	Г	Г
45	154.94	140.06	-	Г	Г	Г	Г
46	154.75	140.22	-	В	В	Г	В1,2
47	154.93	140.06	-	Г	Г	Г	Г
48	154.96	140.05	-	Г	Г	Г	Г
49	154.94	140.07	-	Г	Г	Г	Г
50	154.90	140.06	+	В	Г	Б	Б

В таблиці 2: ** - максимальне значення дефекту; * - мінімальне значення дефекту; $n_r=26$; $n_b=21$; $n_6=3$; $n_{b1}=21$; $n_{b2}=19$; $n_{r1}=29$; $n_{r2}=31$.

- кількість деталей з першим дефектом серед всіх деталей $n_{13}=21$; а серед тих, що підлягають відновленню $n_{1b}=18$;

- кількість деталей з другим дефектом серед всіх деталей $n_{23}=19$, а серед тих, що підлягають відновленню $n_{26}=17$.

Отже, коефіцієнти придатності, відновлення і вибраковки становлять:

$$K_z = \frac{n_z}{N} = \frac{26}{50} = 0.52;$$

$$K_g = \frac{n_g}{N} = \frac{21}{50} = 0.42;$$

$$K_o = \frac{n_o}{N} = \frac{3}{50} = 0.06;$$

Коефіцієнт повторності першого дефекту серед усіх деталей становить

$$K_{n13} = \frac{n_{13}}{N} = \frac{21}{50} = 0.42;$$

а серед тих, що підлягають відновленню

$$K_{n16} = \frac{n_{1e}}{n_e} = \frac{18}{21} = 0,86;$$

Коефіцієнт повторності другого дефекту серед усіх деталей становить

$$K_{n23} = \frac{n_{23}}{N} = \frac{29}{50} = 0,58,$$

а серед тих, що підлягають відновленню

$$K_{n26} = \frac{n_{2e}}{n_e} = \frac{17}{21} = 0,81.$$

1.3.2. Визначимо статистичні характеристики досліджуваних дефектів.

Величина зносу поверхонь визначається як різниця між величиною дефекту і максимальним (або мінімальним значенням розміру за кресленням) - відповідно для отворів і для валів.

По першому дефекту (зовнішня поверхня, тобто вал) мінімальне значення розміру за кресленням становить $155-0,025=154,0975$ мм, приймаємо 154,97мм.

По другому дефекту (внутрішня поверхня, тобто отвір) максимальне значення розміру за кресленням становить $140+0,020=140,020$ мм.

Максимальне і мінімальне значення зносу по першому дефекту становить відповідно 0,22мм і 0мм. Отже, розмах розсіювання становить 0,22мм.

Максимальне і мінімальне значення зносу по другому дефекту становить відповідно 0,23мм і 0,01мм. Отже, розмах розсіювання по другому дефекту теж становить 0,22мм. Середнє значення зносу визначаємо за формулою 8.

По першому дефекту $\bar{\delta}_1=0,065$ мм. По другому дефекту $\bar{\delta}_2=0,068$ мм.

Середні квадратичні відхилення величин зносу визначаємо за формулою 9.

По першому дефекту $\sigma_1=0,05$ мм, а по другому теж $\sigma_2=0,05$ мм.

Коефіцієнти варіації визначаємо за формулою 10. По першому дефекту $v_1=0,76$, а по другому $v_2=0,74$.

Виходячи з отриманих значень коефіцієнтів варіації приймаємо як теоретичний закон розподілу – закон розподілу Вейбула.

Побудуємо гістограму і полігони розподілу зносів по першому і другому дефектах. Для цього розділимо всю зону розсіювання зносів на інтервали, кількість яких приймається рівною від 7 до 15. У зв'язку з нерівномірним розподілом зносів (наявні значення, що різко виділяються із загальної маси, про це також свідчить велике значення коефіцієнта варіації), приймаємо кількість інтервалів рівною 12, з інтервалом 0,02мм. Визначимо кількість зносів, розташованих у кожному інтервалі, і отримані дані занесемо у таблиці 5 і 6. На основі даних частот з таблиць 5 і 6 побудуємо гістограми і полігони розподілу зносів поверхонь стаканів підшипників нижніх (рис. 1 і 2)

3.3.3 Перевіримо достатність дослідженої кількості деталей, при їх надходженні в ремонт. Мінімальна кількість деталей визначається за формулою

$$n_{\min} = \frac{\sigma^2 t_{\beta}^2}{\Delta^2}, \quad (11)$$

де σ - середнє квадратичне відхилення;
 t_{β} - коефіцієнт, залежний від заданої довірчої імовірності β . Для практичних цілей $\beta=0,90 \dots 0,95$. При $\beta=0,90$ $t_{\beta}=1.643$, а $t_{\beta}^2=270$.

Δ - величина допустимої помилки. При дослідженні зносів приймають $\Delta=0,8$ величини інтервалу.

Для оцінки кількості деталей по першому дефекту

$$n_{\min} = \frac{(0.05)^2 \times 2.7}{(0.02 \times 0.8)^2} = 26.$$

По другому дефекту значення n_{\min} буде таке ж, оскільки середнє квадратичне відхилення і величина інтервалу однакові.

Отже, досліджена кількість стаканів підшипників є цілком достатньою для перенесення отриманих результатів на генеральну сукупність досліджуваних деталей.

3.3.4 Результати досліджень заносимо в таблицю 4.

Висновки

1. Коефіцієнти придатності, відновлення і вибраковки стаканів підшипників нижніх тракторів Т-150К, що надходять в ремонт, становлять відповідно 0,52; 0,42; 0,06.
2. Коефіцієнти повторності зносу внутрішніх і зовнішніх поверхонь серед деталей що підлягають відновленню становлять 0,86 і 0,81.
3. Величини зносів зовнішньої і внутрішньої поверхонь стаканів підшипників змінюються в межах 0,01...0,23мм, Середнє значення зносу поверхонь становить 0,065 і 0,068мм. Середньоквадратичне відхилення зносів обох поверхонь рівне 0,05мм.
4. Коефіцієнт варіації зносів обох поверхонь становить 0,76 та 0,74, що разом з побудованими полігонами розподілу зносів, вказує на відповідність розподілу зносів теоретичному закону розподілу Вейбула.

Зміст і порядок виконання НДР. Робота виконується студентом по отриманому варіанту згідно з даними методичними вказівками.

По отриманому варіанту – деталі і дефектах, студент розробляє мікрометражну карту для дослідження 50 деталей.

В розроблені мікрометражні карти заносяться розміри поверхонь деталей та інші дефекти згідно із отриманими варіантами по додатках 1 і 2.

Додаток 2 вказує кількість деталей, що мають величини зносів, рівні добутку величини інтервалу на номер інтервалу. Наприклад, при величині інтервалу 0,10мм у п'ятому інтервалі знос усіх деталей даного інтервалу становить $0,10 \times 5 = 0,5$ мм. Розміри, які повинні бути занесені у мікрометражну карту, визначаються додаванням (для охоплюючих деталей), або відніманням (для охоплюваних) величини зносу до (від) номінального розміру поверхні.

За отриманими даними визначаються величини зносів, коефіцієнти повторності дефектів, статистичні характеристики зносів і будується їхній розподіл – гістограми і полігони. Отримані результати заносяться в таблицю.

Таблиця 4. Показники технічного стану стаканів підшипників нижніх –
деталь 125.37.219 тракторів Т-150К

Найменування показників	Умовні позначення	Дефекти			Деталь в цілому
		1	2	3	
1. Коефіцієнти					
-придатності	K_T			-	0,52
-відновлення	K_B			-	0,42
-вибраковки	K_6			-	0,06
-повторності дефекту серед загальної кількості деталей	$K_{пз}$	0,42	0,58	-	
-повторності дефекту серед деталей, що підлягають відновленню	$K_{пв}$	0,86	0,81	-	
2. Величина зносу, мм					
- Мінімальна	δ_{\min}	0	0,01	-	
- Максимальна	δ_{\max}	0,22	0,23	-	
3. Розмах зносу, мм	R	0,22	0,22	-	
4. Середнє значення зносу, мм	$\bar{\delta}$	0,065	0,068	-	
5. Середнє квадратичне відхилення, мм	σ	0,05	0,05	-	
6. Коефіцієнт варіації	ν	0,76	0,74	-	

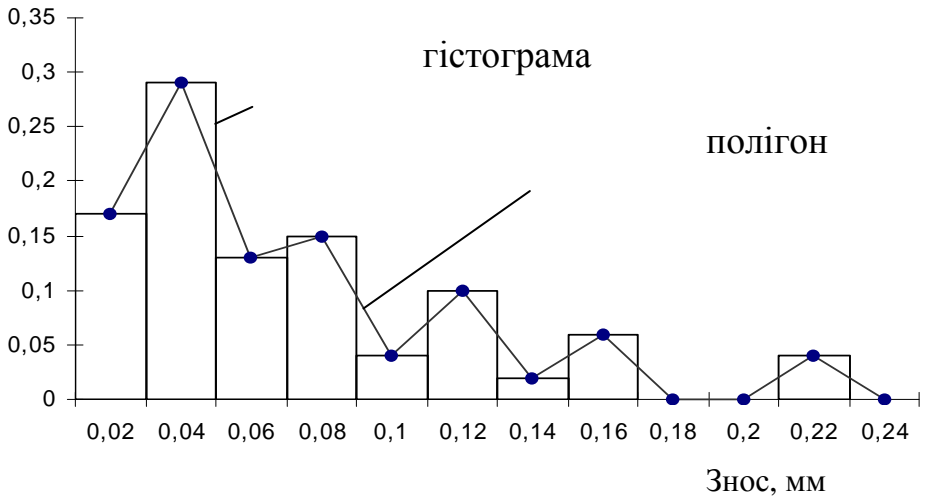
Контрольні запитання

1. Для чого розробляються мікрометражні карти ?
2. Як визначаються коефіцієнти придатності, відновлення і вибраковки ?
3. Що означають коефіцієнти придатності, відновлення і вибраковки ?
4. Що означає коефіцієнт повторності дефекту і як він визначається ?
5. Як визначається середнє значення зносу певної поверхні ?
6. Як визначається середнє квадратичне відхилення зносу ?
7. Як визначається коефіцієнт варіації зносу ?
8. За якими основними законами відбувається розподіл випадкових величин ?

Таблиця 5. Статистичні дані про розподіл зносів
зовнішньої поверхні стаканів підшипників

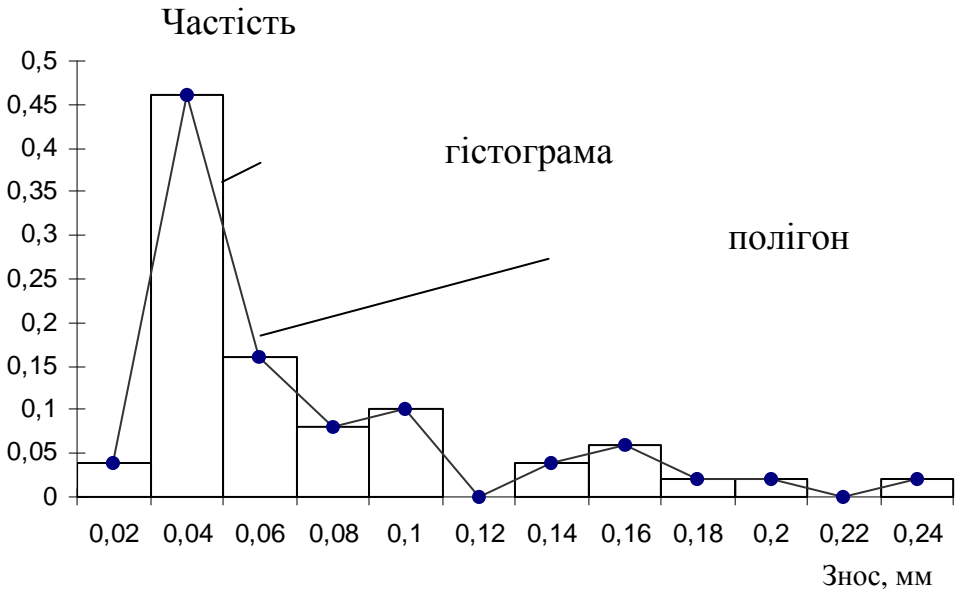
№ інтервалу	Інтервал, мм		Середина інтервалу, мм	Частота, m_i	Частість $\frac{m_i}{N}$
	від (вище)	до (включ.)			
1	0,00	0,02	0,01	8	0,17
2	0,02	0,04	0,03	14	0,29
3	0,04	0,06	0,05	6	0,13
4	0,06	0,08	0,07	7	0,15
5	0,08	0,10	0,09	2	0,04
6	0,10	0,12	0,11	5	0,10
7	0,12	0,14	0,13	1	0,02
8	0,14	0,16	0,15	3	0,06
9	0,16	0,18	0,17	-	-
10	0,18	0,20	0,19	-	-
11	0,20	0,22	0,21	2	0,04
12	0,22	0,24	0,23	-	-

Частість



Таблиця 6. Статистичні дані про розподіл зносів зовнішньої поверхні стаканів підшипників

№ інтервалу	Інтервал, мм		Середина інтервалу, мм	Частота, m_i	Частість $\frac{m_i}{N}$
	від (вище)	до (включ.)			
1	0,00	0,02	0,01	2	0,04
2	0,02	0,04	0,03	23	0,46
3	0,04	0,06	0,05	8	0,16
4	0,06	0,08	0,07	4	0,08
5	0,08	0,10	0,09	5	0,10
6	0,10	0,12	0,11	-	-
7	0,12	0,14	0,13	2	0,04
8	0,14	0,16	0,15	3	0,06
9	0,16	0,18	0,17	1	0,02
10	0,18	0,20	0,19	1	0,02
11	0,20	0,22	0,21	-	-
12	0,22	0,24	0,23	1	0,02



Таблиця Д. 1. Варіанти завдань по дослідженню технічного стану деталей

№ п/п	Найменування деталі і її позначення	Дефекти деталі по варіантах (групах)					
		1	2	3	4	5	6
1	Вал первинний 151.37.104-2	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;2;5	0;2;4	0;3;4
2	Вал вторинний 151.67.037-2СБ	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;2;3	0;2;4	0;3;4
3	Корпус КП 151.37.101-2	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;1;5	0;1;6	0;1;7
4	Корпус РК 151.37.301-2	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;1;5	0;1;6	0;1;7
5	Вал опори 151.41.126	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;2;3	0;2;4	0;3;4
6	Корпус РК 151.37.301-2	0;2;3	0;2;4	0;2;5	0;2;6	0;2;7	0;3;4
7	Корпус КП 151.37.101-2	0;2;3	0;2;4	0;2;5	0;2;6	0;2;7	0;3;4
8	Корпус РК 151.37.301-2	0;3;5	0;3;6	0;3;7	0;4;5	0;4;6	0;4;7
9	Барaban фрикціона 150.37.140-1	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;2;3	0;2;4	0;3;4
10	Вал первинний РК151.37.305-4	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;2;3	0;2;4	0;3;4
11	Вал приводу 151.37.310-1	0;1;2	0;Г;3	0;1;4	0;1;5	0;1;6	0;2;3
12	Вал первинний РК151.37.305-4	0;3;5	0;3;6	0;4;5	0;4;6	0;5;6	0;2;5
13	Вал приводу 151.37.310-1	0;2;4	0;2;5	0;3;4	0;3;5	0;4;5	0;4;6
14	Вал шестерня 151.37.489-2	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;1;5	0;1;6	0;2;3
15	Вал ведений 150.41.041-3СБ	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;1;5	0;1;6	0;2;3
16	Вал шестерня 151.37.489-2	0;2;4	0;2;5	0;2;6	0;3;4	0;3;5	0;3;6
17	Вал ведений 150.41.041-3СБ	0;2;4	0;2;5	0;2;6	0;3;4	0;3;5	0;3;6
18	Корпус редукт. ВВП 150.41.101-4	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;2;3	0;2;4	0;3;4
19	Вісь колінчата 150.32.012-3СБ	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;1;5	0;1;6	0;2;3
20	Корпус КП 151.37.101-2	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;1;5	0;1;6	0;1;7
21	Вісь колінчата 150.32.0123 СБ	0;2;4	0;2;5	0;2;6	0;3;4	0;3;5	0;4;5
22	Корпус КП 151.37.101-2	0;1;8	0;2;3	0;2;4	0;2;5	0;2;6	0;2;7
23	Картер задній 150.37.172-1А	0;1;2	0;1;3	0;1;4	0;2;3	0;2;4	0;3;4
24	Корпус КП 151.37.101-2	0;2;8	0;3;4	0;3;5	0;2;3	0;3;7	0;3;8
25	Корпус КП 151.37.101-2	0;4;5	0;4;6	0;4;7	0;3;6	0;5;7	0;6;8

Таблиця Д.2. Характеристика зносів робочих поверхонь деталей

№ п п	Перелік деталей та їх дефектів	Номер вар	Розмір, мм		Кількість значень розмірів по інтервалах								
			заводський	допустимий	1	2	3	4	5	6	7	8	Δi
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Вал первинний 151.37.104-2</i>													
1	Знос шліців	1	4,72 ^{+0,125} _{+0,045}	4,41	13	11	9	8	5	3	0	1	0,1
2	Знос шліців	2	10 ^{-0,060} _{-0,120}	9,54	12	16	10	5	3	2	1	1	0,1
3	Знос шийки під підшипник	3	55 ^{+0,021} _{+0,002}	54,99	2	4	6	12	12	7	4	3	0,01
4	Знос шийки під підшипник	4	65 ^{+0,021} _{+0,002}	64,99	12	10	9	8	6	3	2	0	0,01
<i>Вал вторинний 151.37.037-2СВ</i>													
5	Знос шийки під підшипник	1	55 ^{+0,021} _{+0,002}	54,99	10	12	8	7	6	4	2	1	0,01
6	Знос шийки під підшипник	2	65 ^{+0,021} _{+0,002}	65,00	10	18	7	6	5	2	2	0	0,01
7	Знос шліців	3	10 ^{-0,060} _{-0,120}	9,57	2	4	7	13	12	6	4	2	0,10
8	Знос шліців	4	18 ^{-0,050} _{-0,120}	16,99	13	10	8	9	4	3	1	2	0,10
<i>Корпус коробки передач 151.37.101-2</i>													
9	Знос отвору під стакан	1	135 ^{+0,040}	135,07	11	12	9	7	6	2	2	1	0,02
10	Знос отвору під стакан	2	155 ^{+0,040}	155,08	8	16	8	6	6	3	2		0,02
11	Знос отвору під стакан	3	135 ^{+0,040}	135,07	1	3	6	12	14	8	4	2	0,02
12	Знос отвору під стакан	4	155 ^{+0,040}	155,08	12	9	10	7	5	4	2	1	0,02
13	Знос отвору під стакан	5	160 ^{+0,040}	160,08	9	14	11	8	5	2	0	1	0,02
14	Знос отвору під підшипник	6	110 ^{+0,017} _{-0,017}	110,05	1	4	6	12	13	7	5	2	0,01

15	Знос отвору під підшипник	7	110 ^{+0,017} _{-0,017}	110,05	13	11	9	8	5	3	0	1	0,01
<i>Корпус роздавальної коробки 151.37.301-2</i>													
16	Знос отвору під підшипник	1	120 _{-0,035}	120,06	12	10	9	8	6	3	2	0	0,02
17	Знос отвору під підшипник	2	120 _{-0,035}	120,06	12	16	10	5	3	2	1	1	0,02
18	Знос отвору під стакан	3	155 ^{+0,040}	155,08	0	3	7	13	14	8	4	1	0,03
19	Знос отвору під стакан	4	155 ^{+0,040}	155,08	10	12	8	7	6	4	2	1	0,03
20	Знос отвору під підшипник	5	130 ^{+0,040}	130,07	10	18	7	6	5	2	2	0	0,03
21	Знос отвору під стакан	6	135 ^{+0,040}	135,07	2	5	8	11	11	7	4	2	0,03
22	Знос отвору під стакан	7	160 ^{+0,040}	160,08	13	10	8	9	4	3	1	2	0,03
<i>Вал опори 151.41.126</i>													
23	Знос шліців	1	6 ^{-0,040} _{-0,095}	5,25	11	12	9	7	6	2	2	1	0,15
24	Знос шийки під підшипник	2	40 ^{+0,025} _{+0,009}	39,98	8	16	8	6	6	3	2	1	0,01
25	Знос шийки під підшипник	3	40 ^{+0,025} _{+0,009}	39,98	2	4	6	12	12	7	4	2	0,01
26	Знос шліців	4	5 ^{-0,045} _{-0,095}	4,40	9	14	11	8	5	2	0	1	0,10
<i>Вал ходозменшувача 151.37.239-2</i>													
27	Знос шийки під підшипник	1	40 ^{+0,018} _{+0,002}	39,98	11	5	11	8	3	1	0	1	0,01
28	Знос шийки під підшипник	2	40 ^{+0,018} _{+0,002}	39,98	12	9	10	7	5	4	2	1	0,01
29	Знос шліців	3	9 ^{-0,045} _{-0,095}	8,30	2	4	7	13	12	6	4	2	0,15
30	Знос канавки	4	1,9 ^{+0,025}	2,50	13	11	9	8	5	3	0	1	0,10
<i>Гарабан функціону 150.37.140-1</i>													
31	Знос пазів під диски	1	30 ^{+0,210}	31,20	12	10	9	8	6	3	2	0	0,50

32	Знос шліцевих пазів	2	18 ^{+0,80}	18,70	8	12	12	9	5	2	1	1	0,15
33	Знос отвору під диски	3	220 ^{+1,150}	222,00	1	3	6	12	14	8	4	2	0,40
34	Знос отвору під кільце	4	205 ^{+0,072}	205,20	10	12	8	7	6	4	2	1	0,10
<i>Вал первинний РК 151.37.305-4</i>													
35	Знос шийки під підшипник	1	55 _{-0,019}	54,95	13	10	8	9	4	3	1	2	0,02
36	Знос шийки під втулку	2	55 _{-0,019}	54,95	12	16	10	5	3	2	1	1	0,02
37	Знос шліців	3	10 _{-0,060} _{-0,120}	9,25	1	4	6	12	13	7	5	2	0,20
38	Знос шийки під підшипник	4	65 ^{+0,021} ^{+0,002}	64,97	11	12	9	7	6	2	2	1	0,02
39	Знос шийки під підшипник	5	65 ^{+0,021} ^{+0,002}	64,97	10	18	7	6	5	2	2	0	0,02
40	Знос шліців	6	7,5 _{-0,050} _{-0,100}	6,4	0	3	7	13	14	8	4	1	0,20
<i>Вал приводу 151.37.310-1</i>													
41	Знос шийки під підшипник	1	55 ^{+0,010} _{-0,010}	54,96	12	9	10	7	5	4	2	1	0,02
42	Знос шліців	2	10 _{-0,060} _{-0,120}	9,25	8	16	8	6	6	3	2	1	0,15
43	Знос шийки під підшипник	3	65 ^{+0,021} ^{+0,002}	64,97	2	5	8	11	11	7	4	2	0,02
44	Знос шийки під манжету	4	80 _{-0,120}	79,70	13	11	9	8	5	3	0	1	0,05
45	Знос канавки під кільце	5	2,2 ^{+0,250}	2,80	9	14	11	8	5	2	0	1	0,15
46	Знос шийки під підшипник	6	55 ^{+0,010} _{-0,010}	54,96	2	4	6	12	12	7	4	3	0,02
<i>Вал-шестерня 151.37.489-2</i>													
47	Знос зубів	1	7,5 _{-0,050} _{-0,100}	6,4	12	10	9	8	6	3	2	0	0,20
48	Знос отворів під підшипник	2	90 ^{+0,035}	90,07	11	15	11	8	3	1	0	1	0,02
49	Знос виступу по товщині	3	20 _{-0,330}	18,50	2	4	7	13	12	6	4	2	0,30
50	Знос шийки під підшипник	4	55 ^{+0,008} _{-0,008}	49,97	10	12	8	7	6	4	2	1	0,01

51	Знос шліців	5	10 ^{-0,030} _{-0,090}	9,25	8	12	12	9	5	2	1	1	0,15
52	Знос шийки під підшипник	6	75 ^{+0,023} _{+0,003}	74,98	1	3	6	12	14	8	4	2	0,01
<i>Шестерня ведуча 150.38.103-2</i>													
53	Знос зубів	1	16 _{-0,100}	16,40	13	10	8	9	4	3	1	2	0,10
54	Знос шийки під підшипник	2	70 ^{+0,023} _{+0,003}	69,98	12	16	10	5	3	2	1	1	0,01
55	Знос шийки під підшипник	3	65 ^{+0,021} _{+0,002}	64,97	1	4	6	12	13	7	5	2	0,02
56	Знос шліців по товщині	4	10 ^{-0,060} _{-0,120}	9,25	11	12	9	7	6	2	2	1	0,15
<i>Вал ведений 150.41.041-3СБ</i>													
57	Знос канавки	1	2,45 ^{+0,060}	2,70	12	9	10	7	5	4	2	1	0,10
58	Знос шийки під підшипник	2	55 ^{+0,020} _{+0,003}	49,98	10	18	7	6	5	2	2	0	0,01
59	Знос шліців	3	18 ^{-0,050} _{-0,090}	17,25	0	3	7	13	14	8	4	1	0,15
60	Знос шийки під підшипник	4	55 ^{+0,010} _{-0,010}	54,95	13	11	9	8	5	3	0	1	0,02
61	Знос шийки під манжету	5	45 _{-0,062}	44,85	8	16	8	6	6	3	2	0	0,04
62	Знос шийки під підшипник	6	55 ^{+0,010} _{-0,010}	54,95	2	5	8	11	11	7	4	2	0,02
<i>Корпус редуктора ВВП 150.41.101-4</i>													
63	Знос поверхні отвору	1	110 ^{+0,035}	110,08	12	10	9	8	6	3	2	2	0,02
64	Знос поверхні під стакан	2	102 ^{+0,035}	102,10	9	14	11	8	5	2	0	0	0,02
65	Знос поверхні під кришку	3	132 ^{+0,040}	132,13	2	4	6	12	12	7	4	2	0,04
66	Знос поверхні під стакан	4	132 ^{+0,040}	132,13	10	12	8	7	6	4	2	2	0,04
<i>Вісь колінчата 150.32.012-3СК</i>													
67	Знос шийки під втулку	1	75 ^{-0,030} _{-0,104}	74 30	11	15	11	8	3	1	0	0	0,15

68	Знос шийки під втулку	2	60 ^{-0,030} _{-0,104}	59,30	13	10	8	9	4	3	1	0	0,15
69	Знос шийки під втулку	3	50 _{-0,190}	49,20	2	4	7	13	12	6	4	0	0,20
70	Знос шийки під підшипник	4	65 ^{-0,012} _{-0,032}	64,92	8	12	12	9	5	2	1	0	0,02
71	Знос шийки під підшипник	5	65 ^{-0,012} _{-0,032}	54,92	11	12	9	7	6	2	2	0	0,02
72	Знос шийки під канавку	6	50 _{-0,062}	49,85	1	3	6	12	14	8	4	1	0,04

Корпус КПП 150.37.101-2

73	Знос поверхні під стакан	1	135 ^{+0,040}	135,10	12	16	10	5	3	2	1	0	0,03
74	Знос поверхні під стакан	2	130 ^{+0,040}	130,10	12	9	10	7	5	4	2	0	0,03
75	Знос поверхні під стакан	3	152 ^{+0,040}	152,12	1	4	6	12	13	7	5	1	0,03
76	Знос поверхні під стакан	4	135 ^{+0,040}	135,10	10	18	7	6	5	2	2	1	0,03
77	Знос поверхні під стакан	5	132 ^{+0,040}	132,10	0	3	7	13	14	8	4	2	0,03
78	Знос поверхні під стакан	6	100 ^{+0,035}	100,10	13	11	9	8	5	3	0	2	0,03
79	Знос поверхні під стакан	7	110 ^{+0,035}	110,10	12	10	9	8	6	3	2	1	0,03
80	Знос поверхні під стакан	8	152 ^{+0,040}	152,10	8	16	8	6	6	3	2	0	0,03

Картер задній 150.37.172-1А

81	Знос поверхні під підшипник	1	80 ^{+0,015} _{-0,015}	80,05	9	14	11	8	5	2	0	2	0,02
82	Знос поверхні під підшипник	2	115 ^{+0,017} _{-0,017}	115,05	10	12	8	7	6	4	2	0	0,02
83	Знос поверхні під вісь	3	30 ^{+0,052}	30,18	2	5	8	11	11	7	4	3	0,04
84	Знос поверхні під стакан	4	116 ^{+0,054}	116,18	11	15	11	8	3	1	0	2	0,04