

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Петренко К.Г.

ТРИБОТЕХНІКА

ПОСІБНИК

до лабораторно-практичних робіт
для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»
спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування»

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради механіко-технологічного факультету Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

Рецензенти:

К.О. Самойчук – д.т.н., доцент, в.о. зав. кафедри обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф.Ю. Ялпачика, Таврійський державний агротехнологічний університет;

В.В. Черкун – к.т.н., доцент кафедри технології конструкційних матеріалів, Таврійський державний агротехнологічний університет.

Журавель Д.П.

Триботехніка: посібник до лабораторно-практичних робіт / Д.П. Журавель, О.Ю. Новік, А.М. Бондар, К.Г. Петренко. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 138 с.

Методичний посібник призначається для використання студентами на лабораторно-практичних заняттях з дисципліни «Триботехніка». В методичному посібнику наведено в структурованій формі методику, програму виконання лабораторних робіт, завдання для самостійної підготовки та питання для контролю знань і самоперевірки, що відповідає програмі навчальної дисципліни. При розробці методичного посібника автори керувалися метою надати студентам відомості теоретичного та практичного значення з питань конструкції трибосистем та діагностування вузлів тертя та зношення, які необхідні для надійної експлуатації техніки, встановлення причин зношування і шляхи підвищення їх зносостійкості.

ЗМІСТ

1	Оцінка безвідмовної роботи невідновлюваних елементів трибо систем.....	4
2	Визначення ресурсу трибоспряжень.....	12
3	Вивчення засобів вимірювання параметрів трибоспряжень.....	24
4	Розрахунок параметрів зношування деталей методом штучних баз.....	47
5	Розрахунок основних параметрів безвідмовності технічних систем.....	55
6	Вивчення методів виявлення прихованих дефектів.....	67
7	Дослідження видів тертя.....	83
8	Наплавлення зносостійких шарів в середовищі захисних газів.....	89
9	Діагностика вузлів тертя.....	101
10	Дослідження поверхнево-пластичної обробки трибоспряжень.....	112
11	Дослідження зношування конструкційних матеріалів.....	123

ТЕМА 1. ОЦІНКА БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ НЕВІДНОВЛЮВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТРИБОСИСТЕМ

Мета роботи: опанувати методику розрахунку основних показників безвідмовності приводних клинових пасів при використанні методів математичної статистики та теорії ймовірності

Завдання для самостійної підготовки

В процесі підготовки до лабораторно-практичної роботи студент вивчає показники надійності техніки та порядок їх визначення.

В результаті виконання роботи студент повинен вивчити основні методи розрахунків і порядок обробки інформації про надійність техніки; на основі даних випробувань визначити числові значення показників безвідмовності приводних клинових пасів.

Вказівки до виконання роботи

2.1 Отримати завдання за варіантом, що видав викладач.

2.2. Занести дані завдання в табл. 1 звіту з лабораторно-практичної роботи.

2.3 Розрахувати дані емпіричних частот і накоплені частоти. Занести результати розрахунків в табл. 1.

2.4 На основі результатів розрахунків (табл. 1) побудувати гістограму та полігон емпіричного розподілу (рис. 1 звіту).

2.5 Визначити початкові параметри емпіричного розподілу і занести їх в табл. 2 звіту до роботи.

2.6 Розрахувати статистичні показники безвідмовності і занести їх у табл. 2.

2.7 Побудувати графіки зміни емпіричної вірогідності безвідмовної роботи, вірогідності відмови (рис. 2 звіту до роботи).

2.8 Визначити інтенсивність відмов клинових пасів для різних часткових інтервалів і занести результати у табл. 2.

Рекомендації щодо виконання роботи і оформлення звіту

За умовами завдання необхідно визначити числові значення показників безвідмовності приводних клинових пасів за результатами випробувань 40 однотипних зразків.

Клинові паси – вироби, що не ремонтуються. Основними показниками їх надійності є ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ та ймовірність відмови $Q(t)$, середній наробіток до першої відмови T_1 , інтенсивність відмов $\lambda(t)$.

2.2.1 Методику визначення показників безвідмовності розглянемо на прикладі виконання наступного завдання.

За заданим викладачем варіантом маємо: часткові інтервали значень наробітків T_i з додатку А та значення частот m_i відмов пасів за i -м частковим інтервалом.

З додатку Б даних методичних вказівок інтервальний статистичний ряд емпіричного розподілу наробітків T_i для заданих умов наведено в таблиці 1 звіту до роботи.

В цій же таблиці записуються значення частостей $\frac{m_i}{N}$ і накоплених частостей $\frac{\sum m_i}{N}$; $N = 40$.

2.2.2 Дані табл. 1 використовуються для побудови графіків, які наглядно характеризують емпіричний розподіл випадкових величин – гістограми і полігона (рис.1 звіту).

2.2.3 Числові значення статистичних характеристик розподілу випадкової величини середньо-арифметичне \hat{T}_1 , середньоквадратичне відхилення S та коефіцієнт варіації V розраховуються за формулами

$$\hat{T}_1 = \sum_{i=1}^n T_{ci} \cdot \frac{m_i}{N}; \quad S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (T_{ci} - \hat{T}_1)^2 \cdot \frac{m_i}{N}}; \quad V = \frac{S}{\hat{T}_1} \quad (1)$$

2.2.3 Статистичні оцінки ймовірності безвідмовної роботи $\hat{P}(t)$, ймовірності відмови $\hat{Q}(t)$ та інтенсивності відмов клинових пасів для i -х часткових інтервалів розраховуються за формулами

$$\hat{P}(t)_i = \frac{N - \sum_{i=1}^n m_i}{N}; \quad \hat{Q}(t)_i = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{N} = 1 - \hat{P}(t); \quad (2)$$

$$\hat{\lambda}(t)_i = \frac{m_i}{\Delta t \cdot N(t)_i},$$

де N – число клинових пасів на початку випробувань ($N=40$);
 $\sum_{s=1}^n m_i$ - кількість клинових пасів, що мали відмови до кінця i -го інтервалу;

Δt - значення наробітку у частковому інтервалі;

$N(t)_i$ - кількість робоздатних клинових пасів до початку інтервалу.

Вихідні дані для розрахунків та їх результати заносять в табл. 3 звіту до роботи.

2.2.4 Графіки зміни емпіричної ймовірності безвідмовної роботи $\hat{P}(t)$, і вірогідності відказу $\hat{Q}(t)$ (рис.2) звіту до роботи) будуються з використанням відповідних значень для часткових інтервалів (з табл.1 і 3).

Після виконання лабораторної роботи оформити звіт за формою додатку В та зробити висновок.

Питання для контролю та самоперевірки

1. Які основні характеристики розподілу випадкових величин?
2. Як визначити основні характеристики (показники) надійності виробів, що не ремонтуються (не відновлюються)?
3. Як розрахувати основні показники надійності виробів, що ремонтуються (відновлюються)?

4. Які показники безвідмовності виробів, що не ремонтуються і ремонтуються? Дати їх визначення.
5. Що служить показником довговічності виробів?
6. Як розрахувати основні показники виробів, що не ремонтуються (не відновлюються)?
7. Як розрахувати основні показники надійності виробів, що ремонтуються (відновлюються)?
8. Які показники безвідмовності виробів, що не ремонтуються і ремонтуються? Дати їх визначення.
9. Показники довговічності виробів.
10. Що таке гамма-процентний ресурс?
11. Навести основні і додаткові показники ремонтпридатності виробів.
12. Навести показники збереженості виробів.

Додаток А

Інтервали значень наробітку до першого відмовлення T_1 (г) приводних клинових ременів

Варіанти індивідуального завдання	Номера часткових інтервалів					
	1	2	3	4	5	6
1	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300
2	0-60	60-120	120-180	180-240	240-300	300-360
3	0-70	70-140	140-210	210-280	280-350	350-420

4	0-80	80-160	160-240	240-320	320-400	400-480
5	0-90	90-180	180-270	270-360	360-450	450-540
6	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600
7	0-110	110-220	220-330	330-440	440-550	550-660
8	0-120	120-240	240-360	360-480	480-600	600-720
9	0-130	130-260	260-390	390-520	520-650	650-780
10	0-140	140-280	280-420	420-560	560-700	700-840
11	0-150	150-300	300-450	450-600	600-750	750-900

Додаток Б

Значення частот m_i приводних клинових ременів по i -м частковим інтервалам наробітку T_1

Варіанти	Номера часткових інтервалів					
	1	2	3	4	5	6
1	1	3	13	17	4	2
2	2	4	12	18	3	1
3	2	4	12	17	4	1
4	1	3	17	14	4	1
5	2	3	13	17	4	1

6	1	4	14	17	3	1
7	2	3	13	17	3	2
8	1	4	11	18	4	2
9	1	4	14	17	3	1
10	1	3	14	17	4	1
11	1	4	12	17	4	2
12	1	3	11	19	4	2
13	1	3	12	18	4	2
14	2	4	12	17	3	2
15	2	3	13	16	4	2
16	1	3	13	18	4	1
17	1	4	17	14	3	1
18	2	4	18	12	3	1
19	1	3	19	11	4	2
20	2	4	17	13	3	1
21	2	3	17	13	4	1
22	2	4	17	12	4	1
23	1	4	19	11	3	2
24	2	3	17	14	4	2
25	1	5	16	13	3	2

Додаток В
(обов'язковий)
Форма звіту
З В І Т
з лабораторної роботи

Таблиця 1 – Інтервальний статистичний ряд емпіричного розподілу
наробітку клинових пасів до першого відказу

Границі часткових інтервалів						
Середина інтервалу, T_{ci} , год						
Частота, m_i						
Емпірична частість, m_i/N						
Накоплені частоті, $\Sigma m_i/N$						

$N=40$

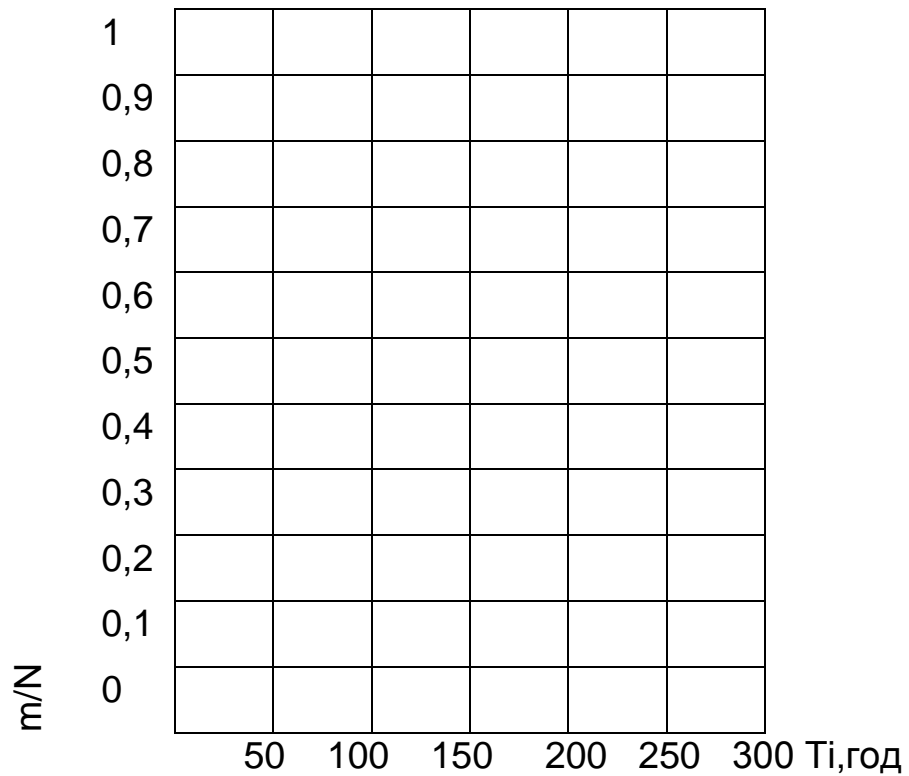


Рис. 1. Гістограма та полігон емпіричного розподілу

Параметри емпіричного розподілу розраховуються в таблиці 2.

Таблиця 2 – Визначення початкових параметрів емпіричного розподілу

Назва параметру	Розрахункове рівняння	Результати розрахунків
Середньо-арифметичне значення	$\bar{T}_i = \sum_{i=1}^n T_{ci} \frac{m_i}{N}$	
Середньо-квадратичне відхилення	$\bar{S} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (T_{ci} - \bar{T}_i)^2 \frac{m_i}{N}}$	
Коефіцієнт варіації	$v = \frac{\bar{S}}{\bar{T}}$	

Таблиця 3 – Визначення статистичних показників P(ti) та λ(ti)

Показник	Величина показників часткових інтервалів					
	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300
Кількість відказів за інтервал,						
Кількість виробів, що мали відкази до кінця інтервалу, Σm _i						
Кількість робоздатних виробів						

до початку інтервалу, $N(t_i)$						
Ст. показник, $P(t_i)$						
Ст. показник, $\lambda(t_i)$						
Ст. показник, $Q(t_i)$						

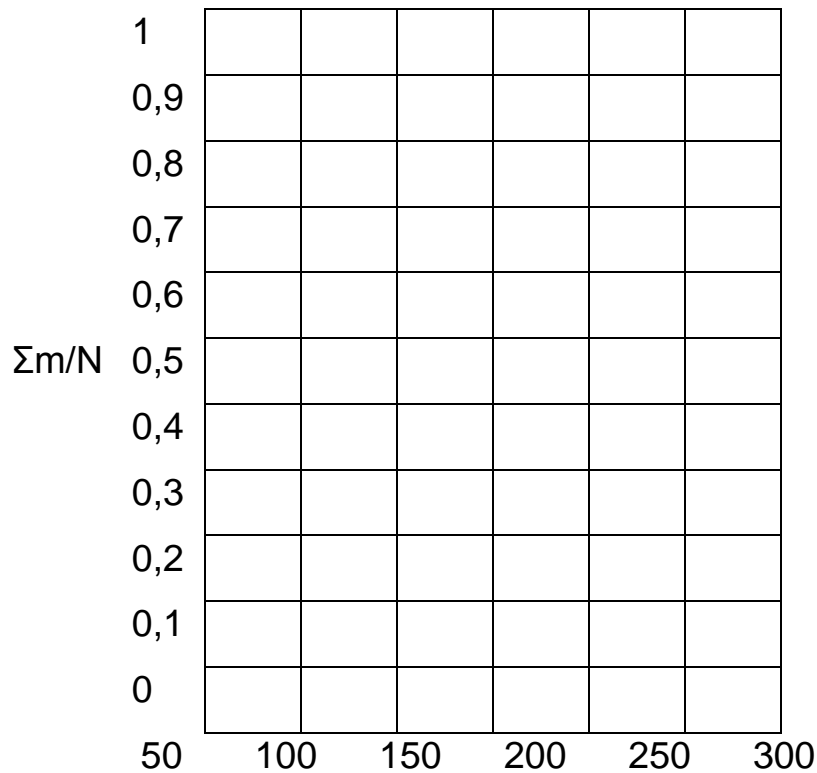


Рис. 2. Графік зміни емпіричної вірогідності безвідказної роботи

ТЕМА 2. ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ

Мета роботи: навчитися виконувати розрахунки повного та залишкового технічного ресурсу, допустимого зносу деталей та їх з'єднання методом індивідуального прогнозування.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

В процесі підготовки до лабораторної роботи студент вивчає основні визначення і поняття, які характеризують стан деталей та з'єднання, а також показники довговічності. Необхідно ознайомитися з

методами розрахунку повного, прогнозування залишкового технічного ресурсу деталей та з'єднання, а також встановлення допустимого зносу (розмірів) деталей та їх з'єднань.

В результаті виконання роботи студент повинен вивчити методи розрахунків повного технічного ресурсу, а також прогнозування залишкового ресурсу з'єднання та його деталей і допустимого зносу (розмірів); на основі даних про величину початкового розміру (зазору), зносу деталей та напрацювання до вимірювань визначити середні швидкості зношування деталей, розрахувати повний і залишковий ресурс деталей та з'єднань; визначити довірчу ймовірність та довірчі інтервали ресурсів.

ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитися з оснащенням робочого місця.
2. Вивчити технічні вимоги до деталей, які поступають на ремонт.
3. Визначити початковий максимальний зазор з'єднання.
4. Провести виміри деталей після напрацювання.
5. Визначити максимальну величину зносу та зазору за результатами виміру деталей.
6. Вирахувати середню швидкість зношування деталей та їх з'єднання.
7. Розрахувати середній повний ресурс з'єднання.
8. Визначити межі розсіювання повного ресурсу.
9. Розрахувати залишковий ресурс з'єднання.
10. Визначити нижню та верхню межу залишкового ресурсу.
11. Знайти граничний знос та розмір першої (отвору) та другої виміряної деталі (вала).
12. Визначити допустимий знос та допустимий розмір першої та другої виміряної деталі (отвору та вала).

13. Побудувати схему зношування деталей з'єднання, визначення його повного ресурса, допустимих та граничних зносів (розмірів) деталей, та зазорів в з'єднанні.

ПОРЯДОК ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Визначити повний та залишковий ресурс, допустимі та граничні зноси (розміри) деталей та зазорів в з'єднанні, відповідно до варіанту, вказаного в завданні. Побудувати схему зношування деталей цього з'єднання в залежності від напрацювання (наробітка).

1. Користуючись технічними умовами на дефектацію деталей та з'єднань (додаток А) ознайомитись з початковими, допустимими та граничними зазорами з'єднаннях, занести дані в табл. 4.

Таблиця 4 – Вихідні дані для розрахунку

Назва деталей, з'єднання	Розміри за креслення м,мм	Зазор в з'єднанні, мм			Розмір у місці найбільшого зносу, мм	Напрацювання до вимірювання, год
		початковий	допустимий	граничний		
1	2	3	4	5	6	7

2. Визначити початковий максимальний зазор з'єднання. При розрахунку ресурсів деталей з точністю, достатньою для практичних цілей, тривалістю припрацювання нехтують, а за початкові розміри відповідно приймають кінцеві (граничні) розміри деталей за кресленням:

для отворів – верхній D_{max} ; для валів – нижній d_{min} ;

$$D_{max} = D + ES, \quad (3)$$

$$d_{min} = d + ei, \quad (4)$$

де D, d - номінальні розміри відповідно отвору і вала, мм; ES - верхнє відхилення отвору, мм; ei - нижнє відхилення вала, мм.

Початковий максимальний зазор $S_{n \max}$ з'єднання "отвір – вал" визначають за формулою

$$S_{n \max} = D_{\max} - d_{\min} = (D + ES) - (d + ei) = ES - ei, \text{ мм} \quad (5)$$

3. Провести виміри деталей в місцях їх найбільшого зносу або взяти значення з додатку і згідно завданню викладача та занести в таблицю 1.

4. Визначити максимальну величину фактичного зносу деталей та зазору за результатами вимірювання деталей. Максимальна величина фактичного зносу деталі до вимірювання $Z_{\text{вим}}$ з врахуванням онульованої зони припрацювання визначають:

для отворів

$$Z_{\text{отв.вим.}} = D_{\text{вим}} - D_{\max}, \text{ мм}, \quad (6)$$

для валів

$$Z_{\text{в.вим.}} = d_{\min} - d_{\text{вим}}, \text{ мм}$$

де $D_{\text{вим}}, d_{\text{вим}}$ – виміряні діаметри відповідно отвору і вала при вимірюванні, мм.

Максимальний зазор за результатами вимірювання зношених деталей буде

$$S_{\text{вим}} = D_{\text{вим}} - d_{\text{вим}}, \text{ мм}, \quad (7)$$

або

$$S_{\text{вим}} = S_{n \max} + Z_{\text{отв.вим.}} + Z_{\text{в.вим.}}, \text{ мм} \quad (8)$$

5. Розрахувати середню швидкість зношування деталей та їх з'єднань.

Загальна формула для визначення середньої швидкості зношування

$$\bar{V} = \frac{Z_{\text{вим}}}{H_{\text{вим}}}, \frac{\text{мм}}{\text{мото-год}}, \quad (9)$$

де $H_{\text{вим}}$ – напрацювання до вимірювання, мото-години.

Середня швидкість зношування для отворів

$$\bar{V}_{отв} = \frac{3_{отв.вдм}}{H_{вдм}}, \quad (10)$$

для валів
$$\bar{V}_в = \frac{I_{в.вдм}}{H_{вдм}}, \quad (11)$$

Середню швидкість зношування з'єднання можна визначити по одному з рівнянь

$$\bar{V}_{з'єдн} = \frac{S_{вдм} - S_{nmax}}{H_{вдм}}, \text{ мото - год}, \quad (12)$$

або
$$\bar{V}_{з'єдн} = \bar{V}_{отв} + \bar{V}_в \quad (13)$$

6. Розрахувати середній повний ресурс з'єднання.

Для цього використовують формулу

$$\bar{T}_n = \frac{3_{зп}}{\bar{V}_{з'єдн}}, \text{ мото - год}, \quad (14)$$

де $3_{зп}$ - граничний знос з'єднання, мм;

$$3_{зп} = S_{зп} - S_{nmax}, \quad (15)$$

де $S_{зп}$ - граничний зазор у з'єднанні (за технічними вимогами), мм.

7. Визначити межі розсіювання повного ресурсу.

З урахуванням можливого випадкового розсіювання значення повного ресурсу воно характеризується нижньою T_n^H та верхньою T_n^6 довірчими межами при вибраній величині довіриної γ ймовірності (γ - "гамма").

Довірчі межі розсіювання повного ресурсу при вибраній величині довірчої ймовірності $\gamma = 0,80$ визначаються за формулами

$$T_n^H = 0,7\bar{T}_n, \quad (16)$$

$$T_n^6 = 1,35\bar{T}_n, \quad (17)$$

8. Залишковий ресурс з'єднання визначається за формулою

$$\bar{T}_{зал} = \bar{T}_n - H_{вдм}, \text{ мото - год}, \quad (18)$$

9. Нижня та верхня межі залишкового ресурсу (довірчі межі) з урахуванням відомого напрацювання до вимірювання визначають як різницю довірчих меж повного ресурсу та напрацювання до вимірювання деталей:

$$T_{зал}^n = 0,7\bar{T}_n - H_{вим, мото - год}, \quad (19)$$

$$T_{зал}^6 = 1,35\bar{T}_n - H_{вим, мото - год}, \quad (20)$$

10. Граничний знос деталей та їх розмір визначають за формулами:

$$Z_{отв.зр} = \frac{Z_{зр} \cdot \bar{V}_{отв}}{\bar{V}_{з'єдн}}, \text{ мм}, \quad (21)$$

$$Z_{в.зр} = \frac{Z_{зр} \cdot \bar{V}_в}{\bar{V}_{з'єдн}}, \quad (22)$$

Граничні розміри деталей з'єднання з урахуванням значень максимального діаметру отвору D_{max} і мінімального діаметру вала d_{min} визначаються таким чином:

для отворів

$$D_{зр} = D_{max} + Z_{отв.зр}, \text{ мм}, \quad (23)$$

для валів

$$d_{зр} = d_{min} - Z_{в.зр}, \text{ мм} \quad (24)$$

11. Для визначення допустимого зносу деталей з'єднання користуються формулами:

$$Z_{отв.дон} = Z_{отв.зр} - \bar{V}_{отв} \cdot T_{мп}, \text{ мм}, \quad (25)$$

$$Z_{в.дон} = Z_{в.зр} - \bar{V}_в \cdot T_{мп}, \text{ мм}. \quad (26)$$

Значення міжремонтного ресурсу розраховують за формулою (24), або для навчальних цілей задається викладачем (наприклад: $T_{мп}=2000$ год; $T_{мп}=3200$ год).

$$T_{мп} = \frac{S_{зр} - S_{дон}}{\bar{V}_{з'єдн}}, \text{ мото - год}, \quad (27)$$

де $S_{\text{доп}}$ - допустимий зазор в з'єднанні (беруть з технічних вимог, або розраховують за формулою (25), мм.

Формула для визначення допустимого зазору:

$$S_{\text{доп}} = D_{\text{отв.доп.}} - d_{\text{в.доп.}}, \text{ мм}, \quad (28)$$

де $D_{\text{отв.доп.}}$ - допустимий розмір отвору, мм

$$D_{\text{отв.доп.}} = D_{\text{max}} + Z_{\text{отв.доп.}}, \text{ мм}, \quad (29)$$

$d_{\text{в.доп.}}$ - допустимий розмір вала, мм;

$$d_{\text{в.доп.}} = d_{\text{min}} - Z_{\text{в.доп.}}, \text{ мм}, \quad (30)$$

12. Схему зношування деталей з'єднання в залежності від напрацювання з позначенням повного та залишкового ресурса, допустимих та граничних зносів (розмірів) деталей та зазорів у з'єднанні креслять, користуючись отриманими розрахунковими даними.

Графік, що представлений на рисунку 1, виконують у координатах: по осі абсцис - напрацювання (наробіток) у годинах напрацювання, по осі ординат - величина зносу (розміри) в мм, у такій послідовності:

1) Призначають масштаби напрацювання та зносів.

2) На осі ординат при напрацюванні нуль відкладають величину максимального відхилення отвору і мінімального відхилення вала та початкового зазора.

3) Відкладають на осі абсцис величину напрацювання (наробіток) з'єднання до вимірювання ($N_{\text{вим}}$); по осі ординат відмічають величину зносу отвору і вала при напрацюванні $N_{\text{вим}}$.

4) З'єднавши відмічені крапки прямими лініями, отримують характеристики швидкості зношування отвору $\text{tg } \alpha_1$ і вала $\text{tg } \alpha_2$.

5) Відкладають по осі абсцис величину повного ресурсу з'єднання \bar{T}_n та проводять вертикальну пряму; на перетину з прямими, які

характеризують швидкість зношування деталей, відкладають граничні значення.

б) Аналогічно наносять інші розрахункові дані.

13. Скласти звіт з лабораторно-практичної роботи за формою додатку В.

Питання для контролю та самоперевірки

1. Дайте визначення: технічний ресурс та строк служби.
2. Що таке доремонтний, міжремонтний, повний та залишковий технічний ресурс (строк служби)?
3. Дайте визначення граничного стану технічного об'єкту, або його елементу.
4. Які критерії встановлення граничного стану?
5. Що таке швидкість зношування деталі (з'єднання) та від чого вона залежить?
6. Дайте визначення допустимого зносу (розміру) деталі та допустимого зазору в з'єднанні.
7. Як змінюється величина допустимих розмірів деталей при збільшенні або зменшенні міжремонтного технічного ресурсу.

ДОДАТОК А

Варіанти завдань до роботи №2

№ задач	Найменування деталей з'єднань	Нормальні розміри деталей (п кресленню) мм	Натяг (-), зазор (+)		
			Початковий, мм	Допустимий, мм	Граничний, мм
1	2	3	4	5	6
1	Блок-картера двигуна Штовхач клапана	$34^{+0,03}$ $34_{-0,050}^{-0,025}$	+0,025 +0,089	+0,34	+0,40
2	Блок-картера двигуна Корпус підшипника	$242^{+0,045}$ $242_{-0,030}^{-0,030}$	0,000 +0,075	+0,20	+0,25

3	Кришка шестерен Вісь	$35^{+0,050}$ $35^{-0,050}$	+0,000 +0,100	+0,70	+1,0
4	Корпус диференціала Вісь	$28^{+0,016}$ $28^{-0,007}$ $28^{-0,045}$	-0,07 +0,061	+0,2	+0,45
5	Блок-картер двигуна Циліндр	$116^{+0,140}$ $116^{-0,050}$ $116^{-0,140}$	+0,050 +0,280	+0,36	+0,66
6	Втулка вала Вал розподільчій	$51^{+0,030}$ $51^{+0,065}$ $51^{-0,105}$	+0,065 +0,135	+0,42	+0,50
7	Втулка штовхача Штовхач	$20^{+0,023}$ $20^{-0,023}$ $20^{-0,040}$	+0,020 +0,063	+0,28	+0,50
8	Втулка клапана Клапан впускний	$9^{+0,030}$ $9^{-0,040}$ $9^{-0,070}$	+0,040 +0,100	+0,24	+0,50
9	Сателіт Втулка	$26,1^{+0,050}$ $26,1^{+0,020}$ $26,1^{-0,280}$	+0,020 +0,330	+0,60	+0,80
10	Підшипник Вал	$50^{-0,012}$ $50_{\pm 0,008}$	-0,020 +0,008	+0,05	+0,20
11	Корпус коробки передач Вал	$25^{+0,045}$ $25^{-0,040}$ $25^{-0,070}$	+0,040 +0,115	+0,15	+0,50
12	Корпус заднього мосту Стакан підшипника	$154^{+0,050}$ $154^{-0,050}$ $154^{-0,090}$	+0,050 +0,140	+0,25	+0,60
13	Корпус заднього мосту Стакан підшипника	$165^{+0,040}$ $165^{+0,018}$ $165^{-0,045}$	+0,018 +0,085	+0,20	+0,50
14	Корпус заднього мосту Рукав напівосі	$210^{+0,045}$ $210^{-0,060}$ $210^{-0,105}$	+0,060 +0,150	+0,25	+0,60

15	Балансир внутрішній Вісь	$50^{+0,100}_{+0,032}$	+0,032	+0,20	+0,60
		$50^{-0,050}$	+0,150		
16	Втулка мала Вісь	$50^{+0,500}_{+0,340}$	+0,340	+0,60	+2,5
		$50^{-0,050}$	+0,550		
17	Втулка підвіски Цапфа	$70^{+0,400}_{+0,200}$	+0,200	+0,60	+2,00
		$70^{-0,120}$	+0,520		
18	Втулка розподільного валу Вал	$68^{+0,030}$	+0,095	+0,50	+0,80
		$68^{-0,095}_{-0,145}$	+0,175		
19	Блок Валик декомпресора	$19^{+0,045}$	0,000	+0,35	+0,60
		$19^{-0,140}$	+0,185		
20	Важіль декомпресора Палець	$20^{+0,130}_{+0,060}$	+0,060	+0,50	+0,80
		$20^{-0,014}$	+0,144		
21	Втулка коромисла Валик коромисла	$32^{+0,060}_{+0,025}$	+0,050	+0,24	+0,40
		$32^{-0,025}_{-0,050}$	+0,110		

ДОДАТОК Б

Вихідні дані до роботи №2

Ном ер зада чі	Варіант	Результати вимірювань, мм		
		Розмір у місці найбільшого зносу		Наробіток при вимірюванні
		“отвір”	“вал”	
1	2	3	4	5
1	А	34,05	33,75	2000
	Б	34,10	33,80	2100
	В	34,15	33,85	2200
	Г	34,17	33,77	2150
2	А	242,10	241,87	2500

	Б	242,15	241,95	2400
	В	242,05	241,85	2550
	Г	242,17	241,90	2600
3	А	35,08	345,90	1750
	Б	35,10	34,85	1800
	В	35,15	34,80	1900
	Г	35,17	34,75	2000
4	А	28,05	27,92	2000
	Б	28,03	27,93	2050
	В	28,04	27,90	2150
	Г	28,08	27,85	2300
5	А	116,15	115,70	1020
	Б	116,16	115,76	1070
	В	116,17	115,78	1170
	Г	116,20	115,80	1220
6	А	51,05	50,85	1270
	Б	51,10	50,82	1320
	В	51,12	50,75	1420
	Г	51,14	50,80	1900
7	А	20,07	19,92	1770
	Б	20,09	19,90	1820
	В	20,11	19,88	1870
	Г	20,05	19,91	1800
8	А	9,040	8,90	2500
	Б	9,050	8,89	2700
	В	9,055	8,87	2600
	Г	9,060	8,85	2850
9	А	26,18	25,69	1160
	Б	26,20	25,68	1250
	В	26,21	25,67	1300
	Г	26,22	25,66	1320
10	А	50,02	49,990	1430
	Б	50,03	49,980	1370
	В	50,04	49,985	1400
	Г	50,01	49,970	1500
11	А	25,06	24,92	1480
	Б	25,07	24,91	1500
	В	25,08	24,90	1600
	Г	25,09	24,89	1750
12	А	154,06	153,90	2500
	Б	154,07	153,89	2700
	В	154,08	153,88	2800
	Г	154,09	153,87	3100

13	A	165,05	164,900	1800
	Б	165,07	164,895	1890
	B	165,1	164,910	1860
	Г	165,09	164,905	1920
14	A	210,09	209,850	3000
	Б	210,08	209,840	2900
	B	210,07	209,830	3100
	Г	210,06	209,800	2850
15	A	50,05	49,900	2190
	Б	50,06	49,885	2280
	B	50,07	49,880	2250
	Г	50,08	49,895	2120
16	A	50,6	49,9	3200
	Б	50,9	49,8	3100
	B	50,8	49,5	3000
	Г	51,0	49,7	3300
17	A	70,55	69,850	2000
	Б	70,65	69,800	2500
	B	70,75	69,750	2420
	Г	70,85	69,700	2750
18	A	68,060	67,800	1660
	Б	68,090	667,780	1700
	B	68,070	67,700	1740
	Г	68,100	67,650	1780
19	A	19,05	18,76	1820
	б	19,06	18,78	1860
	в	19,08	18,79	1980
	г	19,09	18,80	1940
20	a	20,20	19,79	1650
	б	20,22	19,78	2100
	в	20,23	19,80	1900
	г	20,30	19,85	1850
21	a	32,07	31,90	2030
	б	32,09	31,89	2090
	в	32,089	31,88	2270
	г	32,10	31,895	2150

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Надійність обладнання харчової галузі. Навчальний посібник. Сухенко Ю.Г., Паламарчук І.П., Жеплінська М.М., Муштрук М.М., Журавель Д.П. Київ. ЦП «КомпрІнт», 2019. – 372 с.
2. Журавель Д.П. Обґрунтування пристрою для оцінки триботехнічних властивостей змащувальних матеріалів. / Д.П. Журавель // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 9. Том 1. Мелітополь, 2019. С. 11-22.
3. Журавель Д.П. Моделювання працездатності тракторного агрегату при експлуатації на біодизелі. / Д.П. Журавель // Праці ТДАТУ. Вип. 19.Т.3. Мелітополь, 2019. С. 57-68.
4. Журавель Д.П. Обґрунтування методики прогнозування технічного стану функціональних систем мобільних енергетичних засобів. / Д.П. Журавель // Праці ТДАТУ. Вип. 19.Т.4.Мелітополь, 2019. С.85-99.
5. Журавель Д.П., Мілько Д.О., Бондар А.М. Використання біологічної оливи для сільськогосподарської техніки. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 125-131.
6. Журавель Д.П., Дідур В.А. Технічна механіка рідини і газу: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти / Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.
7. Триботехніка. Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / Д.П. Журавель, О.Ю. Новік, А.М. Бондар, В.В. Паніна. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. - 116 с.
8. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / Д.П. Журавель, О.Ю. Новік., А.М.

Бондар., К.Г. Петренко. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. - 280 с.

9. Журавель Д.П. Підвищення довговічності функціональних систем сільськогосподарської техніки при використанні біопаливно-мастильних матеріалів / Д.П. Журавель // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2018. – Вип. 282. – С.279-292.

10. Журавель Д.П. Моделювання процесу зношування прецизійних пар паливних систем мобільної техніки при експлуатації на біодизелі / Д.П. Журавель // Праці ТДАТУ.- Вип. 18.т.2 – Мелітополь, 2018 .- С. 105-118.

11. Журавель Д.П. Підвищення ефективності використання мобільної сільськогосподарської техніки шляхом забезпечення оптимального складу сумішевих біодизельних паливних / Д.П. Журавель // Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. – Вип.8. Т.2 .- Мелітополь: ТДАТУ, 2018.- С. 91-107.

12. Журавель Д.П. Вплив забрудненості абразивом біопаливно-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки / Д.П. Журавель / Вісник Українського відділення міжнародної академії аграрної освіти. – Вип. Херсон: ОЛДІ - ПЛЮС, 2017.- С.56-65.

13. Журавель Д.П. Методологія забезпечення надійності сільськогосподарської техніки при використанні біопаливно-мастильних матеріалів / Д.П. Журавель, В.А.Дідур / Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки.- Кропивницький, 2017.- С.93-94.

14. Журавель Д.П. Влияния биотоплива на износ плунжерных пар ТНВД/ Д.П.Журавель // Праці ТДАТУ.- Вип. 15.т.3 – Мелітополь, 2015 .- С. 334-340.

15. Журавель Д.П. Надежность мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биологических топливо – смазочных материалов/Д.П.Журавель// Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія техніка та енергетика АПК.- К. НУБІП. – 2016.С. 383-390.

16. Журавель Д.П. Дослідження адаптивної роботи рульового управління транспортного засобу в швидкісному режимі / Д.П. Журавель, А.М. Бондар, Г.І. Дашивець // Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали міжнародного науково-практичного форуму. Мелітополь, 2019. – С. 203-204.

17. Журавель Д.П. Вибір оптимального способу відновлення колінчастого валу/ Д.П. Журавель, В.В. Паніна, О.Ю. Новік // Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали міжнародного науково-практичного форуму. – Мелітополь, 2019. С. 224-226.

18. Журавель Д.П. Забезпечення працездатності функціональних систем мобільної техніки при експлуатації на біодизелі / Д.П. Журавель, А.М. Бондар, В.В. Паніна // Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали міжнародного науково-практичного форуму. – Мелітополь, 2019. С. 226-228.

19. Журавель Д.П. Критерії вибору насоса для водопостачання тваринницьких ферм / Д.П. Журавель, Б.В. Болтянський // Щомісячний науково-практичний журнал «Тваринництво сьогодні», №2. Київ, 2019. С. 34...39.

20. Журавель Д.П. Методологія оцінювання надійності дизельних двигунів при експлуатації на біодизелі / Д.П. Журавель, А.М. Бондар, В.В. Паніна // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти – Вип. 7.–Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. С.30-39.

21. Журавель Д.П. Обоснование критериев оценки эффективности смазочного действия моторных масел. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference“Technical sciences: history,

the present time, the future, EU experience” / Д.П. Журавель, Ю.О.Постол, В.Б.Гулевський, А.М. Бондарь, О.В. Ковальов. - Wloclawek, Republic of Poland, Izdevnieciba “ Baltija Publishing”, 2019. S.155...162.

22. Журавель Д.П. Електрохімічні технології очищення стічних вод «Сучасний рух науки»: матеріали ІХ міжнародної науково-практичної інтернет-конференції / В.Б. Гулевський, Д.П. Журавель, Ю.О. Постол, , М.І. Стручаєв, О.В. Ковальов. – Дніпро, 2019. – Т.1. – С. 424-430.