

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ПРАКТИКУМ З ТЕОРІЇ ТЕХНІЧНОЇ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН**

**ДНІПРО
«ЛІТОГРАФ»
2017**

УДК 629.113.004
ББК 39.31-08

Практикум з теорії технічної експлуатації машин: навчальний посібник / О.І. Субочев, О.Д. Деркач, І.Ф. Остров; Дніпр. держ. агр.-екон. ун-т. – Дніпро: Вид-во «Літограф», 2017. – 130 с.

У практикумі наведено методичні рекомендації до виконання практичних робіт з дисципліни «Теорія технічної експлуатації машин» у відповідності до робочої програми. Наведені методики оптимізаційних розрахунків з задач машинно-тракторного парку, які вирішуються за допомогою теорій ймовірності, відновлення, масового обслуговування, математичної статистики та логістики. Розглянуті питання ефективності систем масового обслуговування; визначення потоку вимог при напрацюванні; розрахунку потреби об'єму. Кожна задача вирішена на прикладі з застосуванням сучасних величин функціонування машинно-тракторного парку. Наведені перелік варіантів для вибору вихідних даних для розрахунку та перелік літератури.

Для студентів денної та заочної форми навчання за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

Практикум виданий за фінансового сприяння ТОВ «ТД Агротайм». Компанія спеціалізується на продажу імпортової сільськогосподарської техніки, обладнання, запасних частин, а також проведення сервісного обслуговування.

РЕЦЕНЗЕНТИ: доктор технічних наук, професор **ЧУРСІНОВ Ю.О.**
кандидат технічних наук, доцент **МЕЛЬЯНЦОВ П.Т.**
кандидат технічних наук, доцент **ВОЛИК Б.А.**

Затверджено на засіданні кафедри «Експлуатація машинно-тракторного парку», протокол № 12 від 15.06.2017 р.

Ухвалено та рекомендовано до видання навчально-методичною радою інженерно-технологічного факультету, протокол № 11 від 21.06.2017 р.

УДК 629.113.004
ББК 39.31-08

© О.І. Субочев, О.Д. Деркач, І.Ф. Остров
© Дніпровський державний аграрно-економічний університет», 2017.

ЗМІСТ

Передмова	4
Загальні положення	5
Практична робота № 1. Використання основних нормативів технічної експлуатації машин	8
Практична робота № 2. Визначення виробничої програми та річного обсягу робіт з технічного обслуговування та ремонту машин	15
Практична робота № 3. Технологічний розрахунок зон технічного обслуговування та поточного ремонту машин	23
Практична робота № 4. Прогнозування зміни параметру технічного стану та ресурсу машин в залежності від напрацювання	31
Практична робота № 5 Дослідження оптимальної періодичності технічного обслуговування машин за гамма-відсотковим ресурсом	39
Практична робота № 6. Оптимізація роботи та зменшення витрат від функціонування машинно-технологічної станції	56
Практична робота № 7. Дослідження оптимального обсягу запасних частин та агрегатів на машинно-технологічній станції	73
Практична робота № 8. Дослідження впливу вікової структури автомобілів на показники технічної експлуатації машин	87
Практична робота № 9. Управління показниками технічної експлуатації машин за кількістю капітальних ремонтів	96
Практична робота № 10. Дослідження залежності продуктивності машин від оснащення пересувного пункту технічного обслуговування	105
Практична робота № 11. Дослідження впливу факторів на димність відпрацьованих газів автотракторних двигунів	119
Рекомендована література	128

ПЕРЕДМОВА

Важливою умовою високоефективного використання машинно-тракторного парку (МТП) є забезпечення його справності та працездатності комплексу заходів, що сприяють цьому, чільне місце займає технічне обслуговування (ТО). Простой машинно-тракторних агрегатів (МТА), що виникають внаслідок усунення наслідків відмов машин, завдають користувачам техніки матеріальні збитки. Технічним обслуговуванням передбачається зменшення кількості і зниження часу простоїв, пов'язаних з технічними несправностями машин, високопродуктивна і безвідмовна робота та підвищення готовності всього МТП.

Основне завдання ТО машин полягає в тому, щоб з найменшими виробничими витратами забезпечити нормальне і екологічнобезпечне функціонування МТП. Щоб виконати це завдання на належному рівні слід, по-перше, знати закономірність зміни параметру технічного стану (ТС) машин, а по-друге, вміти обґрунтовувати експлуатаційні режими роботи машин, за яких зміна технічного стану сповільнюється. Пізнання та розкриття сукупності цих закономірностей і їх взаємозв'язку та взаємообумовленості, які пояснюють явища і процеси що відбуваються в машині, складає предмет теорії технічної експлуатації машин.

Для забезпечення достатнього рівня технічного стану машинно-тракторного парку передбачені методи ТО, які залежать від характеру переміщення транспортних засобів (ТЗ), що обслуговуються, і засобів обслуговування за територією регіону.

Дилерські мережі та регіональні системи ТО мають наступну структуру:

1 – техніка переміщується до засобів ТО – машинно-технологічна станція (МТС), стаціонарний пункт технічного обслуговування (СПТО);

2 – засоби ТО переміщуються до тракторів і машин - пересувний пункт технічного обслуговування (ППТО);

3 – машинно-тракторний парк та засоби ТО не переміщуються – автономний пункт технічного обслуговування (АПТО).

Економія паливних, енергетичних, матеріальних і сировинних ресурсів у процесі експлуатації МТП істотно залежить від їх технічного стану, рівня організації матеріально – технічного постачання, нормування витрат автоексплуатаційних матеріалів та запасних частин.

На рівень технічної готовності машинно-тракторного парку і обсяг одночасних і поточних затрат істотно впливають методи розрахунків та прогнозування показників функціонування МТП, що обґрунтовані на математичній статистиці, теорії ймовірності, масового обслуговування, логістики та ін.

У якості випробувальних одиниць машинно-тракторного парку доцільно використовувати найбільш частіших видів машин у центральних регіонах України:

1 – тракторів фірми John Deere моделей 8335R, 6130R, 6125R;

2 – вантажних автомобілів фірми VOLVO сімейств FE; FH; FL; FM; FMX.

Вихідні дані для кожної практичної роботи наведені у електронному вигляді на компактдиску, який додається до практикуму. Наведені нижче практичні завдання виконуються за допомогою комп'ютерної техніки з застосуванням програмних продуктів Microsoft Office та MathCAD Professional.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета вивчення дисципліни «Теорії технічної експлуатації машин» є формування у студентів наукових знань з питань раціональної експлуатації та управління технічним станом машинно-тракторного парку; отримання знань з методів і засобів забезпечення працездатності МТП, їх агрегатів, систем і механізмів і організації технічного обслуговування машинно-тракторного парку.

Предметом вивчення дисципліни є прогресивні технології і форми організації виробництва щодо технічного обслуговування МТП, розвитку виробничо-технічної бази та інші питання, які забезпечують експлуатацію машинно-тракторного парку.

Завдання викладання дисципліни – надати студентам наступних знань:

- 1 – основи положення планово – попереджувальної системи технічного обслуговування і ремонту МТП;
- 2 – особливості впливу різноманітних факторів на працездатність машинно-тракторного парку;
- 3 – специфіка коригування нормативів в залежності від різних причин (категорії умов експлуатації, модифікації автомобілів, кліматичних умов та інших);
- 4 – система коефіцієнтів коригування нормативів періодичності, трудомісткості ТО і ремонту та витрат запасних частин;
- 5 – методика розрахунку кількості технічних впливів (ЩО, ТО-1, ТО-2) за цикл, за рік та за добу;
- 6 – визначення річного обсягу робіт з технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів;
- 7 – поняття ритму виробництва та такту поста технічного ТО транспортних засобів;
- 8 – критерій вибору методу виробництва технічного обслуговування ТЗ;
- 9 – методика розрахунку потокових ліній та тупикових постів ТО транспортних засобів;
- 10 – специфіка прогнозування залишкового ресурсу механізму або системи до настання граничного стану;
- 11 – методика апроксимації експериментального параметру ТС механізму за математичними функціями;
- 12 – перевірка приналежності експериментальних даних до визначеного теоретичного закону за критеріями χ^2 - Пірсона та Колмглорова;
- 13 – оцінка показників надійності МТП за довірчими межами безвідмовної роботи, середнього ресурсу та гамма-відсоткового ресурсу;
- 14 – сутність, класифікація, різновиди та умовні позначення систем масового обслуговування;
- 15 – методика розрахунку показників системи масового обслуговування;
- 16 – прогноз потреби в запасних частинах за загальним видом та фактори, що обумовлюють нормування запасних частин;

- 17 – залежність розрахунку запасу запасних частин на підприємствах автомобільного транспорту;
- 18 – основні задачі системи матеріально-технічного постачання на підприємствах агропромислового комплексу;
- 19 – сутність керування віковою структурою, що забезпечує одержання в необхідний момент часу заданих показників якості автомобільного парку;
- 20 – перелік факторів, що обумовлюються віком транспортних засобів;
- 21 – перелік явищ, що призводять до накопичення критичного набору пошкоджень МТП;
- 22 – перелік факторів, що обумовлюють доцільність ремонту МТП у сучасних умовах;
- 23 – обробка результатів експериментальних даних вимірювання залежності продуктивності МТП від оснащення пересувного пункту ТО;
- 24 – дискримінація розглянутих математичних моделей
- 25 – обчислення кореляційного моменту зв'язку і коефіцієнту кореляції між факторіальною і результативною ознаками;
- 26 – фактори, що впливають на димність відпрацьованих газів двигунів МТП;
- 27 – застосування дисперсійного аналізу для дослідження впливу факторів на функцію відгуку;

Після виконання практичних робіт дисципліни студенти повинні вміти:

- 1 – коригувати нормативи в залежності від різних причин (категорії умов експлуатації, модифікації автомобілів, кліматичних умов та інших);
- 2 – використовувати норми витрат запчастин і матеріалів (планування їх виробництва, обсягу замовлень, запасів, витрати на запчастини);
- 3 – розраховувати виробничу програму технічних впливів (ЩО, ТО-1, ТО-2) за цикл, за рік та за добу;
- 4 – визначати річний обсяг робіт з технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів;
- 5 – визначати кількість потокових ліній ТО транспортних засобів;
- 6 – розраховувати кількість постів поточного ремонту автомобілів;
- 7 – планувати підтримку працездатного стану техніки під час експлуатації шляхом своєчасно обґрунтованого діагностування і технічного обслуговування;
- 8 – прогнозувати залишковий ресурс механізму або системи до настання граничного стану;
- 9 – вибирати найбільш придатну функцію з отриманих залежностей апроксимації експериментальної залежності параметру ТС механізму або системи ТЗ;
- 10 – визначати остаточний ресурс механізму або системи ТЗ настання граничного стану та повний ресурс;
- 11 – прогнозувати надійність роботи МТП протягом певного часу на підставі знання закономірності зміни показника технічного стану машинно-тракторного парку;
- 12 – проводити статистичну обробку експериментальних даних механізму, визначати параметри експериментального розподілу та за їх величинами виконувати попередню його оцінку;

- 13 – апроксимувати експериментальну залежність теоретичними законами та перевіряти за критеріями χ^2 -Пірсона, та Колмогорова;
- 14 – визначати залежність ймовірності відмови та ймовірності безвідмовної роботи механізму від напруження;
- 15 – оцінювати показники надійності МТП за довірчими межами безвідмовної роботи, середнього ресурсу та гамма-відсоткового ресурсу;
- 16 – визначати інтенсивності потоку, обслуговування вимог та параметри функціонування системи масового обслуговування;
- 17 – вибирати оптимальний варіант в залежності від кількості постів обслуговування за мінімумом загальних витрат від функціонування;
- 18 – досліджувати вплив величини обраного за завданням параметра на показники функціонування системи масового обслуговування;
- 19 – приймати рішення про величину запасів в умовах невизначеності, з застосуванням платіжної матриці, критеріїв Вальда, Лапласа та Гурвиця;
- 20 – приймати рішення в умовах ризику та визначати критерія Севіджа;
- 21 – знаходити стратегію, яка відповідає оптимальному стану запасу агрегатів на машинно-технологічній станції;
- 22 – застосувати методи теорії відновлення при визначенні розмірів постачань автомобілів протягом заданого періоду експлуатації;
- 23 – з'ясувати вплив нормованої функції для випадкової величини, провідної функції та параметру потоку відмов на кількість списань та відновлення парку.
- 24 – визначити період повного відновлення парку;
- 25 – застосовувати методіку визначення випадкової кількості капітальних ремонтів агрегатів;
- 26 – досліджувати вплив нормованої функції для випадкової величини та раціональна алгебраїчна функція Лапласа на річну кількість капітальних ремонтів агрегатів парку;
- 27 – визначити кількість капітальних ремонтів агрегатів транспортних засобів протягом вказаного періоду експлуатації;
- 28 – перевіряти відтворюваність і однорідність зв'язку між ознаками;
- 29 – вирівнювати експериментальну криву однофакторними функціями: лінійної, степеневої; показової, логарифмічної;
- 30 – перевіряти математичну модель на адекватність;
- 31 – обробляти результати залежності димності відпрацьованих газів від різних факторів;
- 32 – проводити дисперсійний аналіз виконати за результатами експерименту;
- 33 – визначити значимість впливу кожного фактору на димність відпрацьованих газів за критерієм Фішера.

ВИКОРИСТАННЯ ОСНОВНИХ НОРМАТИВІВ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН

Мета роботи:

- 1 – освоїти класифікацію нормативів за різними ознаками,
- 2 – поповнити знання з найважливішими нормативами технічної експлуатації;
- 3 – розглянути систему коефіцієнтів коригування нормативів періодичності, трудомісткості ТО і ремонту та витрат запасних частин;
- 4 – освоїти перелік факторів доцільності використання нормативу трудомісткості ТО і ремонту.

Зміст роботи:

- 1 – вивчення доцільності застосування нормативів та факторів за якими визначаються їх величини;
- 2 – розглядання специфіки коригування нормативів в залежності від різних причин (категорії умов експлуатації, модифікації автомобілів, кліматичних умов та інших);
- 3 – ознайомлення з системою коефіцієнтів коригування нормативів періодичності, трудомісткості ТО і ремонту та витрат запасних частин;
- 4 – вивчення доцільності використання норм витрат запчастин і матеріалів (планування їх виробництва, обсягу замовлень, запасів, витрати на запчастини).

1.1 КЛАСИФІКАЦІЯ НОРМАТИВІВ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН

Норматив – це кількісний або якісний показник, що використовується для упорядкування процесу прийняття та реалізації рішень.

За призначенням нормативи поділяють на такі, що регламентують:

- 1 - властивості виробу (надійність, продуктивність, вантажність, масу, габаритні розміри та ін.);
- 2 - стан виробу (номінальні, допустимі і граничні значення параметрів технічного стану), властивості матеріалів (густина, в'язкість, вміст компонентів, домішок та ін.)
- 3 - ресурсне забезпечення (капіталовкладення, витрати матеріалів, запасних частин, трудовитрат);
- 4 - технологічні вимоги, що визначають порядок проведення нових операцій та робіт ТО і ремонту.

За рівнем нормативи поділяють на:

- 1 - державні (стандарти, норми технологічного проектування, норми витрат запасних частин та ін.);

- 2 - міжгалузеві (положення про ТО і ремонт ДТЗ автомобільного транспорту);
- 3 - галузеві (типові технологічні та методичні вказівки, галузеві стандарти та ін.);
- 4 - господарчі (нормативи якості ТО і ремонту, стандарти підприємств та ін.).

Нормативи необхідні при:

- 1 - визначенні рівня працездатності транспортних засобів,
- 2 - плануванні об'єктів робіт визначенні необхідної кількості виконавців,
- 3 - потреби у виробничій базі, в технологічних розрахунках.

Найважливішими нормативами технічної експлуатації є:

- 1 - періодичність ТО;
- 2 - ресурс виробу до капітального ремонту;
- 3 - трудомісткість ТО, ремонту;
- 4 - витрати запчастин і експлуатаційних матеріалів.

Визначення нормативів здійснюється на основі даних про:

- 1 - надійність виробів,
- 2 - витрати матеріалів,
- 3 - тривалість та вартість робіт ТО і ремонту.

Періодичність ТО – це нормативне напруцювання (в км пробігу або годинах роботи) між двома послідовними ТО одного виду.

Згідно з положенням періодичність складає:

ЩО виконується один раз на добу незалежно від кількості робочих змін;

ТО-1 для легкових автомобілів і автобусів виконується через 5000км, для інших автомобілів - через 4000км,

ТО-2 для легкових автомобілів і автобусів виконується через 20000км, для інших автомобілів – через 16000км.

1.2 СИСТЕМА КОЕФІЦІЄНТІВ КОРИГУВАННЯ НОРМАТИВІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ

Нормативні величини вимагають коригування в залежності від різних причин (категорії умов експлуатації, модифікації автомобілів, кліматичних умов та інших)

1 - скоректовані періодичності технічних обслуговувань:

$$L_i = L_i^H \cdot K1 \cdot K3; \quad (1.1)$$

2 – скоректований пробіг до капітального ремонту:

$$L_{KP} = L_{KP}^H \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3; \quad (1.2)$$

3 - скоректовані трудомісткості технічних обслуговувань:

$$t_i = t_i^H \cdot K2 \cdot K5; \quad (1.3)$$

4 - скоректовані трудомісткості поточного ремонту:

$$t_{PP} = t_{PP}^H \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 \cdot K5, \quad (1.4)$$

де L_i^H ; L_{KP}^H ; t_i^H ; t_{PP}^H - нормативні величини технічного обслуговування і ремонту;
 $K1$; $K2$; $K3$; $K4$; $K5$ - коефіцієнти коригування нормативів ТО і ПР.

Таблиця 1.1

Значення коефіцієнта коригування нормативів в залежності від категорії умов експлуатації (K_1)

Категорія умов експлуатації	Періодичність ТО	Питома трудомісткість ПР	Пробіг до КР	Витрати запасних частин
I	1,0	1,0	1,0	1,00
II	0,9	1,1	0,9	1,10
III	0,8	1,2	0,8	1,25
IV	0,7	1,4	0,7	1,40
V	0,6	1,5	0,6	1,65

Таблиця 1.2

Значення коефіцієнта коригування нормативів в залежності від модифікації автомобілів (K_2)

Модифікація рухомого складу та організація його роботи	Трудомісткість ТО і ПР	Пробіг до КР	Витрати запасних частин
Базовий автомобіль	1,00	1,00	1,00
Сідельний тягач	1,10	0,95	1,05
Автомобілі			
- з одним причепом	1,15	0,90	1,10
- з двома причепами	1,20	0,85	1,20
Автомобілі – самоскиди			
- довгі плечі понад 5 км	1,15	0,85	1,20
- короткі плечі до 5 км	1,20	0,80	1,25
- з двома причепами	1,25	0,75	1,30
Спеціалізований рухомий склад			
- складність 1	1,10	-	-
- складність 2	1,20	-	-

Таблиця 1.3

Значення коефіцієнта коригування нормативів в залежності від кліматичного району (К₃)

Кліматичний район	Періодичність ТО	Питома трудомісткість ПР	Пробіг до КР	Витрати запасних частин
Помірний	1,00	1,00	1,00	1,00
Помірно теплий	1,00	0,90	1,10	0,90
Вологий, теплий вологий	0,90	1,10	0,90	1,10
Жаркий сухий	0,90	1,10	0,90	1,10
Дуже жаркий сухий	0,90	1,10	0,90	1,10
Помірно холодний	0,90	1,10	0,90	1,10
Холодний	0,90	1,20	0,80	1,25
Дуже холодний	0,80	1,30	0,70	1,40

Таблиця 1.4

Значення коефіцієнта коригування нормативів в залежності від пробігу з початку експлуатації (К₄)

Пробіг з початку експлуатації	Вантажні автомобілі	Автобуси	Легкові автомобілі
До 0,25	0,40	0,50	0,40
Понад 0,25 до 0,50	0,70	0,80	0,70
Понад 0,50 до 0,75	1,00	1,00	1,00
Понад 0,75 до 1,00	1,20	1,30	1,40
Понад 1,05 до 1,25	1,30	1,40	1,50
Понад 1,25 до 1,50	1,40	1,50	1,60
Понад 1,50 до 1,75	1,60	1,80	2,00
Понад 1,75 до 2,00	1,90	2,10	2,20
Понад 2,00	2,10	2,50	2,50

Таблиця 1.5

Значення коефіцієнта коригування нормативів в залежності від загальної кількості обслуговуваних автомобілів (К₅)

Загальна кількість обслуговуваних автомобілів	Кількість технологічно сумісних груп автомобілів		
	Менше 3	3	Більше 3
До 100	1,15	1,20	1,30
Понад 100 до 200	1,05	1,10	1,20
Понад 200 до 300	0,95	1,00	1,10
Понад 300 до 600	0,85	0,90	1,05
Більш 600	0,80	0,85	0,95

Зрозуміло, що скоректовані значення періодичності будуть не більшими за нормативні.

Категорії умов експлуатації визначається згідно з ДСТУ:

1 - станом дорожнього покриття;

2 - рельєфом місцевості;

3 - умовами руху автомобіля (у великих містах, малих містах, або за межами міста).

Трудомісткість ТО (ремонту) – це трудовитрати на виконання робіт одного технічного обслуговування (ремонту) даного виду в людино-годинах або нормо - годинах.

Норматив трудомісткості необхідний для визначення кількості виконавців і оплати їх праці за фактично виконану роботу з урахуванням потрібної кваліфікації робітника (тарифної ставки).

На автомобільному транспорті застосовують наступні норми:

1 - диференційовані, що встановлюють на окремі операції з наданням можливості виділення переходів, прийомів і трудових рухів;

2 - укрупнені (або комплексні при обладнаній формі організації праці) встановлюється на групу операцій або робіт, вид обслуговування або ремонту;

3 - питомі, що віднесені до виконаної роботи або напрацювання і вимірюються в люд.год/1000км пробігу автомобіля.

Норма трудомісткості операцій ТО або ремонту визначається:

$$H_m = \frac{t_{on} \cdot (1 + a_{nзч} + a_{обс} + a_{від}) \cdot K}{100}, \quad (1.5)$$

де t_{on} - оперативний час, люд - год;

$a_{nзч}$ – частка підготовчочо - заключного часу, %;

$a_{обс}$ – частка часу обслуговування робочого місця, %;

$a_{від}$ – частка часу на відпочинок і особисті потреби, %.

K - коефіцієнта повторюваності.

Ресурс автомобіля чи агрегату до капітального ремонту встановлюється для І категорії умов експлуатації.

Таблиця 1.6

Ресурс автомобіля та агрегатів до капітального ремонту

Марка автомобіля	Ресурс, тис. км			
	Двигуна	Коробки передач	Заднього моста	Переднього Моста
ГАЗ – 24	200	250	300	300
ГАЗ – 53А	200	250	250	250
ЗиЛ – 130	250	300	300	300
МАЗ – 500	275	275	320	320
КамАЗ – 5320	300	300	300	300
ПАЗ – 672	180	180	180	150
ЛиАЗ – 677М	200	200	300	210

Цей норматив використовується для визначення середніх програм з капітального ремонту автомобілів і агрегатів на даному АТП або у галузі, а також при визначенні норм витрат запчастини, що необхідні при капітальному ремонті.

1.3 НОРМИ ВИТРАТ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН І МАТЕРІАЛІВ ТА ЇХ КОРИГУВАННЯ

Норми витрат запчастин і матеріалів необхідні для планування їх виробництва, обсягу замовлень, запасів, а також витрат на запасні частини.

Застосовують укрупнені і номенклатурні норми. Укрупнені норми витрат на запчастини і матеріал використовують для планування робіт ТО і ремонту транспортних засобів.

В середньому у витратах на поточний ремонт запчастин складають 40%, а матеріали 15%. Ці норми мають галузевий характер і визначаються на підставі фактичних витрат або розрахунків з урахуванням ресурсу і ціни конкретних деталей.

Номенклатурна норма встановлює середні витрати запчастин (по кожній деталі) в штуках на 100 автомобілів за рік.

Приблизно норму витрати запасних частин визначають за ресурсом до першої заміни:

$$H \approx \frac{100 \cdot L_p}{\eta \cdot L_1}, \text{ од./100авт за рік,} \quad (1.6)$$

де L_p - річний пробіг автомобіля, тис. км;

L_1 - ресурс до першої заміни, тис. км;

η - коефіцієнт відновлення ресурсу.

Таблиця 1.7

Витрати запчастин залежать від умов експлуатації

Категорія умов експлуатації	Витрати запчастин, %	
	Автомобіль	Двигун
I	100 (умовно)	
II	110	110
III	125	140
IV	140	165
V	165	200

Норми простою транспортних засобів в ТО і ремонті у [2] не регламентуються.

Нормативи трудомісткості ТО і ремонту наведені у [2] для легкових автомобілів, автобусів, вантажних автомобілів і причепів.

Для автомобілів, що працюють на скрапленому та стиснутому газі, ці нормативи збільшуються відповідно до видів ТО [2].

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1. За якими ознаками класифікуються нормативи технічної експлуатації машин.*
- 2. Які найважливіші нормативами технічної експлуатації машин.*
- 3. У чому полягає система коефіцієнтів коригування нормативів ТО і ремонту.*
- 4. Від яких факторів експлуатації транспортних засобів залежать коефіцієнти коригування нормативів ТО і ремонту ТЗ.*
- 5. За яких факторів коригуються норми трудомісткості операцій ТО або ремонту транспортних засобів.*
- 6. Для яких випадків використовують норми витрат запасних частин і матеріалів та специфіка їх коригування.*

ВИЗНАЧЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ТА РІЧНОГО ОБСЯГУ РОБІТ З ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ МАШИН

Мета роботи:

- 1 – освоїти методику розрахунку кількості технічних впливів за цикл, за рік;
- 2 – отримати навички в визначенні показників переходу від циклу до року;
- 3 – оволодіти досвідом розрахунку річної трудомісткості з технічного обслуговування та ремонту.

Зміст роботи

- 1 – коригування нормативів технічного обслуговування та ремонту в залежності від різних причин;
- 2 – визначення кількості технічних впливів за цикл, за рік;
- 3 – визначення показників переходу від циклу до року;
- 4 – визначення річної трудомісткості з технічного обслуговування та ремонту.

2.1 ВИБІР ВИХІДНИХ ДАНИХ

Вихідні дані, потрібні для виконання розрахунків, наведені в завданні.

Технічні дані автомобілів наведено в вибираються згідно моделей рухомого складу.

2.2 ВИБІР НОРМАТИВІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ

Вибір нормативів технічного обслуговування і ремонту здійснюється згідно моделей рухомого складу наступних технічних впливів:

- щоденного обслуговування (ЩО);
- першого технічного обслуговування (ТО-1);
- другого технічного обслуговування (ТО-2);
- поточного ремонту (ПР).

Нормативна періодичність обслуговувань (ТО-1;ТО-2) встановлена за типами рухомого складу згідно еталонних умов, або вимог заводів – виробників автомобілів.

2.3 КОРИГУВАННЯ НОРМАТИВІВ ТО ТА РЕМОНТУ

Нормативні величини вимагають коригування:

1 - скоректовані періодичності технічних обслуговувань:

$$L_i = L_i^H \cdot K1 \cdot K3; \quad (2.1)$$

2 – скоректований пробіг до капітального ремонту:

$$L_{KP} = L_{KP}^H \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3; \quad (2.2)$$

3 - скоректовані трудомісткості технічних обслуговувань:

$$t_i = t_i^H \cdot K2 \cdot K5; \quad (2.3)$$

4 - скоректовані трудомісткість поточного ремонту:

$$t_{IP} = t_{IP}^H \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 \cdot K5, \quad (2.4)$$

де L_i^H ; L_{KP}^H ; t_i^H ; t_{IP}^H - нормативні величини технічного обслуговування і ремонту;
 $K1$; $K2$; $K3$; $K4$; $K5$ - коефіцієнти коригування нормативів ТО і ПР (розділ 1).

Коригування пробігів проводиться за кратністю середньодобовому пробігу технічного впливу більш низького рівня.

2.4 ВИЗНАЧЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ЗА ЧИСЕЛЬНІСТЮ ТЕХНІЧНИХ ВПЛИВІВ

Розрахунок програми виконується цикловим методом. За цикл приймається пробіг з початку експлуатації до капітального ремонту.

Кількість технічних впливів і-го виду за цикл на одиницю рухомого складу визначається за формулою:

$$N_{ei} = \frac{L_{ci}}{L_{ei}} - N_{ee}, \quad (2.5)$$

де L_{ci} – пробіг автомобіля за цикл, км;

L_{ei} – пробіг і-го виду впливу, км;

N_{ee} – кількість впливів більш високого рівня.

Кількість технічних впливів на одиницю рухомого складу за рік визначається за формулою:

$$N_{epi} = N_{ei} \cdot \eta, \quad (2.6)$$

де η – коефіцієнт переходу від циклу до року:

$$\eta = \frac{L_p}{L_k} = \frac{D_{pp} \cdot \alpha_m}{D_{ec}}, \quad (2.7)$$

L_p - річний пробіг одного автомобіля, км;

L_k - пробіг автомобіля до капітального ремонту, км;

D_{pp} – кількість робочих днів підприємства за рік;

D_{ec} – кількість днів експлуатації за цикл:

$$D_{ec} = \frac{L_k}{L_{cd}}, \quad (2.8)$$

L_{cd} - середньодобовий пробіг автомобілів, км;

α_m – коефіцієнт технічної готовності:

$$\alpha_m = \frac{D_{eu}}{D_{eu} + D_p}, \quad (2.9)$$

де D_p – кількість днів простою одиниці рухомого складу в ТО-2, поточному та капітальних ремонтах, дн:

$$D_p = D_{кр} + \frac{d_{2,нр} \cdot L_{\kappa}}{1000}, \quad (2.10)$$

де $D_{кр}$ – дні простою рухомого складу в капітальному ремонті з урахуванням часу транспортування на автотранспортне підприємство та назад, дн.;

$d_{2,нр}$ – питомий простій рухомого складу в ТО-2 та ПР, дн./1000 км пробігу.

Кількість впливів по АТП за рік визначається за формулою:

$$N_{eni} = N_{epi} \cdot A_{ci}, \quad (2.11)$$

де A_{ci} – облікова кількість автомобілів і-ої марки.

Середньодобова кількість технічних впливів по АТП визначається за формулою:

$$N_{eci} = \frac{N_{eni}}{D_{pz}}, \quad (2.12)$$

де D_{pz} – кількість днів роботи за рік відповідної зони, дн.

2.5 РОЗРАХУНОК РІЧНОГО ОБСЯГУ РОБІТ З ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ

Обсяг робіт технічних обслуговувань визначається як добуток кількості технічних обслуговувань та трудомісткості даного виду технічного обслуговування. Нормативні трудомісткості ТО і ПР рухомого складу визначаємо згідно додатку до.

Обсяг робіт технічних обслуговувань:

$$T_{eni} = N_{eni} \cdot t_{ei}, \quad (2.13)$$

де t_{ei} – значення трудомісткості даного виду обслуговування, люд. год.

Обсяг робіт сезонного обслуговування за рік у цілому по парку :

$$T_{cezi} = 2 \cdot A_{ci} \cdot K_c \cdot t_{2i}, \quad (2.14)$$

де A_{ci} – облікова кількість одиниць рухомого складу, одиниць;

K_c – коефіцієнт трудомісткості ТО-2. $K_c = 0,2$;

t_{2i} – трудомісткість ТО-2, люд - год.

Обсяг робіт поточного ремонту одного автомобіля за рік

$$T_{нр} = \frac{L_p \cdot t_{нр}}{1000} = \frac{L_{\eta} \cdot \eta \cdot t_{нр}}{1000}, \quad (2.15)$$

де $t_{нр}$ – трудомісткість робіт поточного ремонту, люд.-год./1000 км.

Обсяг робіт ПР за рік у цілому по парку:

$$T_{\text{прп}} = T_{\text{пр}} \cdot A_c \cdot \quad (2.16)$$

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Вихідні дані, потрібні для виконання технологічного розрахунку, наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Вихідні дані

№	Найменування показників	Одиниця виміру	Моделі Автомобілів	
			I	II
1	2	3	4	5
1	Тип рухомого складу	-	VOLVO	ОдАЗ
2	Модифікація	-	8932	935
3	Облікова кількість рухомого складу	од.	190	190
4	Середньодобовий пробіг по маркам	км	349	349
5	Кількість робочих днів за рік підприємства	дн.	249	249
6	Час в наряді рухомого складу	год	12	12
7	Категорія умов експлуатації	-	II-40%	III-60%

Технічні дані автомобілів наведено до табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Технічні дані автомобілів

№	Найменування показників	Одиниця Виміру	Моделі Автомобілів	
			I	II
			VOLVO	ОдАЗ
1	2	3	4	5
1	Тип	-	тягач	напівприч.
2	Вантажопідйомність	т	13,85	13,5
3	Габаритні розміри			
	Довжина	м	7,63	9,38
	Ширина	м	2,50	2,50
4	Площа автомобіля в плані	м ²	17,57	23,45

Вибір нормативів технічного обслуговування і ремонту наведено до табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Нормативи технічного обслуговування і ремонту

№	Найменування показників		Одиниця виміру	Моделі автомобілів	
				I	II
				VOLVO	ОдАЗ
				8932	935
1	2		3	4	5
1	Нормативні пробіги технічних	ТО-1	км	4000	4000
	Впливів	ТО-2	км	16000	16000
		КР	км	300000	100000
2	Нормативні трудомісткості	ЩО	люд-год	0,35	0,30
	виконання впливів	ТО-1	люд-год	0000	1,00
		ТО-2	люд-год	13,85	4,50
		ПР	л-г/1000 км	6,00	1,40
3	Норма простою в ТО-2 і ТР на 1000 км		дн	0,55	0,11
4	Кількість днів простою в КР		дн	24	12

Визначення величин коефіцієнтів коригування наведено у табл. 2.4, 2.5

Таблиця 2.4

Значення коефіцієнта коригування K_1

Коректування періодичності технічних обслуговувань та пробігу до капітального ремонту					
Категорія умов експлуатації	I	II	III	IV	V
Коефіцієнт корегування	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60
Відсоток		40	60		
Загальна сума відсотків					100
Остаточне значення коефіцієнта корегування					0,840
Коректування питомої трудомісткості поточного ремонту					
Категорія умов експлуатації	I	II	III	IV	V
Коефіцієнт корегування	1	1,1	1,1	1,4	1,5
Відсоток		40	60		
Загальна сума відсотків					100
Остаточне значення коефіцієнта корегування					1,100

Таблиця 2.5

Значення результуючого коефіцієнту коректування нормативів

№	Найменування показників	Значення коефіцієнтів коректування				
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
Коректування періодичності технічних обслуговувань						
1	Значення коефіцієнтів	0,840	-	0,90	-	-
2	Результуючий коефіцієнт					0,756
Коректування пробігу до капітального ремонту						
1	Значення коефіцієнтів	0,840	1,00	0,90	-	-
2	Результуючий коефіцієнт					0,756
Коректування трудомісткості технічних обслуговувань						
1	Значення коефіцієнтів	-	1,00	-	-	1,05
2	Результуючий коефіцієнт					1,050
Коректування питомої трудомісткості поточного ремонту						
1	Значення коефіцієнтів	1,100	1,00	1,10	0,70	1,05
2	Результуючий коефіцієнт					0,889

Корегування періодичностей технічних впливів виконане в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Коригування нормативів, розрахунок кількості впливів

№	Назва показника	Одиниця виміру	Позначення	Моделі автомобілів	
				I	II
				VOLVO	ОДАЗ
1	2	3	4	5	6
1	Середньодобовий пробіг	км	L_{co}	349	349
2	Нормативні пробіги	ТО-1	L_1	4000	4000
		ТО-2	L_2	16000	16000
		КР	$L_{кр}$	300000	100000
3	Коефіцієнти корегування	ТО	-	$k_{то}$	0,756
		КР	-	$k_{кр}$	0,756
4	Скоректовані пробіги за умовами експлуатації	ТО-1	км	L_1	3024
		ТО-2	км	L_2	12096
		КР	км	$L_{кр}$	226800
5	Скоректовані пробіги за кратністю	ТО-1	км	L_1	3141
		ТО-2	км	L_2	12564
		КР	км	$L_{кр}$	226152
6	Кількість днів експлуатації за цикл	дн.	D_{eu}	648	216
7	Простій капітальному ремонту	дн.	$D_{кр}$	24	12
8	Питомий простій в ТО та ПР	дн/1000км	d_{mp}	0,55	0,11
9	Простій РС в ТО-2, ПР та КР за цикл	дн.	D_p	148,384	20,292
10	Коефіцієнт технічної готовності	-	α_m	0,8137	0,9141

Продовження табл. 2.6

1	2		3	4	5	6
11	Коеф. переходу від циклу до року		-	η	0,3127	1,0538
12	Кількість впливів за цикл	КР	од.	$N_{кр}$	1	1
		ТО-2	од.	N_2	17	5
		ТО-1	од.	N_1	54	18
		ЩО	од.	$N_{що}$	648	216
13	Кількість впливів за рік	КР	од.	$N_{крр}$	0,31	1,05
		ТО-2	од.	$N_{2р}$	5,32	5,27
		ТО-1	од.	$N_{1р}$	16,88	18,97
		ЩО	од.	$N_{щор}$	202,61	227,62
14	Кількість впливів за рік по парку	ТО-2	од.	$N_{2п}$	1010,0	1001,0
		ТО-1	од.	$N_{1п}$	3208,0	3604,0
		ЩО	од.	$N_{щоп}$	38495,1	43247,1
15	Кількість впливів добу	ТО-2	од.	$N_{2д}$	4,1	4,0
		ТО-1	од.	$N_{1д}$	12,9	14,5
		ЩО	од.	$N_{щод}$	154,6	173,7

Результати розрахунку річних обсягів робіт ТО і ПР наведені до табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Результати річного обсягу робіт ТО та ПР

№	Назва показника		Одиниця виміру	Позначення	Модель автомобіля	
					I	II
1	2		3	4	5	6
1	Нормативні трудомісткості	ЩО	люд-год	$t_{що}$	0,35	0,30
		ТО-1	люд-год	t_1	3,20	1,00
		ТО-2	люд-год	t_2	13,85	4,50
		ПР	л-г/1000 км	$t_{пр}$	6,00	1,40
2	Коефіцієнти коригування трудомісткості ТО		-	$K_{мо}$	1,050	1,050
			-	$K_{пр}$	0,889	0,889
3	Скоректовані трудомісткості	ЩО	люд-год	$t_{що}$	0,37	0,32
		ТО-1	люд-год	t_1	3,36	1,05
		ТО-2	люд-год	t_2	14,54	4,73
		ПР	л-г/1000 км	$t_{пр}$	5,34	1,25
4	Пробіг одного автомобіля за рік		км	L_p	70709,5	79438,1
5	Річна трудомісткість впливів	ЩО	люд-год	$T_{щон}$	14147,0	13622,8
		ТО-1	люд-год	$T_{ТО-1п}$	10778,9	3784,2
		ТО-2	люд-год	$T_{ТО-2п}$	14687,9	4729,7
		СО	люд-год	$T_{COп}$	1105,2	359,1

Продовження табл. 2.7

1	2	3	4	5	6	
		ПР	люд-год	$T_{прп}$	71689,4	18792,5
6	Загальна трудомісткість за рік	$\sum T$	люд-год	$\sum T_n$	112408,4	412883
7	Загальна трудомісткість за всіма видами ТО та ПР за рік					153696,7

ВИСНОВКИ

1. Обрані вихідні дані експлуатації рухомого складу та нормативи ТО і ремонту транспортних засобів.
2. Розраховані остаточні величини коефіцієнтів коригування ТО і ремонту ТЗ.
3. Скореговані періодичності технічних впливів (ТО-1, ТО-2, пробіг до КР), та трудомісткості технічних впливів ТО і ремонту.
4. Визначені кількість технічних впливів (ЩО,ТО-1,ТО-2) за цикл, за рік, за добу.
5. Розраховані показники переходу від експлуатації ТЗ за цикл до річних показників ТО і ремонту транспортних засобів.
6. Виконано розрахунок річних трудомісткостей технічних впливів (ЩО,ТО-1,ТО-2) та загальний обсяг робіт.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яким чином здійснюється вибір нормативів технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів.
2. Перелічити фактори, впливають на коригування нормативних періодичностей ТО та трудомісткостей ТО і ремонту.
3. У чому полягає цикловий метод розрахунку виробничої програми з ТО транспортних засобів. Який період приймається за цикл роботи рухомого складу.
4. Яким чином здійснюється перехід від показників за цикл до річних показників ТО і ремонту ТЗ.
5. Як визначається кількість технічних впливів (ЩО,ТО-1,ТО-2) за цикл, за рік, за добу.
6. Від яких факторів залежить річний обсяг робіт з ТО і ремонту транспортних засобів.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗОН ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ МАШИН

Мета роботи:

- 1 – отримати навички у виборі вихідних даних до розрахунку зон ТО та ремонту;
- 2 – використати поняття ритм виробництва та такт поста технічного обслуговування;
- 2 – освоїти методику розрахунку кількості потокових ліній ТО;
- 3 – оволодіти досвідом розрахунку тупикових універсальних постів технічного обслуговування;
- 4 – навчитись розраховувати кількість постів поточного ремонту.

Зміст роботи

- 1 – вибір вихідних даних до розрахунку зон ТО та ПР;
- 2 – визначення кількості потокових ліній ТО-1 та ТО-2;
- 3 – розрахунок кількості тупикових універсальних постів ТО ТЗ;
- 4 – визначення кількості постів поточного ремонту;
- 3 – уточнення трудомісткості з різних видів технічного обслуговування ТЗ.

3.1 РОЗРАХУНОК ЗОНИ ЩОДЕННОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Кількість ліній щоденного обслуговування визначається за формулою:

$$m_{л} = \frac{\tau_{л}}{R_{щд}}, \quad (3.1)$$

де $\tau_{л}$ – такт ліній, хв.

$R_{щд}$ – ритм виробництва, хв:

$$R_{щд} = \frac{60 \cdot T_{зм} \cdot C}{N_{щд}}, \quad (3.2)$$

де $T_{зм}$ – тривалість робочої зміни зони, год.;

при шестиденному робочому тижні $T_{зм} = 6,7$ год;

при п'ятиденному робочому тижні $T_{зм} = 8,0$ год.

C - кількість змін роботи за добу; $C = 1; 2$;

$N_{щд}$ – добова кількість ЩО.

Такт ліній приймається за умови:

$$\tau_{л} = \tau_{нпр} = \tau_{нм} = \tau_{нс}, \quad (3.3)$$

де $\tau_{нпр}, \tau_{нм}, \tau_{нс}$ – відповідно такти постів прибирання, мийки та сушки.

Такт поста прибирання:

$$\tau_{nnp} = \frac{60 \cdot t_{np}}{P_{np}} + t_{nep}, \quad (3.4)$$

де t_{np} – трудомісткість прибиральних робіт, люд-год:

$$t_{np} = t_{що} \cdot b \cdot K_n, \quad (3.5)$$

де $t_{що}$ – трудомісткість ЩО автомобіля, люд-год;

b – доля прибиральних робіт у трудомісткості ЩО, $b=0,2\dots0,5$;

K_n – коефіцієнт зменшення трудомісткості робіт за рахунок використання потокового виробництва, $K_n = 0,8$;

P_{np} – кількість прибиральників на посту прибирання, $P_{np} = 1\dots3$ люд;

t_{nep} – час переміщення автомобіля з поста на пост, хв:

$$t_{nep} = \frac{L_a + a}{V_k}, \quad (3.6)$$

де L_a – довжина транспортного засобу, м;

a – відстань між транспортними засобами на лінії обслуговування; $a=1,5\dots2,0$ м;

V_k – швидкість переміщення транспортного засобу конвеєром,

$V_k = 8\dots15$ м/хв.

Такт поста мийки:

$$\tau_{nm} = \frac{60}{N_y} + t_{nep}, \quad (3.7)$$

де N_y – пропускна спроможність мийної установки, автом./год, $N_y = 15 \dots 30$ автом./год.

Такт поста сушки:

$$\tau_{nc} = \frac{60}{N_c} + t_{nep}, \quad (3.8)$$

де N_c – продуктивність сушильної установки, автом./год. $N_c = N_y$.

Річна уточнена трудомісткість ЩО:

$$T_{щору} = \Phi_m \cdot P_{що}, \quad (3.9)$$

де Φ_m – річний фонд часу робочого місця, год,

$P_{що}$ – кількість робітників, працюючих у зоні обслуговування:

$$P_{що} = P_{np} \cdot m_l + P_{on}, \quad (3.10)$$

де P_{on} – кількість операторів.

3.2 РОЗРАХУНОК ЗОНИ ТО-1

Кількість потокових ліній:

$$m_{л1} = \frac{\tau_{л1}}{R_1} \quad (3.11)$$

Ритм виробництва зони ТО-1:

$$R_1 = \frac{60 \cdot T_{зм} \cdot C}{N_{вс1}}, \quad (3.12)$$

де $N_{вс1}$ – добова кількість впливів ТО-1.

Такт лінії:

$$\tau_{л1} = \frac{t_1 \cdot K_n \cdot 60}{P_{л}} + t_{неп}, \quad (3.13)$$

де t_1 - трудомісткість одного ТО-1 автомобіля, люд. - год.;

K_n - коефіцієнт зменшення трудомісткості ТО-1 за рахунок використання потокового виробництва, $K_n = 0,8$;

$P_{л}$ - кількість робітників на потоковій лінії, люд.

Річна уточнена трудомісткість ТО-1:

$$T_{1y} = \Phi_M \cdot P_{л} \cdot m_{л1}, \quad (3.14)$$

Приклад технологічного розрахунку зони ТО-1 зводимо до таблиці 3.3.

3.3 РОЗРАХУНОК ЗОНИ ТО-2

Кількість універсальних постів ТО-2:

$$X_2 = \frac{\tau_{n2}}{R_2 \cdot \eta_e}, \quad (3.15)$$

де R_2 – ритм зони ТО-2, хв:

$$R_2 = \frac{60 \cdot T_{зм} \cdot C}{N_{вс2}}, \quad (3.16)$$

де $N_{вс2}$ – добова кількість впливів ТО-2;

η_e – коефіцієнт використання робочого часу поста. $\eta_e = 0,85 \dots 0,9$;

τ_{n2} – такт поста, хв:

$$\tau_{n2} = \frac{60 \cdot t_2}{P_{n2}} + t_{неп}, \quad (3.17)$$

де t_2 – трудомісткість ТО-2;

P_{n2} – кількість робітників, одночасно працюючих на посту ТО-2. $P_{n2} = 3 \dots 4$ люд;

$t_{неп}$ – час на заїзд автомобіля на пост і виїзд з нього. $t_{неп} = 1 \dots 3$ хв.

Річна уточнена трудомісткість ТО-2:

$$T_{2y} = \Phi_M \cdot P_{n2} \cdot X_2, \quad (3.18)$$

де Φ_M – річний фонд часу робочого місця, год.

3.4 РОЗРАХУНОК ЗОНИ ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ

Загальна кількість універсальних постів поточного ремонту:

$$X_{np} = \frac{T_n \cdot \eta_n}{\Phi_m \cdot n_c \cdot P_n \cdot \eta_6}, \quad (3.19)$$

де T_n – річний обсяг постових робіт ПР, люд-год на рік:

$$T_n = T_{nppn} \cdot \kappa_{nppn} \quad (3.20)$$

де κ_{nppn} – частка постових робіт у загальному обсязі робіт ПР, $\kappa_{nppn}=0,37$;

η_n – коефіцієнт нерівномірності подачі автомобілів на пости, $\eta_n=1,2\dots1,5$;

η_6 – коефіцієнт використання робочого часу поста, $\eta_6=0,9$;

n_c – число змін роботи зони.

Φ_m – річний фонд часу робочого місця, год.;

P_n – кількість робітників, одночасно працюючих на посту, $P_n=1,0\dots1,5$.

Площа зони ТО або ПР:

$$F_i = X_i \cdot f_{авт} \cdot K_{цц}, \quad (3.21)$$

де X_i - кількість постів в зоні ТО або ПР;

$f_{авт}$ - площа в плані транспортного засобу;

$K_{цц}$ - коефіцієнт щільності розміщення автомобілів в зоні ТО або ПР

для потокових ліній $K_{цц}=3$;

для універсальних постів $K_{цц}=5$.

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Вихідні дані для технологічного проектування зон ТО та ПР наведені в табл. 3.1

Таблиця 3.1

Вихідні дані для проектування зон ТО та ПР

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Чисельні значення
1	2	3	4	5
1	Тривалість зміни			
	при шестиденному робочому тижні	$T_{зм}$	год	6,7
	при п'ятиденному робочому тижні	$T_{зм}$	год	8

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5
2	Кількість днів роботи зон обслуговування			
	ЩО	$Dp_{що}$	дн	249
	ТО-1	Dp_1	дн	249
	ТО-2	Dp_2	дн	249
3	Коефіцієнт зниження трудомісткості при потоковому виробництві ТО	$Kп$	-	0,8
4	Річний фонд часу робочого часу	$Fм$	год	2007
5	Довжина транспортного засобу	$Lтз$	м	16,41
6	Площа в плані транспортного засобу	$Fтз$	м ²	41,02
7	Відстань між ТЗ на постах поточкових ліній	a	м	2,00
8	Швидкість переміщення ТЗ конвеєром	$Vпер$	м / хв.	9
9	Час переміщення ТЗ з поста на пост	$tпер$	хв	2,05
10	Час заїзду та виїзду ТЗ з поста	$tзв$	хв	2,00
11	Коефіцієнт щільності розміщення автомобілів на потокових лініях	$Kщ$	-	3
	на універсальних постах	$Kщ$	-	5

Технологічний розрахунок зони щоденного обслуговування (формули 3.1 – 3.10) наводиться до табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Розрахунок зони щоденного обслуговування

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Чисельні значення
Вихідні дані				
1	2	3	4	5
1	Тривалість робочої зміни	$Tзм$	год	8
2	Кількість змін роботи	C	од	1
3	Добова чисельність впливів розрахункова	$Nщодр$	од	154,6
	прийнята	$Nщодп$		155
4	Скоректована трудомісткість ЩО	$tщод$	люд-год	0,683
5	Доля прибиральних робіт в трудомісткості ЩО	b	-	0,35
6	Трудомісткість прибиральних робіт	$tприб$	люд-год	0,191
7	Кількість робочих на постах прибирання	$Pпр$	люд	3
8	Продуктивність мийної та сушильної установок	$Nу$	автом/год	16
Результати розрахунку зони ЩО				
9	Ритм виробництва	$Rв$	хв	3,10

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5
10	Такти постів прибирання	$\tau_{пр}$	хв	5,87
	мийки	$\tau_{м}$	хв	5,80
	сушіння	$\tau_{с}$	хв	5,80
11	Такт ліній прийнятий	$\tau_{л}$	хв	5,87
12	Кількість потокових ліній розрахована	$m_{л}$	од	1,90
	прийнята	$m_{л}''$	од	2
13	Річна трудомісткість ЩО	$T_{що}$	люд-год	14049
14	Площа зони ЩО	$F_{з}$	м ²	738,3

3.3. Технологічний розрахунок зони ТО-1 (формули 3.11 – 3.14) наводиться до табл.

Таблиця 3.3

Розрахунок зони ТО-1

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Чисельні значення
1	2	3	4	5
Вихідні дані				
1	Тривалість робочої зміни	$T_{зм}$	год	8
2	Кількість змін роботи	C	од	2
3	Добова кількість впливів розрахована	$N_{лдр}$	од	12,9
	прийнята	$N_{лдр}''$	од	13,0
4	Скоректована трудомісткість ТО – 1	$t_{л}$	люд-год	4,41
5	Кількість робочих на одному пості	$P_{п}$	люд	23
	на потоковій лінії	$P_{л}$	люд	6
5	Коефіцієнт використання робочого часу поста	$\eta_{в}$	-	0,8
Потокові лінії зони ТО-1				
6	Ритм виробництва	$R_{в}$	хв.	36,92
7	Такт лінії	$\tau_{л}$	хв.	37,33
8	Кількість ліній обслуговування розрахована	$m_{л}$	од	1,01
	прийнята	$m_{л}''$	од	1
9	Річна трудомісткість ТО – 1	$T_{лр}$	люд-год	12042
10	Площа зони ТО-1	$F_{з}$	м ²	369,1
Універсальні пости зони ТО-1				
11	Ритм виробництва	$R_{п}$	хв.	36,92
12	Такт поста	$\tau_{п}$	хв.	90,25
13	Кількість постів розрахована	$X_{л}$	од	2,72
	прийнята	$X_{л}''$	од	3
14	Річна трудомісткість ТО – 1	$T_{лр}$	люд-год	18063
15	Площа зони ТО -1	$F_{з}$	м ²	615,3

3.4. Технологічний розрахунок зони ТО-2 (формули 3.15-3.18) наводиться до табл.

Таблиця 3.4

Розрахунок зони ТО-2

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Чисельні значення
1	2	3	4	7
Вихідні дані				
1	Тривалість робочої зміни	$T_{зм}$	год	8
2	Кількість змін роботи	C	од	2
3	Добова кількість ТО-2 розрахункова	$N 2 \delta$	од	4,06
	прийнята	$N 2 \delta$	од	4,00
4	Скоректована трудомісткість ТО-2	$t 2$	люд-год	19,27
5	Кількість робочих на одному пості	$P n$	люд	3
	на потоковій лінії	$P л$	люд	9
6	Коефіцієнт використання робочого часу поста	$\eta в$	-	0,8
Потокові лінії зони ТО-2				
7	Ритм виробництва	$R в$	хв	240,0
8	Такт лінії	$\tau л$	хв	130,5
9	Кількість ліній ТО-2 розрахункова	$т л$	од	0,54
	прийнята	$т л''$	од	1,00
10	Річна трудомісткість робіт ТО-2	$T 2 p$	люд-год	18063
11	Площа зони ТО-2	$F з$	м ²	369,2
Універсальні пости зони ТО-2				
12	Ритм виробництва	$R в$	хв	240,0
13	Такт поста	$\tau п$	хв	387,35
14	Кількість постів ТО-2 розрахункова	$X 2$	од	2,02
	прийнята	$X 2''$	од	2,00
15	Річна трудомісткість робіт ТО – 2	$T 2 p$	люд-год	12042
16	Площа зони ТО – 2	$F 2$	м ²	410,2

Технологічний розрахунок зони поточного ремонту наводиться до табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Розрахунок зони ПР

№	Найменування показників	Умовні позначення	Одиниця вимірювання	Чисельні значення
Вихідні дані				
1	2	3	4	5
1	Трудомісткість ПР	$T пр$	люд-год	90481,9
2	Частка постових робіт	$K прп$	-	0,37

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5
3	Коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів на пости	η_n	-	1,4
4	Кількість змін	C	од	2
5	Кількість робочих на посту	P_n	люд	1,3
6	Коефіцієнт використання часу робочого поста	η_v	-	0,9
Результати розрахунку зони ПР				
7	Річний об'єм постових робіт	T_{np}	люд-год	33478,3
8	Кількість робочих постів розрахована	X_{np}	од	10,0
	прийнята	X_{np}''	од	10
9	Розподілення постів ПР за видами робіт			
	ремонт двигуна та його систем	X_{dv}	од	2
	ремонт трансмісії, механізмів управління	X_{tm}	од	3
	заміна агрегатів	X_{agr}	од	3
	Універсальні	$X_{унів}$	од	2
10	Площа зони ПР	F_{np}	м ²	2046,8

ВИСНОВКИ

1. Обрані вихідні дані для технологічного розрахунку зон технічного обслуговування і ремонту ТЗ.
2. Визначено критерій вибору методу виробництва технічного обслуговування ТЗ.
3. Виконано технологічних розрахунків зон ТО-1 і ТО-2 за потоковим методом та методом універсальних постів, із яких вибирається найбільш придатний.
4. Розраховано кількість постів поточного ремонту транспортних засобів.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які вихідні дані використовуються при технологічному розрахунку зон технічного обслуговування і ремонту ТЗ.
2. У чому поняття ритм виробництва та такт поста технічного ТО транспортних засобів.
3. За яким критерієм здійснюється вибір методу виробництва технічного обслуговування ТЗ.
4. У чому полягає методика розрахунку кількості поточкових ліній ТО транспортних засобів.
5. Яким чином визначається кількість тупикових постів технічного обслуговування.
6. У чому специфіка розрахунку кількості постів поточного ремонту автомобілів.

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ ПАРАМЕТРУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА РЕСУРСУ МАШИН В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАПРАЦЮВАННЯ

Мета роботи:

- 1 – отримати навички у прогнозування зміни параметру технічного стану елементів МТП в залежності від напрацювання;
- 2 – освоїти методику апроксимації експериментального параметру ТС за математичними функціями;
- 3 - навчитись прогнозувати залишковий ресурс механізму або системи до настання граничного стану та визначати повний ресурс.

Зміст роботи

- 1 – вибір експериментальних даних залежності параметру ТС механізму від напрацювання;
- 2 – апроксимація експериментальних даних залежності параметру ТС механізму за математичними функціями;
- 3 – вибір найбільш придатної функції з отриманих залежностей;
- 4 – прогнозування залишкового ресурсу механізму або системи до настання граничного стану;
- 5 - визначення повного ресурсу механізму або системи ТЗ.

4.1 ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІНИ ПАРАМЕТРУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ МТП В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАПРАЦЮВАННЯ

Зміна параметрів технічного стану елементів машин у процесі експлуатації відбувається під дією на машину зовнішніх та внутрішніх факторів. Тому важливим є систематизація впливу на функціонування машин факторів та впливу рівня технічного обслуговування машин на показники їх надійності.

В основу цілеспрямованого управлінням технічним станом машин лежать поняття про номінальні, допустимі та граничні значення параметрів технічного стану елементів машин. Відповідними пошуками, які полягають в розробленні, вивченні та оптимізації технічного обслуговування, можна забезпечити і високопродуктивну роботу машин та мінімальні витрати на підтримування їх працездатності. Важливим тут є і обґрунтування стратегії їх технічного обслуговування.

Оптимальний строк служби машини охоплює всі витрати і втрати від придбання і до останнього розбирання машини, знятої з експлуатації, матиме їх мінімальними, віднесеними на одиницю продукції або виконаною машиною роботи.

Прогнозування зміни параметру технічного стану елементів МТП в залежності від напрацювання, згідно з відомими дослідженнями, дозволяють значно збільшити їх безвідмовність у процесі експлуатації шляхом запобігання відмов. У якості напрацювання машинно-тракторного парку є мото-години роботи для тракторів і години роботи для сільськогосподарських машин.

4.2 АПРОКСИМАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПАРАМЕТРУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗА МАТЕМАТИЧНИМИ ФУНКЦІЯМИ

Зміна більшості параметрів, що характеризують технічний стан машин та їх елементів, відбувається, як правило, досить повільно і може бути відображена за напрацюванням у вигляді однофакторної моделі, наприклад, прямолінійної та степеневі функції.

Закономірність зміни технічного стану апроксимується двома математичними функціями:

- **прямолінійною:**

$$S = S^{noch} + U \cdot L, \quad (4.1)$$

- **степеневіо:**

$$S = S^{noch} + U \cdot L^\alpha, \quad (4.2)$$

де S - змінна функція (діагностичний параметр);

L - змінний аргумент - напрацювання (пробіг), мото-год;

S^{noch} - початкове значення функції при $L = 0$ (задана номінальна нормативна величина);

α, U - коефіцієнти, які треба встановити.

Значення коефіцієнтів α і U визначаються методом найменших квадратів, в основу якого прийнята вимога найменшого відхилення теоретичної залежності від дослідних даних.

Для прямолінійної залежності:

$$U = \frac{\sum_1^n S_i - n \cdot S^{noch}}{\sum_1^n L_i}, \quad (4.3)$$

де $\sum_1^n S_i$ - сума значень функції для n вимірів;

$\sum_1^n L_i$ - сума значень аргументів для тої ж кількості n ;

i - порядковий номер виміру.

Коефіцієнти **степеневіої функції** визначаються шляхом перетворення її в лінійну функцію. Для цього степеневу функцію логарифмують:

$$\ln(S_i - S^{noch}) = \ln U + \alpha \cdot \ln L. \quad (4.4)$$

Прийmemo наступні умовні позначення:

$$S^* = \ln(S_i - S^{noch}); \quad A^* = \ln U; \quad L^* = \ln L. \quad (4.5)$$

Формула (4.2) в нових виразах має вид:

$$S^* = A^* + \alpha \cdot L^* \quad (4.6)$$

Значення A^* розраховується, використовуючи експериментальні (табличні) дані з виразу:

$$A^* = \frac{\sum_1^n S_i^* \cdot \sum_1^n (L_i^*)^2 - \sum_1^n (S_i^* \cdot L_i^*) \cdot \sum_1^n L_i^*}{n \cdot \sum_1^n (L_i^*)^2 - \left(\sum_1^n L_i^*\right)^2}, \quad (4.7)$$

де $\sum_1^n S_i^*$; $\sum_1^n L_i^*$ - сума логарифмованих значень експериментальних даних;

$\sum_1^n (L_i^*)^2$ - сума квадратів L_i^* ;

$\sum_1^n (S_i^* \cdot L_i^*)$ - сума множення S_i^* та L_i^* ;

Для спадаючої функції логарифмувати різницю $(S_i - S^{noc})$ треба за абсолютним значенням, тобто: $S^* = \ln|S_i - S^{noc}|$.

Якщо $(S_i - S^{noc}) = 0$, тоді виключаємо це значення S_i з розрахунків і відповідно зменшуємо значення n .

Коефіцієнт α дорівнює:

$$\alpha = \frac{\sum_1^n S_i^* - n \cdot A^*}{\sum_1^n L_i^*} \quad (4.8)$$

Для запису степеневого виразу залежності треба потенціювати значення A^* та знайти коефіцієнт U :

$$U = e^{A^*} \quad (4.9)$$

Для спадаючої функції значенню U надати від'ємний знак.

Критерієм вибору функції, яка більш підходить для опису залежності є параметр Δ^2 , що оцінює різницю усіх значень функції, які були розраховані по знайденим формулам та табличним значенням, для одного й того ж аргументу. У якому випадку розмір Δ^2 найменший, ту залежність і приймають для апроксимації емпіричних даних:

$$\Delta^2 = \sum_i^n (S_i^{poz} - S_i^{табл})^2 \longrightarrow \min, \quad (4.10)$$

де S_i^{poz} - розрахункове значення функції;

$S_i^{табл}$ - табличне (експериментальне) значення діагностичного параметру.

4.3 ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО ТА ПОВНОГО РЕСУРСУ МЕХАНІЗМУ

Залишковий ресурс механізму на час контролю дорівнює:

$$L^{зал} = L^{контм} \cdot \left[\left(\frac{S^{зр} - S^{ноч}}{S^{контм} - S^{ноч}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right], \quad (4.11)$$

де $L^{контм}$ - напрацювання на момент контролю, мото-год;
 $S^{зр}$; $S^{ноч}$ - відповідно граничне та початкове значення діагностичного параметру;

$S^{контм}$ - значення діагностичного параметру на момент контролю;

α - показник степеневі залежності. У випадку прямолінійної залежності : $\alpha=1$.

Якщо напрацювання на момент контролю невідоме, тоді залишковий ресурс можна визначити таким чином:

- для прямолінійної функції:

$$L^{зал} = \frac{S^{зр} - S^{контм}}{U}, \quad (4.12)$$

де U – коефіцієнт прямолінійної функції,

- для степеневі залежності:

$$L^{зал} = \frac{\left(S^{зр} - S^{ноч} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - \left(S^{контм} - S^{ноч} \right)^{\frac{1}{\alpha}}}{\frac{1}{U^{\alpha}}}, \quad (4.13)$$

де α ; U – коефіцієнти степеневі функції.

Повний ресурс механізму (до заміни або ремонту):

$$L^{нов} = \left(\frac{S^{зр} - S^{ноч}}{U} \right)^{\frac{1}{\alpha}}. \quad (4.14)$$

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Вихідні дані до практичної роботи наведено до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вихідні дані для розробки математичної моделі

№	Найменування параметрів	Умовне позначення	Одиниця вимірювання	Чисельне значення
1	2	3	4	5
1	Марка трактора	John Deere 8335R		
2	Назва діагностичного параметра	Вільний хід рульового колеса		
3	Початкове значення параметра	$S_{ноч}$	град.	5

Продовження табл. 4.1

1	2				3	4	5
4	Граничне значення параметра				S_{gp}	град.	25
5	Значення параметру при контрольному напрацюванні				S_k	град.	15
6	Контрольне напрацювання				L_k	мото-год	40
11	Значення діагностичного параметра при напрацюванні, мото-год						
	100	200	300	400	500	600	700
	7,00	9,00	14,00	20,50	8,00	9,00	12,0

Графічна залежність вільного ходу рульового колеса від напрацювання наведено на рис. 4.1. Оскільки у рульовому керуванні при 400 мото-годинах регулювали вільний хід рульового колеса, то треба прийняти, що в цей час відновили початкове значення діагностичного параметру та процес зміни параметру продовжується з відрегульованого значення.

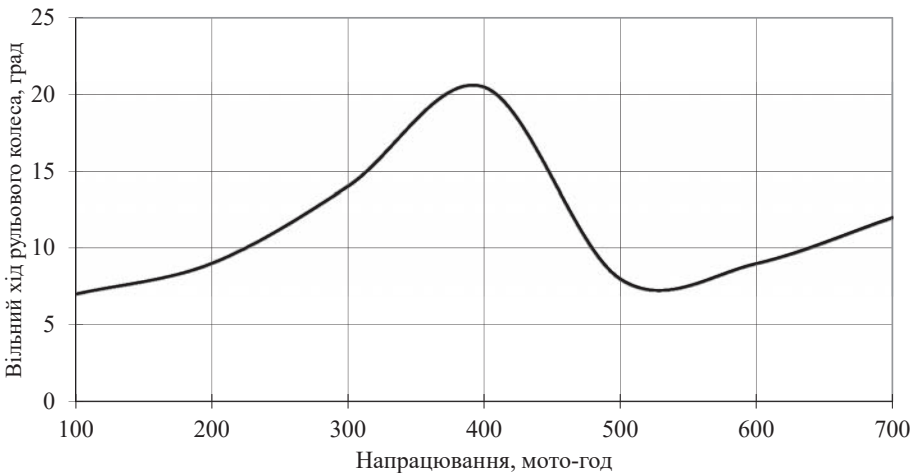


Рис.4.1. Залежність діагностичного параметру від напрацювання

Розрахунок показників за формулами (4.1) – (4.10) наведено до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Результати розрахунків параметрів в залежності від напрацювання

№	Умовні позначення	Значення напрацювань, мото-год				Сума
		1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	7
1	L_i	100	200	300	400	1000
2	L_i^2	10000	40000	90000	160000	300000
3	S_i	7,00	9,00	14,00	20,00	50,00
4	$L_i S_i$	700	1800	4200	8000	14700
5	$S_{лин}$	8,000	11,000	14,000	17,000	-
6	$(S^л - S^м)^2$	1,00	4,00	0,00	9,00	14,00
7	L_i^*	4,605	5,298	5,704	5,991	21,599
8	$(L_i^*)^2$	21,208	28,072	32,533	35,898	117,711
9	$ S_i - S_{ноч} $	2,0	4,0	9,0	15,0	-
10	$(S_i^*)^2$	0,693	1,386	2,197	2,708	6,985
11	$L_i^* S_i^*$	3,192	7,345	12,532	16,225	39,295
12	S^{cm}	6,802	9,946	13,928	18,576	-
13	$(S^{cm} - S^м)^2$	0,039	0,894	0,005	2,028	2,966

Результати розрахунку залишкового ресурсу механізму за формулами (4.11) – (4.14) наведено до табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Результати розрахунку залишкового ресурсу механізму

№	Найменування параметрів	Умовне позначення	Одиниця вимірювання	Чисельне значення
1	2	3	4	5
1	Контрольне напрацювання	L_k	тис. км	15,00
2	Значення параметра при контрольному напрацюванні	S_k	град	5,00
3	Початкове значення діагностичного параметра	$S_{поч}$	град	25,00
4	Граничне значення параметра	$S_{гр}$	град	0,03
5	Значення коефіцієнта прямолінійної залежності	$U_{лін}$	-	-6,120
6	Значення коефіцієнта степеневієї залежності	A_{cm}	-	0,002
7	Значення коефіцієнта степеневієї залежності	U_{cm}	-	1,457
8	Значення коефіцієнта степеневієї залежності	α_c	-	15,00
9	Залишковий ресурс механізму на час діагностування			
	- для прямолінійної залежності	$L_{зал.пр}$	мото-год	333,333
	- для степеневієї залежності	$L_{зал.ст}$	мото-год	24,371
10	Повний ресурс механізму			
	- для прямолінійної залежності	$L_{р.пр}$	мото-год	666,667
	- для степеневієї залежності	$L_{р.ст}$	мото-год	521,862

Результати розрахунків наведені на рис. 4.2.

ВИСНОВКИ

1. Виконано апроксимацію експериментальної функції за однофакторними моделями: прямолінійна та степенева.

2. За допомогою параметру Δ^2 визначено, що найбільш ближчою до експериментальних даних є степенева функція $\Delta^2=2,966$.

3. Визначені залишковий та повний ресурси для прямолінійної та степеневієї функцій. Для степеневієї функції залишковий ресурс дорівнює $L_{зал.ст}=24,371$ мото-год; повний ресурс дорівнює $L_{р.ст}=521,862$ мото-год.

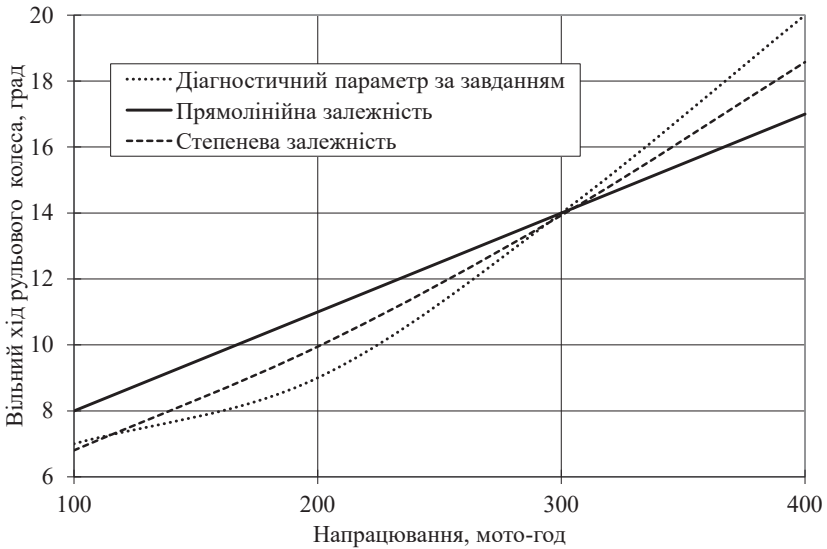


Рис 4.2. Залежність діагностичного параметру від напрацювання

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. З якою метою виконується прогнозування залишкового ресурсу механізму або системи транспортного засобу.
2. За яким методом здійснюється апроксимація експериментальних даних залежності параметру ТС механізму за математичними функціями.
3. Що є критерієм вибору найбільш придатної функції з апроксимуючих залежностей.
4. Яким чином визначається остаточний ресурс механізму або системи ТЗ настання граничного стану та повний ресурс.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН ЗА ГАММА-ВІДСОТКОВИМ РЕСУРСОМ

Мета роботи:

1 – отримати навички проведення статистичної обробки експериментальних даних і побудова гістограми експериментальних ймовірностей та визначення параметрів закону експериментального розподілу;

2 – навчитись апроксимувати експериментальної функції теоретичним законом розподілу;

3 – освоїти порядок приналежності експериментальних даних до визначеного теоретичного закону за критеріями χ^2 - Пірсона та Колмглорова;

4 – визначити залежність ймовірності відмови та ймовірності безвідмовної роботи механізму від напрацювання;

5 – оволодіти оцінкою показників надійності МТП за довірчими межами безвідмовної роботи, середнього ресурсу та гамма-відсоткового ресурсу.

Зміст роботи

1 – проведення статистичної обробки експериментальних даних механізму і побудова гістограми експериментальних ймовірностей та визначення параметрів закону експериментального розподілу;

2 – апроксимація експериментальної функції теоретичним законом розподілу та побудова залежності щільності імовірності механізму від напрацювання;

3 – проведення приналежності експериментальних даних до визначеного теоретичного закону за критеріями χ^2 - Пірсона та Колмолгорова;

4 – визначення залежність ймовірності відмови та ймовірності безвідмовної роботи механізму від напрацювання;

5 – проведення оцінки показників надійності МТП за довірчими межами безвідмовної роботи, середнього ресурсу та гамма-відсоткового ресурсу.

5.1 ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ІМОВІРНОСТІ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ ПРИ УПРАВЛІННІ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН

Знання закономірності зміни показника технічного стану машинно-тракторного парку дозволяє визначити ймовірності відмови, безвідмовної роботи та спрогнозувати надійність роботи протягом певного часу. Це використовується при визначенні періодичності технічних впливів та забезпеченні роботи МТП без відмов та несправностей.

При рішенні задач машинно-тракторного парку невідомий показник є випадковою величиною, яка буває:

- 1 - безперервною;
- 2 - дискретною.

Безперервною випадковою величиною є така, можливі значення якої безперервно заповнюють деякий відрізок.

Дискретними випадковими величинами є такі, які приймають тільки визначені один від іншого значення. Показник технічного стану автомобіля є безперервною випадковою величиною.

Показники безвідмовності оцінюють теоретичними (точними) і статистичними (наближеними) рівняннями для регламентованих умов експлуатації, ТО, ремонту, зберігання і транспортування. Неминучі коливання якості матеріалів виробничих факторів та умов експлуатації призводять до різних проявів показників, які характеризують надійність машинно-тракторного парку. Внаслідок цього показники безвідмовності розглядають як імовірнісні статистичні величини, що ґрунтуються на достатній інформації.

Безвідмовність об'єкта оцінюють такими показниками: ймовірністю безвідмовної роботи, середнім напрацюванням до відмови, гамма-відсотковим напрацюванням до відмови, середнім напрацюванням на відмову, інтенсивністю відмов, параметром потоку відмов.

Ймовірність безвідмовної роботи полягає в тому, що в межах заданого напрацювання відмова об'єкта не виникає. Для режимів зберігання і (або) транспортування можна застосовувати аналогічно визначені показники безвідмовності, наприклад, ймовірність безвідмовного зберігання (транспортування) і тощо.

Конкретне кількісне значення ймовірності безвідмовної роботи має певний зміст лише тоді, коли воно поставлене у відповідність із заданим напрацюванням, протягом якого може виникнути відмова. Ймовірність безвідмовної роботи визначається, виходячи з припущення, що в початковий момент часу обчислення заданого напрацювання об'єкт був працездатним.

У якості завдання надаються

- 1 – модель та модифікація одиниці МТП;
- 2 – експериментальні результати випробування параметру технічного стану МТП (статистична вибірка) та загальна кількість одиниць МТП;
- 2 – початкове значення випадкової величини t_n ;
- 3 – кінцеве значення випадкової величини t_k ;

5.1 ПРОВЕДЕННЯ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ І ПОБУДОВА ГІСТОГРАМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЙМОВІРНОСТЕЙ

На початку визначають довжину та границі інтервалів експериментальних результатів випробування параметру технічного стану МТП.

Оптимальна довжина інтервалу визначається за формулою:

$$h_{opt} = \frac{t_k - t_n}{1 + 3,2 \cdot \lg n}, \quad (5.1)$$

де $t_{\max}; t_{\min}$ - відповідно найбільше та найменше значення випадкової величини;

n - об'єм статистичної сукупності.

Для спрощення задачі будемо брати однакову довжину інтервалів:
 $h_1 = h_2 = h_3 = \dots = h_N$.

Довжина кожного інтервалу приймається рівною:

$$h_N = \frac{t_k - t_n}{N}, \quad (5.2)$$

де N - кількість інтервалів.

Кожен інтервал має наступні параметри:

1 - ліву границю α_i ;

2 - праву границю β_i ;

3 - довжину інтервалу h_N ;

4 - середину інтервалу t_i .

Наведені параметри визначаються наступним чином.

Ліва границя першого інтервалу дорівнюється:

$$\alpha_1 = t_n. \quad (5.3)$$

Права границя першого інтервалу визначається:

$$\beta_1 = \alpha_1 + h_N. \quad (5.4)$$

Ліва границя другого інтервалу дорівнюється:

$$\alpha_2 = \beta_1. \quad (5.5)$$

Права границя другого інтервалу визначається:

$$\beta_2 = \alpha_2 + h_N. \quad (5.6)$$

Ліві і праві границі останніх інтервалів визначаються аналогічно.

Середина кожного інтервалу визначається:

$$t_i = \frac{\beta_i + \alpha_i}{2}. \quad (5.7)$$

Отримані експериментальні результати випробування параметру технічного стану МТП розподіляються за одержаними вище інтервалами. Дана операція виконується за допомогою пакету прикладних програм Excel за оператором СЧЕТЕСЛИМН(масив> α_i ; масив< β_i)

Таким чином отримуються експериментальні частоти $m_1; m_2; \dots; m_N$ розподіляються за інтервалами з номером $i; i = 1; 2; \dots; N$; загальна кількість іспитів дорівнює $n = m_1 + m_2 + \dots + m_N$.

5.2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАКОНУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ

Експериментальна ймовірність попадання випадкової величини в інтервали:

$$S_i = \frac{m_i}{n}, \quad (5.8)$$

де m_i - експериментальні частоти попадання випадкової величини в інтервали;
 i - номер інтервалу, $i = 1; 2; \dots; N$;
 n - загальна кількість експериментальних спостережень.

Експериментальна щільність ймовірності визначається для кожного інтервалу:

$$q_i = \frac{S_i}{h_N}, \quad (5.9)$$

де h_N - довжина інтервалів.

За величинами експериментальних щільностей ймовірностей будують гістограму.

Математичне сподівання випадкової величини:

$$M_t = \sum_{i=1}^N t_i \cdot S_i, \quad (5.10)$$

де t_i - поточне значення випадкової величини (середини інтервалів);

Дисперсія випадкової величини:

$$D_t = \sum_{i=1}^N [M_t - t_i]^2 \cdot S_i. \quad (5.11)$$

Середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma_t = \sqrt{D_t}. \quad (5.12)$$

Коефіцієнт варіації:

$$v = \frac{\sigma_t}{M_t}. \quad (5.13)$$

5.3 АПРОКСИМАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ФУНКЦІЇ ТЕОРЕТИЧНИМ ЗАКОНОМ РОЗПОДІЛУ

Під апроксимацією експериментальної функції розуміють вибір теоретичного закону розподілу. У якості теоретичних законів є залежності від ім'я вченого, який його запропонував. У практиці математичної статистики відома достатньо велика кількість таких законів. Для спрощення практичних робіт візьмемо декілька найбільш поширених та не дуже складних теоретичних законів, які описують безперервні випадкові величини.

Теоретична щільність імовірності, яка називається диференціальною функцією розподілу, визначається за формулою:

$$f = f(t_i), \quad (5.14)$$

де t_i - поточне значення випадкової величини (середина інтервалу).

Далі наведено аналітичні залежності теоретичної щільності ймовірностей для декількох теоретичних законів.

Гамма розподіл визначається за пакетом прикладних програм Excel:

$$f(t_i) = \text{ГАММАРАСП}(t_i; \alpha; \beta; \text{ложь}), \quad (5.15)$$

де α ; β - параметри розподілу:

$$\alpha = \left(\frac{M_t}{\sigma_t} \right)^2; \beta = \frac{\sigma_t^2}{M_t}. \quad (5.16)$$

Розподіл Релея:

$$f(t_i) = \frac{t_i}{2 \cdot \sigma_r^2} e^{-\frac{t_i^2}{2 \cdot \sigma_r^2}}, \quad (5.17)$$

де σ_r - параметр розподілу, $\sigma_r = \frac{M_t}{1,253}$.

Розподіл Максвелла:

$$f(t_i) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{t_i^2}{\sigma_c^3} \cdot e^{-\frac{t_i^2}{2 \cdot \sigma_c^2}}, \quad (5.18)$$

де σ_c - параметр розподілу:

$$\sigma_c = \frac{M_t}{1,596}. \quad (5.19)$$

Розподіл Ерланга:

$$f(t_i) = \frac{\lambda(\lambda \cdot t_i)^k}{k!} e^{-\lambda \cdot t_i}, \quad (5.20)$$

де λ ; k - параметри розподілу:

$$\lambda = \frac{M_t}{\sigma_t^2}; \quad (5.21)$$

$$k = \text{ОКРУГЛ} \left(\left(\frac{M_t}{\sigma_t} \right)^2 - 1; 0 \right). \quad (5.22)$$

Експонентний розподіл:

$$f(t_i) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t_i}, \quad (5.23)$$

λ - параметр розподілу:

$$\lambda = \frac{1}{M_t}. \quad (5.24)$$

або за пакетом прикладних програм Excel: ЭКСПАСП(t_i ; λ ; 1).

Нормальний розподіл:

$$f(t_i) = \frac{1}{\sigma_t \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_i - M_t)^2}{2 \cdot \sigma_t^2}}, \quad (5.25)$$

або за пакетом прикладних програм Excel: НОРМАСП(t_i ; M_t ; σ_t ; 1).

Логарифмічно нормальний розподіл:

$$f(t_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot t_i \cdot \sigma_{\ln t_0}} e^{-\frac{(\ln t_i - \ln t_0)^2}{2 \cdot \sigma_{\ln t_0}^2}}, \quad (5.26)$$

де $\ln t_0$; $\sigma_{\ln t_0}$ - параметри розподілу:

$$\ln t_0 = 2 \ln M_t - \frac{\ln(M_t + \sigma_t)^2}{2}; \quad (2.27)$$

$$\sigma_{\ln t_0} = \sqrt{\ln(M_t + \sigma_t)^2 - 2 \ln M_t}. \quad (5.28)$$

або за пакетом прикладних програм Excel: ЛОГНОРМРАСП($t_i; M_i; \sigma_i; 1$).

Форми графіків залежності експериментальної щільності ймовірності наведено на рис. 5.1.

Попередньо за формою гістограми експериментальних частот визначають, до якого теоретичного закону розподілу приблизно належить експериментальний розподіл (рис. 5.1).

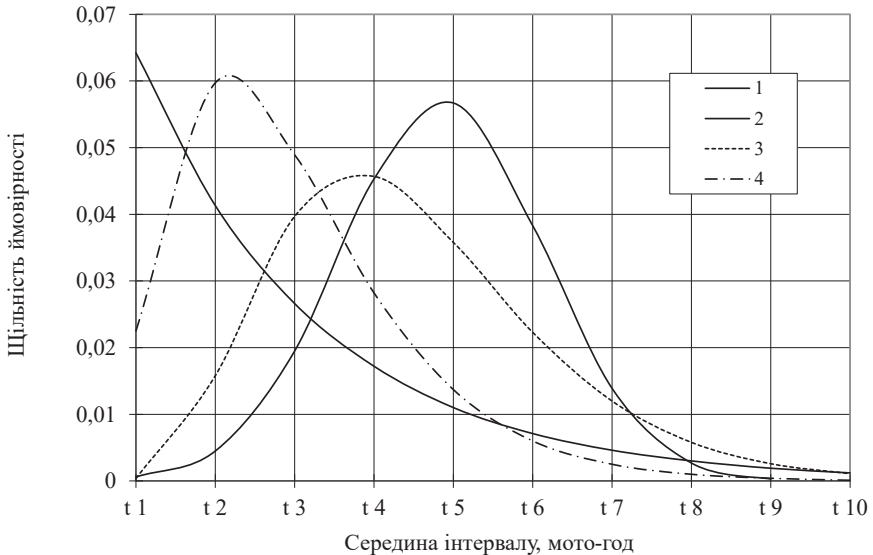


Рис. 5.1. Зовнішній вигляд кривих теоретичних законів розподілу

крива 1 - всі випадки експонентного розподілу та часткові випадки розподілів логарифмічно нормального, Гамма, Релея, Максвелла, Ерланга, Вейбулла;

крива 2 - всі випадки нормального розподілу та часткові випадки розподілів логарифмічно нормального, Гамма, Релея, Максвелла, Ерланга, Вейбулла;

крива 3; 4 - загальні випадки розподілів логарифмічно нормального, Гамма, Релея, Максвелла, Ерланга, Вейбулла.

5.4 ПОРЯДОК ПРИНАЛЕЖНОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ ДО ВИЗНАЧЕНОГО ТЕОРЕТИЧНОГО ЗАКОНУ ЗА КРИТЕРІЄМ χ^2 - ПІРСОНА

Природно, між експериментальним та теоретичним розподілом будуть розбіжності з причини того, що експериментальний розподіл ґрунтується на

випадковій основі. Тому при пропонуванні гіпотези відповідності цих двох розподілів виконують перевірку приналежності експериментальних даних до визначеного теоретичного закону.

Перевірка приналежності експериментальних даних до визначеного теоретичного закону виконується з умови:

$$P(\chi^2; r) > \alpha, \quad (5.29)$$

де $P(\chi^2; r)$ - імовірність закону Пірсона, що залежить від $\chi^2; r$;

χ^2 - міра розбіжності між експериментальним і теоретичним розподілами:

$$\chi^2 = n \sum_{i=1}^n \frac{[q_i - f(t_i)]^2}{f(t_i)} h_N, \quad (5.30)$$

де r - кількість ступенів волі:

$$r = K - S - 1; \quad (5.31)$$

K - кількість інтервалів;

S - кількість параметрів, якими описується даний розподіл;

α - рівень значимості, $\alpha = 0,05$.

Якщо умова (5.29) виконується, то гіпотеза про приналежність експериментальних даних до даного закону при рівні значимості α , перевірена за критерієм χ^2 - Пірсона виправдується.

У протилежному випадку ($P(\chi^2; r) < \alpha$) обраний теоретичний закон розподілу відкидається. Для опису статистичних даних необхідно знайти більш придатний теоретичний закон розподілу.

5.5 ПОРЯДОК ПРИНАЛЕЖНОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ ДО ВИЗНАЧЕНОГО ТЕОРЕТИЧНОГО ЗАКОНУ ЗА КРИТЕРІЄМ КОЛМОГОРОВА

Перевірка приналежності експериментальних даних до визначеного теоретичного закону розподілу визначається з умови:

$$P(\lambda) > \alpha; \quad (5.32)$$

де $P(\lambda)$ - імовірність Колмогорова, що обумовлена залежністю від параметра λ :

$$\lambda = k_0 \sqrt{n}; \quad (5.33)$$

k_0 - максимальне абсолютне значення різниці між теоретичною й експериментальною функціями розподілу:

$$k_0 = \max |q_i - f(t_i)|; \quad (5.34)$$

Якщо умова (5.32) виконується, то згода буде задовільна. У протилежному випадку ($P(\lambda) < \alpha$) необхідно знайти більш придатний теоретичний закон розподілу.

5.4 ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ ВІДМОВИ ТА ЙМОВІРНОСТІ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ

Ймовірність відмови називається інтегральною функцією розподілу і в загальному випадку визначається за допомогою інтегралу:

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(t) dt; \quad (5.35)$$

У випадку теоретичного нормального розподілу ця залежність перетворюється для середин інтервалів до виразу:

$$F(t_i) = \frac{1}{\sigma_t \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{t_i} e^{-\frac{(t_i - M_t)^2}{2 \cdot \sigma_t^2}} dt; \quad (5.36)$$

Інтегральна функція $F(t_i)$ не має аналітичного виразу, тому імовірність відмови визначається із списку статистичних функцій пакету прикладних програм Excel:

$$F(t_i) = \text{НОРМРАСП}(t_i; M_t; \sigma_t; 1); \quad (5.37)$$

Ймовірність безвідмовної роботи визначається:

$$R(t_i) = \frac{1}{\sigma_t \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{t_i}^{\infty} e^{-\frac{(t_i - M_t)^2}{2 \cdot \sigma_t^2}} dt; \quad (5.38)$$

Функція імовірності безвідмовної роботи не має аналітичного виразу, тому для її побудови користуються табличними значеннями нормованої функції:

$$R(t_i) = \Phi(z_i); \quad (2.39)$$

де $\Phi(z_i)$ - значеннями нормованої функції;

$z_i = \frac{t_i - M_t}{\sigma_t}$ – квантиль - умовний аргумент, що дозволяє визначити значення

імовірності для будь-яких сукупностей нормально розподілених випадкових величин за пакетом прикладних програм Excel: $R(t_i) = \text{НОРМСТРАСП}((t_i - M_t)/\sigma_t; 1)$.

Оскільки ймовірність безвідмовної роботи є протилежною величиною у порівнянні з ймовірністю відмови тому її можна визначати за спрощенням:

$$R(t_i) = 1 - F(t_i); \quad (5.40)$$

5.5 ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ МТП ЗА ДОВІРЧИМИ МЕЖАМИ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ, СЕРЕДНЬОГО РЕСУРСУ ТА ГАММА-ВІДСОТКОВОГО РЕСУРСУ

Верхня та нижня довірчі межі математичного сподівання визначається за пакетом прикладних програм Excel:

$$M_{iB} = M_i + \text{ДОВЕРИТ.НОРМ}(n; M_i; \sigma_i); \quad (5.41)$$

$$M_{iH} = M_i - \text{ДОВЕРИТ.НОРМ}(n; M_i; \sigma_i). \quad (5.42)$$

Верхня та нижня довірчі межі середньоквадратичного відхилення

$$\sigma_{iB} = \sigma_i \cdot \tau_B; \quad \sigma_{iH} = \sigma_i \cdot \tau_H. \quad (5.43)$$

де τ_B, τ_H - коефіцієнти меж середньоквадратичного відхилення:

$$\tau_B = \frac{4(n-1)}{(\sqrt{4n-1} + U_\gamma)^2}, \quad \tau_H = \frac{4(n-1)}{(\sqrt{4n-1} - U_\gamma)^2}, \quad (5.44)$$

де n - загальна кількість спостережень,

U_γ - квантиль нормального розподілу.

Нижня і верхня довірчі межі середнього ресурсу:

$$T_{CP,B} = T_{CP} \cdot \tau_{CB}; \quad T_{CP,H} = T_{CP} \cdot \tau_{CH}. \quad (5.45)$$

де τ_{CB}, τ_{CH} - коефіцієнти довірчих меж середнього ресурсу:

$$\tau_{CB} = \frac{4n}{(\sqrt{4n-1} - U_\gamma)^2}, \quad \tau_{CH} = \frac{4n}{(\sqrt{4n-1} + U_\gamma)^2}. \quad (5.46)$$

Гама-процентний ресурс (або гарантований ресурс) – це сумарне напрацювання, протягом якого об'єкт не досягне граничного стану із заданою ймовірністю γ , що відображена в процентах. γ - процентний ресурс можна визначити по графіку ймовірності безвідмовної роботи $R(t)$ (рис. 5.2).

Для цього через точку $R(t) = \gamma$ на осі ординат слід провести до перехрещення з кривою. Абсциса точки перетину і буде γ -процентним ресурсом. Наприклад, для $\gamma = 90\%$ відповідає напрацювання $t_\gamma = 90\%$, яка і є γ -процентним ресурсом для виробу.

Для партії виробів γ -процентний ресурс є напрацюванням, яке має або перевищує заданий процент виробів γ -ресурсу (рис. 5.2). Вертикальна лінія з абсцисою що дорівнює γ -процентному ресурсу, перетинає (розсікає) площину під

кривою $f(t)$ на дві частини: справа знаходиться область, площа якої дорівнює ймовірності роботи без порушень працездатного стану, а зліва – область, площа якої дорівнює ймовірності роботи з можливими відмовами.

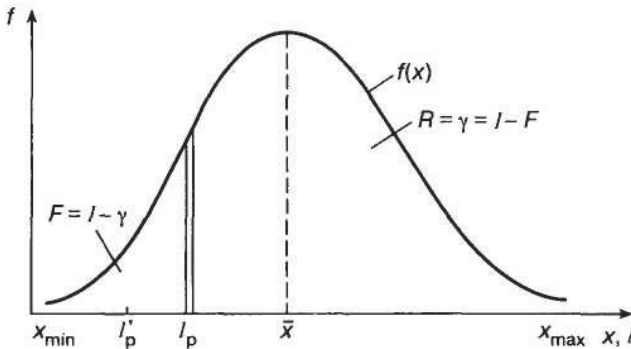


Рис. 5.2. Схема визначення γ - процентного ресурсу

При відомій функції розподілення ресурсу γ - процентний ресурс визначається за формулою:

$$R(t_\gamma) = 1 - F(t_\gamma) = 1 - \int_0^{t_\gamma} f(t) dt = \frac{\gamma}{100}. \quad (5.47)$$

Напрацювання гамма-відсоткового ресурсу

$$T_\gamma = \text{НОРМ.ОБР}((1 - R_\gamma), M_t; \sigma_t), \quad (5.48)$$

Ймовірності безвідмовної роботи гамма-відсоткового ресурсу:

$$P(T_\gamma) = \text{НОРМ.СТ.РАСП}((M_t - T_\gamma) / \sigma_t; 1). \quad (5.49)$$

Нижня і верхня довірчі межі гамма-процентного ресурсу:

$$T_{\gamma\text{в}} = \text{НОРМ.ОБР}((1 - R_\gamma) \cdot \tau_{\text{CP,B}}; M_t; \sigma_t) \quad (5.50)$$

$$T_{\gamma\text{н}} = \text{НОРМ.ОБР}((1 - R_\gamma) \cdot \tau_{\text{CP,H}}; M_t; \sigma_t) \quad (5.51)$$

Нижня і верхня довірчі межі ймовірності безвідмовної роботи:

$$P(T_{\gamma\text{в}}) = \text{НОРМ.СТ.РАСП}((M_t - T_{\gamma\text{в}}) / \sigma_t; 1) \quad (5.52)$$

$$P(T_{гн}) = \text{НОРМ.СТ.РАСП}\left(\frac{(M_t - T_{гн})}{\sigma_t}; 1\right) \quad (5.53)$$

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Вихідні дані до практичної роботи наведено в таблицях 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1

Експериментальні результати випробування параметру технічного стану тракторів

11,1	7,5	11,7	13,7	12,0	13,9	9,8	9,6	5,9	8,2	10,6	8,9	7,2	10,9	13,0
15,2	9,3	9,3	14,0	12,0	11,7	5,6	15,0	10,0	8,1	7,0	11,7	10,5	15,6	12,6
16,3	7,4	7,3	8,9	11,4	5,6	8,8	5,2	7,6	15,7	14,6	12,6	13,5	14,3	10,2
12,8	16,3	11,0	8,9	7,9	6,6	11,0	10,0	14,2	5,8	7,1	12,0	11,6	15,2	10,2
8,0	11,4	8,5	10,4	12,7	11,5	5,7	6,3	7,7	7,5	9,4	6,9	9,8	6,7	5,2
7,6	2,9	12,3	10,2	13,3	13,8	12,7	10,1	3,4	13,6	9,8	11,3	15,9	11,5	10,8
8,8	11,1	9,7	12,0	11,9	16,4	7,5	9,3	7,1	8,8	4,3	6,8	6,8	15,2	6,3
4,1	11,4	7,7	11,3	3,4	8,6	3,2	9,6	13,7	6,2	9,4	13,0	10,6	8,5	6,1
12,1	7,3	9,0	15,6	8,6	8,1	5,3	11,3	11,3	12,4	1,2	4,0	5,1	18,0	9,0
11,8	8,1	13,1	11,2	12,2	6,8	8,5	1,4	11,8	13,0	9,2	10,4	9,0	8,8	12,0
11,9	9,4	5,8	17,0	10,0	10,8	8,0	5,2	11,2	12,2	4,8	15,2	5,2	6,7	11,4
8,3	12,3	12,3	11,2	10,6	8,9	12,2	14,7	6,3	11,9	7,0	12,9	6,7	11,5	8,9
11,6	7,7	6,9	5,7	8,6	8,3	11,4	11,9	12,1	12,1	8,8	13,6	7,8	11,1	11,6
12,8	15,6	10,6	14,4	8,3	5,3	4,5	11,0	10,2	14,4	8,8	7,5	11,1	13,0	7,3
7,9	13,2	13,4	11,6	11,9	9,6	9,5	4,7	9,6	12,6	10,2	11,8	8,9	9,1	10,2
4,3	5,3	12,6	12,0	6,8	12,5	14,1	7,6	16,0	9,4	10,5	2,7	8,8	9,4	11,9
2,6	12,4	12,9	10,7	12,6	6,2	7,2	12,8	7,4	6,9	10,2	17,1	9,5	10,9	13,2
11,2	14,5	12,6	9,6	11,7	16,0	5,3	8,3	13,0	15,3	10,3	11,3	11,7	8,2	8,7
3,1	4,7	9,4	9,6	15,1	9,9	15,6	11,5	14,3	3,2	11,8	10,4	12,2	6,9	9,2
12,7	8,6	6,1	6,4	11,5	11,2	8,2	10,5	7,9	8,8	15,2	9,2	14,6	10,9	5,4

Таблиця 5.2

Вихідні дані

№	Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Умовні позначення	Числові величини
1	Завод-виготовлювач трактору	-	-	John Deere
2	Модифікація трактору (сімейство)	-	-	8335R
3	Кількість тракторів	од	A	300
4	Початкове значення	сот.мото-год	t_n	0
5	Кінцеве значення	сот.мото-год	t_k	20
6	Квантиль нормального розподілу	-	U_γ	1,36
7	Гамма-відсотковий ресурс	%	γ	95
8	Рівень безвідмовної роботи	-	$R(t)$	0,95
9	Рівень значимості	-	α	0,05

«Теорія технічної експлуатації машин»

Таблиця 5.3

Розподіл експериментальних частот за інтервалами

Частота	Кількість експериментальних спостережень за інтервалами										Сума
	Номер інтервалу										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9	m_{10}	n
	2	9	24	46	64	74	49	25	6	1	300

Отримані вихідні величини вводяться в аналогічні електронні таблиці у пакета прикладних програм Excel. Після введення останньої величини вихідних даних в комп'ютері виконуються чисельні та логічні операції за формулами 5.1 - 5.53 і видаються у вигляді таблиць 5.4, 5.5 та графічних інтерпретаціях рис. 5.3, 5.4.

Таблиця 5.4

Результати розрахунків параметрів за інтервалами для теоретичного нормального закону розподілу

№	Умовні позначки	Номер інтервалу										Сума
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	α_i	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	-
3	β_i	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	-
2	t_i	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	19,0	-
4	m_N	2	9	24	46	64	74	49	25	6	1	300
5	S_N	0,007	0,030	0,080	0,153	0,213	0,247	0,163	0,083	0,020	0,003	1,000
6	M_i	0,007	0,090	0,400	1,073	1,920	2,713	2,123	1,250	0,340	0,063	9,98
7	D_i	0,538	1,462	1,984	1,362	0,205	0,257	1,490	2,100	0,986	0,271	10,65
8	q_N	0,0033	0,0150	0,0400	0,0767	0,1067	0,1233	0,0817	0,0417	0,0100	0,0017	-
9	$f(t_i)$	0,0028	0,0124	0,0382	0,0806	0,1168	0,1164	0,0797	0,0375	0,0121	0,0027	-
10	χ^2	0,0001	0,0005	0,0001	0,0002	0,0009	0,0004	0,0001	0,0005	0,0004	0,0004	0,0035
11	k_0	0,0006	0,0026	0,0018	0,0039	0,0102	0,0069	0,0020	0,0042	0,0021	0,0010	0,010
13	$F(t_i)$	0,003	0,016	0,064	0,181	0,382	0,623	0,823	0,938	0,984	0,997	-
14	$R(t_i)$	0,997	0,984	0,936	0,819	0,618	0,377	0,177	0,062	0,016	0,003	-

Гістограма експериментальних щільностей імовірності має електронний та графічний вигляд на рис. 5.3.

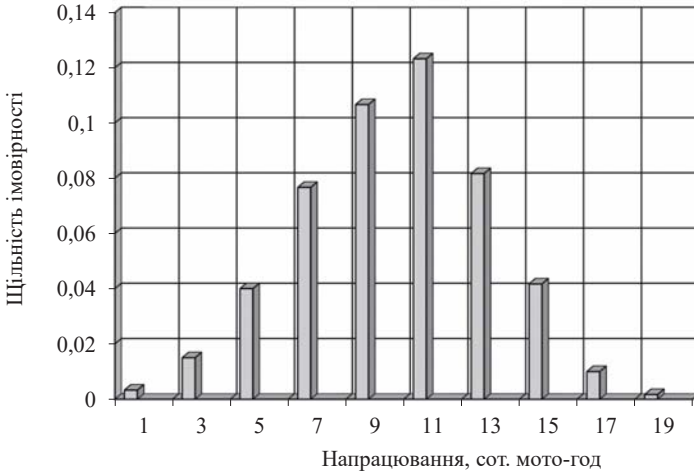


Рис. 5.3. Гістограма експериментальних щільностей імовірності

Таблиця 5.5

Результати розрахунку параметрів

№	Найменування параметрів	Умовні Позначення	Числові Величини
1	2	3	4
1	Загальна кількість спостережень	N	300
2	Крок інтервалу	h_N	2
3	Математичне очікування випадкової величини	M_t	9,98
4	Дисперсія випадкової величини	D_t	10,65
5	Середньоквадратичне відхилення	σ_t	3,26
6	Коефіцієнт варіації	v	0,327
7	Параметр розподілу	M_t	9,98
8	Параметр розподілу	σ_t	3,26
9	Перевірка приналежності по критерію Пірсона	$P(\chi^2; r) > \alpha$	ИСТИНА
	Рівень значимості	α	0,05
	Міра розбіжності χ^2	χ^2	10,492
	Кількість інтервалів	K	10
	Кількість параметрів розподілу	S	2
	Кількість ступенів волі	r	7
	Імовірність закону Персона	$P(\chi^2; r)$	0,16237

Продовження таблиці 5.5

1	2	3	4
10	Перевірка приналеж. по критерію Колмогорова	$P(\lambda) > \alpha$	ИСТИНА
	Абсолютне значення різниці k_0	k_0	0,010
	Параметр λ	λ	0,352
	Імовірність Колмогорова	$P(\lambda)$	0,912
11	Коефіцієнти довірчих меж параметрів розподілу		
	верхній	$\tau_{ПВ}$	0,924
	нижній	$\tau_{ПН}$	1,081
12	Довірчі межі математичного очікування		
	верхній, сот. мото-год	$M_{ПВ}$	10,349
	нижній, сот. мото-год	$M_{ПН}$	9,611
13	Довірчі межі середньоквадратичного відхилення		
	верхній, сот. мото-год	$\sigma_{ПВ}$	3,527
	нижній, сот. мото-год	$\sigma_{ПН}$	3,014
14	Коефіцієнти довірчих меж середнього ресурсу		
	верхній	$\tau_{СВ}$	1,084
	нижній	$\tau_{СН}$	0,927
15	Довірчі межі середнього ресурсу		
	верхній, сот. мото-год	$T_{СВ}$	10,82
	нижній, сот. мото-год	$T_{СН}$	9,25
16	Напрацювання при гамма-відсотковому ресурсі	T_γ	4,611
17	Імовірність безвідмовної роботи для гамма-відсоткового ресурсу	$R(T_\gamma)$	0,950
18	Довірчі межі гамма-процентного ресурсу		
	верхній, сот. мото-год	$T_{\gamma В}$	4,74
	нижній, сот. мото-год	$T_{\gamma Н}$	4,49
19	Довірчі межі ймовірності безвідмовної роботи		
	верхній	$R_{В}(T_\gamma)$	0,946
	нижній	$R_{Н}(T_\gamma)$	0,954

Графіки залежності експериментальної та теоретичної щільностей ймовірностей відображено на рис. 5.4.

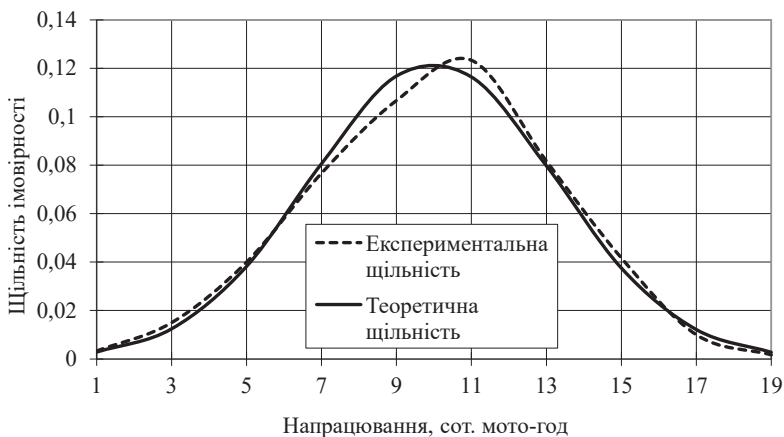


Рис. 5.4 - Зміна експериментальної і теоретичної щільності ймовірностей від напрацювання

Графіки залежності ймовірності відмови та ймовірності безвідмовної роботи відображено на рис. 5.5.

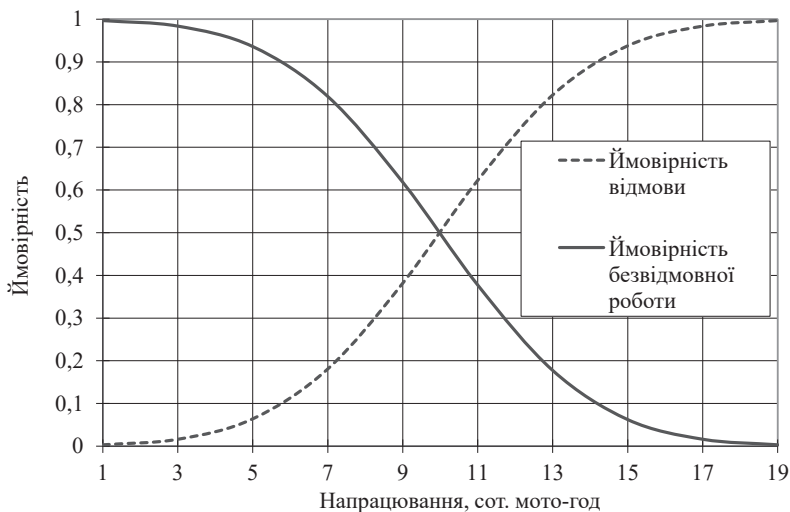


Рис. 5.5. Залежність ймовірностей від напрацювання

ВИСНОВКИ

1. Виконано статистичну обробку експериментальних даних і розрахунок параметрів експериментального закону розподілу.

2. За формою кривої емпіричного закону розподілу запропонована гіпотеза про вибір теоретичного нормального закону розподілу, з параметрами $M_t=9,98$; $\sigma_t=3,26$

3. Побудовано графіків зміни емпіричної і теоретичної щільності імовірності.

4. Виконано перевірку приналежності експериментальних даних до теоретичного закону розподілу Релея за критеріями:

- χ^2 - Пірсона – умова виконується $P(\chi^2; r) > \alpha$ (0,162 > 0,05);

- Колмогорова – умова виконується $P(\lambda) > \alpha$ (0,912 > 0,05).

5. Експериментальний закон розподілу з достатнім ступенем точності може бути описаний теоретичним нормальним законом розподілу.

6. Отримані залежності ймовірності відмови та ймовірності безвідмовної роботи рульового керування від напрацювання.

5. Оптимальна періодичність ТО за вказаним рівнем ймовірності безвідмовної роботи $R=0,95$ буде дорівнювати $L_{TO}=4,611$ сот. мото-год.

6. Визначені довірчі межі параметрів нормального розподілу, середнього ресурсу, γ – відсоткового ресурсу та імовірності безвідмовної роботи.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому полягає порядок проведення статистичної обробки експериментальних даних механізму і побудова гістограми експериментальних ймовірностей.

2. Яким чином визначаються параметри закону експериментального розподілу параметру технічного стану механізму.

3. За яким методом здійснюється апроксимація експериментальної функції теоретичним законом розподілу.

4. За якими критеріями виконується перевірка приналежності експериментальних даних до визначеного теоретичного закону та її порядок.

5. Яким чином визначається залежність ймовірності відмови та ймовірності безвідмовної роботи механізму від напрацювання.

6. У чому полягає порядок проведення оцінки показників надійності МТП за довірчими межами безвідмовної роботи, середнього ресурсу та гамма-відсоткового ресурсу.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ТА ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ВІД ФУНКЦІОНУВАННЯ МАШИННО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СТАНЦІЇ

Мета роботи:

- 1 – оволодіти сутністю, класифікацією, різновидами та умовними позначеннями систем масового обслуговування;
- 2 – освоїти методику розрахунку показників системи масового обслуговування;
- 3 – за вхідними даними визначити інтенсивності потоку, обслуговування вимог та параметри функціонування системи масового обслуговування;
- 4 – вибрати оптимальний варіант у залежності від кількості постів обслуговування за мінімумом загальних витрат від функціонування;
- 5 – дослідити вплив величини обраного за завданням параметра на показники функціонування системи масового обслуговування.

Зміст роботи

- 1 – розгляд сутності, теорії, класифікації, різновидів та умовних позначень систем масового обслуговування;
- 2 - використати методику розрахунку показників системи масового обслуговування для оптимізації технічного обслуговування машин;
- 3 - визначення інтенсивності потоку, обслуговування вимог та параметри функціонування системи масового обслуговування;
- 4 – вибір оптимального варіанту у залежності від кількості постів обслуговування за мінімумом загальних витрат від функціонування;
- 5 – дослідження впливу величини обраного за завданням параметра на показники функціонування системи масового обслуговування.

6.1. ВИБІР МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕОРІЇ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МТП

Не можна уявити життя сучасної людини без її контактів з різними системами обслуговування: бібліотеками, транспортними засобами, медициною, телефонним зв'язком, ринками, банками тощо. При моделюванні таких контактів необхідно враховувати наявність певних запитів і вимог щодо обслуговування та засобів, здатних у певний мірі виконати ці запити. Методи математичного моделювання роботи **систем масового обслуговування** (СМО) дають змістовні та ефективні рекомендації щодо проектування реалізації та керування роботою цих систем у напрямі їх цільового призначення. Характерною особливістю СМО є наявність двох взаємопов'язаних сторін: одна сторона, яка потребує обслуговування, та друга сторона, яка призначена виконати необхідне обслуговування. Уникнути випадковостей у цих відносинах неможливо. Їх поява обумовлена природою

взаємодії вказаних сторін: запити на обслуговування як у часі, так і в певному діапазоні вимог є випадковим; термін обслуговування теж має випадковий характер (наприклад, поява вимоги на певний вид технічного обслуговування або ремонту та термін реалізації такого запиту).

Існує велика кількість математичних моделей СМО. Розглянемо моделі СМО, в яких використано методи кількісної оцінки їх роботи. СМО, представлені такими моделями, є спрощенням реально існуючих систем, але вони дозволяють з певною мірою відповідності або адекватності охарактеризувати їх якість і наближені кількісні характеристики. У багатьох **математичних моделях** (ММ) математичний апарат процесів масового обслуговування є досить складним. Виходячи з практичної значимості розуміння основних основ теорії СМО користуємось результатами теоретичних обґрунтувань з відповідними поясненнями. Основну увагу буде приділено операційним характеристикам (середня довжина черги, середній термін очікування обслуговування, ймовірність того, що всі компоненти системи в певний момент задіяні), а також іншим показникам кількісних оцінок ефективності функціонування.

Доки що не існує єдиного підходу до розв'язання задач оптимізації у СМО. У більшості випадків для розв'язання певної задачі використовується метод вузького цільового призначення.

6.2 СУТНІСТЬ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Будь-яка СМО, що являє собою спосіб реалізації взаємодії двох випадкових у часі процесів – появи запитів на обслуговування та реалізації цих запитів, характеризується:

- 1) вхідним потоком, тобто потоком надходження запитів на обслуговування;
- 2) дисципліною черги, тобто правилами узгодженості виконання запитів у часі;
- 3) механізмом обслуговування (засобами реалізації запитів); (рис. 6.1).

Кожна СМО має певну кількість засобів виконання запитів (технічні засоби; люди, які надають послуги, використовуючи відповідні технічні засоби), які називаються каналами обслуговування. За кількістю каналів обслуговування СМО поділяються на одноканальні та багатоканальні.

Вхідний потік вимог визначається послідовністю запитів у часі й характеризується певним законом розподілу ймовірної кількості запитів на одиницю часу. Запити на обслуговування можуть бути як одиничними, так і груповими. Якщо запити надходять через рівні проміжки часу, то такий потік називається регулярним. СМО з регулярними потоками зустрічаються досить рідко й не викликають особливих труднощів у їх дослідженні. Будемо розглядати СМО нерегулярними вхідними потоками за умови, що термін виконання (обслуговування) однієї вимоги є випадковою величиною. За таких ситуацій можуть з'являтися черги на виконання запитів.

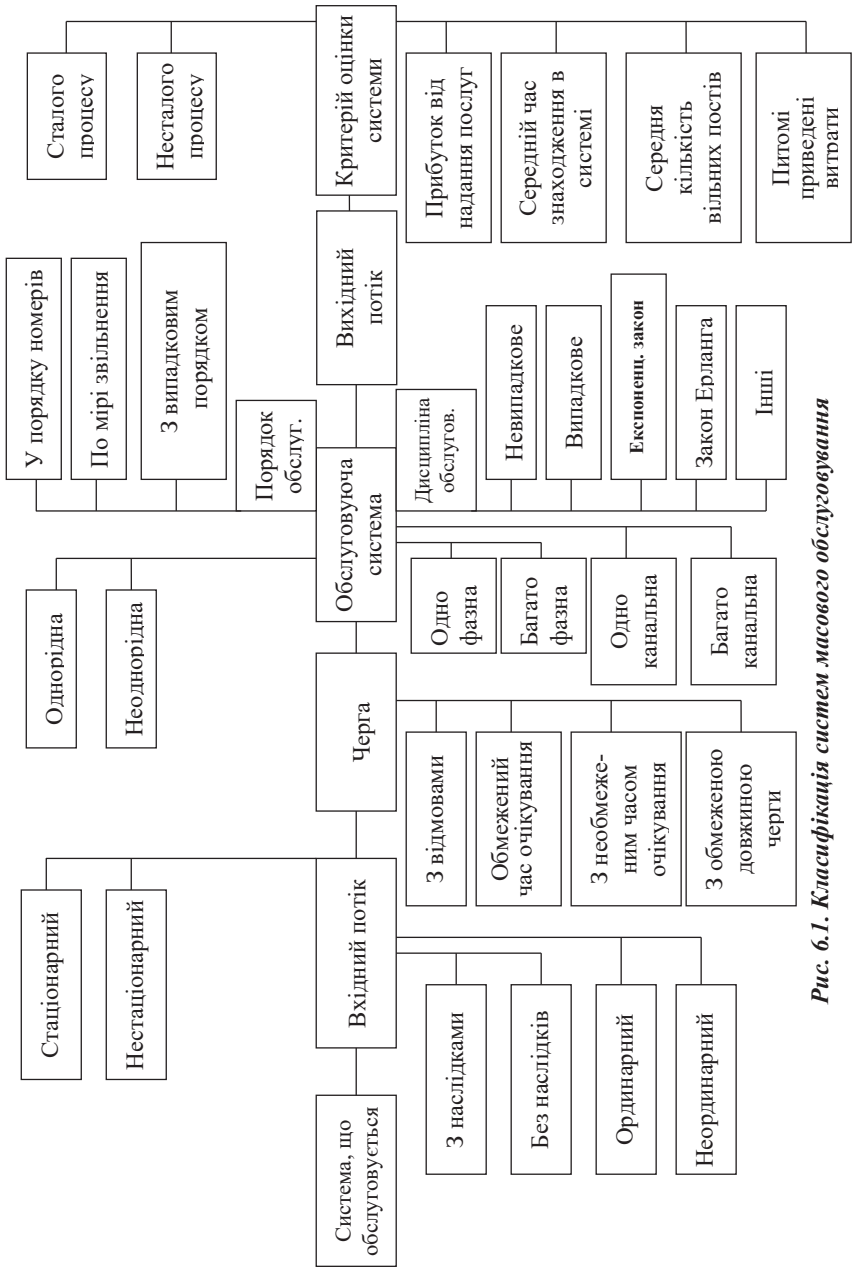


Рис. 6.1. Класифікація систем масового обслуговування

Дисципліна черги характеризує порядок виконання запитів, тобто визначається правилами формування черги. Досить часто дисципліна черги реалізується за схемою: першим надійшов – першим обслуговується. Така схема є досить простою з точки зору математичного моделювання, але стосується лише таких систем, в яких запити на обслуговування можуть бути упорядковані в певну послідовність у часі.

За деяких умов порядок обслуговування є випадковим. Порядок обслуговування будується за певною системою пріоритетів або за умови обмеженого терміну чекання: запит вилучається з черги, якщо він не виконується за певний проміжок.

Механізм обслуговування, як і вхідний потік, характеризується терміном обслуговування та кількістю виконаних вимог в одиницю часу. Термін обслуговування залежить як від якості запитів, так і від організації процедури обслуговування. Як правило, він характеризується використанням незалежних випадкових величин з певними законами їх розподілу, з урахуванням ймовірності виходу каналів обслуговування з ладу.

Предметом теорії масового обслуговування (ТМО) є розбудова їх математичних моделей і дослідження (при використанні цих ММ) взаємозв'язків між кількістю каналів обслуговування, термінами обслуговування, режимами роботи каналів, характеристиками вхідних потоків запитів і критеріями оцінок ефективності функціонування системи. Доцільно нагадати, що критеріїв оцінок якості СМО завжди декілька, тому задачі оптимізації таких систем є багатокритеріальними, а їх розв'язання обумовлює системний підхід.

Як критерії оцінки якості СМО використовуються: середня кількість запитів, яку може виконати система за одиницю часу; середнє число запитів у черзі; середній термін перебування вимоги в черзі; середнє число зайнятих каналів обслуговування та інші оцінки.

Якщо менеджер не знає теорію СМО, може виникнути ілюзія ідеальної роботи керованої ним системи за умови узгодженості вхідного потоку з максимальною спроможністю обслуговування, якщо вони співпадають, та оцінки такої системи як оптимально ефективної. Економічно доцільно мати систему з переважаючою спроможністю обслуговування.

Математичні моделі СМО використовуються для розв'язання різнопланових задач цільового призначення систем. Наприклад, необхідно, дослідивши характеристики вхідного потоку та процесу обслуговування, визначити при якій кількості каналів обслуговування сумарні витрати, обумовлені перебуванням запитів у черзі та простоем каналів обслуговування, будуть щонайменшими. За оцінку ефективності СМО іноді приймають мінімум втрат часу при перебуванні в черзі. За такої умови режим функціонування СМО визначається так, щоб кількість запитів або термін їх перебування в черзі не перевищували деякої заданої величини.

Оскільки потоки запитів у СМО, терміни їх перебування в черзі та обслуговування можна характеризувати лише Законом розподілу випадкових величин, то для математичного моделювання процесів функціонування СМО використовується апарат теорії ймовірностей та математичної статистики. Рівень

складності задач дослідження та оптимізації СМО залежить від структурних властивостей системи та від діапазону альтернатив, яких доцільно проаналізувати.

СМО класифікуються на різні групи в залежності від складу і від часу перебування в черзі до початку обслуговування, і від дисципліни обслуговування вимог.

За складом СМО бувають одноканальні (з одним обслуговуючим пристроєм) і багатоканальними (з великим числом обслуговуючих пристроїв). Багатоканальні системи можуть складатися з обслуговуючих пристроїв як однакової, так і різної продуктивності.

За часом перебування вимог у черзі до початку обслуговування системи поділяються на три групи:

- 1) з необмеженим часом чекання (з чеканням),
- 2) з відмовленнями;
- 3) змішаного типу.

У СМО з **необмеженим часом чекання** чергова вимога, заставши всі пристрої зайнятими, стає в чергу та очікує обслуговування доти, поки один із пристроїв не звільниться.

У системах з **відмовами** вимога, що надійшла, заставши всі пристрої зайнятими, залишає систему. Класичним прикладом системи з відмовами може служити робота автоматичної телефонної станції.

У системах **змішаного типу** вимога, що надійшла, заставши всі (пристрою зайнятими, стають у чергу й очікують обслуговування протягом обмеженого часу. Не дочекавшись обслуговування у встановлений час, вимога залишає систему.

У системах з визначеною дисципліною обслуговування вимога, що надійшла, заставши всі пристрої зайнятими, у залежності від свого пріоритету, або обслуговується позачергово, або стає в чергу.

Вивчення СМО починається з аналізу вхідного потоку вимог. Вхідний потік вимог вивчається з метою встановлення закономірностей цього потоку і подальшого поліпшення якості обслуговування.

У більшості випадків вхідний потік некеруєний і залежить від ряду випадкових факторів. число вимог, що надходять в одиницю часу, випадкова величина. Випадковою величиною є також інтервал часу між сусідніми вимогами, що надходять. однак середня кількість вимог, що надійшли в одиницю часу, і середній інтервал часу між сусідніми вимогами, що надходять, передбачаються заданими.

Інтенсивність надходження вимог визначається наступним співвідношенням:

$$\lambda = \frac{1}{T} \quad (6.1)$$

Для багатьох реальних процесів потік вимог досить добре описується законом розподілу Пуассона. такий потік називається найпростішим.

Найпростіший потік володіє такими важливими властивостями:

1) **властивістю стаціонарності**, що виражає незмінність імовірного режиму потоку за часом. це значить, що число вимог, що надходять у систему в рівні проміжки часу, у середньому повинно бути постійним;

2) **відсутність післядії**, що обумовлює взаємну незалежність надходження того чи іншого числа вимог на обслуговування в непересічні проміжки часу. Це значить, що число вимог, що надходять у даний відрізок часу, не залежить від числа вимог, обслугованих у попередньому проміжку часу. наприклад, число автомобілів, що прибули за матеріалами в десятий день місяця, не залежить від числа автомобілів, обслугованих у четвертий чи будь-який інший попередній день даного місяця.

3) **властивістю ординарності**, що виражає практичну неможливість одночасного надходження двох чи більш вимог (імовірність такої події незмірно мала стосовно розглянутого проміжку часу, коли останній спрямовують до нуля).

При найпростішому потоці вимог розподіл вимог, що надходять у систему підкоряються закону розподілу Пуассона:

Імовірність $P_k(t)$ того, що в обслуговуючу систему за час t надійде саме k вимог:

$$P_k(t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda \cdot t)^k}{k!} \quad (6.2)$$

де k - середнє число вимог, що надійшли на обслуговування в одиницю часу.

Щільність імовірності розподілу Пуассона визначається за формулою:

$$f(\tau) = \lambda \cdot e^{-\lambda \tau}, \quad (6.3)$$

де τ - середній проміжок часу між черговими вимогами на обслуговування, доба;

Щільність імовірності експонентного розподілу визначається за формулою:

$$f(t_{обс}) = \mu \cdot e^{-\mu t_{обс}}, \quad (6.4)$$

де $t_{обс}$ - середній час обслуговування однієї вимоги одним постом обслуговування, доб;

На практиці умови найпростішого потоку не завжди строго виконуються. Часто має місце нестационарність процесу (у різного годинник дня і різні дні місяця потік вимог може змінюватися, він може бути інтенсивніше ранком чи в останні дні місяця). Існує також наявність післядії, коли кількість вимог на відпустку товарів наприкінці місяця залежить від їхнього задоволення на початку місяця. Спостерігається і явище неоднорідності, коли кілька клієнтів одночасно перебувають на склад за матеріалами. Однак у цілому пуассоновський закон розподілу з достатньо високим наближенням відбиває багато процесів масового обслуговування. Чому таке припущення в ряді важливих випадків виявляється вірним, дає відповідь загальна теорема А.Я. Хінчина, що представляє виняткову теоретичну і практичну цінність. Ця теорема має місце у випадку, коли вхідний потік можна представити у виді суми великого числа незалежних потоків, жоден з яких не є порівнянним по інтенсивності з усім сумарним потоком.

Наявність пуассонівського потоку вимог можна визначити статистичною обробкою даних про надходження вимог на обслуговування. Одним з ознак закону

розподілу Пуассона є рівність математичного сподівання випадкової величини і дисперсії цієї ж величини, тобто

$$\rho = \sigma^2 \quad (6.5)$$

Однієї з найважливіших характеристик обслуговуючих пристроїв є час обслуговування. Час обслуговування залежить від стабільності роботи самих обслуговуючих пристроїв, так і від різних параметрів, що надходять у систему, вимог (різномарочність рухомого складу, складність ремонту автомобіля, що надходить).

Випадкова величина $t_{обс}$ цілком характеризується законом розподілу, що визначається на основі статистичних іспитів.

На практиці найчастіше приймають гіпотезу про показовий закон розподілу часу обслуговування.

Показовий закон розподілу часу обслуговування має місце тоді, коли щільність розподілу різко убуває зі зростанням часу t , наприклад, коли основна маса вимог обслуговується швидко, а тривале обслуговування зустрічається рідко. Наявність показового закону розподілу часу обслуговування встановлюється на основі статистичних спостережень.

При показовому законі розподілу часу обслуговування імовірність події, коли час обслуговування протривати не більш ніж t , дорівнює:

$$P_{t_обс}(t) = 1 - e^{-\mu t}, \quad (6.6)$$

де μ - інтенсивність обслуговування однієї вимоги одним обслуговуючим постом, що визначається зі співвідношення:

$$\mu = \frac{1}{t_{обс}}, \quad (6.7)$$

де $\bar{t}_{обс}$ - середній час обслуговування однієї вимоги одним обслуговуючим постом.

Варто помітити, що якщо закон розподілу часу обслуговування показовий, то при наявності декількох обслуговуючих постів однакової потужності закон розподілу часу обслуговування декількома постами буде також показовим:

$$P_{t_обс}(t) = 1 - e^{-n\mu t}, \quad (6.8)$$

де n - кількість обслуговуючих постів.

Для СМО з чеканням кількість постів, які обслуговують, n повинне бути строго більше коефіцієнта завантаження (вимога сталого чи стаціонарного режиму роботи СМО): $n > \rho$.

У протилежному випадку число вимог, що надходять, буде більше сумарної продуктивності всіх обслуговуючих постів, і черга буде необмежено зростати.

Для СМО з відмовами і змішаним типом ця умова може бути ослаблена, для ефективної роботи цих типів СМО досить зажадати, щоб мінімальна кількість постів, що обслуговуються, n було не менше коефіцієнта завантаження ρ : $n \geq \rho$.

Однією з ознак класифікації СМО є дисципліна обслуговування – правила відбору запиту чи наявності черги та незайнятого каналу обслуговування. За способом відбору запитів для обслуговування виділяють такі види дисципліни черги:

- а) перший у черзі обслуговується першим;
- б) останній у черзі обслуговується першим;
- в) обмежений термін перебування запиту у черзі;
- г) обслуговування за пріоритетом.

6.3 РІЗНОВИДИ Й УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Будь-яку систему, у якій потік вимог зустрічає обмежені засоби їхнього задоволення, можна розглядати як систему масового обслуговування (СМО), галузь науки, що вивчає такі системи, називається теорія масового обслуговування (ТМО).

Умовне позначення СМО включає п'ять розрядів, що визначають:

- 1 – характеристику вхідного потоку вимог;
- 2 – характеристику обслуговування вимог;
- 3 – особливості структури системи;
- 4 – особливості черги;
- 5 – опис пріоритетних систем масового обслуговування.

1	2	3	4	5
A	B	K	S	f_i^j

Перший і другий розряди описують відповідно розподіл проміжків часу між послідовними вимогами і розподіл часу їхнього обслуговування і мають наступні умовні позначки: M – показовий розподіл; e_r – розподіл Ерланга порядку r; H_R – гіперпоказовий розподіл порядку r; D – детермінований розподіл; G – розподіл загального виду й інші.

Третій розряд указує число обслуговуючих каналів: $m=1$ – одноканальна система масового обслуговування; $m=2;3 \dots n$ – двох-, трьох- ... багатоканальна СМО.

Четвертий розряд описує число місць чекання в черзі: $s=\infty$ - система з необмеженою чергою; $s=0$ - система з утратами без чекання; $0 \leq s \leq \infty$ - система з обмеженим числом місць для чекання.

У п'ятому розділі фіксується символ f_i^j , $i=0;1;2$; $j=0;1$ $i=0$ – система без пріоритету; $i=1$ – система з відносним пріоритетом; $i=2$ – наявність абсолютного пріоритету; $j=0$ – указує на те, що вимога, яка застала всі місця зайнятими, губиться; $j=1$ – вимога, що надійшла, витісняє вимогу з нижчим пріоритетом.

6.4 ВИКОРИСТАННЯ ТМО ДЛЯ РІШЕННЯ ЗАДАЧ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ

В області технічного обслуговування МТП вирішуються наступні задачі:

- зниження часу простою автомобілів у чеканні технічного обслуговування МТП;
- оптимізація кількості місць стоянки МТП машинно-технологічної станції;
- оптимізація структури зони ТО МТП автомобілів за спеціалізацією постів;

- визначення оптимальної кількості робочих і допоміжних постів зони ТО МТС;
- оптимізація кількості ремонтників;
- оптимізація запасу агрегатів і запасних частин за умови зниження простою МТП у технічному обслуговуванні і ремонті;
- оптимізація кількості ремонтного устаткування за кожним слюсарем при ТО і ремонті технологічного устаткування.

Для рішення задач технічного обслуговування МТП частіше застосовуються наступні типи розімкнутих СМО:

1 – одноканальні ($k=1$):

$M/M/1/0$ – система з втратами без чекання ($s = 0$);

$M/M/1/m$ – система з обмеженням довжини черги ($s = m$);

$M/M/1/\infty$ - система без обмеження довжини черги ($s = \infty$);

2 – багатоканальні ($r = n$):

$M/M/n/0$ – система з втратами без чекання ($s=0$);

$M/M/n/m$ – система з обмеженням довжини черги ($s = m$);

$M/M/n/\infty$ - система без обмеження довжини черги ($s = \infty$).

Перераховані системи масового обслуговування мають пуассонівський вхідний потік вимог на обслуговування та експонентний розподіл часу їх обслуговування.

Написання і розшифровка показників функціонування систем масового обслуговування досить громіздка і, тому досить доцільно ці формули привести у виді табл. 6.1 і 6.2.

При моделюванні таких контактів необхідно враховувати наявність певних запитів і вимог щодо обслуговування та засобів, здатних у певний мірі виконати ці запити. Методи математичного моделювання роботи систем масового обслуговування (СМО) дають змістовні й ефективні рекомендації щодо проектування реалізації та керування роботою цих систем у напрямі їх цільового призначення.

Характерною особливістю СМО є наявність двох взаємопов'язаних сторін: одна сторона, яка потребує обслуговування, та друга сторона, яка призначена виконати необхідне обслуговування. Уникнути випадковостей у цих відносинах неможливо. Їх поява обумовлена природою взаємодії вказаних сторін: запити на обслуговування як у часі, так і в певному діапазоні вимог є випадковий; термін обслуговування теж має випадковий характер (наприклад, поява вимоги на певний вид технічного обслуговування або ремонту та термін реалізації такого запиту).

Таблиця 6.1

Перелік показників функціонування розімкнених одноканальних систем масового обслуговування

№	Найменування Показників	Тип СМО		
		M/M/1/0	M/M/1/m	M/M/1/∞
1	2	3	4	5
1	Імовірність простою системи	$P_0 = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$	$P_0 = \frac{1 - \rho}{1 + \rho^{m+2}}$	$P_0 = 1 - \rho$
2	Імовірність утворення черги	$\Pi = P_{отк} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$	$\Pi = P_0 \cdot \rho$	$\Pi = P_0 \cdot \frac{\rho^n}{n!}$
3	Імовірність простою в черзі	$\Pi^* = 0$	$\Pi^* = P_0 \cdot \rho^2$	$\Pi^* = \rho$
4	Імовірність відмовлення в обслуговуванні	$P_{отк} = \Pi = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$	$P_{отк} = \Pi \cdot \rho^m$	$P_{отк} = 0$
5	Відносна пропускна здатність	$P_{отн} = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$	$P_{отн} = 1 - P_{отк}$	$P_{отн} = 1$
6	Середня кількість зайнятих каналів	$n_{зан} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$	$n_{зан} = 1 - P_0$	$n_{зан} = \rho$
7	Середня кількість вільних каналів	$n_{св} = 1 - n_{зан}$	$n_{св} = P_0$	$n_{св} = 1 - \rho$
8	Середня кількість вимог у черзі	$r = 0$	$r = \Pi \cdot \sum_{s=1}^m s \cdot \rho^s$	$r = \frac{\rho^2}{n_{св}}$
9	Середній час чекання в черзі	$\bar{t}_{ож} = 0$	$\bar{t}_{ож} = \frac{r}{\lambda \cdot P_{отн}}$	$\bar{t}_{ож} = \frac{r}{\lambda}$
10	Середній час перебування в системі	$\bar{t}_c = \bar{t}_{обс}$	$\bar{t}_c = \bar{t}_{обс} + \bar{t}_{ож}$	$\bar{t}_c = \bar{t}_{обс} + \bar{t}_{ож}$
11	Середня кількість вимог у системі	$n_c = n_{зан}$	$n_c = n_{зан} + r$	$n_c = n_{зан} + r$

Таблиця 6.2

Перелік показників функціонування розімкнених багатоканальних систем масового обслуговування

№	Найменування показників	Тип СМО		
		М/М/п/0	М/М/п/п	М/М/п/∞
1	2	3	4	5
1	Імовірність простою системи	$P_0 = \left[\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} \right]^{-1}$	$P_0 = \left[\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^n}{n!} \cdot \sum_{s=1}^m \left(\frac{\rho}{n} \right)^s \right]^{-1}$	$P_0 = \left[\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} \right]^{-1}$
2	Імовірність утворення черги	$\Pi = P_{отк} = P_0 \frac{\rho^n}{n!}$	$\Pi = P_0 \frac{\rho^n}{n!}$	$\Pi = P_0 \cdot \frac{\rho^n}{n!}$
3	Імовірність простою в черзі	$\Pi^* = 0$	$\Pi^* = \Pi \frac{\rho}{n}$	$\Pi^* = P_0 \frac{\rho^n}{(n-1)(n-\rho)}$
4	Імовірність відмовлення в обслуговуванні	$P_{отк} = \Pi = P_0 \frac{\rho^n}{n!}$	$P_{отк} = \Pi \cdot \left(\frac{\rho}{n} \right)^m$	$P_{отк} = 0$
5	Відносна пропускна здатність	$P_{отн} = 1 - P_{отк}$	$P_{отн} = 1 - P_{отк}$	$P_{отн} = 1$
6	Середня кількість зайнятих каналів	$n_{зан} = \rho \cdot P_{отн}$	$n_{зан} = n - n_{св}$	$n_{зан} = \rho$
7	Середня кількість вільних каналів	$n_{св} = n - n_{зан}$	$n_{св} = n - n_{зан}$	$n_{св} = n - \rho$
8	Середня кількість вимог у черзі	$r=0$	$r = \Pi \cdot \sum_{s=1}^m s \cdot \left(\frac{\rho}{n} \right)^s$	$r = \frac{\Pi^* \cdot \rho}{n - \rho}$
9	Середній час чекання в черзі	$\bar{t}_{ож} = 0$	$\bar{t}_{ож} = \frac{r}{\lambda \cdot P_{отн}}$	$\bar{t}_{ож} = \frac{r}{\lambda}$
10	Середній час перебування в системі	$\bar{t}_c = \bar{t}_{обс}$	$\bar{t}_c = \bar{t}_{обс} + \bar{t}_{ож}$	$\bar{t}_c = \bar{t}_{обс} + \bar{t}_{ож}$
11	Середня кількість вимог у системі	$n_c = n_{зан}$	$n_c = n_{зан} + r$	$n_c = n_{зан} + r$

6.4. ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИН ІНТЕНСИВНОСТЕЙ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Далі буде розглядатися залежності ТМО для одного з видів машинно-тракторного парку - вантажних автомобілів, що працюють в агропромисловому комплексі та зайняті в перевезенні різних вантажів за видом і категорією.

Інтенсивність потоку вимог на обслуговування визначається:

$$\lambda = \frac{\varpi \cdot l_{cc} \cdot A_c \cdot \alpha_e \cdot K_L}{1000}, \text{ авт/доб}, \quad (6.9)$$

де ϖ - параметр потоку відмов автомобіля, відм. на 1000 км пробігу;

A_c - облікова кількість автомобілів, од;

α_e - коефіцієнт випуску автомобілів на лінію;

K_L - коефіцієнт коректування періодичності технічних впливів у залежності від умов експлуатації автомобілів;

l_{cc} - середньодобовий пробіг автомобілів:

$$l_{cc} = \frac{V_m \cdot T_n \cdot l_{cp}}{l_{cp} + V_m \cdot t_{n-p} \cdot \beta}, \text{ км}, \quad (6.10)$$

де V_m - середньотехнічна швидкість автомобілів, км/год;

T_n - час перебування автомобілів у наряді, год;

l_{cp} - середня відстань перевезень автомобілями, км;

t_{n-p} - час простою автомобілів під навантаженням і розвантаженням за одну їзду з вантажем, год;

β - коефіцієнт використання пробігу.

Інтенсивність обслуговування вимог одним постом (середня кількість обслуговувань за добу) визначається:

$$\mu = \frac{\varpi \cdot K_L \cdot T_{cm} \cdot C \cdot P_n \cdot \eta_n}{t_{TP} \cdot K_t \cdot b}, \quad (6.11)$$

де T_{cm} - тривалість зміни ремонтників, год;

C - кількість змін роботи ремонтників, од;

P_n - середня кількість ремонтників на посту, люд;

η_n - коефіцієнт використання робочого часу поста;

t_{TP} - питома нормативна трудомісткість поточного ремонту, люд-год на 1000 км пробігу;

K_t - коефіцієнт коректування трудомісткості поточного ремонту;

b - частка постових робіт у загальній трудомісткості поточного ремонту.

Приведена щільність потоку вимог (завантаження системи) визначається за формулою:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{l_{cc} \cdot A_c \cdot \alpha_g \cdot t_{TP} \cdot K_t \cdot b}{T_{cm} \cdot C \cdot P_n \cdot \eta_n \cdot 1000}. \quad (6.12)$$

6.5. ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СМО

Для галузі технічного обслуговування і ремонту автомобілів використовують показники функціонування відкритої багатоканальної СМО без обмеження черги.

Імовірність простою системи визначається:

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} \right]^{-1}. \quad (6.13)$$

Імовірність утворення черги визначається:

$$P = P_0 \cdot \frac{\rho^n}{n!}. \quad (6.14)$$

Імовірність простою в черзі визначається:

$$P^* = P_0 \frac{\rho^n}{(n-1)!(n-\rho)}. \quad (6.15)$$

Імовірність відмовлення в обслуговуванні визначається з умови безвідмовності системи, що використовується:

$$P_{отк} = 0. \quad (6.16)$$

Відносна пропускна здатність визначається з умови обслуговування всіх вимог:

$$P_{отн} = 1. \quad (6.17)$$

Середня кількість зайнятих каналів визначається:

$$n_{зан} = \rho. \quad (6.18)$$

Середня кількість вільних каналів визначається:

$$n_{св} = n - \rho. \quad (6.19)$$

Середня кількість вимог у черзі визначається:

$$r = \frac{P^* \cdot \rho}{n - \rho}. \quad (6.20)$$

Середній час чекання в черзі визначається:

$$\bar{t}_{ож} = \frac{r}{\lambda}. \quad (6.21)$$

Середній час перебування в системі визначається:

$$\bar{t}_c = \bar{t}_{обс} + \bar{t}_{ож}. \quad (6.22)$$

Середня кількість вимог у системі визначається:

$$n_c = n_{зан} + r. \quad (6.23)$$

6.6. ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ВІД ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ

Витрати від простою автомобілів визначаються:

$$C_1 = Z_1 \cdot r. \quad (6.24)$$

Витрати від простою постів визначаються:

$$C_2 = Z_2 \cdot n_{св}. \quad (4.25)$$

Витрати на роботу поста визначаються:

$$C_3 = Z_3 \cdot n_{зан}. \quad (6.26)$$

Загальні витрати від функціонування системи визначаються:

$$C = C_1 + C_2 + C_3. \quad (6.27)$$

6.7. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ПОСТІВ ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ

Оптимальна кількість постів поточного ремонту визначається з умови:

$$C_{opt} = C_1 + C_2 + C_3 \rightarrow \min. \quad (6.28)$$

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Вихідні дані до практичної роботи наведено до табл. 6.3.

Таблиця 6.3

Вихідні дані

№	Найменування параметрів	Умовні познач.	Одиниця виміру	Числові величини
1	2	3	3	5
1	Тип рухомого складу	-	-	VOLVO
2	Модифікація автомобіля (сімейство)	-	-	FE; FH; FL; FM; FMX

Продовження табл.6.1

1	2	3	3	5
3	Облікова кількість рухомого складу	A_c	од.	120
4	Час автомобілів у наряді	T_n	год.	10,5
5	Середньо технічна швидкість	V_m	км/год	20,0
6	Середня відстань перевезень	l_{cp}	км	30,0
7	Коефіцієнт використання пробігу	β	-	0,65
8	Час простою автомоб. під навант.-розвант.	t_{np}	год.	0,30
9	Категорія умов експлуатації автомобілів	-	-	1
10	Коеф. коректування від умов експлуатації	K_L	-	1,00
11	Пит. норм. трудом. ПР, люд-год на 1000 км	t_{TP}	люд-год	6,7
12	Частка постових робіт поточного ремонту	B	-	0,45
13	Параметр потоку відмов автомобіля	ω	відм.	0,338
14	Тривалість зміни роботи	T_{cm}	год	7,0
15	Кількість змін роботи	C	од	2,0
16	Кількість робітників на посту	P_n	люд	1,3
17	Питомі витрати від простою автомобілів	Z_1	грн/доб	20,0
18	Питомі витрати на утримання поста	Z_2	грн/доб	7,0
19	Питомі витрати на роботу поста	Z_3	грн/доб	8,0

Вихідні значення вводяться до аналогічних електронних таблиць пакету прикладних програм Excel. Після введення останньої величини вихідних даних до електронних таблиць виконуються чисельні та логічні операції за формулами (6.9) – (6.28) і видаються у вигляді табл. 6.4, 6.5 та графічній інтерпретації рис. 6.2.

Таблиця 6.4

Розрахунок параметрів інтенсивності

№	Найменування параметрів	Умовні познач.	Одиниця виміру	Числові величини
1	Середньодобовий пробіг	l_{cc}	км	185,2
2	Інтенсивність потоку відмов	λ	авт/доб	7,5
3	Середня трудоміст. одного ПР на один авт.	$t_{mp.cp}$	люд-год	11,97
4	Середній час обслуговув. одного автомоб.	$t_{обс.ср}$	доб	0,73
5	Інтенсивність обслуговування одним постом	μ	авт/доб	1,37
6	Приведена щільність потоку заявок	ρ	-	5,48
7	Кількість постів ПР за детермінов. методом	X_{TP}	од.	6,58

Розрахунок параметрів системи масового обслуговування

Пості	Параметри обслуговування системи масового обслуговування										
	$\rho^k/k!$	Імовірність простою системи	Імовірність утвор. черги	Кількість вільних постів	Середня кількість заявок простою у черзі	Час очікування	Час у системі	Витрати, грн/доб			
n	$\rho^k/k!$	P_o	Π	$n_{св}$	r	$t_{ож}$	t_c	C_1	C_2	C_3	C
6	37,65	0,00178	0,7731	0,519	8,166	1,089	6,570	163,3	4,15	43,8	211,3
7	29,48	0,00332	0,4509	1,519	1,627	0,217	5,698	32,5	12,15	43,8	88,55
8	20,20	0,00386	0,2477	2,519	0,539	0,072	5,553	10,8	20,15	43,8	74,78
9	12,30	0,00406	0,1276	3,519	1,99	0,027	5,508	3,9	28,15	43,8	75,98
10	6,74	0,00413	0,0616	4,519	0,075	0,010	5,491	1,4	36,15	43,8	81,49

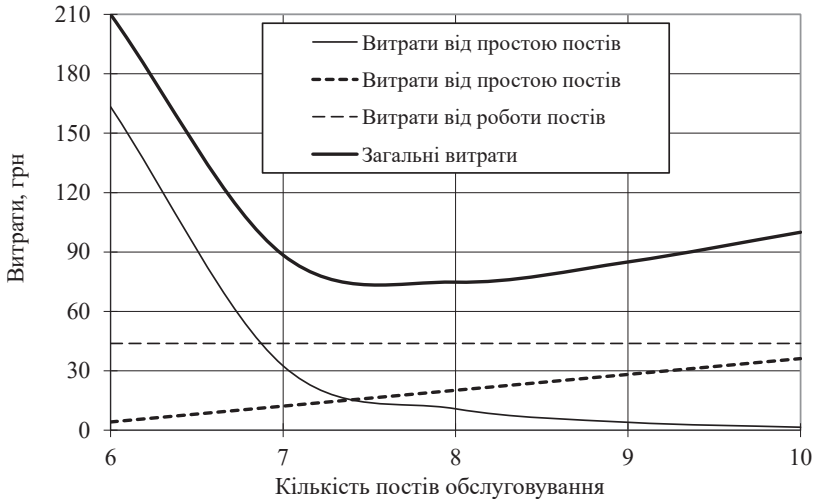


Рис. 6.2. Залежність витрат системи від кількості постів

ВИСНОВКИ

1. На підставі методів теорії масового обслуговування проведена оптимізація роботи зони поточного ремонту автомобілів.
2. Визначено оптимальну кількість постів поточного ремонту автомобілів, вона складає 8 од.

3. Мінімальні загальні витрати від функціонування зони поточного ремонту дорівнюють 74,8 грн,

з яких: витрати від простою автомобілів складають 10,8 грн;
витрати від простою постів ПР складають 20,2 грн;
витрати від роботи постів ПР складають 43,8 грн.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. *За якими ознаками свідчать про наявність пуассонівського потоку вимог на обслуговування.*

2. *Які ознаки входять до класифікації систем масового обслуговування.*

3. *За якими залежностями визначають показники функціонування багатоканальних систем масового обслуговування.*

4. *Яким чином використовується методика розрахунку показників системи масового обслуговування для оптимізації технічного обслуговування МТП.*

5. *За якими показниками визначаються інтенсивності потоку, обслуговування вимог та параметри функціонування системи масового обслуговування.*

6. *Яким чином вибирається оптимальний варіант в залежності від кількості постів обслуговування за мінімумом загальних витрат від функціонування.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ОБСЯГУ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ТА АГРЕГАТИВ НА МАШИННО-ТЕХНОЛОГІЧНІЙ СТАНЦІЇ

Мета роботи:

- 1 – оволодіти основами логістики, як своєрідним резервом із установленого певним чином складу елементів (деталей, вузлів, агрегатів) МТП;
- 2 – освоїти методику прийняття рішень про величину запасів в умовах невизначеності, застосування платіжної матриці, критеріїв Вальда, Лапласа та Гурвиця;
- 3 – ознайомитись зі специфікою прийняття рішень про величину запасів в умовах ризику з використанням матриці ризику та критерія Севіджа;
- 4 - освоїти методику прийняття рішень в умовах часткової визначеності, критерій виграшу при оптимальному стані;
- 5 – дослідити вплив змінних питомих вартісних витрат на величину виграшу.

Зміст роботи

- 1 – розгляд сутності логістики, як своєрідний резерв із установленого певним чином складу елементів (деталей, вузлів, агрегатів) МТП;
- 2 – прийняття рішень про величину запасів в умовах невизначеності, застосування платіжної матриці критеріїв Вальда, Лапласа та Гурвиця;
- 3 – визначення критерія Севіджа та прийняття рішень в умовах ризику;
- 4 – вибір найвигіднішого варіанту стосовно критерію виграшу при оптимальному стані;
- 5 – дослідження залежності величини виграшу від питомих вартісних витрат

7.1 ВИКОРИСТАННЯ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБ МАШИННО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТАНЦІЙ У ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ

Термін “логістика” використовується для позначення систем логіки, що характеризуються спробою зведення логічних міркувань до формальних обчислень. Ціль логістичної системи: доставка необхідного товару потрібної якості та кількості у визначене місце, у визначений час з мінімальними витратами.

Потреби машинно-технологічних станцій у запасних частинах для забезпечення нормального функціонування МТП і його якісного ремонту визначаються великою кількістю факторів, що характеризують як споживачів, так і існуючу систему постачання запасними частинами (ЗЧ). Вплив цих факторів проявляється в організації транспортного і виробничого процесів, залежить від режиму та умов експлуатації, організації системи планування й розподілу ЗЧ, інформаційної бази, нормативно-методичного забезпечення та інших.

ЗЧ є складовою частиною машини, призначеної для заміни такої ж частини, що перебувала в експлуатації, з метою забезпечення справності або тільки працездатності машини. Тому ЗЧ МТП можна розглядати як своєрідний резерв із встановленого певним чином складу елементів (деталей, вузлів, агрегатів) МТП, наявність якого є необхідною умовою нормального функціонування машини в процесі експлуатації. Від забезпечення машинно-тракторного парку ЗЧ істотно залежить підтримка високого рівня технічної готовності рухомого складу.

У загальному випадку прогноз потреби тракторів в запасних частинах визначається за формулою:

$$Q_f = r \cdot \sum_{ij=1}^{mn} [\Omega_f(L_{ij}) - \Omega_f(L_{0ij})] \cdot A_{ij} \quad (7.1)$$

де $\Omega_f(L_{0ij}), \Omega_f(L_{ij})$ - значення ведучої функції потоку відказів f -ї деталі ij -го віку на початок і кінець планового періоду відповідно;

$L_{0ij}; L_{ij}$ - напрацювання трактора ij -го віку відповідно з початку його експлуатації на початок і кінець планового періоду, тис. км;

A_{ij} - кількість тракторів ij -го віку, од.;

r - кількість однойменних деталей на тракторі, од.

Для заміни знятих з тракторів і відправлених у ремонт агрегатів створюється незнижуваний їхній складський запас - незнижуваний оборотний фонд. Річна потреба в агрегатах дорівнює:

$$P_{asp} = \frac{\sum_j L_j n_j^{asp}}{1000}, \quad (7.2)$$

де L_j - сумарне напрацювання j -ої моделі трактора;

n_j^{asp} - норматив числа оборотних агрегатів на 1000 км пробігу j -ої моделі автомобіля.

Якщо цю потребу помножити на середню вартість одного оборотного агрегату кожної марки, то одержимо річну потребу в агрегатах у вартісному вираженні.

Ефективність функціонування машинно-технологічних станцій залежить від забезпечення їх матеріальними ресурсами. До складу матеріальних ресурсів, які необхідні для забезпечення виробничого процесу, можна віднести: паливо, мастильні матеріали, шини, запасні частини та агрегати, антифризи та інші матеріальні ресурси. Для нормального функціонування технічної служби по підтримці рухомого складу у робочому стані доцільно систематично здійснювати планування, постачання та розподіл запасних частин та матеріалів. Кожне підприємство повинно мати незнижуваний запас агрегатів, вузлів та деталей.

Норми витрат запасних частин на відновлення працездатності рухомого складу знаходиться в залежності від строків служби деталей, вузлів та агрегатів. Ці строки являються основою для розробки науково-обґрунтованих норм.

Також для забезпечення ефективного транспортного процесу необхідно виконувати планування та розподіл запасних частин. Нормування запасних частин дуже складний процес і обумовлений наступними факторами:

- великою номенклатурою запасних частин;
- великим строком експлуатації тракторів. Експлуатація тракторів в сільськогосподарських господарствах досягає 20 років, а строк випуску запасних частин обмежений, тому дуже важко знайти необхідні запасні частини для автомобіля;
- різним значенням показників надійності трактора у різних експлуатаційних умовах;
- нерівномірністю потреби у запасних частинах.

На підприємствах агропромислового комплексу існує система матеріально-технічного постачання, основними задачами якої є:

- виявлення потреби і складання замовлення-заявки на товари;
- забезпечення споживачів ремонтно-технологічним устаткуванням, запасними частинами, матеріалами, готовими агрегатами, технологічним і організаційним оснащенням, інструментом і миючими засобами;
- створення умов для збереження, переробки товарів і доставки їхнім споживачам;
- збір зношених деталей для відновлення.

Велике значення у відновленні працездатності машин у процесі експлуатації має своєчасне забезпечення якісними запасними частинами, інструментом і матеріалами. Для своєчасного проведення польових робіт доцільно мати визначений обмінний фонд агрегатів, комплектів деталей і навіть цілих машин. Особливо це важливо при поточно-цикловій формі організації сільськогосподарських робіт. Практика показала, що доцільно вводити чотири рівні збереження запасних деталей і комплектів: безпосередньо на місці експлуатації техніки, на центральній садибі господарства, на районній базі й обласній базі постачання.

У випадку відмовлення і виявленні потреби в заміні деталі, що відмовила, уточняється, є чи вона на першому рівні, якщо ні, заявка передається на наступний рівень тощо. Такий порядок забезпечення машин змінними комплектами деталей і агрегатів дозволяє в короткий термін відновити їх працездатність, проводити всі сільськогосподарські роботи в оптимальний термін і скоротити утрати врожаю.

Запас запасних частин тракторів розраховується за формулою:

$$Z = \frac{\sum L_c \cdot Q \cdot W \cdot D_s}{10000 \cdot 100}, \quad (7.3)$$

де L_c - сумарне напрацювання тракторів, мото-год;

Q - вага трактора, т;

D - термін зберігання запасних частин, дн;

W - відсоток від маси трактора на 1000 мото-год напрацювання.

Далі цей запас корегується з урахуванням зайвих та непотрібних запасів на складі. Але цей метод не враховує умови експлуатації, технічний стан рухомого складу та інше.

Ми розглядаємо нормування як складну ймовірну систему, як єдине ціле, що характерно для машинно-технологічної станції (для відокремленого простору), в якому вона функціонує у створених умовах та змінюється під дією зовнішніх та внутрішніх факторів. З урахуванням цього для вивчення властивостей цієї системи будемо використовувати статистичний підхід, у якому результати спостережень використовують для емпіричного розподілу, завдяки якому ми зможемо спрогнозувати потребу МТС у необхідних ресурсах та забезпечити раціональне їх використання. Вибір розподілу повинен базуватися на розумінні вивчаємих явищ, що відбуваються в системі матеріально-технічного постачання, та факторів, що формують її функціонування.

Однією із стратегій забезпечення працездатності є її відновлення шляхом проведення ремонту, який в більшості випадків полягає в знятті агрегату або вузла з автомобіля і заміні зношених деталей у ремонтних дільницях.

Невигідно, щоб трактор чекав закінчення ремонту свого агрегату або вузла. Тому для зниження часу простою тракторів та забезпечення справного стану групи тракторів доцільно утримувати запас відновлених або нових агрегатів та вузлів.

На величину запасу агрегатів впливає значна кількість зовнішніх та внутрішніх факторів. Такий вид задач є прийняттям рішень в умовах невизначеності.

7.2 ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

В реальній виробничій ситуації на машинно-технологічній станції відсутня повна інформація про зовнішні фактори, тобто про умови, у яких буде функціонувати виробництво (зона, цех, дільниця, бригада, виконавець).

При рішенні виробничих задач розглядають взаємодію двох неантагоністичних сторін:

« A » - організатори виробництва (активна сторона), тобто робітники виробничих систем;

« P » - сукупність випадково виникаючих виробничих ситуацій («природа», зовнішні фактори).

Активна сторона має обрати таку стратегію, щоб прийняти рішення для отримання максимального ефекту.

«Природа» активно не протидіє заходам організаторів виробництва, але точна дія зовнішніх факторів не відома.

Величина оптимального запасу агрегатів визначається з застосуванням методів статистичних рішень на підставі даних про роботу реального виробництва з використанням поняття ведучої функції.

Сторона «P» приймає стратегії p_j , що складаються в тому, що фактично буде потрібно для ремонту визначна кількість однотипних агрегатів. Стратегії сторони P наведені в таблиці 7.1.

Організатори виробництва ремонту тракторів «A» будуть приймати стратегії A_j , що полягають у утриманні визначного запасу агрегатів на складі.

В умовах недоліку інформації визначаються величини елементів платіжної матриці.

Елементами платіжної матриці є прибуток від випадкового сполучення стратегії активної сторони A_j и стратегії «природи» P_i , які вирішуються за формулою:

$$a_{ij} = f_j \cdot b_1 + g_j \cdot b_2 + h_j \cdot b_3, \quad (7.4)$$

де f_j, g_j, h_j - кількість відповідно незатребуваних, задоволених и відсутніх агрегатів для ремонту тракторів;

b_1 - збиток від утримання одного незатребуваного агрегату;

b_2 - прибуток від задоволення потреби в одному агрегаті;

b_3 - збиток від відсутності одного агрегату.

Для прийняття рішень в умовах недоліку інформації існують критерії, які не враховують поведінку зовнішніх факторів («природи»):

- максимінний (критерій Вальда);
- недостатньої підстави (критерій Лапласа);
- песимізму - оптимізму (критерій Гурвиця).
- мінімаксний (критерій Севіджа);

Максимінний критерій (критерій Вальда) вирішується за формулою:

$$K_I = \max_j \min_i a_{ij} = \max_j \alpha_j = \alpha, \quad (7.5)$$

де α_j - мінімуми з елементів строк платіжної матриці.

Критерій Вальда (K_I) називається нижньою ціною гри, забезпечує вибір стратегії A_j , при якій в любых умовах гарантовано виграш не менш максимінного K_I .

Величина критерію Вальда (K_I) гарантує обмеження виробництва від надзвичайно великих витрат в умовах відсутності інформації про стан «природи».

Критерій Лапласа ґрунтується на принципі недостатньої підстави, відповідно якому ні одному із станів «природи» не віддається переваги:

$$K_{II} = q \cdot \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad (7.6)$$

де q - однакова ймовірність, яка залежить від кількості станів «природи»:

$$q = q_1 = q_2 = q_3 = \dots = q_n = \frac{1}{n}, \quad (7.7)$$

n - кількість станів «природи».

Критерій песимізму - оптимізму (критерій Гурвиця) визначається за формулою:

$$K_{III} = \max_i \left[d \cdot \min_j a_{ij} + (1-d) \cdot \max_j a_{ij} \right], \quad (7.8)$$

де d - коефіцієнт песимізму, $0 \leq d \leq 1$. Чим серйозніше наслідки, тим більше приймається величина d .

Критерій Гурвиця (K_{III}) орієнтовано на вибір проміжної стратегії

7.3. ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ РИЗИКУ

Одним з критеріїв прийняття рішень виробничими структурами є ризик, який полягає у визначенні величин елементів матриці ризику.

Елементами матриці ризику є ризик від випадкового сполучення стратегії активної сторони A_j и стратегії «природи» P_i , які вирішуються за формулою:

$$r_{ij} = \beta_i - a_{ij}, \quad (7.9)$$

де β_i - максимуми з елементів стовпців платіжної матриці.

Мінімаксний критерій (критерій Севіджа) визначається за формулою:

$$K_{IV} = \min_i \max_j r_{ij} = \min_i \gamma_i = \gamma, \quad (7.10)$$

де γ_i - максимуми з елементів рядків матриці ризику.

Критерій Севіджа називається верхньою ціною гри, забезпечує вибір стратегії A_j , при яких бито не було умовах гарантовано програш не більш K_{IV} .

Величини критерію Севіджа (K_{IV}) гарантує обмеження виробництва від надзвичайно великих витрат в умовах ризику та відсутності інформації про стан «природи».

7.4. ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ ЧАСТКОВОЇ ВИЗНАЧЕНОСТІ

Частковою визначеністю називається випадок, в якому звісні імовірності появи стратегій зовнішнього середовища («природи»). При цьому визначають елементи матриці виграшів.

Елементами матриці виграшів є величини виграшу від випадкового сполучення стратегії активної сторони A_j та стратегії «природи» P_i , які вирішується за формулою:

$$v_{ij} = a_{ij} \cdot q_j, \quad (7.11)$$

де q_j - імовірність появи стратегії «природи» P_j .

Середній виграш по кожному рядку для i - той стратегії:

$$\bar{v}_i = v_1 + v_2 + \dots + v_j = \sum_{i=1}^m v_i. \quad (7.12)$$

Виграш при оптимальній стратегії визначається за формулою:

$$\bar{v}_0 = \max_j \bar{v}_j. \quad (7.13)$$

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Вихідні дані до практичної роботи наведено в таблицях 7.1 та 7.2.

Таблиця 7.1

Імовірності станів

Варіант	Імовірності станів q_i										Сума
	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7	q_8	q_9	q_{10}	
15	0,05	0,11	0,15	0,28	0,23	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	1,00

Таблиця 7.2

Вартісні величини збитку і прибутку

Варіант	Питомі вартісні величини витрати і прибутку		
	b_1	b_2	b_3
15	-5	9	-7

В таблиці 7.3 наведено сутність взаємодіючих сторін.

Таблиця 7.3

Стратегії сторін

Стратегії сторони Р				Стратегії сторони А		
№	Позначення P_i	Потреба p_i	Імовірність q_i	№	Позначення A_j	Наявність t_j
1	P_1	0	0,05	1	A_1	0
2	P_2	1	0,11	2	A_2	1
3	P_3	2	0,15	3	A_3	2
4	P_4	3	0,28	4	A_4	3
5	P_5	4	0,23	5	A_5	4
6	P_6	5	0,07	6	A_6	5
7	P_7	6	0,05	7	A_7	6
8	P_8	7	0,03	8	A_8	7
9	P_9	8	0,02	9	A_9	8
10	P_{10}	9	0,01	10	A_{10}	9

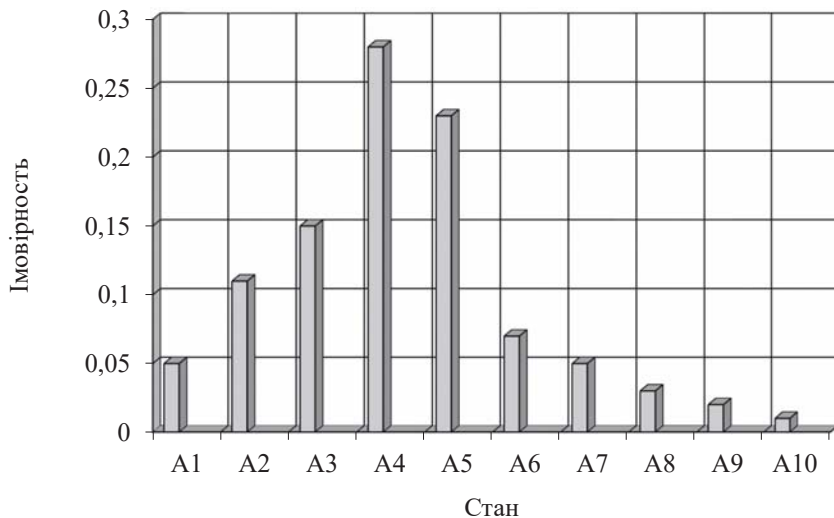


Рис. 7.1. Гістограма імовірності станів

Отримані вихідні значення вводяться в аналогічні електронні таблиці пакету прикладних програм Excel. Після введення останнього значення вихідних даних в електронні таблиці виконуються чисельні та логічні операції за формулами 7.4 - 7.13 і видаються у вигляді таблиць 7.4, 7.5, 7.6 та графічних інтерпретацій рис. 7.2, 7.3.

Таблиця 7.4

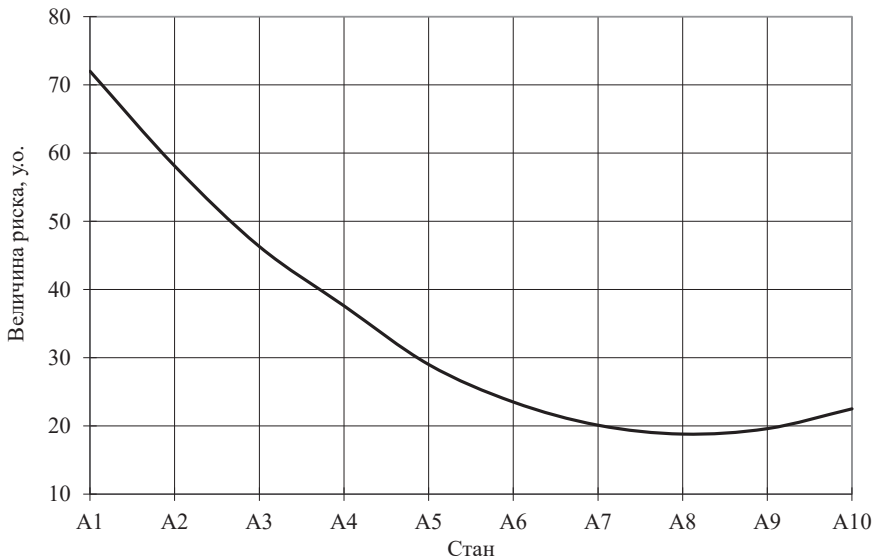
Платіжна матриця

A_j	P_i										α_j
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	
A_1	0	-7	-14	-21	-28	-35	-42	-49	-56	-63	-63
A_2	-5	9	2	-5	-12	-19	-26	-33	-40	-47	-47
A_3	-10	4	18	11	4	-3	-10	-17	-24	-31	-31
A_4	-15	-1	13	27	20	13	6	-1	-8	-15	-15
A_5	-20	-6	8	22	36	29	22	15	8	1	-20
A_6	-25	-11	3	17	31	45	38	31	24	17	-25
A_7	-30	-16	-2	12	26	40	54	47	40	33	-30
A_8	-35	-21	-7	7	21	35	49	63	56	49	-35
A_9	-40	-26	-12	2	16	30	44	58	72	65	-40
A_{10}	-45	-31	-17	-3	11	25	39	53	67	81	-45
β_i	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81	-

Таблиця 7.5.

Матриця ризику

A_j	P_i										γ_i	\bar{r}_i
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}		
A_1	0	16	32	48	64	80	96	112	128	144	144	72
A_2	5	0	16	32	48	64	80	96	112	128	128	58,1
A_3	10	5	0	16	32	48	64	80	96	112	112	46,3
A_4	15	10	5	0	16	32	48	64	80	96	96	37,6
A_5	20	15	10	5	0	16	32	48	64	80	80	29,0
A_6	25	20	15	10	5	0	16	32	48	64	64	23,5
A_7	30	25	20	15	10	5	0	16	32	48	48	20,1
A_8	35	30	25	20	15	10	5	0	16	32	35	18,8
A_9	40	35	30	25	20	15	10	5	0	16	40	19,6
A_{10}	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	45	22,5
β_i	0	9	18	27	36	45	54	63	72	81	-	-

**Рис. 7.2. Залежність величини ризику від стану**

Матриця вигравіс

A_j	P_i										\bar{v}_j
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	
A_1	0,00	-0,77	-2,10	-5,88	-6,44	-2,45	-2,10	-1,47	-1,12	-0,63	-23,00
A_2	-0,25	0,99	0,30	-1,40	-2,76	-1,33	-1,30	-0,99	-0,80	-0,47	-8,01
A_3	-0,50	0,44	2,70	3,08	0,92	-0,21	-0,50	-0,51	-0,48	-0,31	4,63
A_4	-0,75	-0,11	1,95	7,56	4,60	0,91	0,30	-0,03	-0,16	-0,15	14,12
A_5	-1,00	-0,66	1,20	6,16	8,28	2,03	1,10	0,45	0,16	0,01	17,73
A_6	-1,25	-1,21	0,45	4,76	7,13	3,15	1,90	0,93	0,48	0,17	16,51
A_7	-1,50	-1,76	-0,30	3,36	5,98	2,80	2,70	1,41	0,80	0,33	13,82
A_8	-1,75	-2,31	-1,05	1,96	4,83	2,45	2,45	1,89	1,12	0,49	10,08
A_9	-2,00	-2,86	-1,80	0,56	3,68	2,10	2,20	1,74	1,44	0,65	5,71
A_{10}	-2,25	-3,41	-2,55	-0,84	2,53	1,75	1,95	1,59	1,34	0,81	0,92
q_i	0,05	0,11	0,15	0,28	0,23	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	-

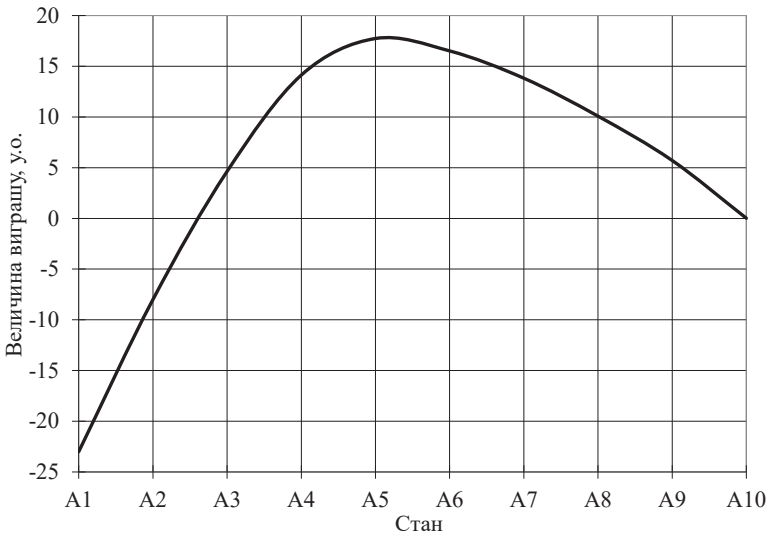


Рис. 7.3. Залежність величини вигравіс від стану

З метою дослідження коливання максимального виграшу простежимо, як будуть впливати зміни питомих вартісних величин витрати і прибутку від отримання запасу агрегатів (табл. 7.7).

Таблиця 7.7

Матриця виграшу при зміні питомих вартісних величин

Найменування	Умовні позначення	Виграш при варіантах				
		1	2	3	4	5
Питомі вартісні величини	b_1	-5	-5	-5	-9	-9
	b_2	9	11	9	11	9
	b_3	-7	-7	-11	-7	-7
Стратегії	A_1	-23,00	-23,00	-36,10	-23,00	-23,00
	A_2	-8,01	-6,11	-17,30	-6,31	-8,11
	A_3	4,63	8,21	-1,33	7,37	4,21
	A_4	14,12	19,08	10,92	17,00	13,08
	A_5	17,73	23,51	16,17	19,07	15,51
	A_6	16,51	22,65	15,67	14,93	12,65
	A_7	13,82	20,18	13,42	8,90	8,18
	A_8	10,08	16,56	9,92	1,52	2,56
	A_9	5,71	12,25	5,67	-6,67	-3,75
	A_{10}	0,92	7,48	0,92	-15,40	-10,50
Оптимальна стратегія		A_5	A_5	A_5	A_5	A_5
Максимальний виграш		17,73	23,51	16,17	19,07	15,51

Графічна інтерпретація залежності виграшу від питомих вартісних величин наведено на рис. 7.4.

За результатами дослідження за характером залежності виграшу від зміни питомих вартісних величин витрати і прибутку від отримання запасу видно, що вартісні величини значно не впливають на зміну оптимальної стратегії. У всіх випадках оптимальною стратегією є A_5 з різними величинами максимального виграшу.

Величини критеріїв, що визначаються в практичній задачі для заданих вихідних даних наведено в таблиці 7.8.

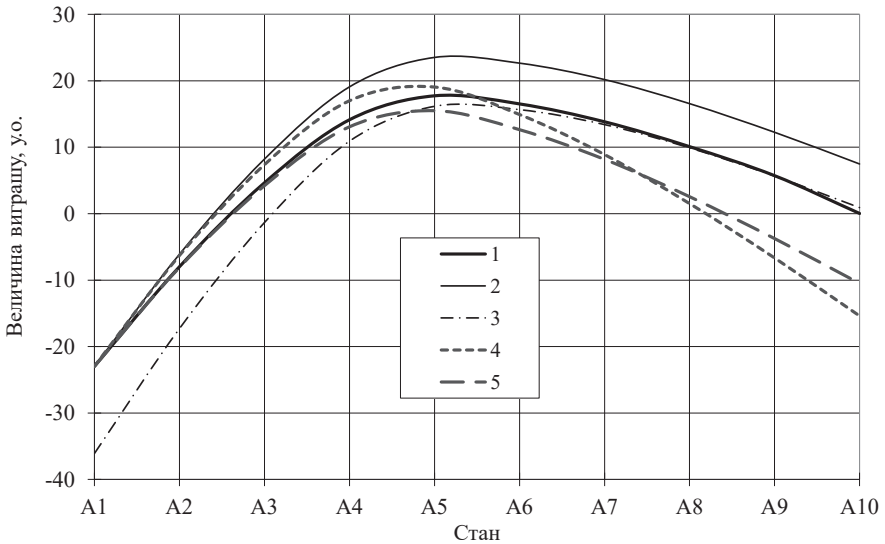


Рис. 7.4. Залежність виграшу від питомих вартісних величин
 1 - варіант; 2 - варіант; 3 - варіант; 4 - варіант; 5 - варіант.

Таблиця 7.8

Значення критеріїв

Найменування показників		Чисельна величина
1	2	3
Максимінний критерій K_I (критерій Вальда)	Стратегія	$A4$
	Величина	-15
Ймовірність недостатньої підстави	q	0,1
Критерій принципу недостатньої підстави K_{II} (критерій Лапласа)	Стратегія	$A1, A2$
	Величина	58,50
Коефіцієнт песимізму	d	0,85
Критерій песимізму – оптимізму K_{III} (критерій Гурвиця)	Стратегія	$A9, A10$
	Величина	-41,40
Мінімаксний критерій K_{IV} (критерій Севіджа)	Стратегія	$A8$
	Величина	35
Критерій мінімального середнього ризику K_V	Стратегія	$A8$
	Величина	18,80
Виграш при оптимальному стані	Стратегія	$A5$
	Величина	17,73

ВИСНОВКИ

1. На основі методики прийняття рішень в умовах недоліку інформації з застосуванням вихідних даних проведена обробка результатів обчислень.

2. Використання методики прийняття рішень в умовах невизначеності дозволило визначити величини наступних критеріїв:

- максимінного (критерій Вальда) - 15,00(стратегія А4);
- недостатньої підставі (критерій Лапласа) 58,50 (стратегії А1, А2);
- оптимізму – песимізму (критерій Гурвиця) -41,40(стратегія А2, А3);

3. Використання методики прийняття рішень в умовах ризику дозволило визначити величини наступних критеріїв:

- мінімаксного (критерій Севіджа) 35,00 (стратегія А8);
- мінімального середнього ризику 18,80 (стратегія А8);

4. Розрахунок елементів матриці вирашів дозволив визначити:

- максимальний вираш 17,36 (стратегія А5).

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яким чином прогноз потреби в запасних частинах за загальним видом.

2. За якою залежністю розраховується запас запасних частин на машинно-технологічних станціях.

3. Які фактори обумовлюють нормування запасних частин.

4. За якими основними задачами існує система матеріально-технічного постачання на підприємствах агропромислового комплексу.

5. Яким чином приймаються рішення про величину запасів в умовах невизначеності, застосовується платіжна матриця, критерії Вальда, Лапласа та Гурвиця.

6. За якою специфікою приймаються рішення в умовах ризику та визначається критерій Севіджа.

7. За якою умовою здійснюється вибір найвигіднішого варіанту стосовно критерію вирашу при оптимальному стані.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІКОВОЇ СТРУКТУРИ АВТОМОБІЛІВ НА ПОКАЗНИКИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН

Мета роботи:

- 1 – оволодіти керуванням віковою структурою, що забезпечить одержання в необхідний момент часу заданих показників якості автомобільного парку;
- 2 – ознайомитись з факторами, які обумовлені віком транспортних засобів;
- 3 – одержати навички в застосуванні методів теорії відновлення при визначенні розмірів постачань автомобілів протягом заданого періоду експлуатації;
- 4 – дослідити вплив нормованої функції для випадкової величини, провідної функції та параметру потоку відмов на кількість списань та відновлення парку;
- 5 – визначити період повного відновлення парку.

Зміст роботи

- 1 – використання керування віковою структурою, щоб забезпечить одержання в необхідний момент часу заданих показників якості автомобільного парку;
- 2 – ознайомлення з факторами, які обумовлені віком транспортних засобів;
- 3 – застосування методів теорії відновлення при визначенні розмірів постачань автомобілів протягом заданого періоду експлуатації;
- 4 – дослідження впливу нормованої функції для випадкової величини, провідної функції та параметру потоку відмов на кількість списань та відновлення парку;
- 5 – визначення періоду повного відновлення парку.

8.1 УПРАВЛІННЯ ВІКОВОЮ СТРУКТУРОЮ ПАРКА

Вік транспортних засобів (ТЗ) безпосередньо впливає на технічний стан автомобілів. Зміна трудомісткості і надійності, що залежать від віку ТЗ, впливає на потребу в робочій силі, запасних частинах і матеріалах, виробничо - технічній базі, технологічному устаткуванні, тобто ресурсах, необхідних для інженерно-технічної служби (ІТС). Тому необхідно оцінювати і керувати віком транспортних засобів у парку.

Вікова структурою (ВР) автомобільного парку - кількісний або процентний розподіл автомобілів за віковими групами i визначається:

$$a_{ij} = \frac{A_{ij}}{A_i} \text{ при } \sum_{j=1}^l a_{ij} = 1, \quad (8.1)$$

де j - кількість вікових груп транспортних засобів у парку, $j = 1; 2; \dots; l$

A_{ij} - кількість ТЗ j - ї вікової групи в момент i .

A_i - розмір парку в момент i .

Реалізований показник якості з урахуванням вікової структури для парку в момент часу i визначається:

$$\bar{P}_i = \sum_{j=1}^l P_j a_{ij}. \quad (8.2)$$

Для парку $P = const$ в конкретний момент часу i залежить від його вікової структури.

Середній вік \bar{T}_i у момент часу i дорівнює:

$$\bar{T}_i = \sum_{j=1}^l T_j a_{ij}, \quad (8.3)$$

де T_j середина інтервалу j -ї вікової групи.

Керуванням віковою структурою парку - така цілеспрямована її зміна, що забезпечить одержання в необхідний момент часу i заданих показників якості автомобільного парку \bar{P}_i .

8.2 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ВІКОВОЇ СТРУКТУРИ ПРИ ВИПАДКОВОМУ СПИСАННІ АВТОМОБІЛІВ

Розрахунок показників ВР парку заснований на наступному. При зміні календарного часу на одну одиницю ($i + 1$) транспортні засоби, що мають у момент i вік j «старіють» на одну одиницю часу (чи еквівалентний пробіг) і «переходять у наступну» вікову групу.

При рішенні даної задачі методами теорії відновлення автомобільний парк із визначеною чисельністю ТЗ являє собою відновлювану систему, що:

- працює i - у кількість років;
- складається з елементів транспортних засобів;
- відмовленням системи є списання ТЗ;
- відновленням системи є постачання нового транспортного засобу.

На формування розміру і вікової структури парку впливають наступні показники:

1 - розмір постачання нових ТЗ A_i^P у момент $i=1; 2; 3 \dots$;

2-розмір списання транспортних засобів A_i^S .

Провідна функція потоків відмов (замін) (функція відновлення) являє собою накопичену кількість перших і наступних відмов (замін) до наробітку i визначається:

$$\Omega(i) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(i), \quad (8.4)$$

де k - види замін (відмов) виробів,

$F_k(i)$ - імовірність k - тої заміни виробу на наробітку i :

$$F_k(i) = \Phi(z), \quad (8.5)$$

де $\Phi(z)$ - нормована функція для випадкової величини визначається з пакета прикладних програм Excel,

де z - квантиль нормованої функції:

$$Z = \frac{x_i - k \cdot \eta \cdot \bar{s}}{\sigma \sqrt{k}}, \quad (8.6)$$

де x_i - середини інтервалів

k - види замін (відмов) виробів,

\bar{s} - середній наробіток до списання (заміни) транспортного засобу,

η - коефіцієнт відновлення ресурсу,

σ - середньоквадратичне відхилення напрацювання.

Параметр потоку відмов є щільністю імовірності виникнення відмовлення відновлюваного виробу для часу пробігу i визначається:

$$\omega(i) = \frac{d\Omega(i)}{d(i)} = \sum_{k=1}^{\infty} f(i), \quad (8.7)$$

де $f(i)$ - щільність імовірності виникнення k - того відмовлення на наробітку i .

Вибираючи збільшення наробітку рівного одному календарному року параметр потоку відмов в інтервалі $[i - (i + 1)]$ буде дорівнює:

$$\omega(i) = \Omega(i + 1) - \Omega(i). \quad (8.8)$$

Розмір списання в x - тому році:

$$A_i^S = A_i^R \cdot \omega(i), \quad (8.9)$$

де A_i^R - кількість автомобілів у парку в i - тому році.

Період повного відновлення парку визначається як сума розмірів списань

$$T_{\omega} = \sum_{i=1}^m A_i^S. \quad (8.10)$$

Вікова структура парку є безперервною випадковою величиною.

У якості завдання надаються:

- 1 - завод виготовлювач транспортного засобу;
- 2 - модифікація ТЗ;
- 3 - середній ресурс (термін служби) транспортного засобу до списання \bar{s} ;
- 4 - кількість ТЗ в парку A_i ;
- 5 - початкове значення віку транспортних засобів в парку t_n ;
- 6 - кінцеве значення віку ТЗ в парку t_k ;
- 7 - вікова структура, тобто розподіл парку по вікових групах j у початковий момент $i=1$ $m_1; m_2; \dots; m_N$ ($A_i = m_1 + m_2 + \dots + m_N = n$);
- 8 - коефіцієнт повноти відновлення ресурсу;
- 9 - загальна кількість інтервалів N .

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Статистична обробка експериментальних даних і побудова гістограми експериментальних ймовірностей, дослідження експериментального розподілу показника технічного стану автомобіля, визначення параметрів закону експериментального розподілу, апроксимація експериментальної функції нормальним законом розподілу, перевірка приналежності за критеріями χ^2 - Пірсона та за критерієм Колмогорова наведені в розділі 5.

Вихідні дані до практичної роботи наведено в табл. 8.1 та 8.2.

Таблиця 8.1

Вихідні дані

№	Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Умовні позначення	Числові величини
1	Завод-виготовлювач транспортного засобу	-	-	VOLVO
2	Модифікація ТЗ (сімейство)	-	FE; FH; FL; FM; FMX	
3	Кількість транспортних засобів	од	A	190
4	Початкове значення випадкової величини	років	t_n	5,0
5	Кінцеве значення випадкової величини	років	t_k	40,0
6	Коефіцієнт повноти відновлення ресурсу	-	η	1,00

Таблиця 8.2

Розподіл кількості ТЗ за інтервалами

Частота	Кількість транспортних засобів за інтервалами										Сума
	Номер інтервалу										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9	m_{10}	n
	2	5	19	30	48	40	28	15	2	1	190

Отримані вихідні значення вводяться в аналогічні електронні таблиці до пакету прикладних програм Excel. Після введення останньої величини вихідних даних в електронні таблиці виконуються чисельні та логічні операції за формулами 5.1 - 5.34, 8.1 – 8.10 і видаються у вигляді таблиць 8.3 та 8.4.

Таблиця 8.3

Результати розрахунків параметрів за інтервалами для нормального теоретичного закону розподілу

№	Умовне позначення	Номер інтервалу										Сума
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	α_i	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	-
2	β_i	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	-
3	t_i	2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	-
4	m_N	2	5	19	30	48	40	28	15	2	1	190
5	S_N	0.011	0.026	0.100	0.158	0.253	0.211	0.147	0.079	0.011	0.005	1.0000
6	M_t	0.021	0.158	1.000	2.211	4.547	4.632	3.832	2.368	0.358	0.200	19.326
7	D_t	3.160	4.673	8.698	4.479	0.444	1.505	6.564	8.994	2.266	1.835	42.62
8	q_N	0.0026	0.0066	0.0250	0.0395	0.0632	0.0526	0.0368	0.0197	0.0026	0.0013	-
9	$f(t_i)$	0.0018	0.0076	0.0220	0.0438	0.0599	0.0562	0.0362	0.0161	0.0049	0.0010	-
10	χ^2	0.0004	0.0001	0.0004	0.0004	0.0002	0.0002	0.0000	0.0008	0.0010	0.0001	0.0037
11	k_0	0.0008	0.0010	0.0030	0.0043	0.0033	0.0036	0.0006	0.0037	0.0023	0.0003	0.0043

Гістограма експериментальних щільностей імовірності має електронний та графічний вигляд на рис. 8.2.

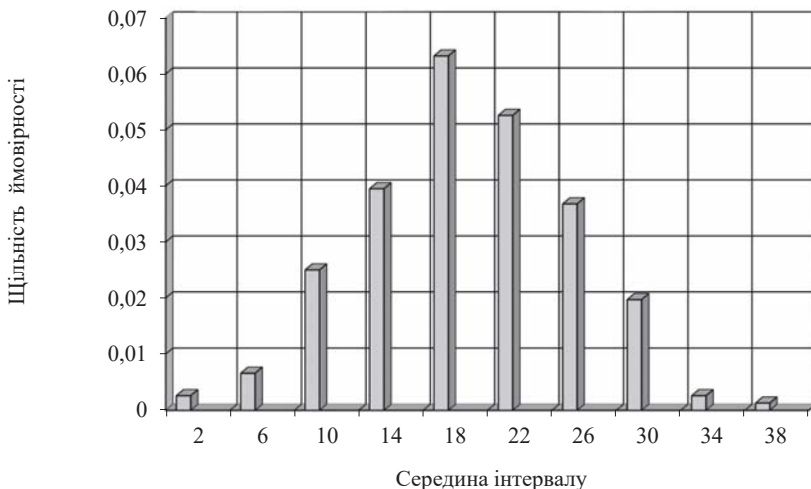


Рис. 8.1. Гістограма експериментальних щільностей

Таблиця 8.4

Результати розрахунку параметрів

№	Найменування параметрів	Одиниця виміру	Умовні позначки	Числові величини
1	2	3	4	5
1	Загальна кількість спостережень	од	N	190
2	Крок інтервалу	тис.км	h_N	4
3	Математичне чекання випадк. величини	тис.км	M_t	19.326
4	Дисперсія випадкової величини		D_t	42.620
5	Середньоквадратичне відхилення	тис.км	σ_t	6.528
6	Коефіцієнт варіації		v_t	0.338
7	Параметр розподілу	тис.км	M_t	19.326
8	Параметр розподілу	тис.км	σ_t	6.528
9	Перевірка приналеж. за крит. χ^2 – Пірсона	-	$P(\chi^2; r) > \alpha$	0.419 > 0,05
	Рівень значимості	-	α	0.05
	Міра розбіжності χ^2	-	χ^2	7.095
	Кількість інтервалів	од	N	10
	Кількість параметрів розподілу	од	S	2
	Кількість ступенів волі	од	R	7
	Імовірність закону Пірсона	-	$P(\chi^2; r)$	0.419

Продовження табл. 8.4

1	2	3	4	5
10	Перевірка приналеж. за крит. Колмогорова	-	$P(\lambda) > \alpha$	$0.838 > 0,05$
	Абсолютне значення різниці	-	k_0	0.004
	Параметр λ	-	λ	0.239
	Імовірність Колмогорова	-	$P(\lambda)$	0.838
11	Коефіцієнт повноти відновлення ресурсу	-	η	1.000
12	Середній наробіток до списання	роки	t_{cp}	19.326
13	Наробіток за період експлуатації	роки	X	1.000
14	Початковий період експлуатації	роки	x_n	0.000
15	Кінцевий період експлуатації	роки	x_k	40.000
16	Прирощення періоду	роки	d_x	4.000
17	Кількість автомобілів	од	A	190

Графіки залежності експериментальної та теоретичної щільностей ймовірностей відображено на рис. 8.2.

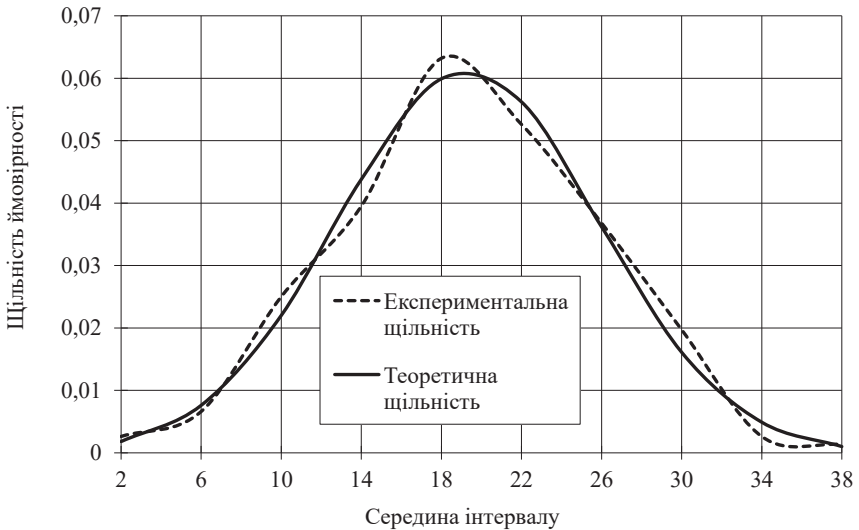


Рис. 8.2. Зміна емпіричної і теоретичної щільності ймовірностей

Результати визначення параметрів за формулами 8.4 - 8.9 наведено в табл. 8.5.

Розрахунок кількості списань транспортних засобів

Роки	Границі інт.		Середина інт. x_i	Перемінні нормованої функції			Значення нормованої функції			Функ. пот. відм. $\Omega(i)$	Параметр пот. відм. $\alpha(i)$	Кільк. списань A_i^s
	Ліва x_1	Права x_2		z_1	z_2	z_3	$\Phi(z_1)$	$\Phi(z_2)$	$\Phi(z_3)$			
-	рок	рок	рок	-	-	-	-	-	-	-	відм	од
1	0	4	2	-2.65	-3.97	-4.95	0.004	0.000	0.0000	0.004	0.017	3.2
2	4	8	6	-2.04	-3.54	-4.60	0.021	0.000	0.0000	0.021	0.057	10.8
3	8	12	10	-1.43	-3.10	-4.24	0.077	0.001	0.0000	0.078	0.134	25.4
4	12	16	14	-0.82	-2.67	-3.89	0.207	0.004	0.0001	0.211	0.221	42.0
5	16	20	18	-0.20	-2.24	-3.54	0.420	0.013	0.0002	0.432	0.263	50.0
6	20	24	22	0.41	-1.80	-3.18	0.659	0.036	0.0007	0.695	0.239	45.4
7	24	28	26	1.02	-1.37	-2.83	0.847	0.085	0.0023	0.934	0.196	37.2
8	28	32	30	1.63	-0.94	-2.47	0.949	0.174	0.0067	1.130	0.182	34.6
9	32	36	34	2.25	-0.50	-2.12	0.988	0.307	0.0170	1.312	0.197	37.3
10	36	40	38	2.86	-0.07	-1.77	0.998	0.472	0.0386	1.508	0.212	40.2

Графічна інтерпретація залежності кількості списань транспортних засобів від напрацювання відображена на рис. 8.3.

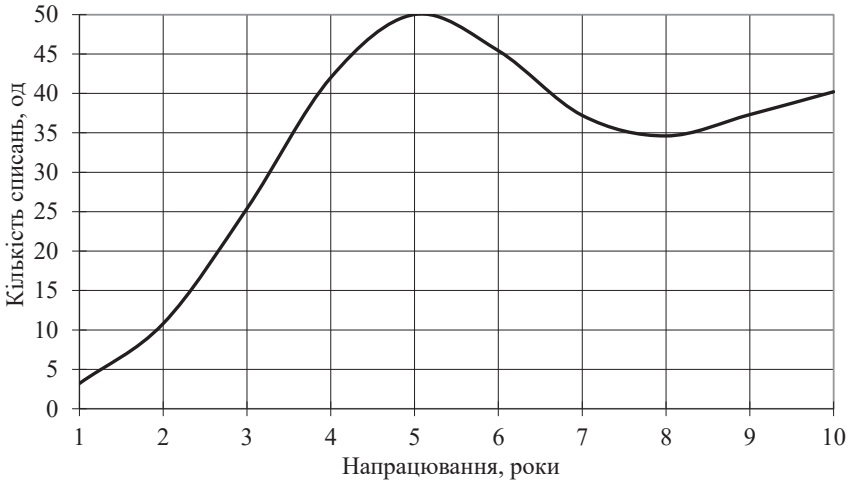


Рис. 8.3. Залежність кількості списань ТЗ від напрацювання

ВИСНОВКИ

1. Виконано статистичну обробку експериментальних даних і розрахунок параметрів емпіричного закону розподілу.

2. За формою кривої емпіричного закону розподілу запропонована гіпотеза про вибір нормального розподілу з параметрами $M_t=19.326$; $D_t=42.620$.

3. Виконано перевірку приналежності експериментальних даних до нормального закону розподілу за критеріями:

- χ^2 - Пірсона – умова виконується $P(\chi^2; r) > \alpha$ (0.419 > 0,05)

- Колмогорова – умова виконується $P(\lambda) > \alpha$ (0.838 > 0,05)

4. Отримано залежність кількості списань автомобілів від наробітку

5. Період повного відновлення парку $T_{\overline{\sigma}} = 7$ років

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яким чином керування віковою структурою, забезпечує одержання в необхідний момент часу заданих показників якості автомобільного парку.

2. Які фактори обумовлюються віком транспортних засобів.

3. Яка специфіка застосування методів теорії відновлення при визначенні розмірів постачань автомобілів протягом заданого періоду експлуатації.

4. У чому полягає вплив нормованої функції для випадкової величини, провідної функції та параметру потоку відмов на кількість списань та відновлення парку.

5. Яким чином визнається період повного відновлення парку.

УПРАВЛІННЯ ПОКАЗНИКАМИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН ЗА КІЛЬКІСТЮ КАПІТАЛЬНИХ РЕМОНТІВ

Мета роботи:

- 1 – охопити явища, що призводять до накопичення критичного набору пошкоджень МТП;
- 2 – навести фактори, що обумовлюють доцільність ремонту МТП у сучасних умовах;
- 3 – оволодіти методикою визначення випадкової кількості капітальних ремонтів агрегатів;
- 4 - дослідити вплив нормованої функції для випадкової величини, раціональна алгебраїчна функція Лапласа на річну кількість капітальних ремонтів агрегатів парку;
- 5 - визначити кількість капітальних ремонтів агрегатів транспортних засобів протягом вказаного періоду експлуатації.

Зміст роботи:

- 1 - пошук явищ, що призводять до накопичення критичного набору пошкоджень МТП;
- 2 - наведення факторів, що обумовлюють доцільність ремонту МТП у сучасних умовах;
- 3 – застосування методики визначення випадкової кількості капітальних ремонтів агрегатів;
- 4 - дослідження впливу нормованої функції для випадкової величини та раціональна алгебраїчна функція Лапласа на річну кількість капітальних ремонтів агрегатів парку;
- 5 - визначення кількості капітальних ремонтів агрегатів транспортних засобів протягом вказаного періоду експлуатації.

9.1 ФАКТОРИ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

Накопичення критичного набору пошкоджень машин проявляються у вигляді деформацій, механічних руйнувань, тертя, випадіння поверхонь, старіння, стійкості матеріалу та корозії деталей. Для усунення цих явищ призначено проведення великого за трудомісткістю впливу – капітального ремонту, який полягає у розбиранні агрегатів машин, у тому числі базових, та їх відновлення всіма відомими методами.

Доцільність ремонту машин у сучасних умовах обумовлена рядом обставин:

- 1 - обмежені державні запаси палива та матеріалів у не можуть забезпечити достатнє відтворення парку машин силами машинобудування і, поряд з його

збереженням, вимагають розвитку ремонтного виробництва, яке зберігає багато живої та неживої праці.

2 - різні деталі та вузли машин мають неоднорідний ресурс. Машина, спроектована у вигляді пристрою з рівноресурсними елементами, не може реалізувати властивість в різних умовах експлуатації. Нерівноміцність - властивість машини, що полягає в різномірності виходу зі строю її складових частин. Потреба в ремонті виникає в різні моменти експлуатації. Капітальний ремонт забезпечує нормативну безвідмовність машин протягом встановленого терміну їх служби.

3 - ремонт дозволяє використовувати збережену споживачу вартість у вигляді залишкової довговічності. Дострокове заміщення машин приводить до втрати недоамортизованої вартості машини.

4 - ремонт, проведений спільно з модернізацією, дозволяє значно зблизити терміни фізичного та морального зносу машин, підвищити їх технічний рівень або пристосувати до нових потреб виробництва. Ремонт знижує інтенсивність морального зносу.

5 - має економічну доцільність ремонту. Розгляд багатьох деталей ремонтного фонду показує, що близько чверті деталей зношені в допустимих межах і можуть бути використані повторно. Коло половини деталей можуть бути використані після відновлення при його собівартості 15 .. 30% від ціни нових деталей. Відновлення деталей зберігає велику кількість матеріалів, енергії та праці.

Післяремонтне напрацювання техніки в 1,5 ... 2,5 рази менше напрацювання нових виробів. На частку усунення відмов припадає до 60% загальних витрат на підтримання машин у працездатному стані, а напрацювання на складний відмову в середньому на 30% нижче нормативних значень.

Капітальний ремонт дозволяє відновлювати і повторно використовувати значну кількість деталей і тим самим економію грошових коштів та матеріалів. Собівартість капітального ремонту з використанням існуючих методів не перевищує 60% собівартості виробництва нових транспортних засобів, а витрата матеріалів при капітальному ремонту в 10 ... 15 разів менше, ніж при виготовленні, так як у якості «заготівлі» використовується сама деталь.

Капітальний ремонт машин є одним з видів реновації техніки. Він дозволяє економію металу, зменшити його виплавку, здобич руди, її транспортування, застосування енергії. Сучасні енергетика, металургія, промисловість наносять значної шкоди екології, природі, здоров'ю людини. Тепер практично реалізовані інноваційні RVR-технології (RiVerTech), технології промислового клінінгу (очищення) та реновації (відновлення) інфраструктурних об'єктів та інженерних систем.

Для оптимізації проектних рішень і технологічних процесів діючих підприємств в першу чергу повинна знайти застосування науково-обґрунтована методика визначення потреби в технічних обслуговуваннях і ремонтах рухомого складу. Це пояснюється тим, що розрахунки за існуючою детермінованою методикою часто призводять до помилок в 3-4 і більше разів.

Спотворення фізичної сутності розглянутих явищ при детермінованих методах розрахунків полягає в тому, що фактичні вихідні величини схильні до значного розсіювання, а в розрахунках приймаємо їх постійними. Зазначених помилок можна уникнути, якщо застосовувати розрахунки, при яких в якості вихідних даних ухвалюються не детерміновані, а випадкові величини і закони їх розподілу.

Для визначення потреби в капітальних ремонтах автомобілів, недостатньо брати до уваги лише їх кількість, річний пробіг в середньому на один автомобіль і середнє значення міжремонтного періоду, необхідно також враховувати закон розподілу, тобто враховувати імовірну сутність процесу.

Розподіл автомобілів за пробігом з початку експлуатації в кожному підприємстві може істотно відрізнитися від розподілу для інших парків і часто не підпорядковується ні будь-якому з відомих законів розподілу. Тому розподіл автомобілів в парку по пробігу з початку експлуатації прийнято задавати статистичним рядом.

9.2 ВИЗНАЧЕННЯ ВИПАДКОВОЇ КІЛЬКОСТІ КАПІТАЛЬНИХ РЕМОНТІВ АГРЕГАТІВ

Для оптимізації проектних рішень та технологічних процесів діючих підприємств автомобілів в першу чергу необхідно знайти науково обґрунтовану методику визначення потреб в капітальних ремонтах машин. Це пояснюється тим, що розрахунки за існуючою детермінованою методикою часто приводять до помилки в 3-4 і більше разів.

Порушення фізичної сутності розглянутих явищ при детермінантних методах розрахунків полягає в тому, що фактичні вихідні величини піддаються значному розсіюванню, а в розрахунках приймати їх постійними. Вказаних помилок можна уникнути, якщо використовувати розрахунки, при яких в якості вихідних даних приймаються не детерміновані, а випадкові величини і закони їх розподілу.

Дослідженнями встановлено, що детермінована методика розрахунку та не завжди дає невдалого результату, але її можна застосовувати лише в разі нормального розподілу МТП за напрацюванням з початку експлуатації.

Річна потреба в капітальних ремонтах агрегатів тракторів визначається за формулою:

$$N_{кр}(\bar{m}) = \sum_{j=1}^b z_j H_{крj}(\bar{m}), \quad (9.1)$$

де z_j - кількість агрегатів в j -м розряді розподілу вікового складу парку МТП;

$H_{крj}(\bar{m})$ - функція відновлення:

$$H_{крj}(\bar{m}) = \sum_{l=1}^{l_0} F_{nj}(\bar{m}), \quad (9.2)$$

де l - кількість стан системи; $l=1; 2 \dots l_0$;

$F_{nj}(\bar{m})$ - раціональна алгебраїчна функція Лапласа:

$$F_{nj}(\bar{m}) = \frac{\Phi(p_j) - \Phi(q_j)}{1 - \Phi(q_j)}, \quad (9.3)$$

$\Phi(p_j)$ - нормована функція для випадкової величини визначається з пакету прикладних функцій Excel.

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (9.4)$$

p_j ; q_j - змінні нормованої функції:

$$p_j = \frac{m_j + k_j \cdot \bar{m} - u \cdot t_{кр}}{\sqrt{(v_{кр} \cdot \bar{m} \cdot k_j)^2 + (u \cdot \sigma_{кр})^2}} \quad (9.5)$$

$$q_j = \frac{m_j - u \cdot t_{кр}}{u \cdot \sigma_{кр}} \quad (9.6)$$

m_j - середній вік МТП j -м розряді розподілу вікового складу парку, $j = 1; 2; \dots$

b;

k_j - коефіцієнт зв'язку ($k_j = 0,6 \dots 1,25$);

\bar{m} - середній термін служби агрегатів автомобіля за розглянутий період експлуатації;

u - коефіцієнт відновлення;

$t_{кр}$ - середній термін служби агрегатів автомобіля до капітального ремонту;

$\sigma_{кр}$ - середньоквадратичне відхилення розподілу середнього терміну служби агрегатів автомобіля до капітального ремонту;

$v_{кр}$ - коефіцієнт варіації розподілу автотранспортних засобів у парку за віком:

$$v_{кр} = \frac{\sigma_{кр}}{M_{кр}} \quad (9.7)$$

$M_{кр}$ - математичне сподівання середнього терміну служби агрегатів автомобіля до капітального ремонту.

У якості завдання надаються

1 – початкове значення випадкової величини t_n ;

2 – кінцеве значення випадкової величини t_K ;

3 – загальна кількість інтервалів N ;

4 – результати спостережень над випадковою величиною, представленою у вигляді експериментальних частот m_1 ; m_2 ;..... m_N ;

5 – загальна кількість іспитів $n = m_1 + m_2 + \dots + m_N$;

6 - завод виготовлювач МТП;

7 - модифікація МТП;

- 8 - нормативне напрацювання до капітального ремонту L кр, тис. км;
- 9 - коефіцієнт зв'язку K_j ;
- 10 - середньорічне напрацювання m , тис. км;
- 11 - коефіцієнт відновлення u ;
- 12 - кількість інтервалів N ;
- 13 - рівень значимості α .

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Статистична обробка експериментальних даних і побудова гістограми експериментальних ймовірностей, дослідження експериментального розподілу показника технічного стану автомобіля, визначення параметрів закону експериментального розподілу, апроксимація експериментальної функції нормальним законом розподілу, перевірка приналежності за критеріями χ^2 - Пірсона та за критерієм Колмогорова наведені в розділі 5.

Вихідні дані до практичної роботи наведено в табл. 9.1 та 9.2.

Таблиця 9.1

Вихідні дані

№	Найменування параметрів	Одиниця вимірювання	Умовні позначення	Числові величини
1	2	3	4	5
1	Завод виготовлювач автомобілів	-	-	Volvo
2	Модифікація автомобілів (сімейств)	-	FL, FH, FX	
3	Нормативне напрацювання до капітального ремонту	тыс.км	$L_{кр}$	300,00
4	Коефіцієнт зв'язку	-	k_j	1,00
5	Середньорічне напрацювання	тыс.км	m	50,00
6	Коефіцієнт відновлення	-	u	1,00
7	Кількість інтервалів	-	N	10
8	Рівень значимості	-	α	0,05

Таблиця 9.2

Розподіл експериментальних частот за інтервалами

Частота	Кількість спостережень за інтервалами										Сума
	Номер інтервалу										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	2	13	30	90	150	130	70	20	10	2	

Отримані вихідні значення вводяться в аналогічні електронні таблиці до пакету прикладних програм Excel. Після введення останньої величини вихідних даних в

електронні таблиці виконуються чисельні та логічні операції за формулами 5.1 - 5.34, 9.1 – 9.7 і видаються у вигляді таблиць 9.3 та 9.4.

Таблиця 9.3

Статистичний ряд безперервних випадкових величин для нормального теоретичного закону розподілу

№ інтервалу N	Границі інтервалів		Середні інтервалів t_i	Експериментальні частоти попадання випадкової величини в розряди m_i	Експериментальні імовірності попадання випадкової величини в розряди s_i	Щільності Імовірності		Квадрати відхилень $[q_i - f(t_i)]^2$
	ліва t_i	права t_{i+1}				експериментальна q_i	теоретична $f(t_i)$	
1	2	36	18	2	0,0039	0,0001	0,0001	0,0000
2	36	72	54	13	0,0251	0,0007	0,0005	0,0001
3	72	108	90	30	0,0580	0,0016	0,0021	0,0001
4	108	144	126	90	0,1741	0,0048	0,0049	0,0000
5	144	180	162	150	0,2901	0,0081	0,0074	0,0001
6	180	216	198	130	0,2515	0,0070	0,0069	0,0000
7	216	252	234	70	0,1354	0,0038	0,0040	0,0000
8	252	288	270	20	0,0387	0,0011	0,0015	0,0001
9	288	324	306	10	0,0193	0,0005	0,0003	0,0001
10	324	360	342	2	0,0039	0,0001	0,0000	0,0001
Сума	-	-	-	517	1,0000	0,0278	0,0278	0,0005

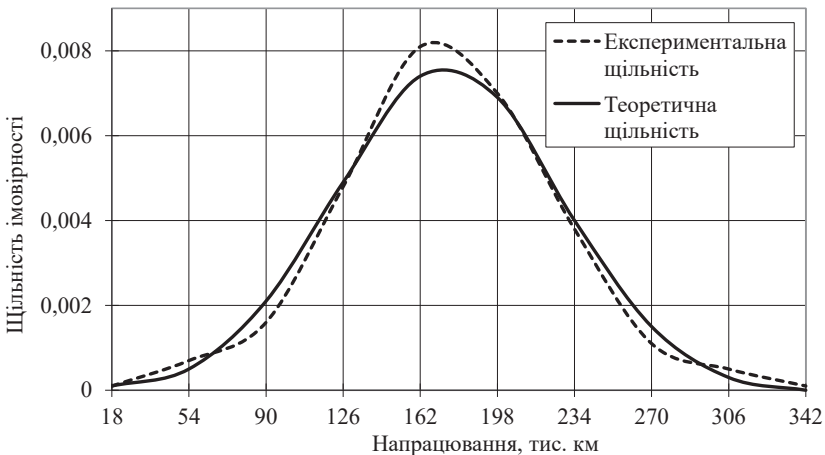


Рис. 9.1. Зміна експериментальної та теоретичної щільності ймовірностей

Таблиця 9.4

Результати розрахунку параметрів

№	Найменування параметрів	Умовні Позначення	Числові величини
1	2	3	4
1	Загальна кількість спостережень	N	517
2	Крок (довжина) інтервалу	h_N	36,000
3	Математичне очікування випадкової величини	M_t	174,743
4	Дисперсія випадкової величини	D_t	2742,969
5	Середньоквадратичне відхилення	σ_t	52,373
6	Коефіцієнт варіації	v_t	0,300
7	Параметр розподілу	M_t	174,743
8	Параметр розподілу	σ_t	52,373
9	Перевірка приналежності за критерієм χ^2 – Пірсона	$P(\chi^2; r) > \alpha$	0,902 > 0,05
	Міра розбіжності χ^2	χ^2	2,805
	Кількість інтервалів	K	10
	Кількість параметрів розподілу	S	2
	Число ступенів свободи	R	7
	Імовірність закону Пірсона	$P(\chi^2; r)$	0,90245
10	Коефіцієнт зв'язку	k_j	1,000
11	Середнє напрацювання до капітального ремонту	L	174,743
12	Середньорічне напрацювання	m	50,000
13	Коефіцієнт відновлення	u	1,000

Таблиця 9.5

Розрахунок кількості капітальних ремонтів агрегатів

№ інтервалу	Границі інтервалів		Середини інтервалів t_j , тыс.км	Величини змінних		Значення нормованої функції		Функція Лапласа F_{nj}	Розподіл машин Z_j , ед	Кількість капітальних ремонтів N_{kpi} , ед
	лева t 1, тыс.км	права t 2, тыс.км		p_j	q_j	$\Phi(p_j)$	$\Phi(q_j)$			
	2	3								
1	0	36	18	-1,959	-2,993	0,0250	0,0014	0,024	2	0,047
2	36	72	54	-1,299	-2,305	0,0970	0,0106	0,087	13	1,136
3	72	108	90	-0,638	-1,618	0,2618	0,0528	0,221	30	6,619
4	108	144	126	0,023	-0,931	0,5092	0,1760	0,404	90	36,393
5	144	180	162	0,684	-0,243	0,7530	0,4039	0,586	150	87,845
6	180	216	198	1,345	0,444	0,9107	0,6715	0,728	130	94,641
7	216	252	234	2,006	1,131	0,9776	0,8711	0,826	70	57,813
8	252	288	270	2,666	1,819	0,9962	0,9655	0,889	20	17,776
9	288	324	306	3,327	2,506	0,9996	0,9939	0,928	10	9,282
10	324	360	342	3,988	3,194	1,0000	0,9993	0,953	2	1,905
Сума	-	-	-	-	-	-	-	-	517	313,459

«Теорія технічної експлуатації машин»

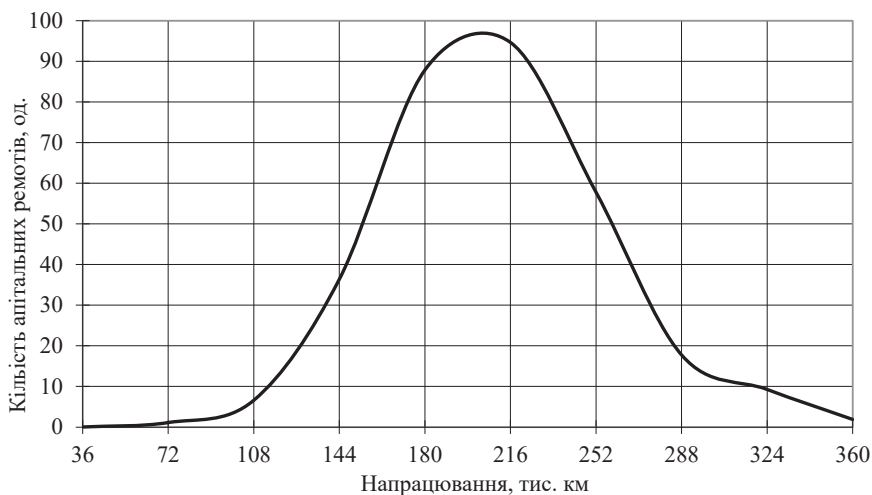


Рис. 9.2. Залежність кількості капітальних ремонтів агрегатів автомобілів в залежності від напрацювання

ВИСНОВКИ

1. Виконані статистична обробка експериментальних даних та розрахунок параметрів експериментального закону розподілу.

2. За формою кривої експериментального закону розподілу запропонована гіпотеза про вибір нормального розподілу с параметрами $M(T)=174,743$ тис.км; $\sigma(T)=52,373$ тис.км.

3. Виконана перевірка приналежності експериментальних даних до нормального закону розподілу за критерієм:

- χ^2 - Пірсона – умова виконується $P(\chi^2; r) > \alpha$ ($0,90245 > 0,05$)

4. Отримана залежність кількості капітальних ремонтів від напрацювання.

5. Кількість капітальних ремонтів агрегатів автомобілів протягом вказаного періоду експлуатації $\Sigma n_{крj}=313$ при загальній кількості автомобілів - $\Sigma z_j=517$.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які явища призводять до накопичення критичного набору пошкоджень машин.

2. Які фактори обумовлюють доцільність ремонту МТП у сучасних умовах.

3. Яка специфіка застосування методики визначення випадкової кількості капітальних ремонтів агрегатів.

4. У чому полягає вплив нормованої функції для випадкової величини та раціональна алгебраїчна функція Лапласа на річну кількість капітальних ремонтів агрегатів парку.

5. Яким чином визначається кількість капітальних ремонтів агрегатів транспортних засобів протягом вказаного періоду експлуатації.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОДУКТИВНОСТІ МАШИН ВІД ОСНАЩЕННЯ ПЕРЕСУВНОГО ПУНКТУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Мета роботи:

- 1 – овоїти методику обробки експериментальних даних;
- 2 – одержати навички в застосуванні кореляційно – регресійного аналізу для визначення тісноти зв'язку між перемінними;
- 3 – одержати навички в побудові однофакторної математичної моделі;
- 4 – одержати навички в перевірках відтворюваності та адекватності математичної моделі.

Зміст роботи:

- 1 – обробка результатів експериментальних даних вимірювання залежності продуктивності МТП від оснащення пересувного пункту ТО;
- 2 – побудова графіку експериментальної регресійної залежності;
- 3 – обчислення кореляційного моменту зв'язку і коефіцієнту кореляції між факторіальною і результативною ознаками;
- 4 – перевірка відтворюваності і однорідності зв'язку між ознаками;
- 5 – вирівнювання експериментальної кривої однофакторними функціями: лінійної, степеневі; показові, логарифмічної;
- 6 – дискримінація розглянутих математичних моделей;
- 7 – перевірка математичної моделі на адекватність.

10.1. ВИРІВНЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ

При дослідженні різних питань, що зустрічаються при плануванні, організації і роботі МТП, необхідно обробляти експериментальні і статистичні дані, щоб встановити вигляд і визначити параметри аналітичних залежностей.

Отримавши аналітичні залежності, можна узагальнити висновки щодо досліджуваних явищ, прискорює і покращує якість дослідження, дозволяє розробити рекомендації щодо вдосконалення роботи МТП. Крім того, розвиток і подальше підвищення його ефективності вимагають, щоб галузі будували довгострокову і технічну політику на досить обгрунтованих даних на перспективу.

Одним з можливих шляхів отримання результатів прогнозування є математична обробка даних за поточний період з використанням аналітичних залежностей, які в подальшому будуть використовуватися при отриманні даних на перспективу.

Найбільш поширені залежності, які використовуються для вирівнювання експериментальних даних розбиті на чотири групи.

Перша група:

$$y = ax^2 + bx + c \quad (10.1)$$

$$y = \frac{1}{ax^2 + bx + c} \quad (10.2)$$

$$y = \frac{x}{ax^2 + bx + c} \quad (10.3)$$

$$y = a + \frac{b}{x} + \frac{c}{x^2} \quad (10.4)$$

Друга група:

$$y = ae^{bx + cx^2} \quad (10.5)$$

$$y = ae^{bx} \quad (10.6)$$

Третя група:

$$y = ax^b e^{cx} \quad (10.7)$$

Четверта група:

$$y = a + bx + cd^x \quad (10.8)$$

П'ята група:

$$y = a + bx \quad (10.9)$$

$$y = ab^x \quad (10.10)$$

$$y = ax^b \quad (10.11)$$

$$y = a + b \ln x \quad (10.12)$$

Параметри a , b , c визначаються лінійної алгебри із експериментальних даних з використанням додаткових перетворень.

Перелічені вище аналітичні залежності виступають функціями регресії, що характеризують кількісний метод визначення тисноти і напрямку взаємозв'язку між обраними змінними величинами.

10.2. ВИКОРИСТАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ВІДТВОРЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ОЗНАКАМИ

Існуючі зв'язки між явищами досить багатообразні. Предметом математичної статистики є тільки такі, що мають кількісний характер та вивчаються за допомогою кількісних методів. Метод кореляційно-регресійного аналізу використовується при встановленні взаємозв'язків між явищами.

Даний метод складається з двох частин: кореляційний аналіз та регресійний аналіз. Кореляційний аналіз являє собою кількісний метод визначення тісноти і напрямку взаємозв'язку між обраними змінними величинами. Регресійний аналіз це кількісний метод визначення виду математичної функції в причиннослідковій залежності між змінними величинами.

Кількісним параметром залежності між змінними величинами є коефіцієнт кореляції. Величина коефіцієнта кореляції може змінюватися від $-1,0$ до $+1,0$. Знак коефіцієнта вказує напрямок зміни залежної перемінної при росту величини незалежної перемінної.

Абсолютна величина коефіцієнта кореляції характеризує ступеня залежності перемінних (за вченням Чеддоком):

- функціональний зв'язок ($r=1,0$);
- відносно високу ($r=0,7-0,9$);
- помітну ($r=0,5-0,7$);
- помірну ($r=0,3-0,5$);
- слабку ($r=0,1-0,3$);
- відсутність зв'язку ($r=0$).

Лінійна кореляція характеризує лінійний взаємозв'язок в варіаціях змінних. Вона може бути парною (дві корелюючі змінні) або множинною (більш двох змінних); прямою або зворотною тобто позитивною або негативною, коли змінні змінюються відповідно в однакових або різних напрямках.

Якщо змінні величини являють собою кількісні та рівноцінні у своїх незалежних спостереженнях, то важними емпіричними мірами тісноти їх лінійного взаємозв'язку є коефіцієнт прямої кореляції (Фехнер) та коефіцієнти парної, чистої (частинної) і множинної (сукупної) кореляції (Пірсон).

Кореляційно-регресійний аналіз є найбільш поширеним математичним методом, що використовується при аналізі господарчої діяльності підприємств. Використання цього методу вимагає застосування програм рішення задач на ЕОМ, оскільки кореляційно-регресійний аналіз вимагає великої кількості трудомістких розрахунків і великої підготувальної роботи.

10.3. ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Обробка результатів експериментальних даних виконується за допомогою матриці експерименту (табл. 10.1). Факторіальною ознакою є кількість оснащення пересувного пункту технічного обслуговування (x), результативною ознакою – продуктивність МТП (y).

Таблиця 10.1

Матриця експерименту (загальний вид)

Найменування параметрів	Умовні позначки	Рівні	Факторіальна ознака x_i				Кількість спостережень m_{y_j}
			x_1	x_2	x_3	x_4	
			1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	7	8
Результативна ознака y_j	y_1	1	y_{11}	y_{21}	y_{31}	y_{41}	m_{y_1}
	y_2	2	y_{12}	y_{22}	y_{32}	y_{42}	m_{y_2}
	y_3	3	y_{13}	y_{23}	y_{33}	y_{43}	m_{y_3}
	y_4	4	y_{14}	y_{24}	y_{34}	y_{44}	m_{y_4}
	y_5	5	y_{15}	y_{25}	y_{35}	y_{45}	m_{y_5}
	y_6	6	y_{16}	y_{26}	y_{36}	y_{46}	m_{y_6}
	y_7	7	y_{17}	y_{27}	y_{37}	y_{47}	m_{y_7}
	y_8	8	y_{18}	y_{28}	y_{38}	y_{48}	m_{y_8}
	y_9	9	y_{19}	y_{29}	y_{39}	y_{49}	m_{y_9}
Повторюваність аргументу	m_{x_i}		m_{x1}	m_{x2}	m_{x3}	m_{x4}	m_{x_y}
Дисперсія досліджуваного показника	$D_{[y]i}$		$D_{[y]1}$	$D_{[y]2}$	$D_{[y]3}$	$D_{[y]4}$	$D_{[y]}$
Значення емпіричної функції	\bar{y}_i		\bar{y}_1	\bar{y}_2	\bar{y}_3	\bar{y}_4	\bar{y}
Значення апроксимуючих функцій							
- прямолінійної	$U_{np.i}$		$U_{np.1}$	$U_{np.2}$	$U_{np.3}$	$U_{np.4}$	\bar{y}_{np}
- степеневі	$U_{ст.i}$		$U_{ст.1}$	$U_{ст.2}$	$U_{ст.3}$	$U_{ст.4}$	$\bar{y}_{ст}$
- показові	$U_{пок.i}$		$U_{пок.1}$	$U_{пок.2}$	$U_{пок.3}$	$U_{пок.4}$	$\bar{y}_{пок}$
- логарифмічної	$U_{лог.i}$		$U_{лог.1}$	$U_{лог.2}$	$U_{лог.3}$	$U_{лог.4}$	$\bar{y}_{лог}$

Середнє арифметичне значення результативної ознаки обчислюється за формулою:

$$\bar{y}_i = \frac{\sum y_i \cdot m_{y_j}}{m_{x_i}}, \quad (10.13)$$

де y_i - поточні значення результативної ознаки;

m_{y_j} - повторюваність результативної ознаки, $j = 1; 2; \dots; q$;

q - кількість рівнів результативної ознаки;

m_{x_i} - повторюваність факторіальної ознаки, $i = 1; 2; \dots; n$.

n - кількість рівнів факторіальної ознаки.

Дисперсія досліджуваного показника при постійному значенні аргументу:

$$D[y]_i = \frac{\sum (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 m_{yj}}{m_{xi} - 1}, \quad (10.14)$$

де y_{ij} - окремі значення результативної ознаки, що відповідають визначеному значенню факторіальної ознаки.

Результати обчислень заносяться в таблицю 1.1.

10.4. ПЕРЕВІРКА ВІДТВОРЮВАНOSTІ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Перевірка відтворюваності експерименту здійснюється за допомогою критерію Кохрена за умовою:

$$G_{KO} < G_{KT}, \quad (10.15)$$

де G_{KO} ; G_{KT} - значення критерію Кохрена, відповідно, експериментальне і табличне.

Експериментальне значення критерію Кохрена визначається за формулою:

$$G_{KO} = \frac{D[y]_{i \max}}{\sum_1^n D[y]_i}, \quad (10.16)$$

де $D[y]_{i \max}$ - максимальне значення з раніше визначених дисперсій ($D[y]_i$) результативної ознаки при постійному значенні факторіальної ознаки.

Табличне значення критерію Кохрена вибирається для наступних параметрів:

- рівня значимості $\alpha = 0,5$;
- числа ступенів волі, $\kappa = r - 1$;
- число рівнобійних дослідів факторіальної ознаки r ;
- кількості рівнів факторіальної ознаки n .

Якщо виконується умова (10.3), то це свідчить про гарну відтворюваність експерименту.

10.5. ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ РЕЗУЛЬТАТИВНИМ І ФАКТОРІАЛЬНИМ ОЗНАКАМИ

Задачею кореляційного аналізу є визначення тісноти зв'язку між результативною і факторіальною ознаками.

Математичне чекання факторіальної ознаки:

$$M^*[x] = \sum_1^n x_i \frac{m_{xi}}{N}, \quad (10.17)$$

де N - загальне число іспитів.

Математичне чекання результативної ознаки:

$$M^*[y] = \sum_1^q y_j \frac{m_{yj}}{N}. \quad (10.18)$$

Статистична дисперсія факторіальної ознаки:

$$D^*[x] = \sum_1^n x_i^2 \frac{m_{xi}}{N} - \left(M^*[x] \right)^2. \quad (10.19)$$

Статистична дисперсія результативної ознаки:

$$D^*[y] = \sum_1^q y_j^2 \frac{m_{yj}}{N} - \left(M^*[y] \right)^2. \quad (10.20)$$

Середньоквадратичне відхилення факторіальної ознаки:

$$\sigma^*[x] = \sqrt{D^*[x]}. \quad (10.21)$$

Середньоквадратичне відхилення результативної ознаки:

$$\sigma^*[y] = \sqrt{D^*[y]}. \quad (10.22)$$

Кореляційний момент зв'язку (коваріація між факторіальною і результативною ознаками) визначається за формулою:

$$K_{xy}^* = \sum_1^n x_i y_i \frac{m_{ij}}{n} - M^*[x] \cdot M^*[y]. \quad (10.23)$$

Коефіцієнт кореляції визначається:

$$r_{xy}^* = \frac{K_{xy}^*}{\sigma^*[x] \cdot \sigma^*[y]}. \quad (10.24)$$

10.6. АПРОКСИМАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ КРИВОЇ ОДНОФАКТОРНИМИ ФУНКЦІЯМИ

Апроксимація експериментальної кривої виконується наступними однофакторними функціями:

- **прямолінійною:**

$$y = a + b \cdot x, \quad (10.25)$$

- **показовою:**

$$y = a \cdot b^x, \quad (10.26)$$

- **степенною:**

$$y = a \cdot x^b, \quad (10.27)$$

- **логарифмічною:**

$$y = a + b \cdot \ln x, \quad (10.28)$$

де y - змінна функція – залежність продуктивності автомобіля від його швидкості;

x - змінний аргумент (швидкість автомобіля);
 a ; b - коефіцієнти рівнянь, які потрібно встановити.

Значення коефіцієнтів a ; b визначаються методами лінійної алгебри, що зводиться до рішення систем лінійних рівнянь.

Для **прямолінійної залежності**:

$$a = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{1} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{1} - \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{1} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{1}}{n \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{1} - \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{1}\right)^2}, \quad (10.30)$$

$$b = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{1} - \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{1} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{1}}{n \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{1} - \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{1}\right)^2}, \quad (10.31)$$

де $\sum_{i=1}^n y_i$ - сума значень функції для n вимірів (табличні дані);

$\sum_{i=1}^n x_i$ - сума значень аргументів для тієї ж кількості n ;

$\sum_{i=1}^n x_i^2$ - сума квадратів значень аргументів для тієї ж кількості n ;

$\sum_{i=1}^n x_i y_i$ - сума добутку значень аргументу на відповідне значенню функції.

Коефіцієнти **показової функції** можливо знайти шляхом перетворення її в лінійну функцію. Для цього показову функцію логарифмують:

$$\ln y = \ln a + x \cdot \ln b. \quad (10.32)$$

У нових виразах:

$$y' = a' + x \cdot b'. \quad (10.33)$$

Значення коефіцієнтів a' ; b' розраховується використовуючи експериментальні дані:

$$a' = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n x_i'^2}{1} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n y_i'}{1} - \frac{\sum_{i=1}^n x_i'}{1} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i' y_i'}{1}}{n \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i'^2}{1} - \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i'}{1}\right)^2} \quad (10.35)$$

$$b' = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n x_i' y_i'}{1} - \frac{\sum_{i=1}^n x_i'}{1} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n y_i'}{1}}{n \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i'^2}{1} - \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i'}{1}\right)^2} \quad (10.36)$$

Для залишкового запису вираження коефіцієнтів рівнянь необхідно потенціювати вираження (10.9) і (10.10) та знайти модулі цих коефіцієнтів:

$$a = \exp(a') = e^{a'} \quad b = \exp(b') = e^{b'} \quad (10.37)$$

Коефіцієнти **степеневої функції** можливо знайти шляхом перетворення її в лінійну функцію. Для цього степеневу функцію логарифмують:

$$\ln y = \ln a + b \cdot \ln x \quad (10.38)$$

У нових виразах:

$$y' = a' + b \cdot x' \quad (10.39)$$

Значення коефіцієнтів a' ; b' розраховується використовуючи експериментальні дані:

$$a' = \frac{\sum_1^n (x_i')^2 \cdot \sum_1^n y_i' - \sum_1^n x_i' \cdot \sum_1^n y_i'}{n \cdot \sum_1^n (x_i')^2 - \left(\sum_1^n x_i'\right)^2} \quad (10.40)$$

$$b' = \frac{n \cdot \sum_1^n x_i' y_i' - \sum_1^n x_i' \cdot \sum_1^n y_i'}{n \cdot \sum_1^n (x_i')^2 - \left(\sum_1^n x_i'\right)^2} \quad (10.41)$$

Після цього треба потенціювати значення a' та знайти модуль коефіцієнта a також, як робилось у (10.24).

Для **логарифмічної залежності** значення коефіцієнтів a, b розраховується також використовуючи експериментальні дані:

$$a = \frac{\sum_1^n (x_i')^2 \cdot \sum_1^n y_i' - \sum_1^n x_i' \cdot \sum_1^n (x_i') \cdot y_i'}{n \cdot \sum_1^n (x_i')^2 - \left(\sum_1^n x_i'\right)^2} \quad (10.42)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum_1^n x_i' y_i' - \sum_1^n x_i' \cdot \sum_1^n y_i'}{n \cdot \sum_1^n (x_i')^2 - \left(\sum_1^n x_i'\right)^2} \quad (10.43)$$

Результати розрахунків наводяться в таблиці 1.2.

10.7. ДИСКРИМІНАЦІЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Завданням дискримінації математичної моделі є вибір функцією, що вирівнює, з апроксимуючих залежностей (прямолинійна, показова, статечна і логарифмічна).

Дискримінація математичних моделей виробляється за допомогою критерію Фішера за умовою:

$$F_{ДО} < F_{ДТ}, \quad (10.44)$$

де $F_{ДО}$; $F_{ДТ}$ - відповідно експериментальне і табличне значення критерію Фішера.

Експериментальне значення критерію Фішера обчислюється для кожної апроксимуючої залежності за формулою:

$$F_{ДО} = \frac{D[y]_{an.б}}{D[y]_{an.м}}, \quad (10.45)$$

де $D[y]_{an.б}$; $D[y]_{an.м}$ - відповідно велика і менша помилка апроксимації.

Помилка апроксимації обчислюється за формулою:

$$D[y]_{an} = \frac{U}{N - d - 1}, \quad (10.46)$$

де N - повний обсяг вироблення (загальне число іспитів);

d - число значущих коефіцієнтів апроксимуючої функції;

U - значення нев'язання:

$$U = \sum_{j=1}^n (y_{i.an} - y_{i.эм})^2, \quad (10.47)$$

де $y_{i.an}$; $y_{i.эм}$ - значення результативної ознаки відповідно апроксимовані й емпіричні.

Табличне значення критерію Фішера вибирається для наступних параметрів:

- рівень значимості $\alpha=0,05$;

- числа ступенів волі більшої дисперсії $K_1 = N - d - 1$;

- числа ступенів волі меншої дисперсії $K_2 = N - 1$;

Найбільш придатною апроксимуючою залежністю (вирівнюючою) вибирається функція з найменшою помилкою дискримінації ($D[y]_{an.min}$).

Результати обчислень наводяться в табл. 10.2.

10.8. ПЕРЕВІРКА ВІДБРАНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ НА АДЕКВАТНІСТЬ

Перевірка правдоподібності гіпотези про адекватність математичної моделі виробляється за допомогою критерію Фішера:

$$F_{AO} < F_{AT} \quad (10.48)$$

де $F_{AO}; F_{AT}$ - відповідно, експериментальне і табличне значення критерію Фішера.

Експериментальне значення критерію Фішера визначається за формулою:

$$F_{AO} = \frac{r \cdot D[y]_{an}}{D[y]_{\sigma}} \quad (10.49)$$

де r - число рівнобіжних досвідів факторіальної ознаки;

$D[y]_{an}$ - помилка апроксимації;

$D[y]_{\sigma}$ - дисперсія відтворюваності експерименту:

$$D[y]_{\sigma} = \frac{\sum D[y]_i}{m_{xi}} \quad (10.50)$$

Табличне значення критерію Фішера вибирається для наступних параметрів:

- рівня значимості $\alpha = 0,05$;

- кількість ступенів волі $K_1 = N - d - 1$;

- кількість ступенів волі $K_2 = N - 1$;

де N - повний обсяг вироблення (загальне число іспитів);

d - число значущих коефіцієнтів апроксимуючої функції.

Якщо виконується умова (10.48), то гіпотеза про адекватність математичної моделі за допомогою критерію Фішера підтверджується.

У випадку невиконання умов (10.15), (10.44) і (10.48) необхідно проаналізувати експериментальні дані і намітити дії:

1 - визначити окремі іспити, що приводять до помилки, і обґрунтувати їхню коректування;

2 - повторити весь обсяг іспитів.

Результати обчислень наводяться до табл. 10.2.

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Досліджувати залежність продуктивності МТП від оснащення пересувного пункту ТО методом кореляційно - регресійного аналізу при вихідних даних, зазначених у табл. 10.2.

Обробка експериментальних даних, розрахунок параметрів кореляційно - регресійного аналізу, дискримінації математичних моделей, перевірки

«Теорія технічної експлуатації машин»

відтворюваності та адекватності експерименту, апроксимація емпіричної залежності однофакторними математичними моделями здійснюється за допомогою пакета програм Excel.

Таблиця 10.2.

Матриця експерименту (розрахунок)

Найменування параметрів	Умовні позначення	Рівні	Факторіальна ознака x_i				Кількість спостережень m_{y_j}
			x_1	x_2	x_3	x_4	
			Рівні				
		1	2	3	4		
1	2	3	4	5	6	7	8
Результативна ознака y_j	y_1	1	3				3
	y_2	2	2				2
	y_3	3	1	2	2		5
	y_4	4		2	2		4
	y_5	5		2	2		4
	y_6	6		2			2
	y_7	7		2	2	5	9
	y_8	8				7	7
	y_9	9				9	9
Повторюваність аргументу	m_{x_i}		6	10	8	21	45
Дисперсія досліджуваного показника	$D_{y/j}$		0,667	2,222	2,500	0,662	1,513
Середні значення функції	\bar{y}_i		1,667	5,000	4,750	8,190	4,902
Значення апроксимуючих функцій							
Прямолінійної	$Y_{пр.i}$		2,004	3,936	5,868	7,800	4,902
Степеневої	$Y_{ст.i}$		1,828	3,811	5,857	7,946	4,861
Показової	$Y_{пок.i}$		2,089	3,350	5,374	8,620	4,858
Логарифмічної	$Y_{лог.i}$		1,633	4,485	6,153	7,336	4,902

Результати розрахунку параметрів кореляційно – регресійного аналізу, виконані за формулами (10.13) – (10.24), апроксимації емпіричної залежності однофакторними моделями, виконані за формулами (10.25) – (10.43), дискримінації математичних моделей, перевірки відтворюваності й адекватності експерименту, виконані за формулами (10.44) – (10.50), приведені в табл. 10.3.

Таблиця 10.3

Результати розрахунку параметрів кореляційно –регресійного аналізу, дискримінації математичних моделей, перевірки відтворюваності й адекватності

№	Найменування параметрів	Умовні позначення	Числові величини
1	2	3	4
1	Середнє значення результативної ознаки	\bar{y}	4,902
2	Дисперсія відтворюваності експерименту	$D_{y/y}$	1,513

1	2	3	4
3	Перевірка відтворюваності дисперсій	$G_{KO} < G_{KT}$	
	Розрахункова величина Критерію Кохрена	G_{KO}	0,413
	Таблична величина Критерію Кохрена	G_{KT}	0,43
	Кількість рівнів факторіальної ознаки	n	4
	Число рівнобіжних досвідів факторіальної ознаки	r	21
	Число ступенів волі	∂o	20
	Рівень значимості	α	0,05
4	Стат. математичне очікування факторіальної ознаки	$M^*[x]$	2,978
	Стат. математичне чекання результативної ознаки	$M^*[y]$	6,000
6	Статистична дисперсія факторіальної ознаки	$D^*[x]$	1,222
7	Статистична дисперсія результативної ознаки	$D^*[y]$	6,444
8	Середньоквадратичне відхилення факторіальної ознаки	$\sigma^*[x]$	1,105
9	Середньоквадратичне відхилення результативної ознаки	$\sigma^*[y]$	2,539
10	Коваріація між ознаками	K_{xy}^*	2,4
11	Коефіцієнт кореляції	r_{xy}^*	0,86
12	Величина коефіцієнта a апроксимуючих функцій		
	Прямолінійної	a_{np}	0,07
	Степеневої	a_{cm}	1,83
	Показової	$a_{лок}$	1,30
	Логарифмічної	$a_{лог}$	1,63
13	Величина коефіцієнта b апроксимуючих функцій		
	Прямолінійної	b_{np}	1,93
	Степеневої	b_{cm}	1,06
	Показової	$b_{лок}$	1,60
	Логарифмічної	$b_{лог}$	4,11
14	Дискримінація математичних моделей		
	Прямолінійної	$D_{[y]np}$	0,0631
	Степеневої	$D_{[y]cm}$	0,0649
	Показової	$D_{[y]лок}$	0,0827
	Логарифмічної	$D_{[y]лог}$	1,0706
15	Досвідчені значення критерію Фішера для функцій		
	прямолінійної апроксимації	$F_{AO,np}$	0,8754
	степеневі апроксимації	$F_{AO,cm}$	0,9010
	показової апроксимації	$F_{AO,лок}$	1,1481
	логарифмічної апроксимації	$F_{AO,лог}$	0,9797
16	Табличне значення критерію Фішера	F_{AT}	1,5
	Число ступенів волі більшої дисперсії	K_1	42
	Число ступенів волі меншої дисперсії	K_2	44
	Рівень значимості	α	0,05

1	2	3	4
17	Перевірка моделей на адекватність $F_{AO} < F_{AT}$		
	Прямолінійної	$F_{AO} < F_{AT}$	0,88 < 1,5
	Степеневої	$F_{AO} < F_{AT}$	0,90 < 1,5
	Показової	$F_{AO} < F_{AT}$	1,15 < 1,5
	Логарифмічної	$F_{AO} < F_{AT}$	0,98 < 1,5

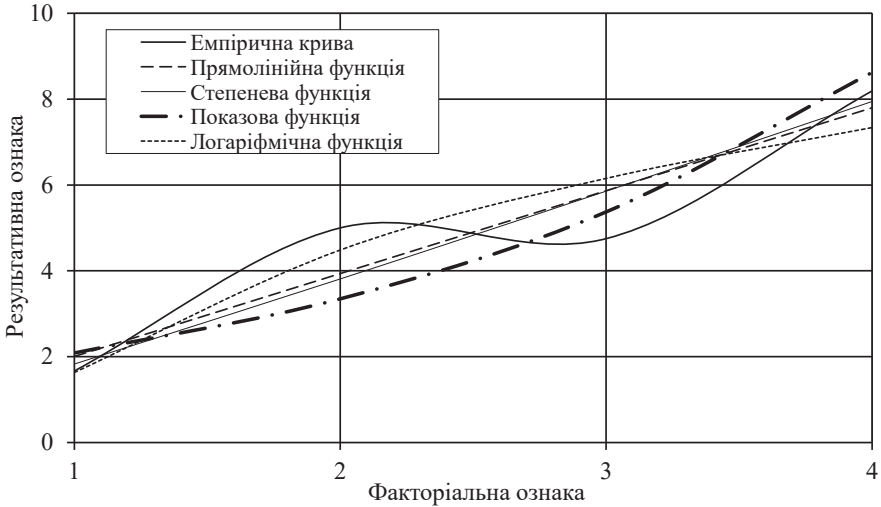


Рис. 10.1. Залежність результативної ознаки від факторіальної ознаки

Отримані залежності результативної ознаки від факторіальної ознаки: емпірична крива, прямулінійна, степенева, показова і логарифмічна апроксимуючі функції приведені на рис. 10.1.

ВИСНОВКИ

1. Досліджено, що вплив рівня оснащення пересувного пункту технічного обслуговування на продуктивність МТП відбувається за найбільш придатною прямулінійною залежністю.

2. Перевірка експерименту на відтворюваність дозволила одержати задовільні результати, оскільки критерій Кохрена відповідає умові: $G_{KO} < G_{KT}$ ($0,413 < 0,43$).

3. Величина коефіцієнта кореляції ($r^*_{xy} = 0,86$) указує на відносно високий ступінь кореляції між факторіальним і результативним ознаками.

4. Прямулінійна модель апроксимації емпіричної залежності є найбільш

придатної, тому що дискримінація $D_{[y]_{np}}$ приймає найменше значення 0,0631.

5. Отримана прямолінійна математична модель є найбільш адекватною експериментальної залежності за критерієм Фішера, оскільки виконується умова $F_{до} < F_{ат}$ ($0,8754 < 1,5$).

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому полягає обробка результатів експериментальних даних вимірювання залежності продуктивності МТП від оснащення пересувного пункту ТО.

2. Яким чином обчислюється кореляційний момент зв'язку і коефіцієнт кореляції між факторіальною і результативною ознаками.

3. У чому полягає порядок перевірки відтворюваності і однорідності зв'язку між ознаками.

4. Який метод використовується для вирівнювання експериментальної кривої однофакторними функціями: лінійної, степеневі; показові, логарифмічної

5. Яка специфіка проведення дискримінація розглянутих математичних моделей.

6. Яким чином здійснюється перевірка математичної моделі на адекватність.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ДИМНІСТЬ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ

Мета роботи:

- 1 - овоїти методику обробки експериментальних даних;
- 2 - отримати навички в застосуванні дисперсійного аналізу для дослідження впливу факторів на функцію відгуку;
- 3 - отримати навички в побудові математичної моделі

Зміст роботи:

- 1 - ознайомлення з факторами, що впливають на димність відпрацьованих газів двигунів МТП;
- 2 - обробка результати залежності димності відпрацьованих газів від різних факторів;
- 3 – проведення дисперсійний аналіз виконати за результатами експерименту;
- 4 - визначення значимість впливу кожного фактору на димність відпрацьованих газів за критерієм Фішера.

11.1. ФАКТОРИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ДИМНІСТЬ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДВИГУНІВ

В даний час в усьому світі ведуться широкі пошуки рішення проблеми охорони навколишнього середовища від шкідливого впливу МТП. У практичній роботі розглядаються дилерські та регіональні системи ТО. На підприємствах МТП прийнята задача зниження димності відпрацьованих газів двигунів МТП, тому його технічна служба встановила основні причини (фактори), від яких залежить зазначена димність в умовах роботи:

- А – умови експлуатації МТП,
- В – напрацювання трактора з початку експлуатації,
- С – ефективність роботи технічної служби.

Необхідно з'ясувати значимість впливу кожного з трьох факторів на димність відпрацьованих газів і провести необхідні заходи для збереження чистоти повітряного басейну міста.

У практичній роботі функцією відгуку є димність відпрацьованих газів. Вона залежить від дії трьох чинників, два з яких є якісні, а один - кількісний (пробіг МТП з початку їх експлуатації).

Розглянемо можливі рівні зміни перерахованих факторів і введемо умовні порядкові шкали факторів.

Перший фактор – умови експлуатації МТП. При роботі МТП спостерігаються чотири режими руху, що наведені в табл. 11.1.

Таблиця 11.1

Умови експлуатації МТП (Фактор А)

Найменування фактору А	Значення рівня за умовною порядковою шкалою			
	1	2	3	4
Режими руху МТП	Холостий хід	Постійна Швидкість	Прискорення при звеличенні швидкості автомобіля (с 0 до 40 км/ч)	Уповільнення в(с 40 до 0 км/ч)

Другий фактор - пробіг МТП з початку експлуатації. Експлуатовані транспортні засоби можна умовно розділити на чотири групи за їх пробігом з початку експлуатації (табл. 11.2).

Таблиця 11.2

Рівні зміни напрацювання тракторів з початку їх експлуатації (фактор В)

Найменування фактору В	Значення рівня за умовною порядковою шкалою			
	I	II	III	IV
Пробіг с початку експлуатації в частках пробігу до першого капітального ремонту	(0-0,5) $L_{кр}$	(0,5-1,0) $L_{кр}$	(1,0-1,5) $L_{кр}$	(1,5-2,0) $L_{кр}$

Третій фактор - ефективність роботи технічної служби. Технічні служби підприємств МТП поділяються на чотири групи (табл. 11.3).

Таблиця 11.3

Рівні зміння ефективності роботи технічної служби (фактор С)

Найменування фактору С	Значення рівня за умовною порядковою шкалою			
	А	В	С	Д
Ефективності роботи технічної служби	Технічна служба немає димомірів	Технічна служба оснащена димомірами низької точності	В технічній службі немає спеціалістів – діагностів	Технічна служба оснащена високоточним обладнанням

11.2. ЗАСТОСУВАННЯ ЛАТИНСЬКОГО КВАДРАТА ДЛЯ ДИСПЕРСІЙНОГО АНАЛІЗУ

Латинський квадрат можна застосувати в якості матриці трьохфакторного експерименту. Рядки і колонки квадрата використовують для позначення рівнів двох факторів, а рівні третього фактору утворюють латинський квадрат. З матриці (плану) експерименту випливає, що для вивчення впливу трьох чинників, що змінюються на трьох рівнях, слід провести тільки дев'ять дослідів.

11.3. ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Наступним етапом є обробка результатів експериментальних даних та оформлення їх у вигляді матриці експерименту (табл.11.4).

Таблиця 11.4

Матриця експерименту (загальний вид)

Найменування параметрів	Умовні позначення	Фактор В				Сума ΣA_i	Середнє \bar{A}_i	Сума квадратів $\sum_{i=1}^4 y_{ijk}^2$	Квадрат суми $(\Sigma A_i)^2$
		B_1	B_2	B_3	B_4				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фактор А	A_1	Y_{11}	Y_{21}	Y_{31}	Y_{41}	ΣA_1	\bar{A}_1	$\sum_{i=1}^4 y_{i1}^2$	$(\Sigma A_1)^2$
	A_2	Y_{12}	Y_{22}	Y_{32}	Y_{42}	ΣA_2	\bar{A}_2	$\sum_{i=1}^4 y_{i2}^2$	$(\Sigma A_2)^2$
	A_3	Y_{13}	Y_{23}	Y_{33}	Y_{43}	ΣA_3	\bar{A}_3	$\sum_{i=1}^4 y_{i3}^2$	$(\Sigma A_3)^2$
	A_4	Y_{14}	Y_{24}	Y_{34}	Y_{44}	ΣA_4	\bar{A}_4	$\sum_{i=1}^4 y_{i4}^2$	$(\Sigma A_4)^2$
Сума	B_j	B_1	B_2	B_3	B_4	$G = \sum_{i=1}^4 A_i = \sum_{j=1}^4 B_j$		$(\Sigma A_i)^2$	
Середнє	\bar{B}_j	\bar{B}_1	\bar{B}_2	\bar{B}_3	\bar{B}_4				
Сума квадратів	$\sum_{j=1}^4 y_{ij}^2$	$\sum_{j=1}^4 y_{1j}^2$	$\sum_{j=1}^4 y_{2j}^2$	$\sum_{j=1}^4 y_{3j}^2$	$\sum_{j=1}^4 y_{4j}^2$	$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 y_{ij}^2$			
Квадрат середнього	B_j^2	B_1^2	B_2^2	B_3^2	B_4^2	$\sum_{j=1}^4 B_j^2$			

11.4. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ЗА СХЕМОЮ ЛАТИНСЬКОГО КВАДРАТА

Після отримання матриць с результатами експерименту виконують їх дисперсійний аналіз. Якщо вивчається вплив трьох джерел дисперсії: строки, колонки і літери, то результати експерименту представляються наступною лінійно моделлю:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ijk} \quad (11.1)$$

де y_{ijk} - значення функції відклику, що одержано в результаті проведення досвіду з i -м, j - м і k - м рівнями;

μ - загальний ефект у всіх досвідах;

α_i - ефект строки;

β_j - ефект колонки;

γ_k - ефект літери;

ε_{ijk} - дисперсія, що викликана похибкою експериментального дослідження.

11.5. СХЕМА ДИСПЕРСІЙНОГО АНАЛІЗУ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Суми значень функції відклику за строками:

$$A_i = Y_{i1} + Y_{i2} + Y_{i3} + Y_{i4} \quad (11.2)$$

Сума значень функції відклику за стовпцями:

$$B_j = Y_{1j} + Y_{2j} + Y_{3j} + Y_{4j} \quad (11.3)$$

Суми значень функції відклику за латинськими буквами (табл. 11.5):

$$C_k = Y_{kj} + Y_{k(j-1)} + Y_{k(j-2)} + Y_{k(j-3)}. \quad (11.4)$$

Таблиця 11.5

Матриця експерименту для фактору С (загальний вид)

Найменування параметрів	Умовні позначення	Значення фактору за умовною порядковою шкалою				Сума квадратів $\Sigma(\Sigma C_k)^2$	Сума ΣC_k	Квадрат суми $(\Sigma C_k)^2$
		A	B	C	D			
Фактор С	C_1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}		ΣC_1	$(\Sigma C_1)^2$
	C_2	Y_{24}	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}		ΣC_2	$(\Sigma C_2)^2$
	C_3	Y_{33}	Y_{34}	Y_{32}	Y_{31}		ΣC_3	$(\Sigma C_3)^2$
	C_4	Y_{42}	Y_{43}	Y_{44}	Y_{41}		ΣC_4	$(\Sigma C_4)^2$
Сума	ΣC_k	ΣC_1	ΣC_2	ΣC_3	ΣC_4			
Середнє	\bar{c}_k	\bar{c}_1	\bar{c}_2	\bar{c}_3	\bar{c}_4			
Квадрат суми	$(\Sigma C_k)^2$	$(\Sigma C_1)^2$	$(\Sigma C_2)^2$	$(\Sigma C_3)^2$	$(\Sigma C_4)^2$	$\Sigma(\Sigma C_k)^2$		

Сума квадратів результатів всіх спостережень:

$$SS_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (y_{ijk})^2 = \sum_{i=1}^n (y_{ijk})^2. \quad (11.5)$$

Сума квадратів результатів за строками, поділена на число елементів в кожній строчці:

$$SS_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i^2. \quad (11.6)$$

Сума квадратів результатів за стовпцями, поділена на число елементів у кожному стовпці:

$$SS_3 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n B_j^2. \quad (11.7)$$

Сума квадратів результатів за латинськими буквами, поділена на число елементів відповідно кожної літери

Коригований член:

$$SS_5 = \frac{G^2}{n^2} = \frac{G^2}{N}, \quad (11.8)$$

де G - загальний результат досвіду;

N - загальне число комірок квадрату (число дослідів).

Сума квадратів для строки:

$$SS_a = SS_2 - SS_5. \quad (11.9)$$

Сума квадратів для стовпця:

$$SS_b = SS_3 - SS_5. \quad (11.10)$$

Сума квадратів для латинської літери:

$$SS_c = SS_4 - SS_5. \quad (11.11)$$

Загальна сума квадратів:

$$SS_{\text{общ}} = SS_1 - SS_5. \quad (11.12)$$

Остаточна сума квадратів:

$$SS_{\text{ост}} = SS_{\text{общ}} - (SS_a + SS_b + SS_c) = SS_1 - \sum_{r=2}^4 SS_r + 2SS_5. \quad (11.13)$$

Результати розрахунків наводяться до таблиці дисперсійного аналізу (табл. 11.6).

Таблиця 11.6

Дисперсійного аналізу латинського квадрата (загальний вид)

Джерело мінливості	Число ступенів свободи	Сума квадратів	Середній квадрат	Математичне очікування середнього квадрата
Стрічка a_i	$n - 1$	$SS_a = SS_2 - SS_5$	$S_a^2 = \frac{SS_a}{n - 1}$	$n\sigma_a^2 + \sigma_\varepsilon^2$
Стовпець β_j	$n - 1$	$SS_b = SS_3 - SS_5$	$S_b^2 = \frac{SS_b}{n - 1}$	$n\sigma_\beta^2 + \sigma_\varepsilon^2$
Латинські літери γ_c	$n - 1$	$SS_c = SS_4 - SS_5$	$S_c^2 = \frac{SS_c}{n - 1}$	$n\sigma_\gamma^2 + \sigma_\varepsilon^2$
Остаток (похибка) ε_{jk}	$(n - 1)(n - 2)$	$SS_{\text{ост}} = SS_{\text{общ}} - (SS_a + SS_b + SS_c)$	$S_{\text{ост}}^2 = \frac{SS_{\text{ост}}}{(n - 1)(n - 2)}$	σ_ε^2
В загалі:	$n^2 - 1$	$SS_{\text{общ}} = SS_1 + SS_5$		

11.6. ВИЗНАЧЕННЯ ЗНАЧИМОСТІ ВПЛИВУ ДОСЛІДЖУВАНИХ ФАКТОРІВ НА ДИМНІСТЬ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДВИГУНІВ МТП

Залежність впливу досліджуваних факторів на димність відпрацьованих газів двигунів МТП визначається за допомогою критерію Фішера за умови:

$$F_P \geq F_T \quad (11.14)$$

де $F_P; F_T$ - відповідно розрахункове та табличне значення критерія Фішера.

Розрахункове значення критерія Фішера визначається за формулою:

$$F_P = \frac{S_i^2}{S_{\text{ош}}^2}, \quad (11.15)$$

де S_i^2 - середній квадрат і – того досліджуваного фактору (табл. 11.6);

$S_{\text{ош}}^2$ - середній квадрат похибки (табл. 11.6).

Табличне значення критерія Фішера обирається для наступних параметрів:

- рівня значимості $\alpha=0,05$;

- числа ступенів свободи середнього квадрата і – того досліджуваного фактору

$f_1=3$;

- числа ступенів свободи середнього квадрата похибки $f_2=6$.

Якщо умова (11.14) виконується, то вплив досліджуваного фактору на результуючу функцію є значимим. В протилежному випадку досліджуваного фактору на результуючу функцію буде незначимим при одержаній похибки експерименту.

11.7. ВИЗНАЧЕННЯ ЗНАЧИМОСТІ ЛІНІЙНИХ ЕФЕКТІВ ДОСЛІДЖУВАНИХ ФАКТОРІВ НА ДИМНІСТЬ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДВИГУНІВ МТП

Значимість лінійних ефектів перевіряється за критерієм Фішера, для чого визначається $F_{\text{расч}}$ – відношення середнього квадрата кожного досліджуваного фактору до середнього квадрата остатку и дорівнюється зі значенням критерію Фішера (F_T), визначеним за числом ступенів свободи для чисельника (n-1) та знаменника (n-1)(n-2).

Якщо $F_{\text{расч.}\beta} > F_T$, то лінійний ефект значим, тобто значимі відмінності в середніх. Для перевірки відмінності середніх значень рівнів значимих факторів проводять аналіз за множинним ранговим критерієм Дункана. Якщо перевірка за критерієм Фішера не дала позитивних результатів, статичний аналіз на цьому закінчується.

Аналіз відмінності середніх значень факторів ($\overline{A_i}, \overline{B_j}, \overline{C_k}$) проводиться за t - критерієм Дункана наступним чином:

а) середні значення розташовуються за зростанням;

б) з таблиці дисперсійного аналізу (табл. 11.6) вибираються значення середнього квадрата помилки ($S_{\text{ош}}^2$) з відповідним числом ступенів свободи;

в) обчислюють нормовану похибку середнього, для чого середній квадрат помилки ділять на (n);

г) з таблиці Дункана значущих рангів (див. прилож.) для прийнятого рівня значущості (наприклад $\alpha = 0,05$), числа ступенів свободи, рівного числу ступенів свободи середнього квадрата помилки $(n-1)$ $(n-2)$ і $P = 2,3, \dots, n$, випишують $(n-1)$ значущих рангів (r_w);

д) обчислюють найменші значущі ранги (H_γ):

$$H_\gamma = r_w \cdot S_{y-\gamma}, \gamma = 1, 2, \dots, (n-1); \quad (1.17)$$

е) підраховують різниці між середніми E_m , починаючи з крайніх. Відмінність максимального і мінімального значень порівнюють з найменшим рангом H_1 при $p = n$, потім знаходять різницю максимального середнього і першого, що перевершує мінімальне, і порівнюють її з найменшим рангом H_2 при $p = (n-1)$ і тощо. Це порівняння продовжують для другого за величиною середнього, що порівнюють з найменшим і тощо, доки не будуть досліджені усі $\frac{n(n-1)}{2}$ можливі пари.

Якщо різниця між середніми значеннями рівнів більш відповідного найменшого значущого рангу, то відмінність між середніми значимо.

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Дослідити залежність димності в умовах роботи МТП від наступних факторів: умови експлуатації МТП, пробіг МТП з початку експлуатації і ефективність роботи технічної служби методом дисперсійного аналізу при вихідних даних, зазначених в табл. 11.7.

Обробка експериментальних даних, розрахунок параметрів дисперсійного аналізу здійснюється за допомогою пакета прикладних програм Excel.

Таблиця 11.7

Матриця експерименту (розрахунок)

Найменування параметрів	Умовні позначення	Фактор В				A_i	\bar{A}_i	$\sum_{i=1}^4 y_{ijk}^2$	A_i^2
		B_1	B_2	B_3	B_4				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фактор А	A_1	4,6	1,0	2,5	1,8	9,9	2,48	31,65	98,01
	A_2	2,5	1,5	2,5	4,0	10,5	2,63	30,75	110,25
	A_3	6,8	1,4	3,0	4,1	15,3	3,83	74,01	234,09
	A_4	6,8	3	2,8	4,5	17,1	4,28	83,33	292,41
	B_j	20,7	6,9	10,8	14,4	52,8		734,76	
	\bar{B}_j	5,175	1,725	2,7	3,6				
	$\sum_{j=1}^4 y_{ij}^2$	119,89	14,21	29,34	56,3	219,74			
	B_j^2	428,49	47,61	116,64	207,36	800,1			

Використовуючи матрицю експерименту факторів А і В, методом латинського квадрата складаємо матрицю експерименту фактору С. Отримані значення вносимо в табл. 11.8.

Таблиця 11.8

Матриця експерименту для фактора С (розрахунок)

Найменування параметрів		Значення фактора за умовною порядковою шкалою				C_i	C_i^2
		A	B	C	D		
Значення	1	4,6	2,5	6,8	6,8	20,7	428,49
	2	3,0	1,0	1,5	1,4	6,9	47,61
	3	3,0	2,8	2,5	2,5	10,8	116,64
	4	4,0	4,1	4,5	1,8	14,4	207,36
C_k		14,6	10,4	15,3	12,5	-	-
$\overline{C_k}$		3,65	2,6	3,825	3,125	-	-
C_k^2		213,16	108,16	234,09	156,25	-	-

Таблиця 11.9

Матриця дисперсійного аналізу (розрахунок)

№	Джерело мінливості	Число ступенів свободи		Сума квадратів	Середній квадрат	Розрахунковий критерій	Табличний критерій Фішера
1	Умови експлуатації МТП	$n-1$	3	25,785	8,595	7,825	4,760
2	Пробіг МТП з початку експлуатації	$n-1$	3	9,450	3,150	2,868	4,760
3	Робота технічної служби	$n-1$	3	3,675	1,225	1,115	4,760
4	Похибка	$(n-1)+$ $(n-2)$	6	6,590	1,098		
5	Взагалі:	Σ	15	45,500			

Таблиця 11.10

Результати розрахунку параметрів дисперсійного аналізу

№	Найменування параметрів	Умовні позначення	Числові величини
1	2	3	4
1	Сума квадратів результатів спостережень	SS_1	219,74
2	Сума квадратів результатів за строками	SS_2	183,69
3	Сума квадратів результатів за стовпцями	SS_3	200,025
4	Сума квадратів результатів за латинськими буквами	SS_4	177,915

Продовження табл.11.10

1	2	3	4
5	Коригуючий член	SS_5	174,240
6	Сума квадрата для строки	SS_a	9,450
7	Сума квадрата для стовпця	SS_b	25,785
8	Сума квадратів для латинських букв	SS_c	3,675
9	Загальна сума квадратів	$SS_{обш}$	45,500
10	Остаточна сума квадратів	$SS_{ост}$	6,590
11	Табличне значення критерія Фішера	F_m	0,549
12	Розрахункові значення критерія Фішера для факторів:		
	умови експлуатації МТП	$F_{pac.a} > F_m$	7,825 > 0,549
	пробігу МТП с початку експлуатації	$F_{pac.b} > F_m$	2,868 > 0,549
	роботи технічної служби	$F_{pac.c} > F_m$	1,115 > 0,549

ВИСНОВКИ

1. У практичній роботі розглянуті основні причини (фактори), від яких залежить зазначена димність в умовах роботи, що встановила технічна служба підприємства МТП.

2. З'ясовано значимість впливу кожного з трьох факторів на димність відпрацьованих газів автотракторних двигунів.

3. Всі досліджувані фактори (умови експлуатації МТП, напрацювання тракторів з початку експлуатації, ефективність роботи технічної служби) є значимими. Найбільш значимим фактором є умови експлуатації тракторів, тому що в цьому факторі найкраще виконується нерівність Фішера: $F_{pac.a} > F_m$ (7,825 > 0,549)

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які фактори що впливають на димність відпрацьованих газів двигунів МТП.
2. У чому порядок проведення дисперсійного аналізу для дослідження впливу факторів на функцію відгуку.
3. Який порядок побудови математичної моделі впливу факторів на димність відпрацьованих газів двигунів МТП.
4. Яким чином обробити результати залежності димності відпрацьованих газів від різних факторів.
5. Який порядок побудову дисперсійний аналіз за результатами експерименту.
6. Яким чином визначається значимість впливу кожного фактору на димність відпрацьованих газів за критерієм Фішера.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- 1 Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник / **О.А. Лудченко**. - К. : Знання-Прес, 2003. - 511 с.
- 2 Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту.-К., Міністерство транспорту України 1998.- 16с
- 3 Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління: підручник / **О.А. Лудченко**. - К. : Знання-Прес, 2004. - 479 с.
- 4 Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія: підручник для студ. / **О.А. Лудченко**. - К.: Вища школа, 2007. - 527 с.
- 5 Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Організація, планування і управління: підруч. для студентів ВНЗ / **Олександр Лудченко, Ярослав Лудченко**; Нац. трансп. ун-т. - 2-ге вид., переробл. - Київ : Логос, 2014. - 462 с.
- 6 Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4 изд., перераб. И допол. / **Е.С.Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др.** - М.: Наука. 2001. – 535 с.
- 7 **Субочев, А.И.** Повышение эффективности производства автосервисных предприятий на основе приоритетов транспортного процесса: Дис. ... канд. техн. наук: 05. 22. 20.-Київ, 2001.-235 с.
- 8 **Субочев, О.І.** Підвищення ефективності виробництва автосервісних підприємств на основі пріоритетів транспортного процесу: Автореф. ... канд. техн. наук: 05. 22. 20.-Київ, 2001.-19 с.
- 9 **Субочев, О.І.** Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни «Основи експлуатації транспортних засобів» (для студентів спеціальностей 6.100401 «Організація і регулювання дорожнього руху», 6.100403 «Організація перевезень та управління на транспорті (автомобільному)») / Укл.: **О.І. Субочев, М.А. Мастепан** - Горлівка: АДІ ДВНЗ Дон НТУ, 2008. - 41 с.
- 10 **Субочев, О.І.** Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Основи експлуатації транспортних засобів» (для студентів спеціальностей 7.100402 «Організація дорожнього руху», 7.100403 «Організація перевезень та управління на транспорті») / Склали: **О.І. Субочев, М.А. Мастепан**, - Горлівка: АДІ Дон НТУ, 2006. 35 с.

- 11 **Погорєлов, М.Г.** Оптимізація показників функціонування автосервісних підприємств з урахуванням факторів пріоритетності / **М.Г. Погорєлов, О.М. Ларін, О.І. Субочев** // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля / СНУ ім. Володимира Даля. - Луганськ, 2011. - № 6(120). – С. 78 – 84.
- 12 **Погорєлов, М.Г.** Оптимізація потужності і розміщення автосервісних підприємств на основі сегментації ринку послуг / **М.Г. Погорєлов, О.М. Ларін, О.І. Субочев** // Вісник Севастопольського національного технічного університету / Збірник наукових праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт/ СевНТУ. - Севастополь, 2011. - №121. - С. 106 – 109.
- 13 Математические методы моделирования и оперативного планирования перевозок на автотранспорте / **В. Г. Галушко**; Нац. трансп. ун-т. - 2-е изд., испр. и доп. - Киев: НТУ, 2014. - 230 с.
- 14 Математические методы моделирования и оперативного планирования перевозок на автотранспорте / **В. Г. Галушко**. - К.: НТУ, 2013. - 198 с.
- 15 **Галушко В.Г.** Вероятностно – статистические методы на автотранспорте. – К.: Вища школа, 1976. – 232 с.
- 16 **Галушко В.Г.** Случайные процессы и их применение на автотранспорте. – К.: Вища школа, 1980. – 271 с.
- 17 Управління якістю технічного обслуговування автомобілів: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / **Олександр Лудченко, Ярослав Лудченко, Володимир Чередник; за ред. О.А. Лудченка**. - К. : Ун-т «Україна», 2012. - 327 с.

Навчальне видання

**Олександр Іванович СУБОЧЕВ
Олексій Дмитрович ДЕРКАЧ
Іван Федорович ОСТРОВ**

**ПРАКТИКУМ
З ТЕОРІЇ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН
НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

Здано до складання 02.09.2017 р. Підписано до друку 02.09.2017 р. Формат 210x148.
Папір офсетний. Друк ризографічний. Гарнітура Times. Ум. друк. арк. 5,3.
Обл.-вид. арк. 4,5. Тираж 100 прим. Зам. № 11206

Видавництво «*Літограф*»
Ідентифікатор видавця у системі ISBN: 2267
Адреса видавництва та друкарні:
49000, м. Дніпро, вул. М.В. Гоголя, 10/а
тел. (066) 369-21-55, (056) 713-57-25
E-mail: Litograf.dp@gmail.com

ТОВ «ТД АГРОТАЙМ» - це команда професіоналів, яка активно і успішно розвивається на ринку сільськогосподарської техніки України вже понад 5 років.

Компанія є офіційним представником «**Ploeger Oxbo Group**».

Спеціалізується на продажу імпортованої сільськогосподарської техніки, обладнання, запасних частин і витратних матеріалів, а також проведенні сервісного обслуговування.



Ми готові організувати для Вас поставку оригінальних запчастин та якісних аналогів для агротехніки будь-якої торгової марки

Переваги співробітництва з ТОВ «ТД АГРОТАЙМ»

Вірно і оперативно розцінюємо заявки

Гарантуємо оригінальність та якість запчастин, які поставляємо

Надаємо офіційний сервіс – Ploeger, OXBO, Claas. John Deere

Мультибрендовість компанії та пряме співробітництво з постачальниками дозволить вигідно для Вас та в зазначений термін отримати необхідні запчастини

+38(067) 630-09-21

+38(095) 604-18-29

info@agrotime.dp.ua