

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра “Експлуатація та ремонт рухомого складу”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до лабораторних робіт
з дисципліни**

“НАДІЙНІСТЬ І ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ЗРС”

Харків 2012

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри ЕРРС 29 червня 2010 р., протокол № 27.

Дані методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 100501 “Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту (Локомотиви)”, які вивчають дисципліну “Надійність і технічна діагностика ЗРС”

Укладачі:

проф. Е.Д. Тартаковський,
доц. О.С. Крашенінін,
асист. Д.М. Коваленко

Рецензент

проф. В.Г. Пузир

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт
з дисципліни

“НАДІЙНІСТЬ І ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ЗРС”

Відповідальний за випуск Крашенінін О.С.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 14.10.10 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,5. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту
61050, Харків - 50, майдан Фейербаха, 7
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

	$C_0 \bullet$	$C_1 \bullet$	$C_2 \bullet$	$C_3 \bullet$	$t_1 \bullet$	$t_2 \bullet$	$t_3 \bullet$	$t_4 \bullet$	$\gamma_1,$	$\gamma_2,$	$\gamma_3,$	$\gamma_4,$						Примітка
	$10^6,$	$10^5,$	$10^5,$	$10^5,$	$10^4,$	$10^3,$	$10^3,$	$10^3,$	грн/	грн/	грн/	грн/	h , км/	h				
	грн	грн	грн	грн	год	год	р	р	год	год	р	р	год					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
0	7,4	5,18	6,55	5,96	0,875	0,79	0,63	0,44	1,1	1,16	1,62	1,86	1,2	1,28	1,39	1,53		
1	8,5	5,95	7,53	6,84	0,9	0,81	0,65	0,45	1,2	1,26	1,76	2,03	1,25	1,34	1,44	1,59		
2	9,1	6,37	8,06	7,33	0,95	0,86	0,68	0,48	1,3	1,37	1,91	2,20	1,3	1,39	1,50	1,65		
3	10,2	7,14	9,03	8,21	1,0	0,90	0,72	0,50	1,5	1,58	2,21	2,54	1,35	1,44	1,56	1,72		
4	11,0	7,7	9,74	8,86	1,025	0,92	0,74	0,52	1,4	1,47	2,06	3,09	1,4	1,50	1,62	1,78		
5	11,9	8,33	10,54	9,58	1,05	0,95	0,76	0,53	1,45	1,52	2,13	3,20	1,45	1,55	1,68	1,84		
6	12,5	8,75	11,07	10,06	1,075	0,97	0,77	0,54	1,45	1,52	2,13	2,45	1,5	1,61	1,73	1,91		
7	13,6	9,52	12,04	10,95	1,1	0,99	0,79	0,55	1,5	1,58	2,21	2,54	1,55	1,66	1,79	1,97		
8	13,8	9,66	12,22	11,11	1,125	1,01	0,81	0,57	1,5	1,58	2,21	2,54	1,6	1,71	1,85	2,03		
9	14	9,8	12,40	11,27	1,13	1,02	0,81	0,57	1,55	1,63	2,28	2,62	1,65	1,77	1,91	2,10		

Таблиця 2 – Варіанти завдань

Методичні вказівки розглянуті та рекомендовані до друку на засіданні кафедри ЕРРС 29 червня 2010р., протокол №27.

Дані методичні вказівки призначені для студентів спеціальності “100501 – “Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту” (Локомотиви).”, які вивчають дисципліну “Надійність і технічна діагностика ЗРС”.

Склали:

проф. Тартаковський Е.Д.

доц. Крашенінін О.С.

ас. Коваленко Д.М.

Рецензент:

проф. Пузир В.Г.

Зміст

Вступ	4
1 Загальні відомості про надійність об'єкта, що відновлюється	4
1.1 Комплексні показники надійності	4
1.2 Критерії довговічності	9
1.3 Визначення характеристик довговічності	10
2 Розрахунок оптимальної довговічності	14
3 Звіт з лабораторної роботи	19
4 Варіанти завдань	19

ВСТУП

Залізничний транспорт забезпечує масові перевезення вантажів і населення. Від ефективності його роботи залежить ефективність роботи багатьох галузей і економіки країни. Тому шляхи підвищення його ефективності і, зокрема, надійності актуальні.

Методичні вказівки присвячені розгляду особливостей визначення показників надійності технічних об'єктів, що можуть бути відновлені. Принципова відмінність таких ТО полягає в тому, що вони в процесі експлуатації можуть мати безліч відмов, після яких підлягають відновленню і поверненню в експлуатацію. Визначення особливостей експлуатації таких об'єктів дозволяє обґрунтувати границі ефективності використання ТО.

Для виконання роботи студент ознайомлюється з теоретичним матеріалом методичних вказівок і за номером останньої цифри залікової книжки або за номером у журналі викладача обирає варіант та виконує необхідні розрахунки.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО НАДІЙНІСТЬ ОБ'ЄКТА, ЩО ВІДНОВЛЮЄТЬСЯ

1.1 Комплексні показники надійності

Існує ряд комплексних показників надійності, які залежать і від безвідмовності, й від ремонтпридатності. Такого роду показники отримали назву різного роду коефіцієнтів, наприклад: коефіцієнт готовності; коефіцієнт технічного використання; коефіцієнт використання та ін.

Для розгляду цих коефіцієнтів треба мати достатньо великий проміжок часу t' роботи виробу.

Візьмемо великий проміжок часу – рік або навіть декілька років – та за цей проміжок часу шляхом випробувань чи статистичних спостережень визначаємо, скільки годин продовжувалась робота – $t_{роб}$, скільки продовжувався ремонт – $t_{рем}$, скільки годин продовжувалася профілактика – $t_{проф}$, скільки годин продовжувався покій $t_{нок}$. Це означає, що виріб або ремонтується, або знаходиться на профілактиці (технічному обслуговуванні), або в покої. Під покоєм розуміється випадок,

коли відсутня робота, наприклад, виріб працює в одну зміну, зміна закінчилась, виріб не працює. Або це простої з організаційних причин, наприклад, не відвантажили сировини, і тому машина стоїть. Зрозуміло, що сума цих чотирьох складових рівна t' .

$$t' = t_{роб} + t_{рем} + t_{проф} + t_{нок}. \quad (1)$$

Коефіцієнтом готовності називається відношення

$$K_r = \frac{t_{роб}}{t_{роб} + t_{рем}}, \quad (2)$$

цей коефіцієнт характеризує собою частку часу, впродовж якого виріб працює по відношенню до сумарного часу роботи та ремонту.

Другий коефіцієнт – це коефіцієнт технічного використання. Це співвідношення

$$K_{ТВ} = \frac{t_{роб}}{t_{роб} + t_{рем} + t_{проф}}. \quad (3)$$

Коефіцієнт технічного використання показує, яку частку часу складає робота від суми часу, що використовується на роботу, ремонт та профілактику.

Коефіцієнт використання

$$K_B = \frac{t_{роб}}{t'}. \quad (4)$$

Цей коефіцієнт вже не зовсім є технічним коефіцієнтом, тому що сюди входять простої з організаційних причин. Цей коефіцієнт показує, наскільки ефективно використовується обладнання.

Поруч із коефіцієнтами готовності, технічного використання, використання розглядаються ще три види коефіцієнтів простою

$$K_1 = 1 - K_G, \quad (5)$$

$$K_2 = 1 - K_{TB}, \quad (6)$$

$$K_3 = 1 - K_B, \quad (7)$$

Крім того, вводиться коефіцієнт профілактики, як відношення часу, що витрачається на профілактику, до часу роботи

$$K_{проф} = \frac{t_{проф}}{t_{роб}}, \quad (8)$$

У цього коефіцієнта простий фізичний сенс – це кількість годин, що витрачаються на профілактику та припадають на одну годину роботи.

Нехай за час t' було m відмов.

У рівнянні (2) для коефіцієнта готовності розділимо чисельник і знаменник на кількість відмов. Тоді отримаємо вираз

$$K_G = \frac{T}{T + T_B}. \quad (9)$$

Розділимо тепер чисельник і знаменник рівняння (3) на кількість відмов m . Тоді, використовуючи рівняння (8), отримаємо

$$K_{TB} = \frac{T}{T + T_B + K_{проф}T}. \quad (10)$$

Коефіцієнти, які характеризують собою безвідмовність та ремонтпридатність, виражаються через час. Між тим, це не обов'язково. В цілому ряді випадків можна виражати ці коефіцієнти й через інші характеристики. Це можуть бути характеристики, пов'язані з продуктивністю виробу, або характеристики економічного порядку.

Виразимо коефіцієнт технічного використання через продуктивність. Уявимо собі, що ми маємо технічний об'єкт, припустимо, текстильну машину, яка випускає продукцію,

наприклад сукно. За великий проміжок часу t' оцінимо коефіцієнт технічного використання по продуктивності. Він виражається так:

$$K_{TH} = \frac{S}{t's}, \quad (11)$$

де s – номінальна годинна продуктивність;
 S – фактична продуктивність за час t' .

Можливий також економічний підхід.

Економічний підхід засновується на такому уявленні.

За час t' роботи ТО дає якийсь ефект, який можна умовно назвати прибутком. Припустимо, що прибуток складає C_1 грн за годину роботи.

Коли ТО ремонтується, то втрачається C_2 грн за годину. Треба підкреслити, що витрати можуть бути різними, до них входять: витрати праці на ремонт, затрати на матеріали, запасні частини й збитки через простій.

Припустимо, вартість однієї години профілактики – C_3 грн. Яка різниця між C_2 та C_3 ? Якщо в плановий час проводять профілактику, або під час контролю за станом, то до аварії це не призводить. Якщо ж відмова ТО сталася під час роботи, то це може призвести до аварії й втрати можуть бути значно більшими, ніж через простій. Тоді можна надати такий коефіцієнт, який характеризує технічне використання виробу:

$$K' = \frac{C_1 t_{роб} - C_2 t_{рем} - C_3 t_{проф}}{C_1 t'}, \quad (12)$$

або можна взяти такий коефіцієнт, як

$$K'' = \frac{C_2 t_{рем} + C_3 t_{проф}}{C_1 t_{роб}}. \quad (13)$$

Такий коефіцієнт характеризує собою відношення втрат до прибутку.

Ці два коефіцієнти визначено характеризують економічну безвідмовність та ремонтопридатність виробу.

Якщо чисельник і знаменник в (12) та (13) розділити на кількість відмов, то отримаємо формули

$$K' = \frac{C_1 T - C_2 T_B - K_{\text{проф}} C_3 T}{C_1 (T + T_B + K_{\text{проф}} T)}, \quad (14)$$

$$K'' = \frac{C_2 T_B + K_{\text{проф}} C_3 T}{C_1 T}. \quad (15)$$

Наведемо ще два коефіцієнти, які характеризують ремонтпридатність.

Коефіцієнт вартості ремонтів

$$K_p = \frac{C_{\text{рем}} + C_{\text{зч}}}{C_0}, \quad (16)$$

де $C_{\text{рем}}$ – вартість ремонтів за весь період експлуатації (або за якийсь інший проміжок часу);

$C_{\text{зч}}$ – вартість витрачених запасних частин;

C_0 – початкова вартість виробу.

Коефіцієнт відносної ремонтної металомісткості

$$K_m = \frac{M_{\text{рем}}}{M_0}, \quad (17)$$

де M_0 – початкова металомісткість виробу;

$M_{\text{рем}}$ – кількість матеріалів, які були витрачені на ремонти за дослідний проміжок часу.

1.2 Критерії довговічності

Довговічність відновлюваних виробів обмежується звичайно з економічних міркувань. Настає момент, коли виріб не вигідно надалі використовувати, хоча він ще ремонтпридатний.

Критерії довговічності можна розділити на дві групи: на критерії календарні та критерії напрацьовні, тобто критерії, пов'язані з календарним часом, та критерії, пов'язані з

вимірювачем напрацювання. Напрацювання може вимірюватися не тільки часом, воно може вимірюватися в циклах, кілометрах (наприклад, для екскаваторів – у кубометрах вийнятого ґрунту та ін.).

Критерії, пов'язані з календарним часом, виражаємо через строк служби. Строк служби – це календарна тривалість експлуатації виробу до зруйнування чи іншого граничного стану.

Строк служби може бути середній, якщо розглядати групу виробів.

Також строки служби можуть бути гарантійними. Під цим розуміється календарна тривалість експлуатації виробів, під час якої виробник гарантує справність й несе матеріальну відповідальність за виниклі несправності.

У цьому формулюванні видно, що маємо справу з показником економічної категорії – комерційною характеристикою.

Встановилась практика, що для багатьох виробів гарантійний строк служби став строком гарантійного ремонту, тобто став строком, під час якого безкоштовно проводиться ремонт, причому вартість ремонту іноді заздалегідь включається у вартість виробу та покупець сплачує цей ремонт до того, як він йому знадобиться.

Характеристики, пов'язані з напрацюванням, позначаються як ресурс або технічний ресурс.

Технічним ресурсом називається напрацювання до руйнування чи іншого граничного стану.

Якщо строк служби вимірюється в добах, роках, то технічний ресурс вимірюється в одиницях напрацювання – годинах, циклах, метрах.

Ресурс може бути різним. Може бути встановлений, повний ресурс від початку експлуатації до кінця; може бути середній ресурс для однотипових виробів та може бути гарантований ресурс. Для гарантованого ресурсу припустимо комерційний підхід, коли виготівник несе відповідальність за несправність, яка виникла у користувача. Може бути гарантований ресурс, який встановлено вірогіднішим шляхом. Встановлюється деяка гарантована вірогідність γ , близька до 100 %, і тоді під

гарантійним ресурсом розуміється технічний ресурс, який мають не менш γ % виробів, що експлуатуються.

1.3 Визначення характеристик довговічності

Для відновлюваних виробів існує цілий ряд характеристик надійності. Ці характеристики розподіляють на дві групи: характеристики, пов'язані з календарним часом, – строк служби, середній строк служби, гарантійний строк служби, та характеристики, пов'язані з напрацюванням виробів, – ресурс, середній ресурс, гарантійний ресурс.

Всі ці характеристики можуть розглядатися для різноманітних граничних станів виробу, а саме можна розглядати ці характеристики для роботи до першого капітального ремонту; середній строк служби до першого капітального ремонту чи середній ресурс до першого капітального ремонту, можна розглядати другий, третій ремонт, можна розглядати повний строк служби до списання виробу.

Як показує досвід, часто характеристики довговічності відновлювальних ТО розподілені за нормальним законом. Тому задача визначення з досвіду характеристик довговічності й оцінка точності цих характеристик вирішується достатньо просто.

Будемо розглядати характеристику довговічності – ресурс до першого капітального ремонту для n виробів. В результаті отримаємо значення

$$t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$$

За цими дослідними значеннями знаходимо вибірку середню

$$t_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (18)$$

та вибіркоче середнє квадратичне відхилення ς

$$\zeta^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - t_{cp})^2. \quad (19)$$

Отримавши з дослідів середній ресурс t_{cp} й середнє квадратичне відхилення ζ , можна оцінити точність отриманого середнього ресурсу. Для оцінки точності розглядається або гранична похибка ε , або довірчі границі $t_{ниж}$ та $t_{верх}$.

Ці характеристики для випадків нормального розподілу зв'язані між собою:

$$t_{ниж} = t_{cp} - \varepsilon, \quad (20)$$

$$t_{верх} = t_{cp} + \varepsilon,$$

$$\text{де } \varepsilon = t_\alpha \frac{\zeta}{\sqrt{n}}. \quad (21)$$

Коефіцієнт t_α знаходиться з таблиці розподілу Стюдента. Вводами в цю таблицю є число n та довірча вірогідність α (двостороння). Коротке зведення значень t_α наведено в таблиці 1.

Розподіл Стюдента з ростом числа n прямує до нормального розподілу й останній рядок таблиці 1 відповідає вже нормальному розподілу.

Таблиця 1 – Значення t_α

n	α	0,90	0,95
3		2,920	4,303
4		2,353	3,189
5		2,132	2,776
6		2,015	2,571
7		1,943	2,447
9		1,860	2,306
11		1,812	2,228

13	1,782	2,179
15	1,761	2,145
17	1,746	2,120
19	1,734	2,103
21	1,725	2,086
23	1,717	2,074
25	1,711	2,064
31	1,697	2,042
41	1,684	2,021
61	1,671	2,000
121	1,658	1,980
	1,645	1,960

Розглянемо приклад: маємо статистичний матеріал по 25 виробам – $n = 25$.

За цими 25 виробами знайдено середній ресурс до першого капітального ремонту – 3100 год та знайдено середнє квадратичне відхилення $\varsigma = 300$ год. Задана довірча вірогідність $\alpha = 0,90$. Оцінимо точність отриманої дослідної характеристики середнього ресурсу.

З таблиці 1 для $\alpha = 0,90$ та $n = 25$ знаходимо $t_\alpha = 1,711$.

За рівнянням 21 знаходимо $\varepsilon = 1,711 \frac{300}{\sqrt{25}} = 103$,

з рівняння (20) отримаємо

$$t_{\text{ниж}} = 3100 - 103 = 2997 \text{ год}$$

$$t_{\text{верх}} = 3100 + 103 = 3203 \text{ год}$$

Отримана інформація по 25 виробам дозволяє оцінити ресурс цього виробу до першого ремонту з середнім значенням 3100 год та довірчими границями 3000 та 3200 год.

Розглянемо випадок, коли n виробів випробувались на ресурс впродовж t год, але жоден з них за цей час не випрацював ресурсу. Якщо відомо, що закон розподілу ресурсу нормальний та з випробувань аналогічних виробів відомий коефіцієнт варіації v , то можна знайти довірчу границю $t_{\text{ниж}}$, яка відповідає довірчій вірогідності α .

Вірогідність того, що один виріб не випрацює ресурсу за час t , буде

$$P(t) = 1 - F_0\left(\frac{t - t_{cp}}{\sigma}\right) = F_0\left(\frac{t_{cp} - t}{vt_{cp}}\right), \quad (22)$$

де F_0 – функція нормального розподілу.

Вірогідність того, що за час t жоден з n виробів не випрацює ресурсу, буде

$$P^n(n) = \left[F_0\left(\frac{t_{cp} - t}{vt_{cp}}\right) \right]^n.$$

Щоб отримати нижню довірчу границю $t_{ниж}$ для $t_{сер}$, треба це рівняння прирівняти $(1-\alpha)$. Тоді отримаємо рівняння

$$F_0\left(\frac{t_{ниж} - t}{vt_{ниж}}\right) = \sqrt[n]{1-\alpha}. \quad (23)$$

Введемо позначення

$$\gamma = \sqrt[n]{1-\alpha}. \quad (24)$$

Тоді з рівняння (23), використовуючи квантиль U_γ нормального розподілу, отримаємо

$$\frac{t_{ниж} - t}{vt_{ниж}} = U_\gamma,$$

звідки

$$t_{ниж} = \frac{t}{1 - vU_\gamma}. \quad (25)$$

Проілюструємо ці рівняння на прикладі

Припустимо, $n = 100$ виробів випробувались на ресурс $t = 1000$ год й жоден з них за цей час не випрацював ресурс. Відомо $v = 0,25$. Задано $\alpha = 0,90$. Знайти $t_{ниж}$.

Розв'язання

З рівняння (24) знаходимо

$$\lg \gamma = \frac{1}{100} \lg(1 - \alpha) = -\frac{1}{100} = -1,99,$$

звідки

$$\gamma = 0,977.$$

З таблиці функції нормального розподілу для $\gamma = 0,977$ знаходимо $U_\gamma = 2,0$. Далі з рівняння (25) отримаємо:

$$t_{\text{ниж}} = \frac{1000}{1 - 0,5} = 2000 \text{ год}$$

2 РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ

Розглянемо визначення оптимальної довговічності відновлюваних виробів.

Мова йде про визначення оптимальної довговічності відновлюваних деталей з урахуванням економічної доцільності їх подальшого ремонту і післяремонтної експлуатації. Це питання достатньо складне, в літературі не досить опрацьовано.

Припустимо: точка 0 – початок експлуатації виробу, далі в деякій точці перший капітальний ремонт, в якійсь точці другий капітальний ремонт, далі третій і т.д. (рисунок 1).

Точка 0 – початок експлуатації, а точки 1, 2, 3 відповідають моментам першого, другого й третього капітального ремонту.

Позначимо початкову вартість виробу через C_0 , а вартість капітальних ремонтів через C_1 , C_2 , C_3 . Ресурс до першого капітального ремонту позначимо t_1 , міжремонтний строк між першим і другим ремонтами – t_2 , між другим і третім – t_3 і т.д.

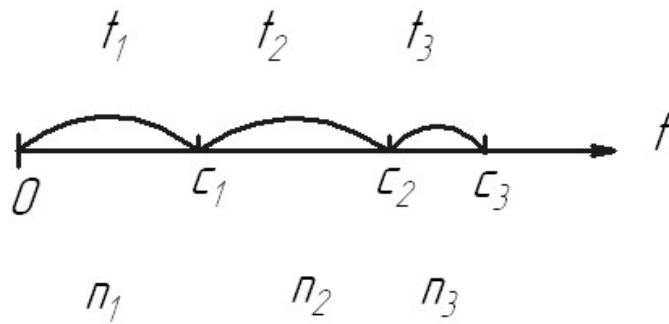


Рисунок 1

Позначимо середню вартість технічного обслуговування, яке припадає на одну годину роботи в межах першого періоду, через γ_1 , другого періоду – через γ_2 і т.д. Сюди входить вартість всіх видів технічного обслуговування, в тому числі всіх видів поточного ремонту до відповідного капітального ремонту.

$$\gamma_i = \frac{\left(\sum_i m_i \cdot l_{TO-i} + \sum_i K_i \cdot l_{TP-i} + \sum_i l_i \cdot K_{TP-i-1} + \sum_i l_i \cdot K_{TP-i-2} \right)}{t_i},$$

$$\text{де } t_i = \frac{\sum T \cdot M_{\text{Э}i}}{\sum M_{\text{Э}i}}.$$

Позначимо через n_1, n_2, n_3 і т.д. годинну продуктивність технічного об'єкта.

Маючи ці характеристики, можна отримати вираз для середньої собівартості одиниці продуктивності.

Можна знайти середню собівартість ζ_1 в першому періоді від початку експлуатації до першого капітального ремонту. Далі визначаємо ζ_2 – середню собівартість від початку експлуатації до другого капітального ремонту; далі ζ_3 – на періоді експлуатації від початку до третього капітального ремонту і т.д.

Для цих середніх собівартостей можна записати такі рівняння:

$$\zeta_1 = \frac{C_0 + \gamma_1 t_1}{n_1 t_1}, \quad (26)$$

$$\zeta_2 = \frac{C_0 + \gamma_1 t_1 + C_1 + \gamma_2 t_2}{n_1 t_1 + n_2 t_2}, \quad (27)$$

$$\zeta_3 = \frac{C_0 + \gamma_1 t_1 + C_1 + \gamma_2 t_2 + C_2 + \gamma_3 t_3}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + n_3 t_3} \quad (28)$$

Розглянемо простий окремих випадок, який є штучним, коли вартість всіх капітальних ремонтів однакова $C_1 = C_2 = C_3 = \dots$

Припустимо, що годинна продуктивність в міжремонтний період також однакова $n_1 = n_2 = n_3 = \dots$

Приймаємо, що міжремонтний період також однаковий $t_1 = t_2 = t_3 = \dots$

Також приймаємо вартість технічного обслуговування однаковою $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = \dots$

В такому випадку з рівнянь (26) – (28) отримаємо

$$\zeta_1 = \frac{C_0}{n_1 t_1} + \frac{\gamma_1}{n_1} \quad (29)$$

$$\zeta_2 = \frac{C_0 + C_1}{2n_1 t_1} + \frac{\gamma_1}{n_1}, \quad (30)$$

$$\zeta_3 = \frac{C_0 + C_1 + C_2}{3n_1 t_1} + \frac{\gamma_1}{n_1}. \quad (31)$$

Так як звичайно $C_1 < C_0$, то з цих рівнянь отримаємо $\zeta_2 < \zeta_1$, $\zeta_3 < \zeta_2$, і т.д., тобто вигідніше весь час проводити капітальні ремонти, ніж купувати нові ТО.

Однак це не правильно, тому що не виконуються прийняті тут припущення.

Перше припущення полягало в тому, що вартість всіх капітальних ремонтів однакова. Звичайно, кожен наступний ремонт не простіше попереднього й вартість його буде більшою.

Поступово, зі збільшенням кількості ремонтів, годинна продуктивність спадає.

Міжремонтні строки не залишаються постійними. Строк між початком експлуатації та першим капітальним ремонтом звичайно вище, ніж між першим, другим і третім ремонтами. Міжремонтні строки зменшуються.

Вартості технічного обслуговування не залишаються постійними. Зі збільшенням напрацювання внаслідок старіння, зносу, вартість технічного обслуговування поступово зростає, зростає витрата палива на одиницю часу, витрата мастильних матеріалів і т.д. Тому реальна картина не описується рівняннями (29) – (31).

Розглянемо для прикладу випадок, який в якійсь мірі можна розглядати, як реальний.

Припустимо, вихідні дані для розрахунку собівартості будуть:

$C_0 = 10^5$ грн, $C_1 = 5 \cdot 10^4$ грн, $C_2 = 6 \cdot 10^4$ грн, $C_3 = 7 \cdot 10^4$ грн, $C_4 = 8 \cdot 10^4$ грн, $t_1 = 10^4$ год, $t_2 = 9 \cdot 10^3$ год, $t_3 = 8 \cdot 10^3$ год, $t_4 = 7 \cdot 10^3$ год, $n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = 1$, $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = \gamma_4 = 1$.

Підставляючи в рівняння (26) – (28) ці значення, отримаємо

$$\zeta_1 = \frac{10^5 + 1 \cdot 10^4}{1 \cdot 10^4} = 11,$$

$$\zeta_2 = \frac{10^5 + 1 \cdot 10^4 + 5 \cdot 10^4 + 1 \cdot 9 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^4 + 1 \cdot 9 \cdot 10^3} = 8,89.$$

$$\zeta_3 = \frac{10^5 + 1 \cdot 10^4 + 5 \cdot 10^4 + 1 \cdot 9 \cdot 10^3 + 6 \cdot 10^4 + 1 \cdot 8 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^4 + 1 \cdot 9 \cdot 10^3 + 1 \cdot 8 \cdot 10^3} = 8,77,$$

$$\zeta_4 = \frac{10^5 + 1 \cdot 10^4 + 5 \cdot 10^4 + 1 \cdot 9 \cdot 10^3 + 6 \cdot 10^4 + 1 \cdot 8 \cdot 10^3 + 7 \cdot 10^4 + 1 \cdot 7 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^4 + 1 \cdot 9 \cdot 10^3 + 1 \cdot 8 \cdot 10^3 + 1 \cdot 7 \cdot 10^3} = 9,23$$

Звідси видно, що спочатку порівняно висока собівартість, тому що в ній враховується вартість нового виробу. Далі собівартість падає й надалі знову зростає. Графічно це подано на рисунку 2.

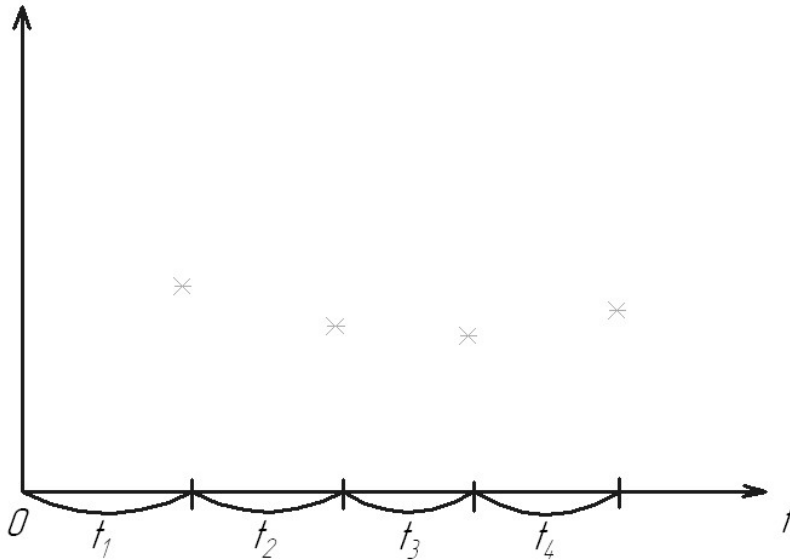


Рисунок 2 – Графічне зображення собівартості ремонту

Виходить, що вигідніше за все переривати експлуатацію, коли з'явиться необхідність виконувати третій капітальний ремонт. Таким чином, отримується мінімальна собівартість – 8,77.

Значить, якщо систематично для дослідних ТО знімати їх з експлуатації по досягненні необхідності в третьому капітальному ремонті, то сумарна середня собівартість буде найменшою, тобто прибуток, що отримуємо при експлуатації, буде найбільшим. Тому доцільно не проводити третього капітального ремонту, а знімати ТО з експлуатації.

Треба відмітити одну обставину, яку необхідно враховувати. Це питання про моральний знос. Може з'ясуватись, що нам буде вигідніше припинити експлуатацію в момент досягнення необхідності в другому капітальному ремонті за умови, якщо до цього часу ТО морально застарів, тобто промисловість виробляє ТО з більш високими показниками, які володіють більшою продуктивністю, більш високою надійністю.

3 ЗВІТ З ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Звіт з лабораторної роботи студент виконує в окремому зошиті У звіті з лабораторної роботи студент наводить короткі нотатки теоретичних відомостей відповідно до теми лабораторної роботи, вихідні дані для розрахунків, відповідно до варіанта розрахунки, графічне зображення отриманих результатів та висновок, що включає в себе сутність лабораторної роботи та аналіз отриманих результатів.

4 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

Вихідні дані для розрахунків наведено в таблиці 2. Вони обираються відповідно до списку студентів у журналі викладача або відповідно до останньої цифри залікової книжки.

