

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

НАДІЙНІСТЬ АВТОМОБІЛІВ

Навчально-методичний комплекс з дисципліни

«Надійність автомобілів»

(Практичні заняття, самостійна та курсова робота)

Кропивницький
«2019»

УДК 613.13
ББК 4.751-5-02я73
Н17

ISBN 966-8264-05-3
Н17

Надійність автомобілів: Навчально-методичний комплекс для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». ОПП „Автомобільний транспорт”/Упорядники: Є.К.Солових, С.О.Магопець, С.Є.Катеринич, В.О.Дубовик А.Є.Солових – Кропивницький: РВЛ ЦНТУ, 2019. – _____ с.

Навчальний посібник призначений для надання методичної допомоги при виконанні студентами вищих навчальних закладів практичних занять, самостійної, індивідуальної роботи, курсових робіт за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» ОПП „Автомобільний транспорт”

Навчальний посібник являє собою навчально-методичний комплекс для практичних занять і індивідуальної самостійної та курсової роботи. У посібнику наведена структура практичних занять, надано тести, контрольні запитання та творчі завдання. Наведена розширена структура курсової роботи, основні вимоги і правила її виконання. Викладений матеріал відповідає вимогам міждержавних стандартів, державних стандартів України, а також інших нормативних документів.

Упорядники:

Солових Євген Костянтинівич, професор, д.т.н.;

Магопець Сергій Олександрович, доцент, к.т.н.;

Катеринич Станіслав Євгенійович, доцент, к.т.н.;

Дубовик Віктор Олександрович, доцент, к.т.н.

Солових Андрій Євгенович, доцент, к.т.н.

Затверджено Вченою Радою Центральноукраїнського національного технічного університету (Протокол №11 від 04.06.2019 р.).

Рецензенти:

Сідашенко О.І., професор, к.т.н. завідувач кафедру „Ремонт машин” (Харківський національний технічний університет сільського господарства, м.Харків, Україна);

С.Л.Хачатурян, доцент, к.т.н. (Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна).

© Солових Є.К., Магопець С.О., Катеринич С.Є., Дубовик В.О. Солових А.Є. 2019
© РВЛ ЦНТУ, 2019.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. Методичні основи дисципліни «Надійність автомобілів».....	8
1.1 Робоча програма навчальної дисципліни "Надійність автомобілів" для спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» ОПП «Автомобільний транспорт».....	8
1.2 Тестові завдання для перевірки якості знань студентів.....	26
РОЗДІЛ 2. Навчально-методичний комплекс практичних занять*	66
2.1 Математичний апарат теорії надійності машин	66
2.1.1 Основні теоретичні положення і розрахункові залежності.....	66
2.1.2 Приклади розв’язання задач.....	71
2.1.3 Задачі для самостійного розв’язання.....	74
2.2 Статистичне і теоретичне визначення показників надійності автомобілів ...	79
2.2.1 Основні теоретичні положення і розрахункові залежності.....	79
2.2.2 Приклади розв’язання задач.....	85
2.2.3 Задачі для самостійного розв’язання.....	91
2.3 Визначення ймовірності справного стану складних технічних систем.....	94
2.3.1 Основні теоретичні положення і розрахункові залежності.....	94
2.3.2 Приклади розв’язання задач.....	100
2.3.3 Задачі для самостійного розв’язання.....	107
2.4 Оцінка надійності автомобілів за даними випробувань.....	114
2.4.1 Основні теоретичні положення і розрахункові залежності.....	114
2.4.2 Приклади розв’язання задач.....	120
2.4.3 Задачі для самостійного розв’язання.....	124
2.5 Визначення ресурсних показників надійності автомобілів і розрахунок числа запасних частин.....	126
2.5.1 Основні теоретичні положення і розрахункові залежності.....	126
2.5.2 Приклади розв’язання задач.....	131

2.5.3	Задачі для самостійного розв'язання.....	132
2.6	Тематика завдань для самостійної роботи.....	136
2.6.1	Оцінка надійності автомобілів і їхніх елементів з різними структурними схемами.....	136
2.6.2	Вибірковий контроль якості промислової продукції.....	140
2.6.3	Статистична обробка даних спостережень. Залежність між випадковими величинами.....	140
2.6.4	Закони розподілу випадкових величин.....	143
2.6.5	Оцінка значень параметрів за результатами обмеженої кількості іспитів..	145
2.6.6	Розрахунок конструкцій з урахуванням розсіювання значень параметрів.	147
2.6.7	Визначення показників надійності. Аналітичні залежності між показниками надійності.....	148
2.6.8	Елементи технічної діагностики.....	150
2.6.9	Елементи статистичної динаміки автомобілю.....	152

РОЗДІЛ 3. Навчально-методичний комплекс для виконання індивідуальності (курсової) роботи з надійності автомобілів.....157

3.1	Методичні вказівки до виконання курсової роботи з надійності автомобілів.....	158
3.2	Зміст розрахунково-пояснювальної записки курсової роботи	161
3.2.1	Загальна частина.....	161
3.2.1.1	Коротка характеристика та умови роботи агрегату (вузла) в цілому і основних видів його сполучень.....	161
3.2.1.2	Характеристика умов роботи заданого сполучення.....	162
3.2.1.3	Характеристика конструктивно-технологічних особливостей відновлювальної (зміцнювальної) деталі.....	162
3.2.1.4	Аналіз умов роботи деталі і основні причини її зношування.....	164
3.2.1.5	Аналіз причин, обґрунтування, визначення та опис провідного виду зношування сполученої поверхні деталі.....	164

3.2.1.6 Вплив основних зносів поверхонь деталі на технічний стан та якість роботи агрегату (вузла) і цілому та окремих його сполучень.....	165
3.2.2 Розрахункова частина.....	165
3.2.2.1 Визначення статистичних характеристик повного ресурсу сполучення за вихідною масовою інформацією.....	165
3.2.2.2 Побудова статистичного ряду вихідної інформації.....	166
3.2.2.3 Визначення зміщення початку розсіювання $t_{зм}$	167
3.2.2.4 Визначення середнього значення показника надійності та середнього квадратичного відхилення.....	168
3.2.2.5 Перевірка інформації на точки, що випадають.....	168
3.2.2.6 Побудова гістограми. полігону та кривої, накопичених дослідних показників надійності.....	169
3.2.2.7 Визначення коефіцієнту варіації.....	171
3.2.2.8 Вибір теоретичного закону розподілу для вимірювання дослідної інформації.....	171
3.2.2.9 Графічна побудова інтегральної $F(t)$ та диференціальної $f(t)$ функцій розподілу.....	172
3.2.2.10 Визначення повного і залишкового ресурсу деталей і сполучення методом індивідуального прогнозування.....	173
3.2.2.11 Розрахункові вирази оцінки повного і залишкового ресурсу.....	174
3.2.2.12 Приклад розв'язання другої задачі курсової роботи.....	179
3.2.3 Технологічна частина.....	184
3.2.3.1 Обґрунтування та розробка технологічного процесу дефектації деталі, що відновлюється(зміцнюється).....	184
3.2.3.2 Характеристика дефектів, складання технологічних маршрутів відновлення (зміцнення) деталі. Технічні вимоги на відновлення (зміцнення) деталі.....	184
3.2.3.3 Обґрунтування та вибір раціонального способу відновлення (зміцнення) деталі.....	185

3.2.3.4 Розробка плану технологічного процесу відновлення (зміцнення) деталі. Вибір установлюваних баз при виконанні операцій технологічного процесу.....	186
3.2.3.5 Обґрунтування та вибір технологічного обладнання.....	188
3.2.3.6 Обґрунтування вибору ріжучого, вимірювального, контрольного, інструментів та матеріалів для зміцнення (відновлення) деталі.....	188
3.2.3.7* Розрахунок та вибір режимів виконання операцій технологічного процесу відновлення (зміцнення).....	190
3.2.3.8* Нормування часу виконання операції технологічного процесу відновлення (зміцнення) деталі.....	193
3.2.4 Заходи охорони праці та техніки безпеки.....	194
3.3. Рекомендована література.....	195
Додатки.....	205

Вступ

Надійність – одна з головних проблем сучасної техніки, яка визначається на всіх етапах її життєдіяльності від ідеї до утилізації.

Інженерний аналіз показників надійності дає змогу виявляти недоліки при проектуванні, виробництві, дослідженні, експлуатації та ремонту автомобільного транспорту і технологічного обладнання.

Надійність автомобілів – дисципліна підсумкова, інтегруюча і належить до інженерних наук, незважаючи на те, що її фізичною основою є триботехніка і трибофатика, а основними математичними методами є теорія імовірностей і математична статистика.

Оволодіння основами надійності автомобілів і технологічного обладнання сприяє досягненню високої ефективності їх використання, економії паливно-енергетичних ресурсів, робочого часу та коштів. Таким чином, вивчення такої навчальної дисципліни, як “Надійність автомобілів“, в загальному циклі підготовки фахівців певних інженерних спеціальностей є одним з центральних і найважливіших моментів.

Вивчення зазначеної дисципліни повинно навчити майбутніх спеціалістів кваліфіковано виявляти та аналізувати причини відмов; проводити випробування і визначати кількісні та якісні показники надійності автомобілів; розробляти і впроваджувати у виробництво заходи щодо забезпечення і підвищення надійності автомобільної техніки і її технологічного обладнання на всіх етапах існування.

РОЗДІЛ 1

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ДИСЦИПЛІНИ

«НАДІЙНІСТЬ АВТОМОБІЛІВ»

1.1 Робоча програма навчальної дисципліни "Надійність автомобілів" для спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» ОПП „Автомобільний транспорт”

Мета та завдання навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна "Надійність автомобілів" вивчає закономірності зміни показників працездатності деталей вузлів, агрегатів і автомобілів в цілому з часом, а також фізичну природу відмов і на цій основі розробляє методи, що забезпечують потрібну довговічність та безвідмовність роботи об'єктів з найменшими витратами часу й коштів.

Вирішення проблеми надійності — це значний резерв підвищення ефективності виробництва. Кожна вимушена зупинка автомобіля внаслідок пошкодження окремих елементів або зниження технічних характеристик нижче допустимого рівня, як правило, спричиняє великі матеріальні збитки, а іноді може призвести до катастрофічних наслідків.

Особливістю проблеми надійності є її зв'язок з усіма етапами життєвого циклу: проектування, виготовлення та використання автомобіля, починаючи з моменту, коли формується ідея та обґрунтовується створення нової машини, до прийняття рішення про її списання. Тобто, проблема надійності є комплексною і потребує розв'язання в сферах виробництва й експлуатації автомобіля, акумулює і синтезує все те, що сприяє підвищенню працездатності деталей, вузлів, механізмів і машини в цілому відображує досягнення в галузі проектування, технології виготовлення та експлуатації.

З огляду на зміни якісних показників автомобільної техніки з часом і підтримки її в працездатному стані надійність насамперед вивчає причини та джерела шкідливих впливів, фізичну суть процесів, що знижують працездатність машин, реакцію їх функціональних систем на зовнішню дію і на базі цього допомагає створити системи, які змогли б протягом потрібного часу виконувати задані функції в установлених межах.

"Надійність автомобілів" логічно завершує вивчення циклу дисциплін з машинознавства: "Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів", "Теорія машин і механізмів", "Деталі машин", "Автомобілі", «Автомобільні двигуни», «Експлуатація та обслуговування машин», «Технічна експлуатація автомобілів», «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів», «Основи технічної діагностики», «Ремонт автомобілів» тощо.

Дисципліна "Надійність автомобілів" є дисципліною професійної та практичної підготовки і відноситься до вибіркових дисциплін.

Мета дисципліни – навчити майбутніх фахівців забезпечувати експлуатаційні показники автомобільної техніки протягом встановленого часу при оптимальних витратах матеріальних і трудових ресурсів на проектування виробництва, експлуатацію, технічне обслуговування і ремонт.

Завдання дисципліни: дати студентам основи знань з теорії надійності автомобілів (фізичні та математичні основи), методики оцінки, прогнозування і прийняття оптимальних рішень щодо підвищення рівня показників надійності; навчити виявляти і аналізувати причини відмов, проводити випробування і визначати кількісні показники надійності авомобілів; розробляти і здійснювати заходи підвищення надійності автомобілів за рахунок методик їх проектування, технології і організації виготовлення, експлуатації, технічного обслуговування і ремонту.

В результаті вивчення дисципліни *студент повинен знати:*

- основні поняття і визначення теорії надійності автомобілів, вплив експлуатаційних чинників на рівень їх надійності;
- закономірності зміни первинного рівня надійності в процесі експлуатації;
- показники оцінки надійності деталей, вузлів, агрегатів та автомобілів в цілому;
- причини порушення працездатності автомобілів в процесі їх експлуатації;
- закономірності, суть і характеристики різних видів зношування деталей, методи підвищення їх зносостійкості і втомної міцності;
- методи відновлення рівня надійності після ресурсної відмови;
- характеристики видів і планів випробувань на надійність;
- методи оцінки показників надійності за повною, усіченою і багатократно усіченою статистичною інформацією.
- методи прогнозування показників надійності автомобільної техніки.

Студент повинен вміти:

- розраховувати оцінки показників надійності за наслідками випробувань і спостережень, здійснювати їх прогнозування;
- визначати залишковий ресурс деталей і сполучень по результатах завершених і незавершених випробувань;
- організовувати і проводити випробування автомобілів на надійність.

ЗМІСТОВНИЙ ЦИКЛ I

Терміни, визначення і показники надійності

Тема 1. Предмет, мета та основні задачі науки про надійність автомобілів.

- Узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду в галузі надійності і технічної експлуатації автомобілів.
- Предмет, мета та основні задачі науки про надійність автомобілів.
- Основні поняття та визначення якості та надійності технічних об'єктів.

Тема 2. Основні поняття, терміни і визначення в теорії надійності.

- Проблема надійності. Фактори, що впливають на надійність автомобілів.
- Характеристика технічного стану автомобілів та методів його визначення.
- Закономірності зміни технічного стану автомобілів в процесі експлуатації.

Тема 3. Показники безвідмовності технічних об'єктів.

- Класифікація показників надійності (одиничні і комплексні; розрахункові; експериментальні; екстрапольовані; групові та індивідуальні).
- Методи забезпечення безпечної експлуатації автомобілів.
- Визначення безвідмовності. Поняття про напрацювання.
- Одиничні показники безвідмовності: імовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, параметр потоку відмов, середнє напрацювання на відмову, середнє напрацювання до відмови, гама-відсоткове напрацювання до відмови.

Тема 4. Показники довговічності і збережуваності.

- Визначення довговічності. Відмінність понять довговічність і безвідмовність.
- Одиничні показники довговічності.
- Приклади нормативних і фактичних показників довговічності.
- Визначення збережуваності. Одиничні показники збережуваності. Залежність строку служби, ресурсу автомобілів, агрегатів і деталей від якості зберігання.

Тема 5. Показники ремонтпридатності і комплексні показники надійності.

- Визначення ремонтпридатності. Властивості автомобілів, що характеризують ремонтпридатність: контролепридатність, доступність, легкоз'ємність, блочність і взаємозамінність.

- Співвідношення загальних і оперативних витрат на ТО і Р. Зв'язок показників ремонтпридатності з показниками процесів ТО і Р.
- Одиничні показники ремонтпридатності. Вимоги до ремонтпридатності автомобілів.
- Комплексні показники надійності та їх нормативні значення для автомобілів.

Самостійна робота по змістовному циклу І

Тема 1. Предмет, мета та основні задачі науки про надійність автомобілів.

- Проблеми теорії і практики з надійності автомобілів.
- Місце надійності автомобілів в науці про якість технічних об'єктів.
- Основні задачі конструктивної, технологічної та експлуатаційної надійності автомобілів.

Тема 2. Основні поняття, терміни і визначення в теорії надійності.

- Класифікація понять і термінів в теорії надійності, згідно ДСТУ.
- Зв'язок технічного стану автомобілів з їх надійністю.
- Визначення технічного стану автомобілів на основі діагностичної інформації.

Тема 3. Показники безвідмовності технічних об'єктів.

- Одиничні показники безвідмовності та математичні методи їх визначення.
- Зв'язок показників безвідмовності з експлуатаційними показниками.

Тема 4. Показники довговічності і збережуваності.

- Нормативні і фактичні показники довговічності.
- Одиничні показники збережуваності та їх розрахунок.

Тема 5. Показники ремонтпридатності і комплексні показники надійності.

- Властивості автомобілів, що характеризують ремонтпридатність.
- Зв'язок показників ремонтпридатності з показниками процесів ТО і Р.
- Нормативні комплексні показники надійності автомобілів.

ЗМІСТОВНИЙ ЦИКЛ II

Фізичні основи надійності автомобілів

Тема 6. Види тертя та їх характеристики.

- Закони, що характеризують працездатність транспортних засобів.
- Причини порушення працездатності автомобілів.
- Класифікація видів тертя і мащення.

Тема 7. Види зношування та їх характеристики.

- Поняття про зношування і знос.
- Класифікація видів зношування та їх фізична сутність.
- Методи і засоби визначення величини зносу.
- Методи підвищення зносостійкості.
- Втомне руйнування деталей автомобілів. Сутність та методи підвищення міцності проти втоми.

Тема 8. Оцінка граничного стану деталей і вузлів автомобілів.

- Види пошкоджень деталей.
- Втрата фізико-механічних властивостей матеріалів деталей, корозія та її характеристики.
- Граничне значення зносів і пошкоджень. Технічні, техніко-економічні та технологічні критерії граничного стану деталей і сполучень та методи їх обґрунтування.
- Допустимі при ремонті автомобілів значення параметрів деталей і сполучень.

Самостійна робота по змістовному циклу II

Тема 6. Види тертя та їх характеристики.

- Сучасні погляди на тертя і зношування деталей машин.
- Роль мастильного середовища в терті і зношуванні деталей і спряжень.

Тема 7. Види зношування та їх характеристики.

- Трибофатика, її задачі та методи.

- Характеристики зносу та методи їх визначення.
- Обладнання для визначення зносних і втомних характеристик.

Тема 8. Оцінка граничного стану деталей і вузлів автомобілів.

- Визначення граничного стану технічних об'єктів.
- Теоретичне обґрунтування граничного стану деяких основних деталей і сполучень агрегатів автомобілів.

ЗМІСТОВНИЙ ЦИКЛ III

Математичні основи надійності автомобілів

Тема 9. Математичний апарат теорії надійності.

- Випадкові події та їх ймовірності.
- Випадкові величини та їх властивості.
- Основні розподіли випадкових величин в надійності: нормальний розподіл, розподіл Вейбулла-Гнеденка, експоненціальний розподіл та ін.

Тема 10. Статистичне визначення показників безвідмовності і ремонтпридатності.

- Визначення показників безвідмовності.
- Визначення показників ремонтпридатності.
- Закони надійності невідновлюваних технічних об'єктів.
- Визначення номенклатури деталей, що лімітують експлуатаційну надійність автомобілів по критеріях безвідмовності і ремонтпридатності.

Тема 11. Теоретичне визначення показників безвідмовності для основних розподілів.

- Нормальний розподіл.
- Розподіл Вейбулла-Гнеденка.
- Експоненціальний розподіл.
- Стабілізація параметру потоку відмов в залежності від закону розподілу напрацювання.

- Визначення показників безвідмовності для композиції розподілів напрацювання.

Тема 12. Методи визначення ймовірності справного стану автомобіля за структурною схемою надійності.

- Структурна схема надійності технічної системи.
- Класифікація технічних систем.
- Експлуатаційна надійність систем без відновлення: з основним сполученням, резервним сполученням, зі змішаним сполученням.
- Експлуатаційна надійність систем з відновлюванням: без резервування; з дублюванням.

Тема 13. Математичне моделювання експлуатаційної надійності автомобілів та їх технічних станів.

- Метод Монте-Карло.
- Метод експертних оцінок.
- Застосування ланцюгів Маркова для моделювання станів технічних систем і визначення комплексних показників надійності.

Самостійна робота студента по змістовному циклу III

Тема 9. Математичний апарат теорії надійності.

- Основні теореми теорії ймовірностей.
- Статистичні характеристики та методи їх розрахунку.
- Статистичні розподіли для моделювання випадкових процесів та критерії їх оцінки.

Тема 10. Статистичне визначення показників безвідмовності і ремонтпридатності.

- Розрахунок показників безвідмовності по статистичним даним.
- Розрахунок показників ремонтпридатності.
- Критерії безвідмовності і ремонтпридатності та визначення номенклатури відповідальних деталей.

Тема 11. Теоретичне визначення показників безвідмовності для основних розподілів.

- Отримання виразів для потоку відмов для різних законів розподілу напрацювання.
- Композиція розподілів напрацювання та методи визначення показників безвідмовності.

Тема 12. Методи визначення ймовірності справного стану автомобіля за структурною схемою надійності.

- Визначення ймовірності безвідмовної роботи при послідовному сполученні.
- Визначення ймовірності безвідмовної роботи при паралельному сполученні.
- Визначення ймовірності безвідмовної роботи при змішаному сполученні.

Тема 13. Математичне моделювання експлуатаційної надійності автомобілів та їх технічних станів.

- Основні методи математичного моделювання надійності автомобілів та їх технічних станів.
- Використання ПЕОМ для моделювання технічних станів автомобілів і визначення показників їх надійності.

ЗМІСТОВНИЙ ЦИКЛ IV

Оцінка надійності автомобілів, їх агрегатів, вузлів, деталей за даними випробувань і експлуатації. Основні напрямки підвищення надійності машин

Тема 14. Оцінка надійності автомобілів за даними випробувань і експлуатації.

- Джерела інформації про надійність автомобілів.
- Точкові і інтервальні оцінки показників надійності.

- Загальна схема знаходження закону розподілу напрацювання за статистичними даними.
- Підготовка інформації про надійність та вирівнювання статистичної інформації.

Тема 15. Методи випробувань та контролю надійності. Технічне діагностування.

- Види, мета і плани випробувань автомобілів.
- Прискорені випробування. Контрольні випробування та контрольне обкатування.
- Технічна діагностика. Основні задачі, методи і засоби діагностування.

Тема 16. Основні напрямки підвищення надійності та ремонтпридатності автомобілів.

- Забезпечення надійності при проектуванні, конструюванні та виробництві автомобілів.
- Технологічні, експлуатаційні, ремонтні та інші заходи підвищення надійності автомобілів.
- Відновлення та зміцнення основних деталей автомобілів.
- Техніко-економічна ефективність заходів та підвищення надійності автомобільного транспорту.

Самостійна робота студента по змістовному циклу IV

Тема 14. Оцінка надійності автомобілів за даними випробувань і експлуатації.

- Методи обробки інформації про випробування і експлуатацію автомобілів за допомогою пакетів прикладних програм на ПЕОМ.
- Особливості графічних досліджень основних законів розподілу інформації про надійність.

Тема 15. Методи випробувань та контролю надійності. Технічне діагностування.

- Види випробувань автомобілів, агрегатів та їх деталей.

- Використання математичного моделювання при плануванні та обробці даних випробувань.
- Планова та адаптивна системи визначення ТО і Р.

Тема 16. Основні напрямки підвищення надійності та ремонтпридатності автомобілів.

- Вплив конструктивних характеристик вузлів і деталей на надійність автомобілів.
- Основні методи і засоби підвищення технологічної надійності автомобілів.
- Основні методи і засоби підвищення експлуатаційної надійності автомобілів.
- Основні методи відновлення та зміцнення деталей автомобілів.

Практичні заняття

Таблиця 1.1

№ заняття	Найменування практичних занять	Обсяг годин	Кількість балів
1, 2	Основні поняття, терміни та визначення показників надійності	4	5
3, 4	Розрахунок основних характеристик зношування деталей і вузлів автомобілів	4	6
5	Оцінка граничного стану деталей і вузлів автомобілів	2	4
6, 7	Розрахунок показників надійності автомобілів за статистичною інформацією про напрацювання автомобілів	4	7
8	Визначення ймовірності справного стану автомобіля за структурними схемами надійності	2	4
9	Оцінка надійності автомобілів за даними випробувань і експлуатації	2	4
Разом		18	30

Індивідуальна робота (курсова робота)

Тема та основний зміст курсової роботи

Основний розширений зміст курсової роботи та її тематика наведені в розділі 3.

Методика оцінювання: поточне тестування; оцінка за курсову роботу; захист курсової роботи.

Таблиця 1.2

Розподіл балів, присвоюваних студентам, за виконання курсової роботи з дисципліни "Надійність автомобілів"

Розрахунково-пояснювальна записка				
№№ частини	№№ питань	Найменування розділів і питань, що розглядаються в КР	Обсяг даного матеріалу, %	Кількість балів
1	2	3	4	5
1		Оглядова частина	10	10
	1.1	Коротка характеристика та умови роботи агрегату (вузла) в цілому і основних видів сполучень	2	2
	1.2	Характеристика умов роботи заданого сполучення	2	2
	1.3	Характеристика конструктивно-технологічних особливостей зміцнюваної (відновлюваної деталі)	2	2
	1.4	Аналіз умов роботи деталі і основні причини її зношування	2	2
	1.5	Аналіз причин, обґрунтування, визначення та опис провідного виду зношування сполученої поверхні деталі.	2	2
2		Розрахункова частина	40	40
	2.1	Визначення статистичних характеристик повного ресурсу	25	25
	–	Побудова статистичного ряду вихідної інформації	2	2
	–	Визначення зміщення початку розсіювання	2	2
	–	Визначення середнього значення показника	4	4

		надійності та його середнє квадратичне відхилення		
--	--	---	--	--

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	
	–	Перевірка інформації на точки, що випадають	2	2	
	–	Побудова гістограми, полігону та кривої нагромаджених дослідних показників надійності	6	6	
	–	Визначення коефіцієнту варіації	1	1	
	–	Вибір теоретичного розподілу для вирівнювання дослідної інформації	3	3	
	–	Графічна побудова інтегральної та диференціальної функцій розподілу	5	5	
	2.2	Визначення повного та залишкового ресурсу деталей сполучення методом індивідуального прогнозування	15	15	
	–	Розрахункові вирази оцінки повного і залишкового ресурсу сполучення	15	15	
3		Конструкторсько-технологічна частина	15	15	
	3.1	Обґрунтування та вибір раціонального способу зміцнення (відновлення) деталі	4	4	
	3.2	Обґрунтування та розробка технологічного процесу зміцнення (відновлення) деталі	6	6	
	3.3	Обґрунтування та вибір технологічного обладнання	3	3	
	3.4	Обґрунтування та вибір ріжучого, вимірювального, контрольного інструментів та матеріалів для зміцнення (відновлення) деталі	2	2	
4		Заходи з охорони праці і техніки безпеки	5	5	
Разом			70	70	
Графічна частина роботи					
Найменування плакату		К-ть листів	Формат	Обсяг матеріалу, %	К-ть балів
Схема обробки інформації про показники надійності		1	A2	5	5
Схема визначення ресурсу деталі і сполучення методом індивідуального прогнозування		1	A2	5	5
Ремонтне креслення зміцнюваної (відновлюваної) деталі		1	A3	5	5
Карти ескізів до операційної карти		2	A4	10	10

зміцнення (відновлення) деталі				
--------------------------------	--	--	--	--

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5
Принципова та конструктивна схема обладнання для зміцнення (відновлення) поверхні деталі покриттям, перелік матеріалів і режимів виконання техпроцесу	1	A2	10	10
Разом			30	30
Всього			100	100

Примітка: 1. За помилки в оглядовій частині зменшуються бали на 10%; 2. За помилки в розрахунковій частині зменшуються бали на 20%; 3. За помилки в конструкторсько-технологічній частині зменшуються бали на 20%; 4. За помилки в частині заходів з охорони праці і техніки безпеки зменшуються бали на 5%; 5. Помилки в графічній частині курсової роботи зменшують бали на 20%.

Захист курсової роботи студентом проводиться в присутності членів комісії в кількості 3-х викладачів.

Таблиця 1.3

Розподіл балів, присвоюваних студентам (слухачам)

Частина I (поточне тестування)																п/з	Підсумковий тест	Сума
Змістовний цикл I					Змістовний цикл II			Змістовний цикл III						Змістовний цикл IV		30	20	100
12					12			16						10				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16			
2	2	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	4	3	4	3			
Самостійна робота																30	20	
1,0	1,0	10	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5			

Шкала оцінювання

90...100 балів – відмінно (A)

75...89 балів – добре (BC)

60...74 балів – задовільно (DE)

35...59 балів – незадовільно з можливістю повторного складання (FX)

1...34 балів – незадовільно з обов'язковим повторним курсом (F)

Примітка: Студенти можуть набирати бали за рахунок індивідуальної роботи.

При розв'язанні індивідуального завдання нараховується 18 балів.

Самостійна робота студентів

Самостійна робота (СРС) студентів є невід'ємною складовою процесу вивчення навчальної дисципліни, зміст якої визначається робочою програмою навчальної дисципліни, методичними матеріалами, завданнями для самостійного виконання та вказівками щодо їх виконання. Самостійна робота студентів забезпечується: підручниками, навчальними та методичними посібниками, конспектами лекцій, методичними вказівками, практикумами, матеріалами щодо самоконтролю знань.

Навчальний час, відведений для СРС, повинен становити згідно вимог ECTS не менше 50% загального обсягу трудомісткості навчання з дисципліни.

Матеріал, засвоєний студентом у процесі самостійного вивчення, виноситься на підсумковий контроль поряд з матеріалом, який опрацьовувався при проведенні аудиторних занять.

Самостійна робота студентів включає:

- опрацювання теоретичних основ прослуханого лекційного матеріалу;
- вивчення лекційних тем або питань, передбачених робочою програмою для самостійного вивчення;
- підготовку до лабораторно-практичних занять;
- підготовку звіту з виконаної самостійно роботи (у тому числі – з виконаної лабораторно-практичної роботи, завдання, виконаного самостійно);

- підготовку конспекту вивченого матеріалу;
- підготовку до проходження контрольних заходів (опитування, тестування, іспиту, заліку).

Індивідуальна робота

Індивідуальні завдання виконуються студентом самостійно і не входять у його тижневе аудиторне навантаження. Індивідуальна робота студентів є формою організації навчального процесу, яка передбачає створення умов для реалізації творчих можливостей студентів через індивідуально-спрямований розвиток їх здібностей, науково-дослідну роботу і творчу діяльність. Індивідуальні заняття проводяться під керівництвом викладача з одним або кількома студентами в позааудиторний час за окремим графіком, складеним кафедрою і затвердженим деканом факультету.

Викладач контролює виконання індивідуального завдання на консультаціях, графік розробляється і затверджується завідувачем кафедри.

До індивідуальних завдань входять наступні види навчальної роботи: написання рефератів, виконання розрахункових, графічних робіт, розробка курсових проектів (робіт), оформлення звітів, аналіз проблемних ситуацій, підготовка до виступів на конференціях, виконання наукових досліджень і участь у олімпіадах.

Порядок проведення поточного контролю, контролю змістовних циклів та семестрового контролю

При оцінці знань студентів використовуються такі види контролю: вхідний, поточний, підсумковий.

Контроль змістовних циклів передбачає перевірку рівня знань та вмінь студента з того чи іншого змістового циклу. Студент допускається до складання поточного контролю за умови повного виконання завдань, передбачених робочою навчальною програмою. При поточному контролі переважною формою проведення може бути усне опитування або тестування.

Проведення поточного та підсумкового контролю проводиться переважно у тестовій формі.

Для проведення поточного контролю та контролю змістовного циклу використовуються індивідуальні варіанти контрольних завдань, виходячи з структури навчального матеріалу. Кожне завдання має охоплювати весь опрацьований навчальний матеріал. Критерії оцінювання результатів виконання контрольних завдань доводяться до відома студентів перед початком вивчення наступного змістовного циклу і дублюються напередодні проведення поточного контролю.

Поточний контроль може бути проведений під час лекцій, практичних занять або в позааудиторний час. Кількість балів на кожний контроль певного змістовного циклу, на відповідні види та форми діяльності студентів, на певні контрольні заходи розподіляє викладач. При цьому 100 можливих балів, які студент може отримати в межах залікового контролю, доцільно розподіляти таким чином: до 45 балів – за практичну підготовку, виконання завдань та контрольних робіт, до 55 балів – за теоретичну підготовку, яка перевіряється під час проведення поточних контролів.

**Значення критеріїв оцінки в межах змістовного циклу
(приклад розподілу балів).**

1. Виконання самостійної роботи – до 10 балів на всі практичні заняття у межах змістовних циклів.
2. Відповідь на тестове завдання – змістовний цикл 1 – до 10 балів, змістовний цикл 2 – до 15 балів, змістовний цикл 3 – до 15 балів, змістовний цикл 4 – 15 балів.

Максимальна кількість балів за змістовними циклами:

Змістовний цикл 1 – 20 балів

Змістовний цикл 2 – 30 балів

Змістовний цикл 3 – 30 балів

Змістовний цикл 4 – 20 балів

Таблиця 1.4

Розподіл балів за змістовими циклами для визначення оцінки за результатами вивчення навчальної дисципліни

Змістовні цикли	Оцінка		
	«3»	«4»	«5»
Змістовний цикл 1. Основні поняття, терміни визначення та положення надійності, автомобільної техніки.	15-15	15-19	20-22
Змістовний цикл 2. Інженерно-фізичні основи надійності	15-20	20-25	25-27
Змістовний цикл 3. Математичні основи надійності автомобілів	15-20	25-25	25-29
Змістовний цикл 4. Випробування автомобілів на надійність та основи прогнозування і організації ремонту. Методи підвищення і забезпечення надійності та керування якістю ремонту.	15-19	15-20	20-22
Всього за семестр:	60 - 74	75 - 89	90 - 100

За результатами поточного контролю та контролю змістовних циклів акумулюючим способом накопичуються бали для кожного студента. Знання студента з певного контролю вважаються незадовільними, якщо сума балів його поточної успішності і сума балів за контроль змістовних циклів складають менше 60 % від максимально можливої суми балів за ці контроли.

Результат оцінюється за допомогою критерію:

- якщо це число є меншим 35-ти балів, студент вважається таким, що не оволодів навчальним матеріалом і повинен пройти етап оволодіння ним повторно;
- якщо це число є більшим від 34-х, але меншим від 60-ти, студент повинен пройти підсумковий контроль;
- якщо це число є більшим від 59-ти, але меншим від 75-ти, студент вважається таким, що заслуговує оцінки “задовільно”, за згоди отримання якої він звільняється від підсумкового контролю, або проходить такий контроль, при бажанні підтвердити вищий рівень знань і отримати вищу оцінку;
- якщо сумарне число балів є більшим від 74-х, але меншим за 90-сто, студент вважається таким, що заслуговує оцінки “добре”, за згоди отримання якої він звільняється від підсумкового контролю, або проходить такий контроль, при бажанні підтвердити вищий рівень знань і отримати вищу оцінку;
- якщо сумарне число балів є більшим за 90-сто, студент вважається таким, що заслуговує оцінку “відмінно”, і звільняється від підсумкового контролю.

Під час проведення поточного контролю та контролю за змістовними циклами студентам забороняється списувати, обмінюватися інформацією з іншими студентами, використовувати заборонені навчальні засоби. Якщо студент порушує встановлений порядок, то він звільняється від подальших контрольних заходів, а контрольна робота оцінюється нулем балів. Якщо студент, без поважних причин, не з'явився для виконання поточного контролю знань або не склав контрольне завдання, йому виставляється нуль балів.

Результати перевірки тестових контрольних завдань (в балах) доводяться до відома студентів після проведеного поточного контролю.

У разі складання студентом рубіжного контролю знань на оцінку «незадовільно», студент має право перескласти його у термін і порядку визначеному деканом факультету. Студент не може бути допущеним до складання підсумкового контролю знань з цієї дисципліни, якщо він не

виконав графік навчального процесу або набрав з навчальної дисципліни у сумі за змістові частини менше 35-ти балів.

Підсумковий контроль проводиться з метою оцінки результатів навчання на його завершальних етапах. Підсумковий контроль включає залік з даної дисципліни. За результатом підсумкового (семестрового) заліку оцінка, отримана за результатами рубіжного контролю може бути збільшена або залишена без змін. При проведенні підсумкового семестрового контролю, контролюється рівень знань, умінь, навичок, отриманих студентом при вивченні матеріалу змістових циклів. Зміст завдання підсумкового контролю (залікового) визначається робочою програмою навчальної дисципліни. Підсумковий семестровий контроль проводиться переважно у письмовій чи усній тестовій формі після завершення вивчення усіх змістових циклів, передбачених у даному семестрі. Оцінювання підсумкового семестрового контролю здійснюється за 100-бальною шкалою. Критерії оцінювання результату підсумкового контролю передбачають відповідність знань таким діапазнам, як і при підрахунку результатів поточного та контролю змістовних циклів згідно шкали ECTS.

1.2 Тестові завдання для перевірки якості знань студентів

Тема 1 "Основні поняття теорії надійності"

Тест 1.1

Які із зазначених складових має надійність?

- а) Безвідмовність і збереженість.
- б) Безвідмовність і довговічність.
- в) Ремонтпридатність і збереженість.
- г) Безвідмовність, ремонтпридатність і збереженість.
- д) Безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість.

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 1.2

Яка інформація достатньо характеризує відмову автомобіля:

- а) найменування системи або агрегату, що відмовили;
- б) зовнішні прояви відмови;
- в) причина відмови;
- г) спосіб усунення відмови і дані про заміну складальної одиниці і деталі (найменування, кількість та причини заміни);
- д) тривалість пошуку та усунення;
- є) вартість заміненних деталей (нових та відновлених)
- е) напрацювання, при якому виникає відмова?

Варіанти відповідей:

- 1) а, б, в; 2) а, б, в, г; 3) а, б, в, г, д; 4) а, б, в, г, д, є; 5) а, б, в, г, д, є;
- б) Немає жодної правильної відповіді

Тест 1.3

Яка група відмов класифікується за зміною основного параметру об'єкту до їх виникнення:

- а) раптова, поступова;
- б) повна, часткова;
- в) незалежна, залежна;
- г) тривала відмова, збій; яка самоусувається, яка чергується;
- д) очевидна (явна), прихована (неявна)
- є) конструкційна, виробнича, експлуатаційна;
- ж) природна (натуральна); штучна (викликана навмисно);
- з) при випробуванні, відмова періоду припрацювання, відмова періоду нормальної експлуатації, відмова останнього періоду експлуатації (аварійне зношування);
- к) яка усувається; яка не усувається?

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б; 3) в, є; 4) г, з; 5) д, ж, к; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 1.4

Яка група відмов класифікується за наступного використання об'єкту після відмови:

- а) раптова, поступова;
- б) повна, часткова;
- в) незалежна, залежна;
- г) тривала відмова, збій; яка самоусувається, яка чергується;
- д) очевидна (явна), прихована (неявна)
- є) конструкційна, виробнича, експлуатаційна;
- ж) природна (натуральна); штучна (викликана навмисно);
- з) при випробуванні, відмова періоду припрацювання, відмова періоду нормальної експлуатації, відмова останнього періоду експлуатації (аварійне зношування);
- к) яка усувається; яка не усувається?

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б; 3) в, є; 4) г, з; 5) д, ж, к; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 1.5

Яка група відмов класифікується за зв'язком між відмовами:

- а) раптова, поступова;
- б) повна, часткова;
- в) незалежна, залежна;
- г) тривала відмова, збій; яка самоусувається, яка чергується;
- д) очевидна (явна), прихована (неявна)
- є) конструкційна, виробнича, експлуатаційна;
- ж) природна (натуральна); штучна (викликана навмисно);

з) при випробуванні, відмова періоду припрацювання, відмова періоду нормальної експлуатації, відмова останнього періоду експлуатації (аварійне зношування);

к) яка усувається; яка не усувається?

Варіанти відповідей:

1) а, є, д; 2) б; 3) в; 4) г, з; 5) д, ж, к; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 1.6

Яка група відмов класифікується за тривалістю непрацездатності:

а) раптова, поступова;

б) повна, часткова;

в) незалежна, залежна;

г) тривала відмова, збій; яка самоусувається, яка чергується;

д) очевидна (явна), прихована (неявна)

є) конструкційна, виробнича, експлуатаційна;

ж) природна (натуральна); штучна (викликана навмисно);

з) при випробуванні, відмова періоду припрацювання, відмова періоду нормальної експлуатації, відмова останнього періоду експлуатації (аварійне зношування);

к) яка усувається; яка не усувається?

Варіанти відповідей:

1) а, є, д; 2) б, з; 3) ; 4) г; 5) д, ж, к; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 1.7

Яка група відмов класифікується за наявністю зовнішніх проявів:

а) раптова, поступова;

б) повна, часткова;

в) незалежна, залежна;

г) тривала відмова, збій; яка самоусувається, яка чергується;

д) очевидна (явна), прихована (неявна)

є) конструкційна, виробнича, експлуатаційна;

ж) природна (натуральна); штучна (викликана навмисно);

з) при випробуванні, відмова періоду припрацювання, відмова періоду нормальної експлуатації, відмова останнього періоду експлуатації (аварійне зношування);

к) яка усувається; яка не усувається?

Варіанти відповідей:

1) а, є, д; 2) б; 3) в, к; 4) г, з, ж; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 1.8

Яка група відмов класифікується за причиною виникнення:

а) раптова, поступова;

б) повна, часткова;

в) незалежна, залежна;

г) тривала відмова, збій; яка самоусувається, яка чергується;

д) очевидна (явна), прихована (неявна)

є) конструкційна, виробнича, експлуатаційна;

ж) природна (натуральна); штучна (викликана навмисно);

з) при випробуванні, відмова періоду припрацювання, відмова періоду нормальної експлуатації, відмова останнього періоду експлуатації (аварійне зношування);

к) яка усувається; яка не усувається?

Варіанти відповідей:

1) є; 2) а, б; 3) в, к; 4) г, з, ж; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 1.9

Яка група відмов класифікується за походженням:

а) раптова, поступова;

б) повна, часткова;

в) незалежна, залежна;

- г) тривала відмова, збій; яка самоусувається, яка чергується;
- д) очевидна (явна), прихована (неявна)
- є) конструкційна, виробнича, експлуатаційна;
- ж) природна (натуральна); штучна (викликана навмисно);
- з) при випробуванні, відмова періоду припрацювання, відмова періоду нормальної експлуатації, відмова останнього періоду експлуатації (аварійне зношування);
- к) усувається; яка не усувається?

Варіанти відповідей:

- 1)є; 2) а, б; 3) в, к; 4) ж; 5) д, з, г; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 1.10

Яка група відмов класифікується за часом виникнення:

- а) раптова, поступова;
- б) повна, часткова;
- в) незалежна, залежна;
- г) тривала відмова, збій; яка самоусувається, яка чергується;
- д) очевидна (явна), прихована (неявна)
- є) конструкційна, виробнича, експлуатаційна;
- ж) природна (натуральна); штучна (викликана навмисно);
- з) при випробуванні, відмова періоду припрацювання, відмова періоду нормальної експлуатації, відмова останнього періоду експлуатації (аварійне зношування);
- к) яка усувається; яка не усувається?

Варіанти відповідей:

- 1)є; 2) а, б; 3) в, к; 4) з; 5) д, г, ж; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 1.11

Яка група відмов класифікується за можливістю усунення:

- а) раптова, поступова;

- б) повна, часткова;
- в) незалежна, залежна;
- г) тривала відмова, збій; яка самоусувається, яка чергується;
- д) очевидна (явна), прихована (неявна)
- є) конструкційна, виробнича, експлуатаційна;
- ж) природна (натуральна); штучна (викликана навмисно);
- з) при випробуванні, відмова періоду припрацювання, відмова періоду нормальної експлуатації, відмова останнього періоду експлуатації (аварійне зношування);
- к) яка усувається; яка не усувається?

Варіанти відповідей:

- 1) є; 2) а, б; 3) в, д; 4) г, з, ж; 5) к; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тема 2 "Інженерно-фізичні основи теорії надійності"

Тест 2.1

Які з процесів можна віднести до необоротних?

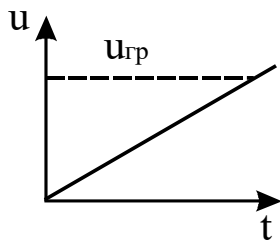
- а) Зношування, втома, пружна деформація, корозія.
- б) Зношування, втома, корозія, старіння.
- в) Зношування, пружна деформація, корозія, старіння.
- г) Втома, пружна деформація, корозія, старіння.
- д) Зношування, пружна деформація, втома, корозія, старіння,

Варіанти відповідей:

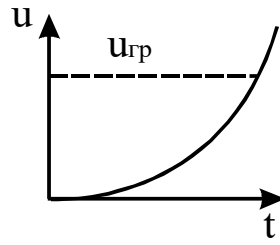
- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 2.2

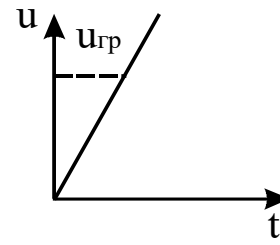
На рисунках надано графічну інтерпретацію критеріїв граничного зносу деталей та їх сполучень:



а)



б)



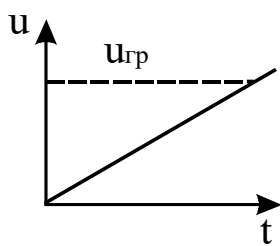
в)

Який з випадків характеризує той факт, що в результаті зносу автомобіль не може більше функціонувати? Варіанти відповідей:

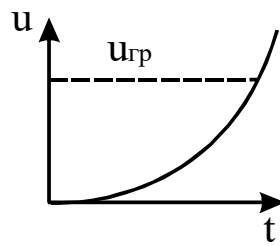
- 1) а; 2) б; 3) в; 4) а, в; 5) а, б; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 2.3

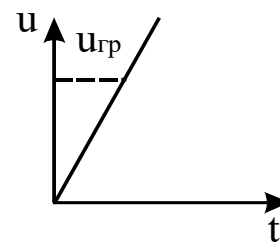
На рисунках надано графічну інтерпретацію критеріїв граничного зносу деталей та їх сполучень:



а)



б)



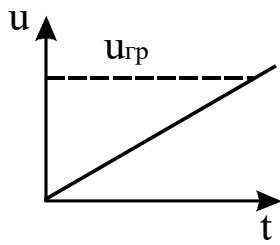
в)

Який з випадків характеризує той факт, що знос приводить до потрапляння в зону інтенсивного виходу з ладу автомобіля та його деталей? Варіанти відповідей:

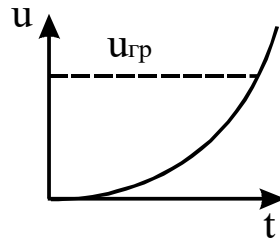
- 1) а; 2) б; 3) в; 4) а, в; 5) а, б; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 2.4

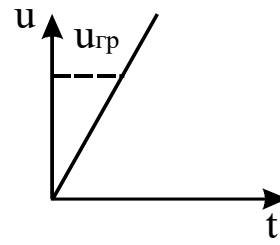
На рисунках дано графічну інтерпретацію критеріїв граничного зносу деталей та їх сполучень:



а)



б)



в)

Який з випадків характеризує той факт, що через знос характеристики автомобіля виходять за допустимі або запропоновані межі? Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) а, в; 5) а, б; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 2.5

Якщо граничний зазор у з'єднанні деталей не можна збільшити і за умовами роботи з'єднання одна з деталей має більший ресурс і граничний знос (без небезпеки аварії), то при ремонті автомобіля працездатність з'єднання відновлюють:

- а) замінюючи деталь, що має підвищені граничні й допустимі зноси;
- б) замінюючи деталь, що має низькі граничний й допустимі зноси;
- в) замінюються обидві деталі;
- г) працездатність з'єднання не можна відновити заміною деталей?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) а, б; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 2.6

За класифікацією І.В. Крагельського існує п'ять видів фрикційних зв'язків щодо взаємодії поверхонь сполучених деталей:

- а) мікрорізання ($\frac{h}{R} > 0,1$ для незмащених поверхонь, $\frac{h}{R} > 0,2...0,3$ для змащених поверхонь);
- б) пластичне відтискування ($\frac{h}{R} < 0,1$);

в) на контактуючих поверхнях здійснюється взаємодія в умовах пружної деформації ($\frac{h}{R} < 0,01$);

г) виникає адгезійне взаємодія плівки, яка вкриває поверхню тертя деталей ($\frac{d\tau}{dh} > 0$ – позитивний градієнт механічних властивостей);

д) здійснюється захоплення поверхонь, яке супроводжується глибинним "вириванням" матеріалу менш міцної поверхні.

Які види фрикційних зв'язків характеризують механічну взаємодію мікрорізців? Варіанти відповідей:

1) а, б, в; 2) г, д; 3) а, б, в; 4) б, в, г; 5) а, б, в, г, д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 2.7

За класифікацією І.В. Крагельського існує п'ять видів фрикційних зв'язків щодо взаємодії поверхонь сполучених деталей:

а) мікрорізання ($\frac{h}{R} > 0,1$ для незмащених поверхонь, $\frac{h}{R} > 0,2...0,3$ для змащених поверхонь);

б) пластичне відтискування ($\frac{h}{R} < 0,1$);

в) на контактуючих поверхнях здійснюється взаємодія в умовах пружної деформації ($\frac{h}{R} < 0,01$);

г) виникає адгезійне взаємодія плівки, яка вкриває поверхню тертя деталей ($\frac{d\tau}{dh} > 0$ – позитивний градієнт механічних властивостей);

д) здійснюється захоплення поверхонь, яке супроводжується глибинним "вириванням" матеріалу менш міцної поверхні.

Які види фрикційних зв'язків характеризують молекулярну взаємодію мікрорізців? Варіанти відповідей:

1) а, б, в; 2) г, д; 3) а, б, в; 4) б, в, г; 5) а, б, в, г, д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 2.8

За яким виразом розраховується лінійна інтенсивність зношування:

а) $I = \frac{\Delta h}{L_T}$;

б) $I = \frac{\Delta V}{L_T A_T}$;

в) $I = \frac{\Delta M}{\rho L_T A_T}$;

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) а, б; 5) а, в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 2.9

За яким виразом розраховується об'ємна інтенсивність зношування:

а) $I = \frac{\Delta h}{L_T}$;

б) $I = \frac{\Delta V}{L_T A_T}$;

в) $I = \frac{\Delta M}{\rho L_T A_T}$;

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) а, б; 5) а, в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 2.10

За яким виразом розраховується масова інтенсивність зношування

а) $I = \frac{\Delta h}{L_T}$;

б) $I = \frac{\Delta V}{L_T A_T}$;

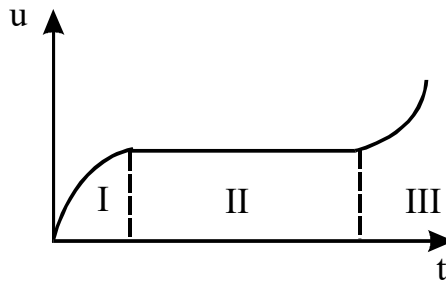
в) $I = \frac{\Delta M}{\rho L_T A_T}$?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) а, в; 5) а, б; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 2.11

Яка стадія (період) залежності зношування від тривалості напрацювання є стабільною?

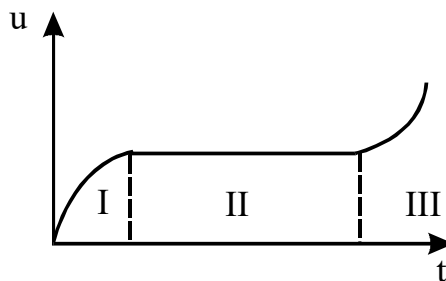


Варіанти відповідей:

- 1) I; 2) II; 3) III; 4) I, III; 5) II, III; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 2.12

Яка стадія (період) залежності зношування від тривалості напрацювання є нестабільною?



Варіанти відповідей:

- 1) I; 2) II; 3) III; 4) I, III; 5) II, III; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 2.13

Які основні характеристики циклічного навантаження необхідні для опису несиметричного циклу:

- а) період циклу;
- б) максимальні і мінімальні напруження;
- в) коефіцієнт асиметрії циклу;
- г) знак напруження?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) а, б, в, г; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тема 3 "Математичні основи теорії надійності"

Тест 3.1

Який з наведених законів розподілу є двопараметричним?

- а) Експоненціальний.
- б) Нормальний.
- в) Вейбулла-Гнеденка.
- г) Експоненціальний і нормальний.
- д) Експоненціальний, нормальний, Вейбулла-Гнеденка.

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.2

Який чи які з наведених розподілів є однопараметричними?

- 1) Експоненціальний.
- 2) Нормальний.
- 3) Вейбулла-Гнеденка.
- 4) Експоненціальний і нормальний.
- 5) Експоненціальний, нормальний, Вейбулла-Гнеденка.

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.3

Які з наведених розподілів є трипараметричними?

- а) Експоненціальний.
- б) Нормальний.
- в) Вейбулла-Гнеденка.
- г) Експоненціальний і нормальний.
- д) Експоненціальний, нормальний, Вейбулла-Гнеденка.

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.4

Наведені найбільш поширені в надійності наступні функції розподілу в диференціальній формі:

$$\text{а) } f(x) = \frac{b}{a} \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{a}\right)^b\right);$$

$$\text{б) } f(x) = \frac{x}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right);$$

$$\text{в) } f(x) = \frac{x}{\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma}\right);$$

$$\text{г) } f(x) = \lambda \exp(-\lambda x);$$

$$\text{д) } f(x) = \frac{x^{m-1}}{2^m \Gamma_m} \exp\left(-\frac{x}{2}\right).$$

Вкажіть гамма-розподіл. Варіанти відповідей:

1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.5

Наведені найбільш поширені в надійності наступні функції розподілу в диференціальній формі:

$$\text{а) } f(x) = \frac{b}{a} \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{a}\right)^b\right);$$

$$\text{б) } f(x) = \frac{x}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right);$$

$$\text{в) } f(x) = \frac{x}{\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma}\right);$$

$$\text{г) } f(x) = \lambda \exp(-\lambda x);$$

$$\text{д) } f(x) = \frac{x^{m-1}}{2^m \Gamma_m} \exp\left(-\frac{x}{2}\right).$$

Вкажіть функцію розподілу Вейбулла-Гнеденка. Варіанти відповідей:

1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.6

Наведені найбільш поширені в надійності наступні функції розподілу в диференціальній формі:

$$\text{а) } f(x) = \frac{b}{a} \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{a}\right)^b\right);$$

$$\text{б) } f(x) = \frac{x}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right);$$

$$\text{в) } f(x) = \frac{x}{\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma}\right);$$

$$\text{г) } f(x) = \lambda \exp(-\lambda x);$$

$$\text{д) } f(x) = \frac{x^{m-1}}{2^m \Gamma_m} \exp\left(-\frac{x}{2}\right).$$

Вкажіть функцію нормального розподілу (Гаусса). Варіанти відповідей:

- 1) а 2) б 3) в 4) г 5) д 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.7

Наведені найбільш поширені в надійності наступні функції розподілу в диференціальній формі:

$$\text{а) } f(x) = \frac{b}{a} \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{a}\right)^b\right);$$

$$\text{б) } f(x) = \frac{x}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right);$$

$$\text{в) } f(x) = \frac{x}{\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma}\right);$$

$$\text{г) } f(x) = \lambda \exp(-\lambda x);$$

$$\text{д) } f(x) = \frac{x^{m-1}}{2^m \Gamma_m} \exp\left(-\frac{x}{2}\right).$$

Вкажіть функцію розподілу Реллея. Варіанти відповідей:

- 1) а 2) б 3) в 4) г 5) д 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.8

Наведені найбільш поширені в надійності наступні функції розподілу в диференціальній формі:

а) $f(x) = \frac{b}{a} \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{a}\right)^b\right);$

б) $f(x) = \frac{x}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right);$

в) $f(x) = \frac{x}{\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma}\right);$

г) $f(x) = \lambda \exp(-\lambda x);$

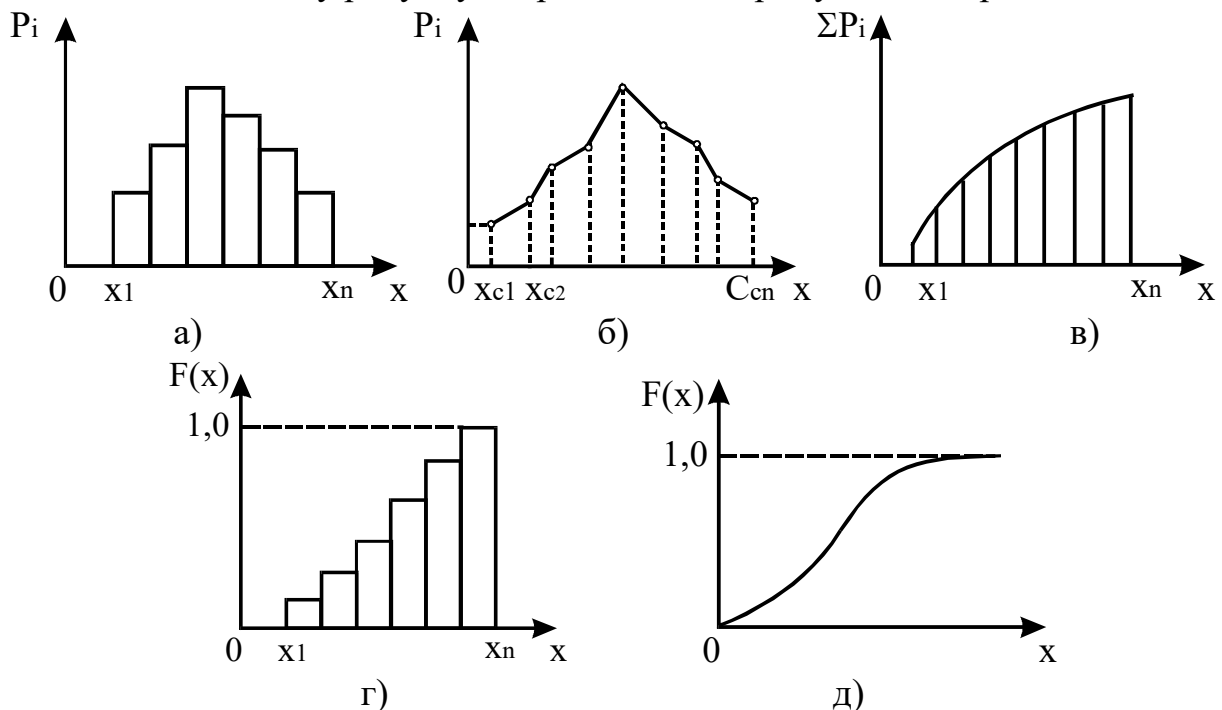
д) $f(x) = \frac{x^{m-1}}{2^m \Gamma_m} \exp\left(-\frac{x}{2}\right).$

Вкажіть функцію експоненціального розподілу. Варіанти відповідей:

- 1) а 2) б 3) в 4) г 5) д 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.9

Вкажіть на якому рисунку зображено гістограму для неперевних величин?

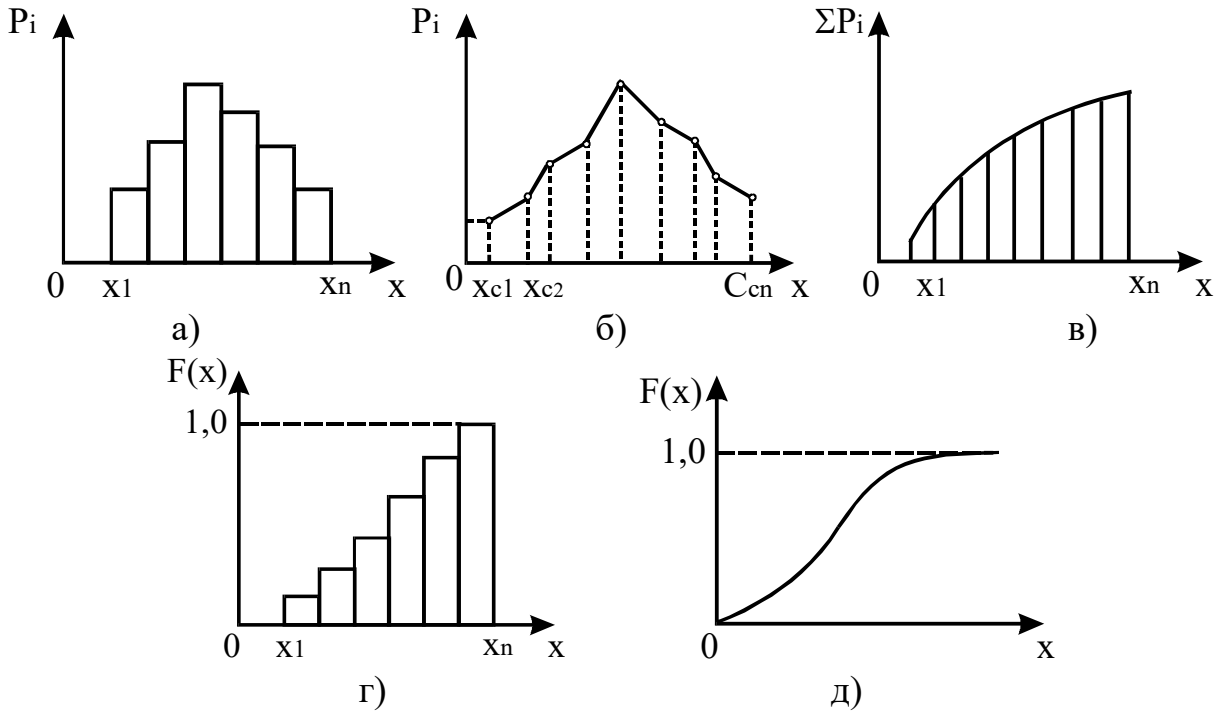


Варіанти відповідей:

- 1) б; 2) а; 3) д; 4) г; 5) в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.10

Вкажіть на якому рисунку зображено полігон для дискретних величин?

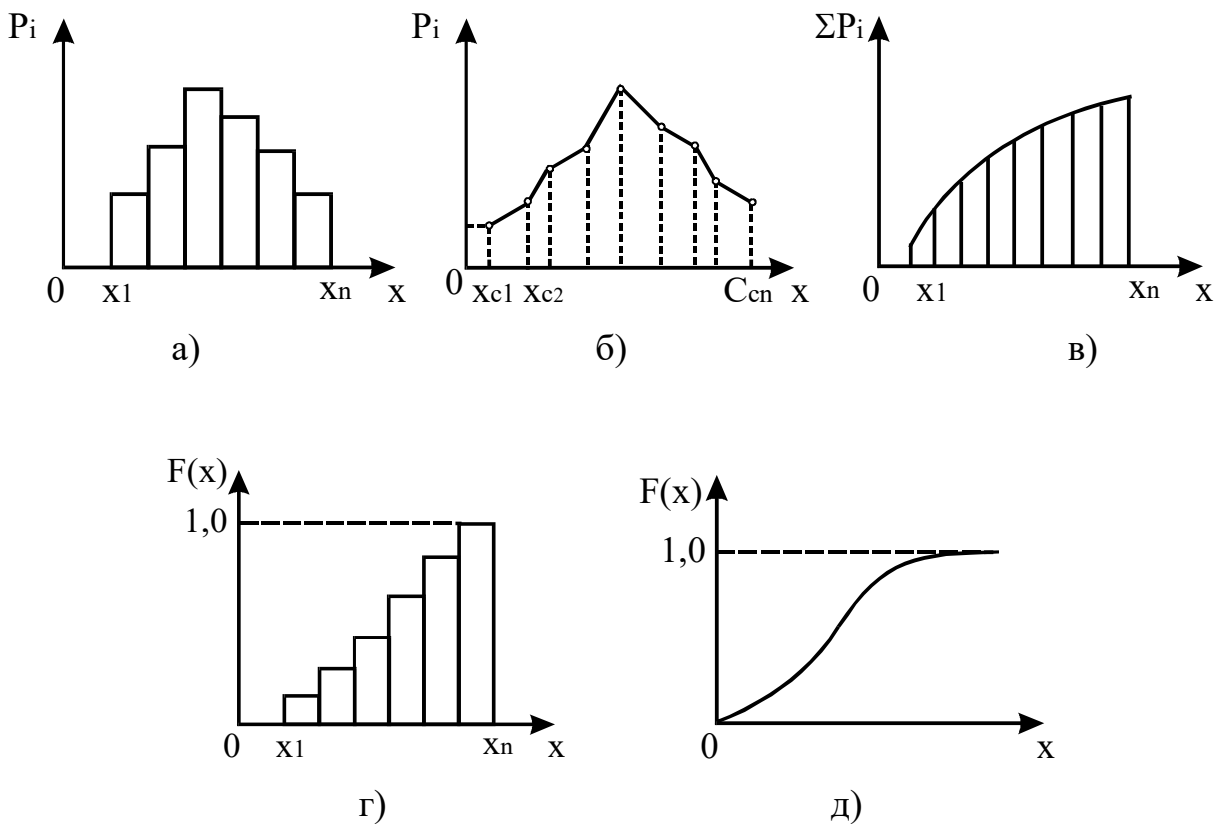


Варіанти відповідей:

- 1) б; 2) а; 3) д; 4) г; 5) в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.11

Вкажіть на якому рисунку зображено кумуляту (накопичену імовірність)?

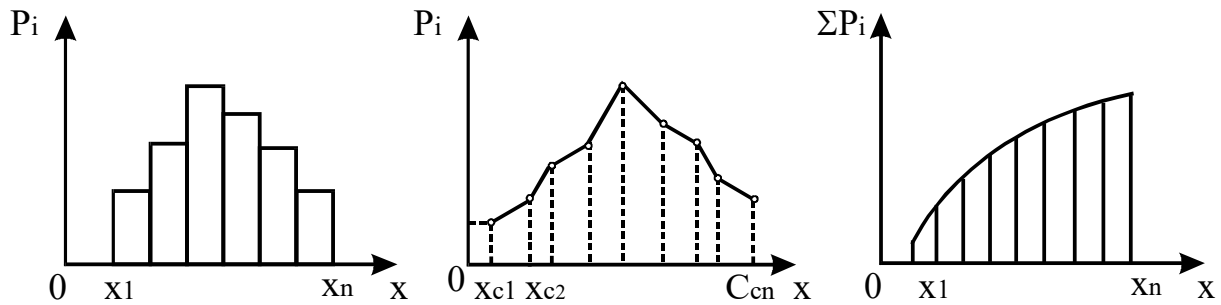


Варіанти відповідей:

- 1) б; 2) а; 3) д; 4) г; 5) в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.12

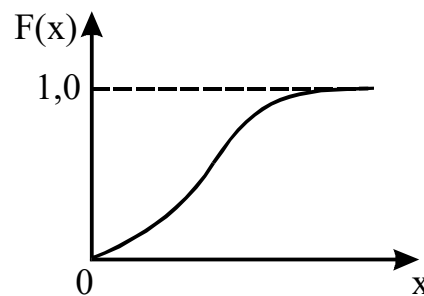
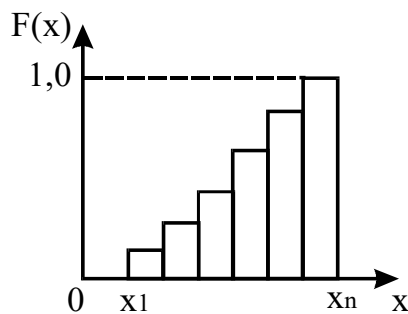
Вкажіть на якому рисунку зображено розподіл дискретної випадкової величини?



а)

б)

в)



г)

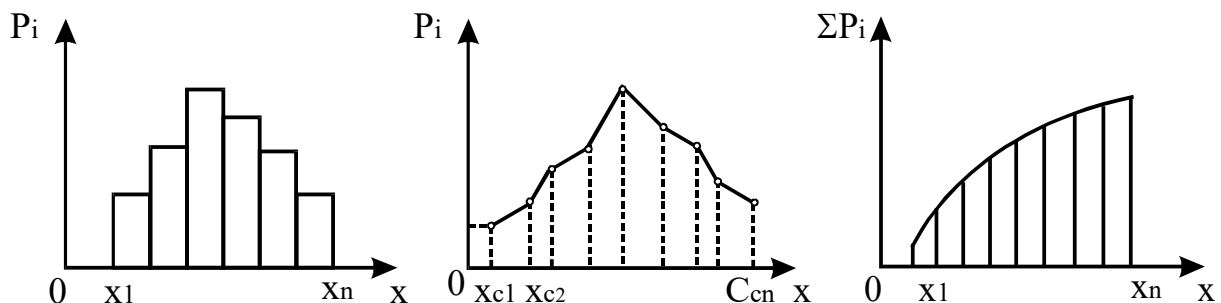
д)

Варіанти відповідей:

- 1) б; 2) а; 3) д; 4) г; 5) в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.13

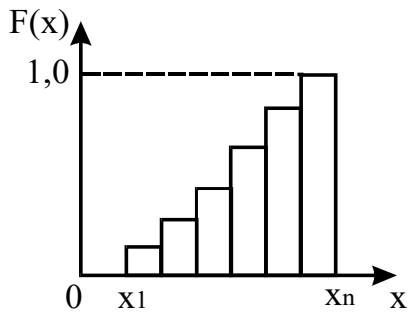
Вкажіть на якому рисунку зображено розподіл неперервної випадкової величини?



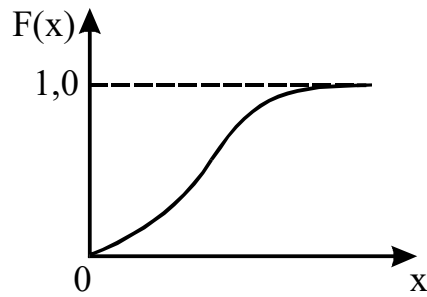
а)

б)

в)



г)



д)

Варіанти відповідей:

- 1) б; 2) а; 3) д; 4) г; 5) в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.14

Які статистичні характеристики відносяться до середніх:

- а) середня арифметична проста;
- б) середня арифметична зважена;
- в) мода;
- г) медіана;
- д) дисперсія;
- є) середнє квадратичне відхилення;
- е) коефіцієнт варіації?

Варіанти відповідей:

- 1) а, б, в, г; 2) д, є, е; 3) а, д, є; 4) г, в; 5) в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.15

Які статистичні характеристики відносяться до характеристик розсіювання:

- а) середня арифметична проста;
- б) середня арифметична зважена;
- в) мода;
- г) медіана;
- д) дисперсія;
- є) середнє квадратичне відхилення;

е) коефіцієнт варіації?

Варіанти відповідей:

1) а, б, в, г; 2) д, е, є; 3) а, д, є; 4) г, в; 5) в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.16

Які властивості притаманні інтегральній функції розподілу:

а) $F(-\infty) = 0, F(\infty) = 1, 0 \leq F(x) \leq 1;$

б) $F(x_1 \leq x \leq x_2) = F(x_2) - F(x_1);$

в) $f(x) \geq 0;$

г) $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1;$

д) $\int_{-\infty}^x f(x) dx = F(x)?$

Варіанти відповідей:

1) а, б, в; 2) в, г, д; 3) а, д, є; 4) г, в; 5) в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.17

Які властивості притаманні диференціальній функції розподілу:

а) $F(-\infty) = 0, F(\infty) = 1, 0 \leq F(x) \leq 1;$

б) $F(x_1 \leq x \leq x_2) = F(x_2) - F(x_1);$

в) $f(x) \geq 0;$

г) $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1;$

д) $\int_{-\infty}^x f(x) dx = F(x)?$

Варіанти відповідей:

1) а, б, в; 2) в, г, д; 3) а, д; 4) г, в; 5) в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.18

Які вирази характеризують випадкові дискретні величини:

$$\text{а) } D(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 P_i;$$

$$\text{б) } D(x) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^2 f(x) dx;$$

$$\text{в) } \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 P_i};$$

$$\text{г) } \sigma = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} (x_i - \bar{x})^2 f(x) dx}?$$

Варіанти відповідей:

- 1) а, в; 2) б, г; 3) а, б; 4) г, в; 5) в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 3.19

Які вирази характеризують неперевні випадкові величини:

$$\text{а) } D(x) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 P_i;$$

$$\text{б) } D(x) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^2 f(x) dx;$$

$$\text{в) } \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 P_i};$$

$$\text{г) } \sigma = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} (x_i - \bar{x})^2 f(x) dx}?$$

Варіанти відповідей:

- 1) а, в; 2) б, г; 3) а, б; 4) г, в; 5) в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тема 4 "Показники надійності автомобільної техніки"

Тест 4.1

Які із зазначених груп показників надійності відносяться до показників довговічності:

а) ймовірність безвідмовної роботи; ймовірність відмови, потік відмов; напрацювання на відмову;

б) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби;

в) ймовірність відновлення у зазначений час; середній час відновлення;

г) середній строк збереженості; гамма процентний строк збереженості;

д) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби; ймовірність безвідмовної роботи?

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 4.2

Які із зазначених груп показників надійності відносяться до показників безвідмовності:

а) ймовірність безвідмовної роботи; ймовірність відмови, потік відмов; напрацювання на відмову;

б) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби;

в) ймовірність відновлення у зазначений час; середній час відновлення;

г) середній строк збереженості; гамма процентний строк збереженості;

д) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби; ймовірність безвідмовної роботи?

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 4.3

Які із зазначених груп показників надійності відносяться до показників ремонтпридатності:

а) ймовірність безвідмовної роботи; ймовірність відмови, потік відмов; напрацювання на відмову;

б) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби;

в) ймовірність відновлення у зазначений час;

г) середній строк збереженості; гамма процентний строк збереженості;

д) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби; ймовірність безвідмовної роботи?

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 4.4

Які із зазначених груп показників надійності відносяться до показників збереженості:

а) ймовірність безвідмовної роботи; ймовірність відмови, потік відмов; напрацювання на відмову;

б) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби;

в) ймовірність відновлення у зазначений час;

г) середній строк збереженості; гамма процентний строк збереженості;

д) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби; ймовірність безвідмовної роботи?

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 4.5

Які із зазначених груп показників відносяться до комплексних показників:

а) ймовірність безвідмовної роботи; ймовірність відмови, потік відмов; напрацювання на відмову;

б) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби;

в) коефіцієнт готовності; коефіцієнт технічного використання; коефіцієнт оперативної готовності; коефіцієнт відновлення ресурсу; середня сумарна трудомісткість ТО; середня трудомісткість ремонту; середня сумарна вартість ТО (Р);

г) середній строк збереженості; гамма процентний строк збереженості;

д) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби; ймовірність безвідмовної роботи?

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 4.6

Які із зазначених груп показників відносяться до одиничних показників:

а) ймовірність безвідмовної роботи; ймовірність відмови, потік відмов; напрацювання на відмову;

б) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби;

в) коефіцієнт готовності; коефіцієнт технічного використання; коефіцієнт оперативної готовності; коефіцієнт відновлення ресурсу; середня сумарна трудомісткість ТО; середня трудомісткість ремонту; середня сумарна вартість ТО (Р);

г) середній строк збереженості; гамма процентний строк збереженості;
д) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби; ймовірність безвідмовної роботи?

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 4.7

Які із показників характеризують загальну технічну досконалість конструкцій автомобілів, у тому числі й конструктивні рішення:

а) коефіцієнт застосовності конструктивних елементів; коефіцієнт уніфікації; коефіцієнт конструктивної послідовності; коефіцієнт взаємозамінності; коефіцієнт кратності обслуговування та строків служби конструктивних елементів; коефіцієнт загальної контролепридатності;

б) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби;

в) ймовірність відновлення у зазначений час; середній час відновлення;

г) середній строк збереженості; гамма процентний строк збереженості;

д) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби; ймовірність безвідмовної роботи?

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 4.8

Які із зазначених показників характеризують пристосованість конструкції автомобілів до профілактичних і відновлювальних робіт:

- а) середній строк збереженості; гамма процентний строк збереженості;
- б) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби;
- в) ймовірність відновлення у зазначений час; середній час відновлення;
- г) коефіцієнт зручності поз; коефіцієнт доступності; коефіцієнт маси демонтованих складальних одиниць;
- д) середній ресурс, призначений ресурс; середній ресурс до ремонту, середній ресурс між ремонтами; гамма-процентний ресурс, гамма-процентний строк служби; ймовірність безвідмовної роботи?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 4.9

Вкажіть вираз для визначення ймовірності безвідмовної роботи системи із послідовним з'єднанням елементів:

- а) $P(t) = P_1, P_2, \dots, P_n$;
- б) $P(t) = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_n)$;
- в) $Q(t) = q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_n$;
- г) $Q(t) = 1 - (1 - q_1)(1 - q_2) \dots (1 - q_n)$?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) а, в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 4.10

Вкажіть вираз для визначення ймовірності відмови системи із послідовним з'єднанням елементів:

- а) $P(t) = P_1, P_2, \dots, P_n$;
- б) $P(t) = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_n)$;

в) $Q(t) = q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_n$;

г) $Q(t) = 1 - (1 - q_1)(1 - q_2) \dots (1 - q_n)$?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) а, в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 4.11

Вкажіть вираз для визначення ймовірності безвідмовності роботи системи із послідовним з'єднанням елементів:

а) $P(t) = P_1, P_2, \dots, P_n$;

б) $P(t) = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_n)$;

в) $Q(t) = q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_n$;

г) $Q(t) = 1 - (1 - q_1)(1 - q_2) \dots (1 - q_n)$?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) а, в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 4.12

Вкажіть вираз для визначення ймовірності безвідмовності роботи системи із паралельним з'єднанням елементів:

а) $P(t) = P_1, P_2, \dots, P_n$;

б) $P(t) = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_n)$;

в) $Q(t) = q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_n$;

г) $Q(t) = 1 - (1 - q_1)(1 - q_2) \dots (1 - q_n)$?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) г; 5) а, в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тема 5 "Випробування автомобілів на надійність"

Тест 5.1

Які із зазначених планів випробувань регламентованих ДСТУ, набули найбільшого розповсюдження при випробуваннях автомобільної техніки:

- а) [NUN];

- б) [NUT];
- в) [NUr];
- г) [NRT];
- д) [NRr]?

Варіанти відповідей:

- 1) а, б 2) в, г 3) г, д 4) а, б, в 5) в, г, д 6) немає жодної правильної відповіді

Тест 5.2

Які із планів випробувань на надійність є одноразово усіченими спостереженнями:

- а) [NUT];
- б) [NUr];
- в) [NRT];
- г) [NRT_i];
- д) [NUT_i]?

Варіанти відповідей:

- 1) а, б 2) в, г 3) в, г, д 4) а, б, в 5) а, б, в, г, д 6) немає жодної правильної відповіді

Тест 5.3

Які з планів випробувань на надійність є багаторазово усіченими спостереженнями:

- а) [NUT];
- б) [NUr];
- в) [NRT];
- г) [NRT_i];
- д) [NUT_i]?

Варіанти відповідей:

- 1) а, б; 2) в, г, д; 3) а, б, в, г, д; 4) а, б, в, г; 5) а, б, в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.4

Для розрахунку мінімального обсягу випробувань для плану NUN використовують вихідні дані:

- а) відносну помилку оцінки показника надійності $\delta = \{0,05; 0,10; 0,15; 0,20\}$;
- б) надійну імовірність оцінки показника $\gamma = \{0,080; 0,90; 0,95; 0,99\}$;
- в) передбачуваний коефіцієнт варіації показника надійності (до першого капітального ремонту $V = 0,3 \dots 0,4$; між капітальними ремонтами $V = 0,6 \dots 0,8$).

Які саме дані необхідно використати?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б; 3) в; 4) а, б; 5) а, б, в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.5

Яка група випробувань класифікується за призначенням:

- а) дослідні, контрольні, порівняльні, визначальні;
- б) державні, міжвідомчі, відомчі;
- в) доводочні, попередні, приймальні;
- г) кваліфікаційні, пред'явлені, приймально-здавальні, періодичні, інспекційні, типові, атестаційні, сертифікаційні;
- д) безвідмовність, довговічність, збереженість, ремонтпридатність;
- є) лабораторні, стендові, полігонні, експлуатаційні;
- е) нормальні, скорочені, прискорені?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б, в; 3) в, є; 4) г, е; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.6

Яка група випробувань класифікується за рівнем проведення:

- а) дослідні, контрольні, порівняльні, визначальні;
- б) державні, міжвідомчі, відомчі;
- в) доводочні, попередні, приймальні;
- г) кваліфікаційні, пред'явлені, приймально-здавальні, періодичні, інспекційні, типові, атестаційні, сертифікаційні;
- д) безвідмовність, довговічність, збереженість, ремонтпридатність;

є) лабораторні, стендові, полігонні, експлуатаційні;

е) нормальні, скорочені, прискорені?

Варіанти відповідей:

1) а, в; 2) б; 3) в, є; 4) г, е; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.7

Яка група випробувань класифікується за стадією розробки:

а) дослідні, контрольні, порівняльні, визначальні;

б) державні, міжвідомчі, відомчі;

в) доводочні, попередні, приймальні;

г) кваліфікаційні, пред'явлені, приймально-здавальні, періодичні, інспекційні, типові, атестаційні, сертифікаційні;

д) безвідмовність, довговічність, збереженість, ремонтпридатність;

є) лабораторні, стендові, полігонні, експлуатаційні;

е) нормальні, скорочені, прискорені?

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б, в; 3) в; 4) г, е; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.8

Яка група випробувань класифікується за стадією виробництва:

а) дослідні, контрольні, порівняльні, визначальні;

б) державні, міжвідомчі, відомчі;

в) доводочні, попередні, приймальні;

г) кваліфікаційні, пред'явлені, приймально-здавальні, періодичні, інспекційні, типові, атестаційні, сертифікаційні;

д) безвідмовність, довговічність, збереженість, ремонтпридатність;

є) лабораторні, стендові, полігонні, експлуатаційні;

е) нормальні, скорочені, прискорені?

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б, в; 3) в; 4) г; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.9

Яка група випробувань класифікується за властивостями, які контролюються:

- а) дослідні, контрольні, порівняльні, визначальні;
- б) державні, міжвідомчі, відомчі;
- в) доводочні, попередні, приймальні;
- г) кваліфікаційні, пред'явлені, приймально-здавальні, періодичні, інспекційні, типові, атестаційні, сертифікаційні;
- д) безвідмовність, довговічність, збереженість, ремонтпридатність;
- є) лабораторні, стендові, полігонні, експлуатаційні;
- е) нормальні, скорочені, прискорені?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б, в; 3) в, є; 4) г, е; 5) д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.10

Яка група випробувань класифікується за місцем проведення:

- а) дослідні, контрольні, порівняльні, визначальні;
- б) державні, міжвідомчі, відомчі;
- в) доводочні, попередні, приймальні;
- г) кваліфікаційні, пред'явлені, приймально-здавальні, періодичні, інспекційні, типові, атестаційні, сертифікаційні;
- д) безвідмовність, довговічність, збереженість, ремонтпридатність;
- є) лабораторні, стендові, полігонні, експлуатаційні;
- е) нормальні, скорочені, прискорені?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б, в; 3) в, є; 4) г, е; 5) є; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.11

Яка група випробувань класифікується за тривалістю:

- а) дослідні, контрольні, порівняльні, визначальні;
- б) державні, міжвідомчі, відомчі;

- в) доводочні, попередні, приймальні;
- г) кваліфікаційні, пред'явлені, приймально-здавальні, періодичні, інспекційні, типові, атестаційні, сертифікаційні;
- д) безвідмовність, довговічність, збереженість, ремонтпридатність;
- є) лабораторні, стендові, полігонні, експлуатаційні;
- е) нормальні, скорочені, прискорені?

Варіанти відповідей:

- 1) е; 2) б, в; 3) в, є; 4) г, е, д; 5) е; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.12

При випробуваннях автомобілів на надійність можуть застосовуватися такі режими випробувань:

- I – які відтворюють режими експлуатації без будь-яких або суттєвих змін;
- II – з підвищеною частотою робочого циклу;
- III – які виключають дії і суттєво не впливають на надійність виробу;
- IV – на комбінованих режимах;
- V – на умовних режимах, які відрізняються від експлуатаційних, але еквівалентні їм за руйнуючою дією;
- VI – на режимах важчих за експлуатаційні.

Які режими випробувань рекомендують для спеціальних автомобілів з невеликим середньорічним напрацюванням і коротким строком сезонних робіт?

Варіанти відповідей:

- 1) I; 2) II; 3) III, VI; 4) IV; 5) V, II; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.13

При випробуваннях машин на надійність можуть застосовуватися такі режими випробувань:

- I – які відтворюють режими експлуатації без будь-яких або суттєвих змін;

II – з підвищеною частотою робочого циклу;

III – які виключають дії і суттєво не впливають на надійність виробу;

IV – на комбінованих режимах;

V – на умовних режимах, які відрізняються від експлуатаційних, але еквівалентні їм за руйнуючою дією;

VI – на режимах важчих за експлуатаційні.

Які режими випробувань при проведенні скорочених (прискорених) випробувань без інтенсифікації процесів, що обумовлюють відмови і руйнування їх складових? Варіанти відповідей:

1) I; 2) II; 3) III, VI; 4) IV; 5) V, II; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.14

При випробуваннях автомобілів на надійність можуть застосовуватися такі режими випробувань:

I – які відтворюють режими експлуатації без будь-яких або суттєвих змін;

II – з підвищеною частотою робочого циклу;

III – які виключають дії і суттєво не впливають на надійність виробу;

IV – на комбінованих режимах;

V – на умовних режимах, які відрізняються від експлуатаційних, але еквівалентні їм за руйнуючою дією;

VI – на режимах важчих за експлуатаційні.

Які режими випробувань відтворюють найбільшу руйнівну дію на випробувальні елементи?

Варіанти відповідей:

1) I; 2) II; 3) III, VI; 4) IV; 5) V, II; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.15

При випробуваннях автомобілів на надійність можуть застосовуватися такі режими випробувань:

I – які відтворюють режими експлуатації без будь-яких або суттєвих змін;

II – з підвищеною частотою робочого циклу;

III – які виключають дії і суттєво не впливають на надійність виробу;

IV – на комбінованих режимах;

V – на умовних режимах, які відрізняються від експлуатаційних, але еквівалентні їм за руйнуючою дією;

VI – на режимах важчих за експлуатаційні.

Які режими при випробуванні на втомленість, коли вилучають навантаження, які обумовлюють виникнення напружень не вище 0,5...0,7 від границі їх витривалості?

Варіанти відповідей:

1) I; 2) II; 3) III, VI; 4) IV; 5) V, II; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.16

При випробуваннях автомобілів на надійність можуть застосовуватися такі режими випробувань:

I – які відтворюють режими експлуатації без будь-яких або суттєвих змін;

II – з підвищеною частотою робочого циклу;

III – які виключають дії і суттєво не впливають на надійність виробу;

IV – на комбінованих режимах;

V – на умовних режимах, які відрізняються від експлуатаційних, але еквівалентні їм за руйнуючою дією;

VI – на режимах важчих за експлуатаційні.

Які режими випробувань коли вибрана частина спектрів експлуатаційних навантажень відтворюється, як цикли з рядом ступеней навантаження, що відрізняється від експлуатаційних, але ушкодження еквівалентні?

Варіанти відповідей:

1) I; 2) II, VI; 3) III; 4) IV, VI; 5) V; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 5.17

При випробуваннях машин на надійність можуть застосовуватися такі режими випробувань:

I – які відтворюють режими експлуатації без будь-яких або суттєвих змін;

II – з підвищеною частотою робочого циклу;

III – які виключають дії і суттєво не впливають на надійність виробу;

IV – на комбінованих режимах;

V – на умовних режимах, які відрізняються від експлуатаційних, але еквівалентні їм за руйнуючою дією;

VI – на режимах важчих за експлуатаційні.

Які режими випробування на утому в умовах, наближених до граничних?

Варіанти відповідей:

1) I, II; 2) VI; 3) III; 4) IV; 5) V, II; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тема 6 "Основні напрямки забезпечення і підвищення надійності та ремонтпридатності автомобілів"

Тест 6.1

Відомо, що існує три основні стратегії вирішення проблеми технічного обслуговування і ремонту (ТОР):

I – за потребою після відмови;

II – регламентовані залежно від напрацювання (строку служби);

III – за станом, результатами періодичного діагностування та контролю.

При ТОР складної машини (автомобіля) у цілому використовують кілька стратегій. Яка стратегія здійснюється при заміні мастила у двигуні?

Варіанти відповідей:

1) I; 2) II; 3) III; 4) I, II; 5) II, III; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.2

Відомо, що існує три основні стратегії вирішення ТОР:

I – за потребою після відмови;

II – регламентовані залежно від напрацювання (строку служби);

III – за станом, результатами періодичного діагностування та контролю.

При ТОР складної машини (автомобіля) у цілому використовують кілька стратегій. Яка стратегія здійснюється при заміні циліндро-поршневої групи (ЦПГ) двигуна?

Варіанти відповідей:

1) I; 2) II; 3) III; 4) I, II; 5) II, III; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.3

Відомо, що існує три основні стратегії вирішення ТОР:

I – за потребою після відмови;

II – регламентовані залежно від напрацювання (строку служби);

III – за станом, результати періодичного діагностування та контролю.

При ТОР складної машини (автомобіля) у цілому використовують кілька стратегій. За якою стратегією здійснюється заміна фари трактора?

Варіанти відповідей:

1) I; 2) II; 3) III; 4) I, II; 5) II, III; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.4

Що підвищується у результаті комплексної модернізації в процесі ремонту:

а) довговічність деталі;

б) ремонтпридатність деталі

в) якість роботи вузла, агрегату, автомобілю в цілому?

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б; 3) а, б; 4) а, в; 5) а, б, в; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.5

Які методи відносяться до технологічних методів підвищення зносостійкості деталей і вузлів автомобілів:

а) нанесення зносостійких покриттів;

б) зміна хімічного складу поверхневого шару деталі;

в) вплив механічних і (або) термічних факторів;

г) удосконалення конструкцій і матеріалів;

д) ремонтпридатність

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б, в; 3) г, д; 4) а, б, в; 5) а, б, в, г, д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.6

Які методи відносяться до конструкторських методів забезпечення надійності автомобілів:

а) нанесення зносостійких покриттів;

б) зміна хімічного складу поверхневого шару;

в) вплив механічних і (або) термічних факторів;

г) удосконалення конструкцій і матеріалів;

д) ремонтпридатність

Варіанти відповідей:

1) а; 2) б, в; 3) г, д; 4) а, б, в; 5) а, б, в, г, д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.7

Які з методів складають основні напрямки підвищення надійності автомобілів трибологічними заходами:

а) зменшення концентрації напружень при виборі форми та розмірів деталі;

б) підвищення піддатливості деталей;

в) підвищення жорсткості конструкцій;

г) застосування нових матеріалів;

д) підвищення ремонтоздатності;

є) вибір матеріалів пар тертя;

е) заміна у вузлах машин тертя ковзання тертям кочення;

ж) формування зносостійких структур поверхонь тертя;

з) зменшення тертя;

к) використання ефекту вибіркового переносу

Варіанти відповідей:

- 1) а, б, в, г; 2) а, б, в, г, д; 3) є, г, ж, з, к; 4) а, б, в, ж, з, к;
5) а, б, в, г, д, є, е, ж, з, к; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.8

Які із методів забезпечення і підвищення надійності автомобілів є технологічними заходами на стадії виробництва:

- а) точність виготовлення деталей;
- б) оптимальна якість робочих поверхонь деталей;
- в) зміцнення деталей;
- г) використання ефекту вибіркового переносу;
- д) підвищення піддатливості деталей?

Варіанти відповідей:

- 1) а, б; 2) б, в; 3) в, д; 4) а, б, в; 5) а, б, в, г, д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.9

У автомобілебудуванні використовують наступні методи резервування:

- а) за робочим напруженням;
- б) за навантаженням;
- в) за граничним навантаженням;
- г) за режимом роботи;
- д) за способом вмикання резервного елемента;
- є) за метою;
- е) за наслідком відмови основного елемента;
- ж) за виконанням елементами додаткової функції.

Які методи відносяться до навантажувального резервування?

Варіанти відповідей:

- 1) а, б, в; 2) г, д, є; 3) є, е, ж; 4) а, б, в, г, д; 5) а, б, в, г, д, є, е, ж; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.10

У автомобілебудуванні використовують наступні методи резервування:

- а) за робочим напруженням;
- б) за навантаженням;
- в) за граничним навантаженням;
- г) за режимом роботи;
- д) за способом вмикання резервного елемента;
- є) за метою;
- е) за наслідком відмови основного елемента;
- ж) за виконанням елементами додаткової функції.

Які методи відносяться до структурного резервування?

Варіанти відповідей:

- 1) а, б, в; 2) в, г, д, е; 3) г, д, є, е; 4) д, є, е, ж; 5) а, б, в, г, д, є, е; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.11

У автомобілебудуванні використовують різноманітні методи резервування:

- а) за робочим напруженням;
- б) за навантаженням;
- в) за граничним навантаженням;
- г) за режимом роботи;
- д) за способом вмикання резервного елемента;
- є) за метою;
- е) за наслідком відмови основного елемента;
- ж) за виконанням елементами додаткової функції.

Які методи відносяться до функціонального резервування?

Варіанти відповідей:

- 1) а, б, в; 2) ж; 3) г, д, є, е; 4) а, б, в, г, д, є; 5) а, б, в, г, д, є, ж; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.12

Які заходи підвищують безвідмовність автомобілів:

- а) зниження кількості відмов за рік;

- б) збільшення строку використання (ресурсу) до капітального ремонту;
- в) збільшення ресурсу деталей, які лімітують надійність;
- г) збільшення загального строку використання (ресурсу) автомобілів;
- д) скорочення часу на усунення відмов; є) підвищення технологічності

ТО і Р

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б, в, г; 3) д, є; 4) а, б, в; 5) в, г, д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.13

Які заходи підвищують довговічність автомобілів:

- а) зниження кількості відмов за рік;
- б) збільшення строку використання (ресурсу) до капітального ремонту;
- в) збільшення ресурсу деталей, які лімітують надійність;
- г) збільшення загального строку використання (ресурсу) автомобілів;
- д) скорочення часу на усунення відмов;
- є) підвищення технологічності ТО і Р?

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б, в, г; 3) д, є; 4) а, б, в; 5) в, г, д; 6) немає жодної правильної відповіді.

Тест 6.14

Які заходи підвищують ремонтпридатність автомобілів:

- а) зниження кількості відмов за рік;
- б) збільшення строку використання (ресурсу) до капітального ремонту;
- в) збільшення ресурсу деталей, які лімітують надійність;
- г) збільшення загального строку використання (ресурсу) автомобілів;
- д) скорочення часу на усунення відмов;
- є) підвищення технологічності ТО і Р.

Варіанти відповідей:

- 1) а; 2) б, в, г; 3) д, є; 4) а, б, в; 5) в, г, д; 6) немає жодної правильної відповіді.

РОЗДІЛ 2
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ*

2.1 МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ
АВТОМОБІЛІВ

2.1.1. Основні теоретичні положення і розрахункові залежності

Ймовірність деякої випадкової події A за класичною схемою обчислюється за виразом:

$$p(A) = m/n, \quad (1.1)$$

де m - число випробувань, при яких настає подія A ; n - загальне число випробувань.

Для підрахунку імовірностей за цією схемою використовується метод комбінаторики.

Припустимо, що є вибірка обсягом $n(a_1, a_2, \dots, a_n)$, в якій елемент a_1 можна вибрати k_1 способами, елемент a_2 – k_2 способами, елемент a_n – k_n способами. Всю вибірку згідно правила добутку можна створити $k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n$ способами.

Число угруповань з даних n елементів по m у кожній визначається за формулою сполучень:

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!} \quad (1.2)$$

Якщо події A і B такі, що при кожному випробуванні може з'явитися тільки одна з них, чи жодної, а разом з'явитися вони не можуть, то такі події називаються несумісними і для них справедлива теорема додавання імовірностей:

$$p(A \text{ чи } B) = p(A) + p(B). \quad (1.3)$$

* - Теоретичні відомості до практичних занять підготовлені за допомогою літературного джерела [16].

Якщо події A і B такі, що настання однієї з них не змінює імовірності настання іншої, то вони називаються незалежними. Для таких подій справедлива теорема множення ймовірностей:

$$p(A \text{ і } B) = p(A) \cdot p(B). \quad (1.4)$$

Ймовірність події A , обчислена за умови, що мала місце подія B , називається умовної і позначається $p(A/B)$

Допустимо, що деяка подія A може виникнути разом з однією з подій H_1, H_2, \dots, H_n , що утворюють повну групу несумісних подій (гіпотез), причому:

$$\sum_{i=1}^n p(H_i) = 1 \quad (1.5)$$

У цьому випадку ймовірність події A обчислюється як сума добутків ймовірностей кожної гіпотези на ймовірність події A при цій гіпотезі (формула повної ймовірності):

$$p(A) = \sum_{i=1}^n p(H_i) \cdot p(A/H_i). \quad (1.6)$$

Якщо до досліду ймовірності гіпотез H_i були рівні $p(H_i)$, а в результаті іспитів відбулася подія A , то нові умовні ймовірності гіпотез $p(H_i/A)$, названими післядослідними чи апостеріорними, визначаються за формулою Байєса:

$$p\left(\frac{H_i}{A}\right) = \frac{p\left(\frac{A}{H_i}\right) \cdot p(H_i)}{p(A)}, \quad (1.7)$$

де $p(A)$ обчислюється по формулі (6); $p(A/H_i)$ - умовні ймовірності події A , відомі апіорі.

Якщо при проведенні n іспитів (випробувань) подія A наступила рівно k разів, то ймовірність $p_n(k)$ при цьому визначається за формулою Бернуллі:

$$p_n(k) = C_n^k \cdot p^k \cdot q^{n-k} \quad (1.8)$$

де C_n^k - число сполучень з n елементів по k ; p - ймовірність появи події A в одному іспиті (випробуванні); $q = 1 - p$ - ймовірність протилежної події.

При великому числі іспитів імовірність $p_n(k)$ визначається за формулою Пуассона:

$$p_n(K) = \frac{\lambda^K}{K!} \exp(-\lambda), \quad (1.9)$$

де $\lambda = np$ - інтенсивність появи події А в серії іспитів.

Ймовірність появи події А рівно k раз на заданому інтервалі часу t визначається за узагальненою формулою Пуассона

$$\rho_k(t) = \frac{(\lambda t)^K}{K!} \exp(-\lambda t), \quad (1.10)$$

де λ - інтенсивність появи події А в одиницю часу.

Досить мале значення α ймовірності події, що в умовах певного дослідження вважають практично неможливим, називають рівнем значимості. Звичайно приймають $\alpha = 0,01 \dots 0,10$. Область значень, у якій ймовірність дорівнює чи менше рівня значимості, називається критичною.

Статистичними числовими характеристиками випадкової величини x є математичне очікування $M[x]$ і дисперсія $D[x] = \text{Var}(x)$.

На підставі закону великих чисел при $n \rightarrow \infty$ середнє арифметичне значення \bar{x} випадкової величини прагне до її математичного очікування, тобто

$$\bar{x} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} M[x].$$

Позитивний квадратний корінь з дисперсії називається середнім квадратичним відхиленням випадкової величини:

$$\sigma_x = \sqrt{D[x]} = \sqrt{\text{Var}(x)}. \quad (1.11)$$

При множенні випадкової величини на постійне число C її дисперсія збільшується на C^2 :

$$\text{Var}(Cx) = C^2 \text{Var}(x). \quad (1.12)$$

Дисперсія добутку двох незалежних випадкових величин x і y обчислюється за формулою:

$$\text{Var}(xy) = \text{Var}(x) \cdot \text{Var}(y) + \bar{x}^2 \text{Var}(y) + \bar{y}^2 \text{Var}(x), \quad (1.13)$$

де \bar{x} і \bar{y} - середні значення випадкових величин.

Співвідношення, що встановлює зв'язок між можливими значеннями випадкової величини і їхніх імовірностей, називається законом розподілу випадкової величини.

Для дискретних випадкових величин закон розподілу задають у вигляді ряду чи розподілу відповідної формули. Наприклад, біноміальний розподіл описується формулою Бернуллі (1.8), а розподіл Пуассона співвідношеннями (1.9) чи (1.10).

Закон розподілу неперервної випадкової величини задається аналітично за допомогою функції щільності ймовірностей (щільності розподілу) $f(x)$. В теорії надійності машин широко використовуються три таких закони - нормальний, Вейбулла-Гніденка та експонентний.

Щільність ймовірності для закону нормального розподілу (ЗНР) має вигляд

$$f(x) = \frac{\exp\left(-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2}\right)}{\sigma_x \cdot \sqrt{2\pi}}, \quad (1.14)$$

де \bar{x} і σ_x - параметри розподілу.

Основна властивість ЗНР полягає в наступному: розсіювання випадкової величини x з ймовірністю $p = 0,997$ укладається на ділянці $\bar{x} \pm 3\sigma_x$ (правило 3-х сигм); при $p = 0,955$ - на ділянці $\bar{x} \pm 2\sigma_x$, (правило 2-х сигм); при $p = 0,685$ - на ділянці $\bar{x} \pm \sigma_x$.

Використовуючи правило 3-х сигм можна наближено визначити σ_x :

$$\sigma_x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{6}. \quad (1.15)$$

Для оцінки розсіювання випадкової величини при ЗНР часто використовується безрозмірна величина - коефіцієнт варіації:

$$V = \sigma_x / \bar{x}, \quad (1.16)$$

а для визначення значення випадкової величини, що відповідає заданому рівню ймовірності $p = \gamma$, вводиться числова характеристика U_γ , - квантиль (Додаток Б).

Ймовірність улучення випадкової величини x в довільний проміжок (a, b) визначається за формулою:

$$p(a < x < b) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}} dx = 0,5 \left[\Phi\left(\frac{b-\bar{x}}{\sigma_x}\right) - \Phi\left(\frac{a-\bar{x}}{\sigma_x}\right) \right], \quad (1.17)$$

де $\Phi\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma_x}\right) = \Phi(z) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ - подвійна функція Лапласа, або інтеграл

ймовірності (Додаток Б).

Щільність ймовірності для закону розподілу Вейбулла-Гнеденка (ЗРВ) у загальному випадку має вигляд:

$$f(x) = \frac{m}{x_0} \left(\frac{x - x_{3M}}{x_0} \right)^{m-1} \cdot e^{-\left(\frac{x - x_{3M}}{x_0} \right)^m}, \quad (1.18)$$

де m і x_0 - параметри розподілу, x_{3M} - зміщення від початку координат графіка ЗРВ.

Значення функції $f(x)$ в залежності від m і $\left(\frac{x - x_{3M}}{x_0} \right)$ знаходять за значеннями редукованого РВ $f_p(x)$, причому $f(x) = f_p(x)/x_0$.

При використанні ЗРВ коефіцієнт варіації визначається за залежністю:

$$V = \sigma_x / (\bar{x} - x_{3M}), \quad (1.19)$$

де \bar{x} і σ_x - статистичні числові характеристики РВ.

Для обчислення x_0 застосовують співвідношення:

$$x_0 = \frac{\sigma_x}{C_m}; x_0 = \frac{\bar{x} - x_{3M}}{b_m} \quad (1.20)$$

де b_m і C_m - коефіцієнти Вейбулла.

Значення b_m , C_m , а також параметр m знаходять за відомим коефіцієнтом V за допомогою Додатка 5.

Часто в розрахунках приймають $x_{3M} = 0$, тоді рівність (18) набуває вигляду:

$$f(x) = \frac{m}{x_0} \left(\frac{x}{x_0} \right)^{m-1} \cdot e^{-(x/x_0)^m}. \quad (1.21)$$

При використанні РВ також існує числова характеристика $H_{(1-\gamma)}^B$ – квантиль.

Щільність ймовірності для закону експоненціального розподілу (ЗЕР) описується співвідношенням:

$$f(x) = \lambda \cdot e^{-\lambda x}, \quad (1.22)$$

де λ - параметр ЗЕР.

Для ЗЕР маємо:

$$\bar{x} = \sigma_x = 1/\lambda, \quad (1.23)$$

коефіцієнт варіації дорівнює $V = 1,0$.

2.1.2. Приклади розв'язання задач .

Задача 1. Технологічна ланка складається з 4 автомобільних агрегатів . Ймовірність безвідмовної роботи i - го агрегату за час роботи τ дорівнює p_i , ймовірність відмови $q_i = 1 - p_i$, ($i = 1, 2, 3, 4$). Знайти ймовірності наступних подій :

A = { всі агрегати працюють безвідмовно };

B = { перший агрегат відмовив, інші працюють };

C = { один агрегат відмовив, інші працюють };

D = { відмовило рівно два агрегати з чотирьох };

E = { відмовило не менш двох агрегатів }

Розв'язання

Подія А. Оскільки відмова якого-небудь агрегату не залежить від відмови інших агрегатів, то на підставі теореми множення ймовірностей маємо:

$$p(A) = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4.$$

Подія В. Оскільки є конкретна вказівка, що відмовив саме перший агрегат, то на підставі теореми множення ймовірностей знаходимо:

$$p(B) = q_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 = (1 - p_1)p_2 \cdot p_3 \cdot p_4.$$

Подія С. Через те, що відмовив один з чотирьох агрегатів, невідомо який, то потрібно розглянути спочатку ймовірності відмови кожного агрегату, а потім узяти до уваги, що ці варіанти відмов є несумісними. Тоді на підставі теореми додавання одержимо:

$$p(C) = q_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 + p_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4 + p_1 \cdot p_2 \cdot q_3 \cdot p_4 + p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot q_4.$$

Подія D. Спочатку потрібно розглянути всі можливі варіанти відмовлень двох агрегатів з чотирьох, а потім за допомогою теореми додавання знайти шукану ймовірність:

$$p(D) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4 + p_1 \cdot p_2 \cdot q_3 \cdot q_4 + p_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot q_4 + q_1 \cdot p_2 \cdot q_3 \cdot q_4 + p_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot p_4 + q_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot q_4.$$

Подія Е. Провівши обґрунтування рішення наведеного у попередньому випадку, одержимо:

$$p(E) = p(D) + q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot p_4 + q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot q_4 + q_1 \cdot p_2 \cdot q_3 \cdot q_4 + p_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot q_4 + q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot q_4.$$

Задача 2. Робота автомобільного двигуна контролюється двома приладами. При наявності двох справних приладів за період T двигун відмовляє з ймовірністю $q_{1,2}$, при роботі тільки першого приладу - з ймовірністю q_1 ; при

роботі тільки другого - з імовірністю q_2 ; при двох несправних приладах - з імовірністю q_0 .

У першого приладу ймовірність безвідмовної роботи p_1 , у другого - p_2 . Знайти ймовірність безвідмовної роботи двигуна.

Розв'язання.

Розглянемо наступні гіпотези: $H_{1,2}$ - працюють обидва прилади; H_1 - працює тільки перший прилад (другий несправний); H_2 - працює тільки другий прилад (перший несправний); H_0 - обидва прилади вийшли з ладу. Подія A = (безвідмовна робота двигуна). Знайдемо ймовірності зазначених гіпотез використавши теорему множення імовірностей:

$$p(H_{1,2}) = p_1 \cdot p_2; \quad p(H_1) = p_1(1 - p_2); \quad p(H_2) = p_2(1 - p_1);$$

$$p(H_0) = (1 - p_1)(1 - p_2).$$

Умовні ймовірності події A при цих гіпотезах можна вважати заданими:

$$p(A/H_{1,2}) = 1 - q_{1,2}; \quad p(A/H_1) = 1 - q_1; \quad p(A/H_2) = 1 - q_2;$$

$$p(A/H_0) = 1 - q_0.$$

За формулою повної ймовірності, маємо:

$$p(A) = p_1 \cdot p_2 \cdot (1 - q_{1,2}) + p_1(1 - p_2)(1 - q_1) + p_2(1 - p_1)(1 - q_2) + (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - q_0).$$

Задача 3. Пересувна механізована колона (ПМК) має 12 автомобілів. Ймовірність працездатного стану кожного з них дорівнює $p = 0,8$. Знайти ймовірність нормальної роботи ПМК у найближчий день, якщо для цього необхідно відрядити на об'єкти не менш 8 автомобілів.

Розв'язання.

Використовуємо формулу Бернуллі. Для обчислення шуканої ймовірності $p(A)$ необхідно знайти суму імовірностей $p_{12}(8)$; $p_{12}(9)$; $p_{12}(10)$; $p_{12}(11)$; $p_{12}(12)$,

при якій має місце подія A , тобто
$$p(A) = \sum_{K=8}^{12} C_{12}^K \cdot p^K \cdot q^{12-K}.$$

Обчислення дають такий результат:

$$p(A) = 0,1329 + 0,2362 + 0,2835 + 0,2062 + 0,0687 = 0,9275.$$

Задача 4. При вивченні якості виготовлених запасних частин до двигуна, наприклад СМД-62 виявилось, що частка браку дорівнює 2% всієї продукції. Визначити ймовірність того, що в партії, що містить 200 деталей, кількість бракованих дорівнює 5.

Розв'язання.

Використовуємо формулу Пуассона. За умовою задачі $p = 0,02$; $n = 200$; $m = 5$; тоді $\lambda = np = 200 \cdot 0,02 = 4$.

Знайдемо шукану ймовірність:

$$p_{200}(5) = \frac{\lambda^m}{m!} \cdot e^{-\lambda} = \frac{4^5}{5!} \cdot e^{-4} = 0,038.$$

Задача 5. Відомо, що величина зношування гальмівних накладок автомобіля, наприклад КаМАЗ підкоряється РВ. Статистичні числові характеристики ЗРВ наступні: $\bar{x} = 5,9$ мм; $\sigma_x = 2,8$ мм; зміщення кривої розподілу від початку координат $x_{см} = 0,3$ мм.

Знайти вираз для щільності розподілу таких $f(x)$.

Розв'язання.

Визначимо коефіцієнт варіації для ЗРВ:

$$V = \frac{2,8}{5,9 - 0,3} = 0,5.$$

За таблицею додатку і відомим V знаходимо характеристики ЗРВ: $m = 2,1$; $b_m = 0,886$; $C_m = 0,443$.

За виразом (1.20) обчислюємо величину x_0 : $x_0 = \frac{2,8}{0,443} = 6,32$.

Тоді на підставі залежності (1.18), маємо:

$$f(x) = 0,33 \left(\frac{x - 0,3}{6,32} \right)^{1,1} \cdot e^{-\left(\frac{x - 0,3}{6,32} \right)^{2,1}}.$$

2.1.3. Задачі для самостійного розв'язання

Задача 1. 3 наявних в агропідприємстві 6 автомобілів, будь-які 3 використовують для перевезення посівного матеріалу. Ймовірність їх безвідмовної роботи складає p_i . Знайти ймовірність наступних подій:

- а) Всі автомобілі працюють безвідмовно;
- б) Один автомобіль відмовив, інші працюють;
- в) Відмовило два автомобілі з трьох.

Вихідні дані обрати з таблиці 2.1, згідно варіанту.

Таблиця 2.1

Вихідні дані до задачі 1

Варіант	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6
1	0,85	0,78	0,75	-	-	-
2	-	0,81	0,83	0,84	-	-
3	-	-	0,75	0,78	0,82	-
4	-	-	-	0,68	0,70	0,85
5	0,84	-	0,82	0,76	-	-
6	-	0,83	-	0,69	0,81	-
7	-	-	0,86	-	0,75	0,82
8	0,81	-	-	0,67	-	0,75
9	0,69	0,76	-	-	0,83	-
10	-	0,70	0,83	-	-	0,81
11	-	0,84	-	0,67	-	0,75
12	0,85	-	0,65	-	0,77	-
13	0,69	0,83	-	-	-	0,74
14	-	0,81	-	0,65	0,66	-
15	-	-	0,78	0,67	-	0,84
16	0,84	-	0,86	0,74	-	-
17	0,68	-	-	-	0,67	0,85
18	-	0,84	0,76	-	0,82	-
19	0,75	-	0,76	-	-	0,84
20	-	0,74	-	0,65	0,85	-
21	-	-	0,69	0,85	-	0,73
22	0,82	0,81	0,69	-	-	-
23	-	0,79	0,68	-	0,85	-
24	-	-	-	0,68	0,84	0,76
25	0,82	0,70	0,65	-	-	-
26	-	0,84	0,7	-	0,80	-
27	0,81	0,80	-	0,79	-	-
28	-	-	0,69	0,78	-	0,83
29	0,85	0,68	-	-	0,75	-
30	-	-	0,85	0,66	0,78	-

Задача 2. Якість роботи вихлопної системи автомобіля контролюється двома датчиками. При наявності двох справних датчиків за період T система відмовляє з імовірністю $q_{1,2}$, при роботі тільки першого датчика – з імовірністю q_1 , при роботі тільки другого датчика – з імовірністю q_2 , при двох несправних датчиках – з імовірністю q_0 . Знайти ймовірність безвідмовної роботи вихлопної системи автомобіля.

Вихідні дані обрати з таблиці 2.2, згідно варіанту.

Таблиця 2.2

Вихідні дані до задачі 2

Варіант	$q_{1,2}$	q_1	q_2	q_0
1	0,05	0,10	0,15	0,40
2	0,10	0,25	0,30	0,45
3	0,06	0,11	0,16	0,41
4	0,09	0,24	0,29	0,42
5	0,07	0,12	0,17	0,43
6	0,08	0,23	0,28	0,44
7	0,06	0,13	0,18	0,45
8	0,05	0,22	0,27	0,41
9	0,09	0,14	0,19	0,40
10	0,10	0,21	0,26	0,44
11	0,08	0,15	0,20	0,42
12	0,09	0,20	0,21	0,43
13	0,05	0,16	0,25	0,40
14	0,07	0,19	0,22	0,45
15	0,08	0,17	0,23	0,41
16	0,06	0,18	0,24	0,43
17	0,10	0,23	0,29	0,42
18	0,07	0,13	0,19	0,44
19	0,08	0,20	0,22	0,40
20	0,06	0,10	0,16	0,44
21	0,05	0,11	0,17	0,43
22	0,09	0,22	0,28	0,41
23	0,10	0,14	0,20	0,42
24	0,05	0,15	0,21	0,45
25	0,08	0,25	0,15	0,42
26	0,06	0,16	0,26	0,40
27	0,07	0,22	0,30	0,41
28	0,09	0,13	0,20	0,43
29	0,10	0,15	0,22	0,45
30	0,05	0,23	0,30	0,44

Задача 3. Парк агрофірми налічує n автомобілів. Ймовірність працездатного стану кожного з них складає p . Знайти ймовірність того, що польові роботи будуть виконані в строк, якщо для цього необхідно відрядити в поле не менше m автомобілів.

Вихідні дані обрати з таблиці 2.3, згідно варіанту.

Таблиця 2.3

Вихідні дані до задачі 3

Варіант	p	n	m
1	0,65	8	5
2	0,66	9	5
3	0,67	10	7
4	0,68	11	7
5	0,69	12	8
6	0,70	8	4
7	0,71	9	6
8	0,72	10	6
9	0,73	11	8
10	0,74	12	9
11	0,75	8	5
12	0,76	9	5
13	0,77	10	6
14	0,78	11	7
15	0,79	12	8
16	0,80	8	5
17	0,81	9	5
18	0,82	10	6
19	0,83	11	8
20	0,84	12	8
21	0,85	8	4
22	0,70	9	5
23	0,71	10	6
24	0,72	11	8
25	0,73	12	9
26	0,74	8	5
27	0,75	9	5
28	0,69	10	7
29	0,68	8	4
30	0,67	12	8

Задача 4 Відомо, що величина зношування автомобільної шини підкорюється закону розподілу Вейбула-Гнеденка (ЗРВ). Статистичні числові характеристики наступні: \bar{u} – середня величина зносу протектора; σ_u – квадратичне відхилення зносу від його середнього значення; $u_{зм}$ – зміщення від початку координат. Знайти вигляд диференційного рівняння ЗРВ, а також обчислити щільність імовірності при величині зносу u .

Вихідні дані обрати з таблиці 2.4, згідно варіанту.

Таблиця 2.4

Вихідні дані до задачі 4

Варіант	\bar{u} , мм	σ_u , мм	$u_{зм}$, мм	u , мм
1	8,0	4,0	0,39	10,1
2	7,9	3,9	0,40	9,2
3	7,8	3,8	0,38	8,3
4	7,7	3,7	0,37	7,4
5	7,6	3,5	0,34	10,5
6	7,5	3,6	0,35	7,6
7	7,4	3,3	0,36	8,7
8	7,3	3,4	0,33	9,8
9	7,2	3,6	0,37	10,9
10	7,1	4,1	0,37	7,1
11	7,0	4,2	0,36	8,2
12	6,9	3,9	0,31	9,3
13	6,8	3,7	0,30	10,4
14	6,7	3,8	0,32	7,2
15	6,6	3,3	0,39	8,3
16	6,5	3,2	0,40	9,4
17	6,4	3,8	0,37	10,5
18	6,3	3,6	0,35	7,3
19	6,2	3,1	0,38	8,4
20	6,1	2,9	0,41	9,5
21	6,0	2,5	0,24	10,6
22	5,9	2,7	0,31	7,4
23	5,8	2,8	0,35	8,5
24	5,7	2,9	0,33	9,6
25	5,6	3,5	0,29	10,7
26	5,5	3,2	0,25	7,5
27	5,4	3,1	0,22	8,6
28	5,3	3,0	0,21	9,7
29	5,2	2,1	0,50	10,8
30	5,1	2,0	0,49	9,9

2.2 СТАТИСТИЧНЕ І ТЕОРЕТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ

2.2.1. Основні теоретичні положення і розрахункові залежності

В теорії надійності технічний об'єкт в цілому називають технічною системою, а його складові частини - блоками технічної системи. Системи і блоки систем можуть бути відновлюваними (ремонтowanими) і невідновлюваними (неремонтowanими).

Подію, що полягає в повній чи частковій втраті працездатності системи чи блоку, називають відмовою. Відмови бувають функціональні, коли система чи блок припиняють виконувати свої функції, і параметричні, коли значення показника надійності виходить за встановлену межу.

Тривалість справної роботи технічної системи чи блоку називається напрацюванням. Напрацювання може вимірятися в різних одиницях: м, км, м², м³, кг, машино-годинах (м.-год.) та ін.

Показники надійності автомобілів підрозділяються на 4 групи: 1 – показники безвідмовності; 2 – показники довговічності; 3 – показники ремонтопридатності; 4 – показники збереженості.

До першої групи відносяться:

а) одиничні показники:

$\lambda(t)$ - інтенсивність відмов;

$P(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи;

$Q(t)$ - ймовірність відмови;

\bar{T} - середнє напрацювання до відмови;

$\omega(t)$ - параметр потоку відмов;

\bar{t}_m - середнє напрацювання на відмову;

б) комплексні показники:

K_r - коефіцієнт готовності;

K_{TB} - коефіцієнт технічного використання.

До другої групи показників відносяться:

T_γ - гамма-відсотковий ресурс;

T_p - середній ресурс;

T_c - термін служби;

$T_{\text{внк}}$ - планове напрацювання на функціональну відмову.

Третя група показників це:

$\bar{t}_в$ - середній час відновлення;

$\bar{T}_{\text{пр}}$ - середня тривалість непланових поточних ремонтів;

$S_{\text{пит.го}}$ - питома сумарна трудомісткість технічного обслуговування;

K_r і $K_{\text{ТВ}}$ - комплексні показники.

Четверта група - показники збереженості:

$\bar{t}_{\text{зб}}$ - середній термін зберігання.

Показники надійності, визначені за результатами спостережень проведених в умовах експлуатації чи спеціальних випробуваннях, називаються статистично визначеними.

Інтенсивність відмов статистично обчислюється за виразом:

$$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t)}{N \cdot \Delta t},$$

де $\bar{N} = (N_i + N_{i+1})/2$;

N_i ; N_{i+1} - відповідно число блоків, елементів (деталей), що справно працюють напочатку і наприкінці інтервалу випробувань Δt ; $n(\Delta t)$ - число блоків, що відмовили за час Δt .

Ймовірність безвідмовної роботи дорівнює:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(\Delta t)}{N_0}, \quad (2.1)$$

де N_0 - загальне число випробуваних елементів.

Ймовірність відмовлення визначають за виразом:

$$Q(t) = 1 - P(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0}. \quad (2.2)$$

Середнє напрацювання до відмови знаходять по формулі:

$$\bar{T} = \sum_{i=1}^n t_i / n, \quad (2.3)$$

де n - число блоків, елементів (деталей), що відмовили, за період іспитів випробувань, t_i - напрацювання до відмови i -го елемента (деталі).

Параметр потоку відмов дорівнює:

$$\omega(t) = \frac{\Delta n^*(t)}{N_0 \cdot \Delta t}, \quad (2.4)$$

де N_0 - число відновлюваних елементів, що спостерігаються на проміжку часу Δt ; $\Delta n^*(t)$ - число відмов елементів, включаючи відмови після їх відновлення.

Середнє напрацювання на відмову обчислюють за виразом:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{\sum_{i=1}^{N_0} n_i(\Delta t)} \quad (2.5)$$

де $\sum_{i=1}^{N_0} t_i$ - сумарне напрацювання N_0 відновлюваних елементів за період Δt ;

$\sum_{i=1}^{N_0} n_i(\Delta t)$ - загальне число відмов N_0 елементів.

Середній час відновлення знаходять по формулі:

$$\bar{t}_e = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_{ei}}{\sum_{i=1}^{N_0} m_i} \quad (2.6)$$

де $\sum_{i=1}^{N_0} t_{ei}$ - загальний час відновлення N_0 елементів; $\sum_{i=1}^{N_0} m_i$ - загальне число відновлень N_0 елементів.

Величину, зворотню \bar{t}_B , називають інтенсивністю відновлення:

$$\mu_6 = 1/\bar{t}_6 \quad (2.7)$$

Комплексні показники K_T і K_{TB} відповідно дорівнюють:

$$K_T = \frac{\bar{t}}{t + \bar{t}_6}. \quad (2.8)$$

$$K_{TB} = \frac{\bar{t}}{t + \bar{t} + t_{TO}}. \quad (2.9)$$

Середній термін зберігання \bar{t}_{36} встановлюють експериментальним шляхом. Єдиної методики визначення цього показника не розроблено.

Всі ресурсні показники (2 група), а також показники працездатності T_{TP} і S , відносяться до нормативних, які встановлюються заводами-виготовлювачами машин. Для їхнього обчислення використовуються спеціальні методи.

Перший закон надійності для невідновлюваних елементів (деталей):

$$P(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt, \quad (2.10)$$

де $f(t)$ - щільність розподілу напрацювань.

Другий закон надійності для невідновлюваних блоків має наступний вид:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}. \quad (2.11)$$

Середнє напрацювання до відмови і ймовірність безвідмовної роботи зв'язані між собою співвідношенням:

$$\bar{T} = \int_0^{\infty} p(t) dt. \quad (2.12)$$

За теоремою В. А. Кузнєцова [8] для найпростіших потоків відмов невідновлюваних (елементів) параметр потоку відмов прагне до постійного значення, (інтенсивності відмов відповідних невідновлюваних елементів):

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \omega(t) = \Lambda, \quad (2.13)$$

де Λ - приведена інтенсивність відмов відновлюваного (елемента).

Для визначення Λ іноді використовують формулу Блекуелла [8]:

$$\Lambda = 1/(\bar{t} + \bar{t}_e) \quad (2.14)$$

У такому випадку на підставі (2.11) ймовірність безвідмовної роботи відновлюваного блоку дорівнює:

$$P(t) = e^{-\Lambda t}, \quad (2.15)$$

а середнє напрацювання до відмови на підставі (2.12) прийме таке значення:

$$\bar{T} = 1/\Lambda. \quad (2.16)$$

Показники безвідмовності невідновлюваних (елементів) при НР напрацюванні з параметрами \bar{t} і σ_t , обчислюються по наступним співвідношенням:

$$P(t) = 1 - F(z); \quad (2.17)$$

$$Q(t) = F(z); \quad (2.18)$$

$$\lambda(t) = f(t)/P(t) = \varphi(z)/\sigma_t \cdot [1 - F(z)]; \quad (2.19)$$

$$\bar{T} = \bar{t}, \quad (2.20)$$

де $z = (t - \bar{t})/\sigma_t$; t - поточне напрацювання;

$$F(z) = 0,5[1 + \Phi(z)]; \quad \Phi(z) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt - \text{подвійна функція Лапласа}$$

(Додаток Д);

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) - \text{центрована щільність ймовірності НР (Додаток Д)}.$$

Наробіток t_γ , що відповідає ймовірності безвідмовної роботи; $P(t) = \gamma$, при НР знаходять з рівності:

$$t_\gamma = \bar{t} - U_\gamma \cdot \sigma_t, \quad (2.21)$$

де U_γ - квантиль стандартного НР (Додаток Д).

Показники безвідмовності невідновлюваних (елементів), у яких напрацювання має РВ із параметрами m і t_0 (при $t_{см} = 0$), можна визначити за наступними виразами:

$$p(t) = \exp\left[-\left(t/t_0\right)^m\right] \quad (2.22)$$

$$Q(t) = 1 - \exp\left[-\left(t/t_0\right)^m\right] \quad (2.23)$$

$$\lambda(t) = \frac{m}{t_0} \left(\frac{t}{t_0}\right)^{m-1} \quad (2.24)$$

$$\bar{T} = b_m \cdot t_0, \quad (2.25)$$

де b_m - коефіцієнт Вейбулла (Додаток Д).

Для обчислення $p(t)$ і $Q(t)$ використовують Додаток Д. У випадках РВ при $t_{см} \neq 0$ у виразах (2.22) - (2.25) замість t потрібно брати $(t-t_{зм})$.

Показники безвідмовності невідновлюваних блоків при ЕР напрацюванні з параметром λ визначають за виразами:

$$p(t) = \exp(-\lambda t); \quad (2.26)$$

$$Q(t) = 1 - \exp(-\lambda t); \quad (2.27)$$

$$\bar{T} = 1/\lambda. \quad (2.28)$$

При обчисленні $P(t)$ і $Q(t)$ використовують Додаток Д, де $x=\lambda t$.

За залежностями (2.26) - (2.28) визначаються показники надійності так званих "нестаріючих" (елементів).

Спільну функцію щільності ймовірності двох чи декількох незалежних випадкових змінних називають композицією розподілів.

Якщо розглянути, наприклад, два НР $f_1(t)$ і $f_2(t)$ з параметрами $\bar{t}_1, \sigma_{1t}, \bar{t}_2, \sigma_{2t}$ то їхня композиція $f_{12}(t)$ буде рівною:

$$f_{1.2}(t) = f_1(t) \cdot f_2(t). \quad (2.29)$$

Функція $f_{12}(t)$ є двовимірним НР, параметри якого визначаються по формулах:

$$\bar{t}_{1,2} = \bar{t}_1 + \bar{t}_2; \quad \sigma_{1,2t} = \sqrt{\sigma_{1t}^2 + \sigma_{2t}^2}. \quad (2.30)$$

Розташовуючи значеннями \bar{t}_{12} і σ_{12t} для композиції розподілів $f_{12}(t)$, можна по співвідношеннях (2.29) - (2.30) визначати шукані показники надійності при наявності декількох незалежних випадкових напрацювань, що мають НР.

Припустимо, що є N незалежних напрацювань $t_i (i=1,2,\dots,N)$, розподілених за довільними законами $f_1(t), f_2(t), \dots, f_N(t)$. Ймовірності відмов позначимо через $Q_i(t)$. Знайдемо композицію щільності розподілу мінімальних значень для випадкових напрацювань t_i , а також відповідну ймовірність відмов Е. С. Вентцеля і Л. А. Овчарова отрима такі співвідношення [18]:

$$f(t)_{\min} = \sum_{i=1}^N \frac{f_i(t)}{1 - Q_i(t)} \prod_{i=1}^N [1 - Q_i(t)]; \quad (2.31)$$

$$Q(t)_{\min} = 1 - \prod_{i=1}^N [1 - Q_i(t)]. \quad (2.32)$$

2.2.2 Приклади розв'язання задач

Задача 1. Середнє напрацювання на відмову відновлюваного блоку $t_{cp} = 620$ м.-год, а середній час відновлення $t_b = 10$ чол. год. Визначити ймовірність безвідмовної роботи блоку при $t = 600$ м.-год.

Розв'язання.

Скористаємося формулою (2.14) і знайдемо приведену інтенсивність відмовлень:

$$\Lambda = \frac{1}{620 + 10} = \frac{1}{630} \text{ год}^{-1}.$$

Тоді шукана ймовірність визначиться по залежності (2.15) з допомогою Додатку Д:

$$p(600) = e^{-\frac{600}{630}} = e^{-0,952} = 0,39.$$

Задача 2. Напрацювання дизельних двигунів однієї моделі до першої відмови описуються НР з параметрами: $\bar{t}=4000$ м.-год., $\sigma_1 =1000$ м.-год. Визначити $p(t)$ і $\lambda(t)$ при $t_1 =2000$ м.-год., а також середнє напрацювання до відмовлення T_{cp} .

Розв'язання.

Використовуючи залежності (2.17); (2.19) і (2.20), отримаємо $p=(2000) = 0,5[1-\Phi(z)]$, де $z= \frac{2000 - 4000}{1000} = -2$. З Додатку Д знаходимо $\Phi(2) = 0,954$. Враховуємо, що $\Phi(-2) = -\Phi(2)$.

Остаточно маємо: $p(2000) = 0,5(1+0,954) = 0,977$.

Тепер обчислимо $\lambda(2000)$. З Додатку Д, припускаючи, що $z = x$, знаходимо $\varphi(-2) = \varphi(2) = 0,054$.

Тоді $\lambda(2000) = \frac{0,054}{100 \cdot 0,977} = 0,55 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$

Згідно (2.20) одержуємо $T = \bar{t} = 4000$ м.-год.

Задача 3. Яким повинно бути середнє напрацювання невідновлюваного блоку до відмови, щоб протягом його роботи від 0 до $t = 10$ тис. мото-год. ймовірність безвідмовної роботи складала б 0,95 Закон розподілу напрацювання - експоненціальний.

Розв'язання.

Використовуємо формули (2.26) і (2.27). Оскільки $T_{cp} = 1/\lambda$, то $p(t_1) = e^{-t_1/T_{cp}}$.
Логарифмуючи останнє співвідношення, одержимо

$$\ln p(t_1) = -t_1 / T_{cp}.$$

Враховуючи що $p(t_1) = 0,95$, будемо мати $T_{cp} = -10 / \ln 0,95 = 195$ тис. мото-год.

Задача 4. У результаті випробувань встановлено, що інтенсивність відмов невідновлюваної складової частини автомобіля описується відношенням $\lambda(t) = \lambda_0 + \beta t^m$.

Знайти залежність для $p(t)$.

Розв'язання.

Перетворимо вираз (2.11) таким чином:

$$p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right] = \exp[-\Omega(t)],$$

де $\Omega(t)$ - ведуча функція.

Для даної задачі можна записати:

$$\Omega(t) = \int_0^t (\lambda_0 + \beta t^m) dt = \lambda_0 \cdot t + \frac{\beta}{m+1} t^{m+1} + C.$$

Тоді $p(t) = \exp\left[-\left(\lambda_0 t + \frac{\beta}{m+1} t^{m+1} + C\right)\right]$, або остаточно:

$$p(t) = \exp\left(-\frac{\beta}{m+1} t^{m+1}\right) \cdot \exp[-(\lambda_0 \cdot t + C)] = p_1(t) \cdot p_2(t).$$

Складова $p_1(t) = \exp\left(-\frac{\beta}{m+1} t^{m+1}\right)$ відповідає РВ з параметрами $(m+1)$ і $\frac{m+1}{\beta}$.

Вона характеризує рівень надійності на ділянці припрацювання ($0 \leq t \leq t_{\text{п}}$).

Складова $p_2(t) = \exp[-(\lambda_0 \cdot t + C)]$ відповідає ЕР з інтенсивністю відмов λ_0 і зміщенням C . Вона характеризує період нормальної експлуатації при $t > t_{\text{п}}$.

Задача 5. (Цифровий матеріал - умовний). Розрахувати показники надійності складного валу, відмови якого відбуваються по двох незалежних причинах: втомленість і зношування. Руйнування через втомленість виникають у матеріалі валу і на його шліцах і підкоряються РВ

$$f_1(t) = \frac{m}{t_0} \left(\frac{t}{t_0}\right)^{m-1} \cdot \exp\left[-(t/t_0)^m\right]$$

де $m=1,5$; $t_0 = 170$ м.-год.

Статистичні числові характеристики РВ наступні: $\bar{t}_1 = 145$ м.-год; $\sigma_{t1} = 100$ м.-год.

Зносні відмови спостерігаються по шліцах вала і підкоряються НР:

$$f_2(t) = \frac{1}{\sigma_{t2} \sqrt{2\pi}} \exp\left[-(t - \bar{t}_2)^2 / 2\sigma_{t2}^2\right],$$

де $\bar{t}_2 = 200$ м-год., $\sigma_{t2} = 40$ м-год.

Знайти вираз і побудувати графік для композиції розподілів мінімальних значень напрацювань до відмови від втомленості і зносу, а також визначити найбільш небезпечний руйнівний процес у вала, ймовірність відмови при $t^* = 260$ м.-год і мінімальне середнє значення напрацювання.

Розв'язання.

Скористаємося рівністю (2.31) і введемо в нього замість ймовірності відмовлення $Q_i(t)$ ймовірність безвідмовної роботи $p_i(t)$, припускаючи, що $p_i(t) = 1 - Q_i(t)$. Тоді одержимо

$$f(t)_{\min} = \frac{f_1(t)}{p_1(t)} \cdot p_1(t) \cdot p_2(t) + \frac{f_2(t)}{p_2(t)} \cdot p_1(t) \cdot p_2(t) = f_1(t) \cdot p_2(t) + f_2(t) \cdot p_1(t).$$

На підставі заданих виразів для $f_1(t)$ і $f_2(t)$ і співвідношень (2.17) і (2.22) знайдемо розрахункову залежність

$$f(t)_{\min} = \frac{m}{t_0} \left(\frac{t}{t_0} \right)^{m-1} \cdot e^{-(t/t_0)^m} \left[1 - F \left(\frac{t - \bar{t}_2}{\sigma_{t2}} \right) \right] + \frac{1}{\sigma_{t2} \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\left[\frac{(t - \bar{t}_2)^2}{2\sigma_{t2}^2} + \left(\frac{t}{t_0} \right)^m \right]}.$$

Результати обчислень $f_1(t)$; $f_2(t)$ і $f(t)_{\min}$, помножені на ширину прийнятого інтервалу $\Delta t = 40$ м.-год. приведені в табл 2.5 і на рис.2.1.

Використовуючи відомі співвідношення математичної статистики і дані табл.2.5., обчислимо мінімальне середнє значення напрацювання валу до відмови:

$$\bar{t}_{\min} = \frac{\sum_{N=1}^9 f(t_{NC})_{\min} \cdot \Delta t \cdot t_{NC}}{\sum_{N=1}^9 f(t_{NC})_{\min} \cdot \Delta t} = 115,834 / 0,9757 \approx 119 \text{ м.-ГОД.}$$

Таблиця 2.5

Результати обчислень

№ інтер-валу N	Середина інтервалу напрацювання t_{NC} , м.-ГОД.	$f_1(t) \cdot \Delta t$	$f_1(t) \cdot p_2(t) \cdot \Delta t$	$f_2(t) \cdot \Delta t$	$f_2(t) \cdot p_1(t) \cdot \Delta t$	$f_{\min}(t) \cdot \Delta t$
1	20	0,1266	0,1266	0,0004	0,0003	0,1269
2	60	0,1822	0,1822	0,0009	0,0007	0,1829
3	100	0,1806	0,1795	0,0175	0,0106	0,1902
4	140	0,1545	0,1442	0,1295	0,0571	0,2013

5	180	0,1204	0,0478	0,3521	0,1068	0,1545
6	220	0,0875	0,0279	0,3521	0,0702	0,0981
7	260	0,0601	0,0040	0,1295	0,0163	0,0203
8	300	0,0393	0,0002	0,0175	0,0013	0,0015
9	340	0,0246	0	0,0009	0	0
	Σ	0,9758	0,7124	1 0	0,2633	0,9757

Отже, розрахункові значення \bar{t}_{\min} для вала з врахуванням сукупності зносних і втомлених руйнувань значно менше, ніж відповідні показники \bar{t}_1 і \bar{t}_2 для кожного руйнівного процесу окремо.

Ймовірність втрати працездатності валу (відмова) при $t^* = 260$ м.-год визначимо за виразом (2.32):

$$1 - f_{\min}(t) \cdot \Delta t, \quad 2 - f_2(t) \cdot \Delta t, \quad 3 - f_1(t) \cdot \Delta t.$$

$Q(t^*)_{\min} = 1 - e^{-(t^*/t_0)} \cdot [1 - F(Z^*)]$, де $Z^* = (t^* - \bar{t}_2) / \sigma_{t_2}$; $F(Z^*) = 0,5[1 + \Phi(Z^*)]$, $\Phi(Z^*)$ - здвоєна функція Лапласа.

В результаті обчислень отримуємо: $Z^* = \frac{260 - 200}{40} = 1,5$; $\Phi(Z^*) = 0,86$; $F(Z^*) = 0,933$. Тоді $Q(t^*)_{\min} = 1 - e^{-(260/170)^{1,5}} \cdot (1 - 0,933) = 1 - 0,151 \cdot 0,067 = 0,99$.

Нарешті, виявимо найбільш небезпечний руйнівний процес, що відбувається у валі.

В отриманому співвідношенні для $f(t)_{\min}$ перший відклик визначає частку відмов від втомленості, а другий - від зношування.

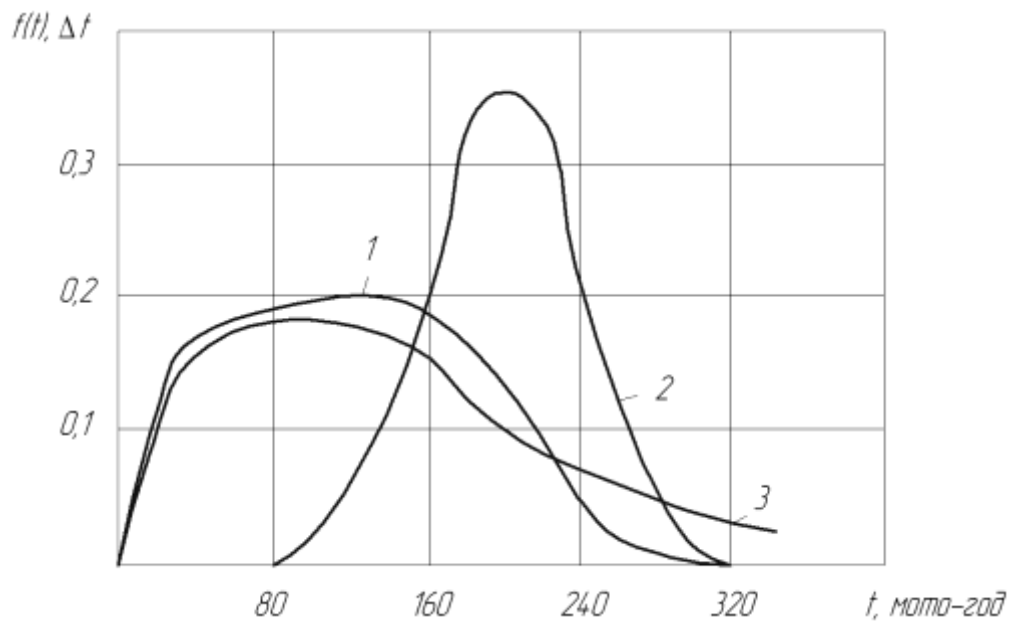


Рис 2.1. Графіки функцій щільності розподілу наробітків.

Аналізуючи дані табл.2.5 можна помітити, що на частку втомлених поломок приходить близько 71% усіх відмов. Отже, у розглянутій задачі сталі руйнування через втомленість є найбільше небезпечними.

2.2.3 Задачі для самостійного розв'язання

Задача 1. Середнє напрацювання на відмову відновленого диску зчеплення склало t_{cp} , середній час відновлення склав t_b . Визначити ймовірність безвідмовної роботи корзини зчеплення при напрацюванні t .

Вихідні дані обрати з таблиці 2.6 згідно варіанту.

Таблиця 2.6

Вихідні дані до задачі 1

Варіант	t_{cp} , год	t_b , люд-год	t , год
1	201	1,10	195
2	191	1,20	185
3	181	1,30	175
4	202	1,40	196
5	192	1,50	186
6	182	1,60	176
7	203	1,70	184
8	193	1,80	181
9	183	1,90	175
10	204	1,15	196
11	194	1,25	182
12	184	1,35	170
13	205	1,45	187
14	195	1,55	175
15	185	1,65	163
16	206	1,75	177
17	196	1,85	182
18	186	1,95	174
19	207	1,14	180
20	197	1,24	172
21	187	1,34	175
22	208	1,44	169
23	198	1,54	173
24	188	1,64	168
25	209	1,74	192
26	199	1,84	167
27	189	1,94	176
28	179	1,17	154
29	169	1,18	151
30	168	1,19	149

Задача 2. Закон нормального розподілу, що описує напрацювання двигунів типу ЯМЗ до першої відмови має наступні параметри : \bar{t} – середня величина напрацювання м.-год., σ_1 – середнє квадратичне відхилення, м.-год. Визначити ймовірність безвідмовної роботи і інтенсивність відмов, а також середнє напрацювання до відмови, якщо відомо, що напрацювання становить t_1 м.-год.

Вихідні дані обрати з таблиці 2.7, згідно варіанту.

Таблиця 2.7

Вихідні дані до задачі 2

Варіант	\bar{t}	σ_1	t_1
1	3650	980	2100
2	4120	1100	2250
3	3640	800	2110
4	3630	810	2190
5	3780	820	2180
6	3920	830	2120
7	4020	890	2170
8	4130	880	2130
9	3680	870	2160
10	3700	860	2150
11	3760	1010	2140
12	3740	1020	2130
13	4050	1030	2120
14	4210	1040	2110
15	4180	1050	2090
16	3940	990	2080
17	3920	970	2070
18	4010	960	2060
19	3840	950	2000
20	3860	940	2010
21	3770	930	2020
22	3810	910	2030
23	3880	920	2040
24	4110	1080	2050
25	3990	1070	2210
26	3740	1060	2230
27	3950	1090	2240
28	3810	1120	2220
29	3890	1130	2250
30	3780	1140	2240

Задача 3. Ймовірність безвідмовної роботи невідновлюваного блоку шестерен коробки зміни передач автомобілю підкоряються експоненційному закону розподілу і дорівнює $p(t)$ на протязі часу напрацювання t . Визначити середнє напрацювання блоку шестерен до відмови та напрацювання при якому ймовірність відмови складає q_1 .

Вихідні дані обрати з таблиці 2.8, згідно варіанту.

Таблиця 2.8

Вихідні дані до задачі 3

Варіант	$p(t)$	t	q_1
1	0,90	3650	0,15
2	0,91	4120	0,16
3	0,92	3640	0,19
4	0,93	3630	0,18
5	0,89	3780	0,12
6	0,87	3920	0,15
7	0,88	4020	0,14
8	0,84	4130	0,17
9	0,85	3680	0,16
10	0,86	3700	0,15
11	0,80	3760	0,22
12	0,79	3740	0,25
13	0,81	4050	0,23
14	0,82	4210	0,22
15	0,83	4180	0,29
16	0,75	3940	0,28
17	0,76	3920	0,27
18	0,77	4010	0,26
19	0,73	3840	0,31
20	0,78	3860	0,25
21	0,74	3770	0,28
22	0,70	3810	0,29
23	0,71	3880	0,30
24	0,69	4110	0,32
25	0,68	3990	0,36
26	0,64	3740	0,37
27	0,63	3950	0,39
28	0,66	3810	0,35
29	0,65	3890	0,40
30	0,67	3780	0,41

2.3 ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ СПРАВНОГО СТАНУ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

2.3.1. Основні теоретичні положення і розрахункові залежності

Для визначення ймовірності справного стану складної системи, що включає кілька блоків (елементів), складається так звана структурна схема надійності системи (ССНС). При цьому зображення блоків умовно здійснюють у вигляді прямокутників, що утворюють послідовний, паралельний чи змішаний ланцюг. Тип з'єднання блоків (елементів) залежить від їхнього впливу на працездатність системи і часто не збігається з монтажним з'єднанням.

Результуючу надійність системи визначають за відомими значеннями показників надійності окремих блоків, що входять у ССНС. Причому, як правило в ССНС включаються тільки ті блоки, експлуатаційна надійність яких мінімальна - так звані "слабкі ланки" системи.

В залежності від виду блоків, що входять у ССНС, усі технічні системи можна поділити на два класи: системи без відновлення і системи з відновленням. До першого класу звичайно відносять системи, відновлення яких безпосередньо після відмови вважається недоцільним і неможливим; до другого класу - системи, у яких відновлення виконується безпосередньо після відмови.

Ймовірність справного стану систем першого класу $p^1_c(t)$ дорівнює ймовірності безвідмовної роботи системи $P_c(t)$, тобто $p^1_c(t) = P_c(t)$.

Ймовірність справного стану систем другого класу $p^{11}_c(t)$ характеризується функцією готовності $\Gamma(t)$, що дорівнює сумі ймовірностей перебування системи в працездатному стані як при відсутності відмови на розглянутому інтервалі часу t , так і після усунення до моменту t одного і більше відмов. При цьому припускаємо, що $p^{11}_c(t) = \Gamma(t)$ для усталеного режиму роботи ($f \rightarrow \infty$), маємо $p^{11}_c(\infty) = \Gamma(\infty) = K_r$, де K_r - коефіцієнт готовності.

В залежності від типу сполучення блоків у ССНС складні системи розподіляють на наступні групи: а) з основним (послідовним) з'єднанням; б) з резервним (паралельним) з'єднанням; в) зі змішаним з'єднанням.

Якщо відмова системи настає при відмові одного з її блоків, то вона має основне, або послідовне сполучення блоків (Рис. 2.2).

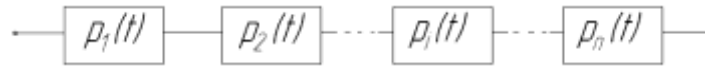


Рис. 2.2. Основне (послідовне) сполучення блоків

Розрахункова формула для імовірності безвідмовної роботи такої системи на підставі теореми множення ймовірностей має вигляд:

$$P_c^{осн}(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t) \quad (3.1)$$

Якщо напрацювання окремих блоків підкоряються ЗЕР, то

$$P_c^{осн}(t) = e^{-\Lambda_c^{осн} \cdot t}, \quad (3.2)$$

тобто напрацювання всієї системи також описується ЕР.

Аналогічний висновок можна зробити в тому випадку, якщо напрацювання блоків підкоряється ЗРВ.

При будь-якому законі розподілу напрацювання блоків інтенсивність відмов системи $\Lambda_c^{осн}$ визначається за формулою:

$$\Lambda_c^{осн} = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (3.3)$$

де λ_i - інтенсивність відмови i -го блоку

Залежність (3.3) є фундаментальною властивістю систем з основним з'єднанням.

Середній час безвідмовної роботи системи дорівнює

$$T_{cp}^{осн} = 1 / \Lambda_c^{осн}. \quad (3.4)$$

Резервуванням називається метод підвищення надійності системи шляхом введення в неї резервних (запасних) блоків, що є надлишковими по відношенню до основних блоків і можуть виконувати їх функції. При наявності одного запасного блоку резервування називається дублюванням.

Усі резервні блоки (чи елементи) включаються в роботу тільки паралельно з основними (Рис.2.3).

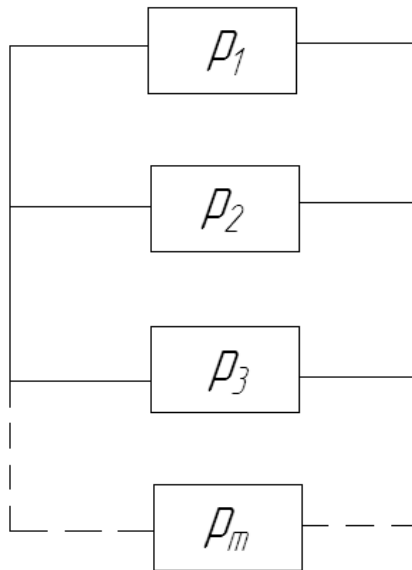


Рис. 2.3. Резервне паралельне з'єднання блоку.

Найбільшого поширення одержали два види резервування: 1) постійне резервування з навантаженим (включеним) резервом (ПР); 2) резервування заміщенням з не навантаженим резервом (РЗ).

Якщо дублюється робота всієї системи, резервування називається загальним (ОПР чи ОРЗ); при дублюванні окремих основних блоків - роздільним (РПР чи РРЗ). Для систем з ОПР ймовірність безвідмовної роботи розраховується за виразом:

$$P_c^{opr}(t) = 1 - \prod_{i=1}^m [1 - \rho_i(t)] \quad (3.5)$$

Якщо всі блоки рівнодійні, то

$$P_c^{opr}(t) = 1 - [1 - \rho(t)]^m \quad (3.6)$$

У такому випадку при заданій ймовірності безвідмовної роботи системи $P_c^{opr}(t_3) \geq P_3$ необхідне число резервних блоків буде дорівнювати:

$$m - 1 = \frac{\ln(1 - P_3)}{\ln[1 - \rho(t_3)]} - 1 \quad (3.7)$$

Якщо напрацювання рівнодійних блоків описується ЕР з параметром λ , то одержимо

$$P_c^{opr}(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^m \quad (3.8)$$

При малих значеннях $\lambda \cdot t$ формула (3.8) прийме вигляд:

$$P_c^{onp}(t) \cong 1 - (\lambda \cdot t)^m \quad (3.9)$$

Інтенсивність відмов системи дорівнює:

$$\Lambda_c^{onp}(t) = m \cdot \lambda^m \cdot t^{m-1}, \quad (3.10)$$

тобто при постійній інтенсивності відмов окремих блоків інтенсивність відмов резервованої системи є функцією наробітку.

Середнє напрацювання системи до відмови дорівнює:

$$T_c^{onp} = \frac{1}{\lambda} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{i} \quad (3.11)$$

Виходячи з формули (3.11), число резервних блоків не повинно бути більш трьох.

При будь-якому законі розподілу напрацювання однотипних блоків маємо:

$$\Lambda_c^{onp}(t) = \frac{m \cdot \lambda \cdot p(t) \cdot [1 - p(t)]^{m-1}}{1 - [1 - p(t)]^m}. \quad (3.12)$$

Обчислення T_{cp}^{onp} проводять по наступній наближеній формулі

$$P(T_{cp}^{onp}) = 1/(m+1). \quad (3.13)$$

Наприклад, для РВ маємо:

$$e^{- (T_{cp}^{onp} / t_0)^{m_0}} = 1/(m+1), \quad (3.14)$$

де t_0 і m_0 - параметри РВ.

В результаті логарифмування знаходимо

$$T_{cp}^{onp} \cong t_0 \cdot [\ln(m+1)]^{1/m_0}. \quad (3.15)$$

Для систем з ОРЗ ймовірність безвідмовної роботи системи дорівнює

$$P_c^{zpz}(t) = 1 - \frac{\prod_{i=1}^m [1 - \rho_i(t)]}{m!}. \quad (3.16)$$

При рівнонадійних блоках, напрацювання яких підкоряється ЕР з параметром λ , маємо:

$$P_c^{zpz}(t) = 1 - \frac{(1 - e^{-\lambda \cdot t})^m}{m!}; \quad (3.17)$$

$$\Lambda_c^{3p3}(t) = \lambda \cdot \frac{(\lambda \cdot t)^{m-1}}{(m-1)!} \cdot \left[\sum_{\kappa=0}^{m-1} \frac{(\lambda \cdot t)^\kappa}{\kappa!} \right]^{-1}; \quad (3.18)$$

$$T_{cp}^{3p3} = m / \lambda. \quad (3.19)$$

Надійність систем, що містять окремі блоки з роздільним резервуванням (РПР чи РРЗ), розраховується з використанням формул загального резервування (ОПТ чи ОРЗ).

Системи зі змішаним з'єднанням мають найбільше поширення в техніці тому, що дозволяють здійснювати резервування слабких за надійністю блоків чим зменшують ймовірність відмов.

На рис.2.4 показана ССНС зі змішаним з'єднанням блоків (*a* - основних блоків і *b* - з роздільним постійним резервуванням).

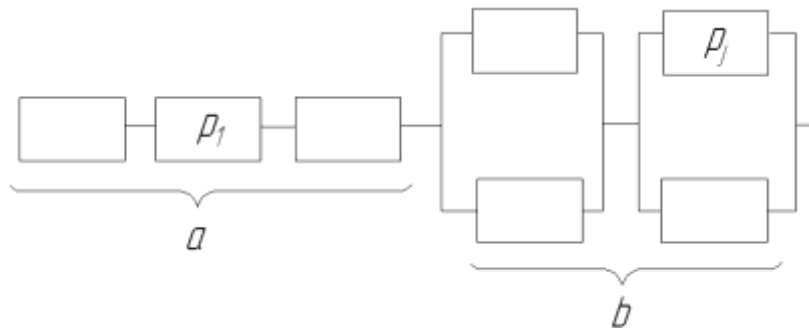


Рис. 2.4. Змішане з'єднання блоків

Для приведеної системи при $p_i(t) = p_j(t) = p(t)$ одержимо:

$$P_c^{3M}(t) = p^a(t) \cdot \left\{ 1 - [1 - p(t)]^2 \right\}^b \quad (3.20)$$

Якщо періоди функціонування і відновлення таких систем описуються ЕР з параметрами Λ_c і M_c , то функція готовності $\Gamma(t)$ визначається по наступним співвідношенням:

для нестационарного режиму, при $t \leq t_1$:

$$\Gamma(t) \cong 1 - \Lambda_c \cdot t; \quad (3.21)$$

для стаціонарного режиму, при $t > t_1$:

$$\Gamma(t) \cong K_\Gamma = M_c / (\Lambda_c + M_c), \quad (3.22)$$

причому

$$t_1 = -\frac{1}{\Lambda_c} \cdot \ln K_{\Gamma}. \quad (3.23)$$

Система з дублюванням, що складається з одного основного блоку і одного резервного, називається парою.

Припустимо, що в парі обидва блоки рівно надійні, процеси їхнього функціонування і відновлення описуються ЕР з параметрами λ_0 і μ_0 .

Параметр λ_0 характеризує середню інтенсивність відмов; параметр μ_0 - інтенсивність відновлення.

Перший випадок з навантаженим (включеним) резервом. Вираз для функції готовності при цьому має вигляд:

$$\Gamma_1(t) = 1 - \frac{\lambda_0^2}{(\lambda_0 + \mu_0)^2} \cdot \left[1 + \frac{1}{\lambda_0 + \mu_0} \cdot (S_2 \cdot e^{S_1 t} - S_1 \cdot e^{S_2 t}) \right], \quad (3.24)$$

де $S_1 = -(\lambda_0 + \mu_0)$; $S_2 = -2 \cdot (\lambda_0 + \mu_0)$.

Позначимо $\rho = \lambda_0/\mu_0$ і покладемо $t \rightarrow \infty$, тоді

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Gamma_1(t) = K_{\Gamma}^{(1)} = \frac{1 + 2 \cdot \rho}{(1 + \rho)^2}. \quad (3.25)$$

Середній час напрацювання на відмову системи буде дорівнювати:

$$t_{cp}^{(1)} = \frac{\mu_0 + 3 \cdot \lambda_0}{2 \cdot \lambda_0^2} \quad (3.26)$$

У другому випадку-з ненавантаженим (холодним) резервом:

$$\Gamma_2(t) = 1 - \frac{\lambda_0^2}{(\lambda_0 + \mu_0)^2} \cdot \left[1 + \frac{1}{\sqrt{\mu_0^2 + 4 \cdot \lambda_0 \cdot \mu_0}} \cdot (S_2 \cdot e^{S_1 t} - S_1 \cdot e^{S_2 t}) \right], \quad (3.27)$$

де $S_{1,2} = -\frac{2 \cdot \lambda_0 + 3 \cdot \mu_0 \mp \sqrt{\mu_0^2 + 4 \cdot \lambda_0 \cdot \mu_0}}{2}$.

При $t \rightarrow \infty$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Gamma_2(t) = K_{\Gamma}^{(2)} = \frac{2 \cdot (1 + \rho)}{(1 + \rho)^2 + 1} \quad (3.28)$$

Нарешті

$$t_c^{(2)} = \frac{\mu_0 + 2 \cdot \lambda_0}{\lambda_0^2} \quad (3.29)$$

2.3.2. Приклади розв'язання задач

Задача 1. На спеціальному колісному тягачі встановлено два дизелі. Один з них є постійно включеним резервом. Інтенсивність відмов дизелів $\lambda = 0,5 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹. Закон розподілу напрацювань - експоненціальний. Відновлення дизелів не враховувати. Визначити ймовірність справного стану тягача за період $t_1 = 2000$ м. - год, а також його середнє напрацювати до відмови й інтенсивність відмов.

Розв'язання.

Використовуємо співвідношення (3.8) й знайдемо

$$P_c^{znp}(2000) = 1 - (1 - e^{-0,510^{-4} \cdot 2000})^2 = 0,991.$$

Обчислення T_c^{znp} зробимо за допомогою залежності (3.11) при $m = 2$:

$$T_c^{znp} = \frac{1}{0,5 \cdot 10^{-4}} \cdot \left(1 + \frac{1}{2}\right) = 30000 \text{ м. - год.}$$

За формулою (3.10) одержимо

$$\Lambda_c^{znp}(2000) = 2 \cdot (0,5 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 2000 = 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

Задача 2. ССНС складається з 4-х основних рівнонадійних неремонтуємих блоків (Рис.2.5). Періоди функціонування блоків підкоряються ЕР з параметром $\lambda = 10^{-5}$ год.⁻¹

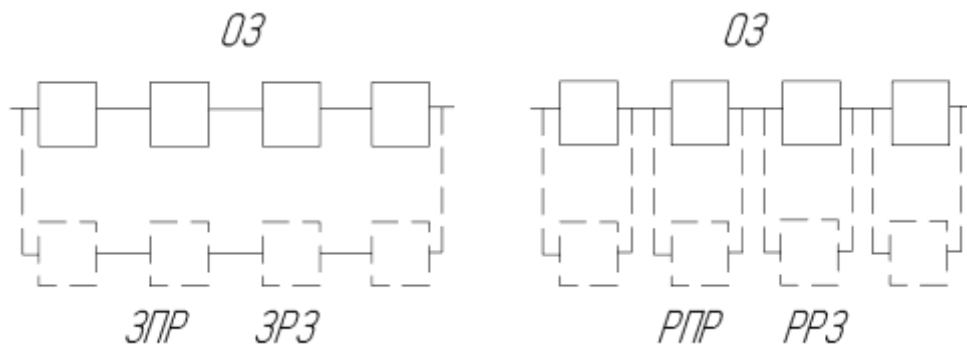


Рис. 2.5. Розрахункові ССНС

Визначити результуючу надійність і інтенсивність відмов системи при $t_1 = 10000$ год для наступних випадків: 1. Система має основне з'єднання блоків без резервування (ОЗ); 2. Система має загальне постійне резервування (ЗПР); 3. Система має загальне резервування заміщенням (ЗРЗ); 4. Система має роздільне постійне резервування кожного блоку (РПР); 5. Система має роздільне резервування заміщенням кожного блоку (ЗРЗ).

Розв'язання.

Обчислимо по формулі (2.27) ймовірність безвідмовної роботи одного блоку при $t_1 = 10000$ год.

$$p(t_1) = \exp(10^{-5} \cdot 10^4) \cong 0,9$$

Далі розглянемо розв'язання для окремих випадків.

1-й випадок. Використовуючи залежності (3.1) і (3.3), одержимо

$$P_c^{очн}(t_1) = [p(t_1)]^4 = 0,9^4 = 0,656, \quad \Lambda_c^{очн} = 4 \cdot \lambda = 4 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

2-й випадок. По співвідношеннях (3.6) і (3.10) при $m = 2$, знаходимо:

$$p_c^{зпр}(t_1) = 1 - (1 - p_c^{очн})^2 = 1 - (1 - 0,656)^2 = 0,882;$$

$$\Lambda_c^{зпр}(t_1) = 2 \cdot (\Lambda_c^{очн})^2 \cdot t_1 = 2 \cdot (4 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 10000 = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

3-й випадок. Використовуючи залежності (3.16) і (3.18), маємо:

$$p_c^{зрз}(t_1) = 1 - \frac{(1 - P_c^{очн})^2}{2!} = 1 - \frac{(1 - 0,656)^2}{2!} = 0,941,$$

$$\Lambda_c^{зрз}(t_1) = \frac{(\Lambda_c^{очн})^2 \cdot t_1}{1 + \Lambda_c^{очн} \cdot t_1} = \frac{(4 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 10000}{1 + 4 \cdot 10^{-5} \cdot 10000} = 1,14 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

4-й випадок Для обчислення $P_c^{рпр}(t_1)$ спочатку по формулі (3.6) знайдемо ймовірність безвідмовної роботи для однієї пари блоків з постійним резервуванням:

$P_n^{np}(t_1) = 1 - [1 - p(t_1)]^2$, а потім, приймаючи кожен таку пару за основний умовний блок, по залежності (3,1) одержимо:

$$P_c^{ppp}(t_1) = \left\{ 1 - [1 - p(t_1)]^2 \right\}^4 = [1 - (1 - 0,9)^2]^4 = 0,961$$

Аналогічно при обчисленні $\Lambda_c^{ppp}(t_1)$ спочатку по залежності (3.10) знайдемо інтенсивність відмов для однієї пари блоків

$$\lambda_n^{np}(t_1) = 2 \cdot \lambda^2 \cdot t_1$$

а потім по формулі (3,3) остаточно одержимо

$$\Lambda_c^{ppp}(t_1) = 4 \cdot (2 \cdot \lambda^2 \cdot t_1) = 8 \cdot (10^{-5})^2 \cdot 10000 = 0,8 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

5-й випадок Вихідні передумови такі ж, як у попередньому випадку, тільки за умови, що пари блоків мають резервне заміщення.

По формулі (3.6) знаходимо

$$P_n^{p3}(t_1) = 1 - \frac{[1 - p(t_1)]^2}{2!},$$

тоді на підставі (3.1):

$$P_n^{pp3}(t_1) = \left\{ 1 - \frac{[1 - p(t_1)]^2}{2!} \right\}^4 = \left[1 - \frac{(1 - 0,9)^2}{2} \right]^4 = 0,980$$

Аналогічно по залежностях (3,18) і (3,3) маємо:

$$P_n^{p3}(t_1) = \frac{\lambda^2 \cdot t_1}{1 + \lambda \cdot t_1};$$

$$\Lambda_c^{pp3}(t_1) = 4 \cdot [\lambda_n^{p3}(t_1)] = \frac{4 \cdot \lambda^2 \cdot t_1}{1 + \lambda \cdot t_1} = \frac{4 \cdot (10^{-5})^2 \cdot 10000}{1 + 10^{-5} \cdot 10000} = 0,36 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Задача 3. На рис. 2.6, приведена ССНС, складена для пускорегулюючої апаратури динамометричного стенду оцінки тягових якостей автомобіля. Ймовірності безвідмовної роботи невідновлюваних блоків зазначені безпосередньо на схемі.

Визначити ймовірність безвідмовної роботи системи.

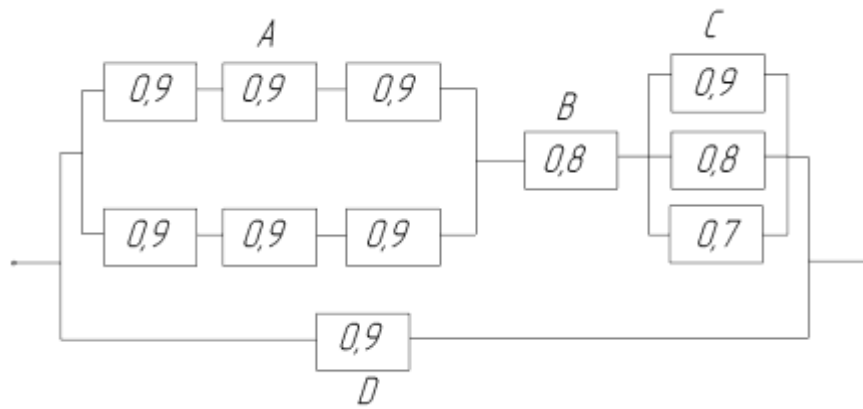


Рис.2.6. Розрахункова структурна схема надійності системи.

Розв'язання

Система складається з двох паралельних ланцюгів (ABC і D) різної надійності

Визначимо результуючу надійність блоків А:

$$P_A^{np} = 1 - (1 - 0,9^3)^2 \cong 0,93.$$

Блок В є нерезервований.

Для блоків С маємо:

$$P_C^{np} = 1 - (1 - 0,9) \cdot (1 - 0,8) \cdot (1 - 0,7) = 0,994.$$

Тоді для ланцюга ABC одержуємо:

$$P_{ABC}^{np} = P_A^{np} \cdot P_B \cdot P_C^{np} = 0,93 \cdot 0,8 \cdot 0,994 = 0,74.$$

Остаточно знаходимо:

$$P_{сист}^{np} = 1 - (1 - P_{ABC}^{np}) \cdot (1 - P_D) = 1 - (1 - 0,74) \cdot (1 - 0,9) = 0,974.$$

Задача 4. ССНС складається з трьох основних блоків. Система повинна справно працювати на проміжку часу $t_0=100$ год з ймовірністю $p(t_0)=0,8$.

Процеси функціонування відновлення блоків описуються ЕР.

Визначити результуючу надійність системи, якщо інтенсивності відмовлень блоків мають такі значення: $\lambda_1 = 293 \cdot 10^{-5}$; $\lambda_2 = 144 \cdot 10^{-5}$; $\lambda_3 = 35 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹. У разі потреби застосувати резервування і відновлення ($t_b = 5$ год).

Розв'язання.

По формулах (2,16) і (3,4) визначимо ймовірність безвідмовної роботи і середній час справної роботи основних блоків без резервування і відновлення при $t_0 = 100$ год:

$$T_1 = \frac{1}{\Lambda_1} = 341 \text{ год}; T_2 = \frac{1}{\Lambda_2} = 694 \text{ год}; T_3 = \frac{1}{\Lambda_3} = 2860 \text{ год}.$$

$$P_1(t_0)e^{-\Lambda_1 t_0} = e^{-293 \cdot 10^{-5} \cdot 100} = 0,746;$$

$$P_2(t_0)e^{-\Lambda_2 t_0} = e^{-144 \cdot 10^{-5} \cdot 100} = 0,866;$$

$$P_3(t_0)e^{-\Lambda_3 t_0} = e^{-3510 \cdot 10^{-5} \cdot 100} = 0,966.$$

По формулі (3.3) знайдемо інтенсивність відмов основної системи:

$$\Lambda_c^{очн} = \Lambda_1 + \Lambda_2 + \Lambda_3 = 472 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

По рівності (3.2) розрахуємо ймовірності справної роботи основної системи; обчислення зведемо в табл.2.9.

Таблиця 2.9

Результати виконаних обчислень

t, год	0	10	20	40	60	80	100
$P_c^{очн}(t)$	1	0,954	0,910	0,828	0,754	0,685	0,625

Аналіз отриманих даних показує, що основна система не задовольняє вимогам надійності. Необхідно прийняти міри для її підвищення. "Слабкою ланкою" по надійності є перший блок. Тому будемо підвищувати його надійність різними способами.

1-й спосіб - постійне дублювання без відновлення. Використовуючи залежність (3,5), одержимо:

$$P_1^{np}(t_0) = 1 - [1 - p_1(t_0)]^2 = 1 - (1 - 0,746)^2 = 0,935.$$

Тоді на підставі (3.1)

$$P_c^{pnp}(t_0) = p_1^{pnp}(t_0) \cdot p_2(t_0) \cdot p_3(t_0) = 0,935 \cdot 0,866 \cdot 0,966 = 0,782$$

тобто, система не задовольняє вимогам.

2-й спосіб - резервування заміщенням (дублювання) без відновлення.

Використовуючи залежність (3,16), одержимо:

$$P_1^{pp3}(t_0) = 1 - \frac{[1 - p_1(t)]^2}{2!} = 1 - \frac{(1 - 0,746)^2}{2!} = 0,968.$$

Тоді на підставі (3.1)

$$P_c^{pp3}(t_0) = p_1^{pp3}(t_0) \cdot p_2(t_0) \cdot p_3(t_0) = 0,968 \cdot 0,866 \cdot 0,966 = 0,810.$$

У цьому випадку система задовольняє вимогам.

3-й спосіб - постійне дублювання з відновленням. Середній час відновлення першого блоку дорівнює $t_b = 5$ год, тобто інтенсивність відновлення $\mu_b = 0,2$ год⁻¹.

За залежністю (3,26) визначимо середнє напрацювання на відмову:

$$t_{cp}^{(1)} = \frac{\mu_b + 3 \cdot \Lambda_1}{2 \cdot \Lambda_1^2} = \frac{0,2 + 3 \cdot 293 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot (293 \cdot 10^{-5})^2} = 0,122 \cdot 10^5 \text{ год.}$$

На підставі (2,16) і (2,17), маємо:

$$P_1^{ppp+B}(t_0) = e^{-t_0 / t_{cp}^{(1)}} = e^{-100 / 0,122 \cdot 10^5} = 0,992.$$

Тоді по співвідношенню (3,1) знаходимо:

$$P_c^{ppp+B}(t_0) = p_1^{ppp+B}(t_0) \cdot p_2(t_0) \cdot p_3(t_0) = 0,992 \cdot 0,866 \cdot 0,966 = 0,830.$$

Цей спосіб також задовольняє вимогам і є більш кращим, ніж попередній; приймаємо його для реалізації.

Використовуючи формули (3,3) і (3,4), одержимо середній час справної роботи системи:

$$T_c^{ppp+B} = 1 / \left(1 / t_{cp}^{(1)} + 1 / T_2 + 1 / T_3 \right) = 1 / \left(1 / 0,122 \cdot 10^5 + 1 / 694 + 1 / 2860 \right) = 534 \text{ год.}$$

Задача 5. Визначити результуючу надійність гідросистеми автомобіля при відсутності резервування, при однократному та двократному постійному резервуванні блока 3 (рис. 2.7). Ймовірність безвідмовної роботи всіх блоків гідросистеми однакова $p_i = p = 0,9$.

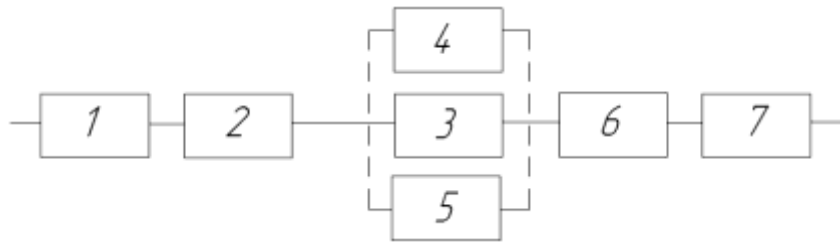


Рис. 2.7. Структурна схема надійності гідросистеми автомобіля.

Розв'язання.

1. При відсутності резервування згідно залежності (3.1) ймовірність безвідмовної роботи гідросистеми:

$$P_z^{осн} = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_6 \cdot p_7 = p^5 = 0,9^5 = 0,590$$

2. При однократному постійному резервуванні блоку 3 на підставі (3.1); (3.5); (3.20) ймовірність безвідмовної роботи гідросистеми:

$$P_z^{n.p.(1)} = p_1 \cdot p_2 \cdot [1 - (1 - p_3) \cdot (1 - p_4)] \cdot p_6 \cdot p_7 = p^4 [1 - (1 - p)^2] = 0,650$$

3. При двократному постійному резервуванні блоку 3 аналогічно випадку 2 маємо:

$$P_z^{n.p.(2)} = p_1 \cdot p_2 \cdot [1 - (1 - p_3) \cdot (1 - p_4) \cdot (1 - p_4)] \cdot p_6 \cdot p_7 = p^4 [1 - (1 - p)^3] = 0,655$$

Задача 6. Визначити показники надійності системи електропостачання, наприклад, критого току при напрацюванні $t_1=1$ рік. Для підвищення надійності системи прокладено два кабелі по 10 кВт. Інтенсивність відмов системи $\Lambda_c=0,2$ /рік; інтенсивність відновлення – $M_c = 365$ 1/рік. Розрахунок провести для наступних випадків: 1) один кабель без резервування; 2) два кабелі при постійному дублюванні; 3) два кабелі при резервуванні заміщенням.

Розв'язання.

Випадок 1. При $t \rightarrow \infty$, функція готовності $\Gamma(t)$ згідно (3.22) дорівнює

$$\Gamma(t) \cong K_G = M_c / (\Lambda_c + M_c) = 365 / (0,2 + 365) = 0,9995$$

Середнє напрацювання до відмови на підставі (3.4) буде складати:

$$T_{cp} = 1/\Lambda_c = 1/0,2 = 5 \text{ років.}$$

Випадок 2. Використавши залежність (3.26) маємо:

$$t_{cp}^{np} = \frac{M_c}{2 \cdot \Lambda_c^2} = \frac{365}{2 \cdot 0,2^2} = 4562 \text{ роки.}$$

Еквівалентна інтенсивність відмов буде дорівнювати:

$$\Lambda_c^{np} = 1/t_{cp}^{np} = 2 \cdot \Lambda_c^2 / M_c.$$

Тоді залежність для ймовірності безвідмовної роботи буде мати вигляд:

$$P_u^{np}(t) = [-\Lambda_c^{np} \cdot t] = \exp\left[-\frac{2 \cdot \Lambda_c^2}{M_c} \cdot t\right].$$

При $t_1=1$ рік маємо: $P_u^{np}(t_1) = \exp\left[-\frac{2 \cdot 0,2^2 \cdot 1}{365}\right] = 0,9998$

Випадок 3. Використавши залежність (3.29) отримаємо:

$$t_{cp}^{p3} = \frac{M_c}{\Lambda_c^2} = \frac{365}{0,2^2} = 9125 \text{ років.}$$

Еквівалентна інтенсивність відмов:

$$\Lambda_c^{p3} = 1/t_{cp}^{p3} = \Lambda_c^2 / M_c$$

Тоді інтенсивність безвідмовної роботи розраховується за виразом:

$$P_u^{p3}(t) = [-\Lambda_c^{p3} \cdot t] = \exp\left[-\frac{\Lambda_c^2}{M_c} \cdot t\right].$$

При $t_1=1$ рік маємо: $P_u^{p3}(t_1) = \exp\left[-\frac{0,2^2 \cdot 1}{365}\right] = 0,9999$.

2.3.3 Задачі для самостійного розв'язання

Задача 1. Система автоматичного впорскування палива двигуна автомобіля має m однакових датчиків контролю, з яких один є постійно включеним, а інші резервні. Інтенсивність відмов датчиків λ . Визначити ймовірність точного впорску палива за період t_1 , а також її середнє напрацювання до відмови та інтенсивність відмов при експоненціальному законі розподілу напрацювань.

Вихідні дані обрати з таблиці 2.10, згідно варіанту.

Таблиця 2.10

Вихідні дані до задачі 1

Варіант	$\lambda \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$	$t_1, \text{ год}$	m
1	0,51	2010	2
2	0,62	2020	3
3	0,73	2030	2
4	0,84	2090	3
5	0,95	2080	2
6	0,46	2070	3
7	0,37	2050	2
8	0,52	2060	3
9	0,63	2040	2
10	0,74	2095	3
11	0,85	2085	2
12	0,96	2015	3
13	0,47	2035	2
14	0,38	2025	3
15	0,53	2045	2
16	0,64	2055	3
17	0,75	2100	2
18	0,86	2105	3
19	0,97	2195	2
20	0,48	2155	3
21	0,39	2160	2
22	0,54	2145	3
23	0,65	2140	2
24	0,76	2130	3
25	0,87	2135	2
26	0,98	2165	3
27	0,49	2170	2
28	0,40	2175	3
29	0,55	2125	2
30	0,67	2180	3

Задача 2. Агрегат для мийки автомобілів складається з наступних основних блоків: редуктор, насос, шланги, система розпилювачів. Інтенсивність відмов кожного відповідно становить $\lambda_p, \lambda_n, \lambda_{ш}, \lambda_c$. Ймовірність безвідмовної роботи на протязі часу t_1 становить $p_p(t_1), p_n(t_1), p_{ш}(t_1), p_c(t_1)$. Період функціонування блоків підкоряється експоненціальному закону розподілу.

Визначити ймовірність безвідмовної роботи агрегату при напрацюванні t_1 , t_2 і середнє напрацювання на відмову.

Вихідні дані обрати з таблиці 2.11, згідно варіанту

Таблиця 2.11

Вихідні дані до задачі 2

Варіант	$\lambda_p \times 10^{-5}$ год ⁻¹	$\lambda_n \times 10^{-5}$ год ⁻¹	$\lambda_{ш} \times 10^{-5}$ год ⁻¹	$\lambda_c \times 10^{-5}$ год ⁻¹	t_1 , год	t_2 , год	$p_p(t_1)$	$p_n(t_1)$	$p_{ш}(t_1)$	$p_c(t_1)$
1	1,97	1,40	1,00	0,51	400	2010	0,990	0,980	0,970	0,960
2	1,87	1,41	1,02	0,62	200	2020	0,991	0,981	0,971	0,961
3	1,76	1,49	1,04	0,73	250	2030	0,992	0,982	0,972	0,962
4	1,99	1,45	1,06	0,84	300	2090	0,993	0,983	0,973	0,963
5	1,88	1,42	1,08	0,95	450	2080	0,994	0,984	0,974	0,964
6	1,86	1,47	1,10	0,46	350	2070	0,995	0,985	0,975	0,965
7	1,85	1,45	1,01	0,37	200	2050	0,990	0,986	0,976	0,966
8	1,93	1,46	1,03	0,52	250	2060	0,991	0,987	0,977	0,967
9	1,91	1,50	1,05	0,63	400	2040	0,992	0,988	0,978	0,968
10	1,92	1,59	1,07	0,74	450	2095	0,993	0,989	0,979	0,969
11	1,94	1,58	1,09	0,85	250	2085	0,994	0,980	0,970	0,960
12	1,89	1,57	1,11	0,96	200	2015	0,995	0,981	0,971	0,961
13	1,88	1,52	1,12	0,47	230	2035	0,991	0,982	0,972	0,962
14	1,86	1,54	1,13	0,38	240	2025	0,992	0,983	0,973	0,963
15	1,87	1,53	1,14	0,53	280	2045	0,993	0,984	0,974	0,964
16	1,78	1,56	1,20	0,64	320	2055	0,994	0,985	0,975	0,965
17	1,79	1,51	1,19	0,75	360	2100	0,995	0,986	0,976	0,966
18	1,95	1,55	1,17	0,86	410	2105	0,991	0,987	0,977	0,967
19	1,94	1,60	1,16	0,97	420	2195	0,992	0,988	0,978	0,968
20	1,93	1,70	1,15	0,48	480	2155	0,993	0,989	0,979	0,969
21	1,75	1,69	1,30	0,39	290	2160	0,994	0,980	0,970	0,960
22	1,73	1,61	1,25	0,54	280	2145	0,995	0,981	0,971	0,961
23	1,81	1,68	1,24	0,65	250	2140	0,990	0,982	0,972	0,962
24	1,99	1,62	1,23	0,76	350	2130	0,991	0,983	0,973	0,963
25	1,82	1,63	1,27	0,87	340	2135	0,992	0,984	0,974	0,964
26	1,78	1,64	1,26	0,98	360	2165	0,993	0,985	0,975	0,965
27	1,79	1,67	1,28	0,49	380	2170	0,994	0,986	0,976	0,966
28	1,80	1,65	1,29	0,40	410	2175	0,995	0,987	0,977	0,967
29	1,90	1,66	1,21	0,55	420	2125	0,990	0,988	0,978	0,968
30	1,99	1,71	1,22	0,67	440	2180	0,991	0,989	0,979	0,969

Задача 3. Автомобільна система електронного запалювання складається з чотирьох блоків датчиків **A, B, C, D**, що мають імовірність безвідмовної роботи **p₁, p₂, p₃, p₄, p₅, p₆**. Структурна схема надійності системи датчиків наведена на рис.2.8. Визначити ймовірність безвідмовної роботи системи.

Вихідні дані обрати в таблиці 2.12, згідно варіанту.

Таблиця 2.12

Вихідні дані до задачі 3

Варіант	p ₁	p ₂	p ₃	p ₄	p ₅	p ₆	Схема за рис.3.1
1	0,90	0,70	0,97	0,75	0,97	0,68	1
2	0,91	0,71	0,96	0,73	0,95	0,69	2
3	0,92	0,72	0,95	0,74	0,94	0,71	3
4	0,80	0,72	0,95	0,69	0,93	0,72	1
5	0,81	0,73	0,94	0,68	0,92	0,73	2
6	0,82	0,74	0,93	0,76	0,91	0,74	3
7	0,71	0,75	0,92	0,78	0,89	0,75	1
8	0,72	0,76	0,91	0,79	0,88	0,76	2
9	0,70	0,77	0,90	0,77	0,87	0,77	3
10	0,93	0,79	0,89	0,71	0,86	0,78	1
11	0,94	0,79	0,87	0,72	0,85	0,79	2
12	0,95	0,80	0,86	0,81	0,84	0,80	3
13	0,83	0,81	0,85	0,85	0,84	0,81	1
14	0,84	0,82	0,85	0,83	0,83	0,81	2
15	0,85	0,83	0,84	0,87	0,83	0,82	3
16	0,72	0,84	0,83	0,86	0,82	0,83	1
17	0,73	0,85	0,82	0,84	0,81	0,83	2
18	0,74	0,85	0,81	0,82	0,81	0,84	3
19	0,75	0,86	0,80	0,83	0,80	0,84	1
20	0,86	0,87	0,79	0,80	0,79	0,85	2
21	0,96	0,89	0,79	0,81	0,78	0,86	3
22	0,76	0,90	0,77	0,88	0,77	0,87	1
23	0,97	0,91	0,76	0,89	0,76	0,88	2
24	0,87	0,92	0,75	0,95	0,75	0,89	3
25	0,77	0,93	0,74	0,97	0,74	0,91	1
26	0,79	0,94	0,73	0,84	0,73	0,92	2
27	0,89	0,95	0,72	0,91	0,72	0,93	3
28	0,95	0,95	0,72	0,92	0,71	0,94	1
29	0,85	0,96	0,71	0,94	0,69	0,95	2
30	0,79	0,97	0,70	0,93	0,68	0,97	3

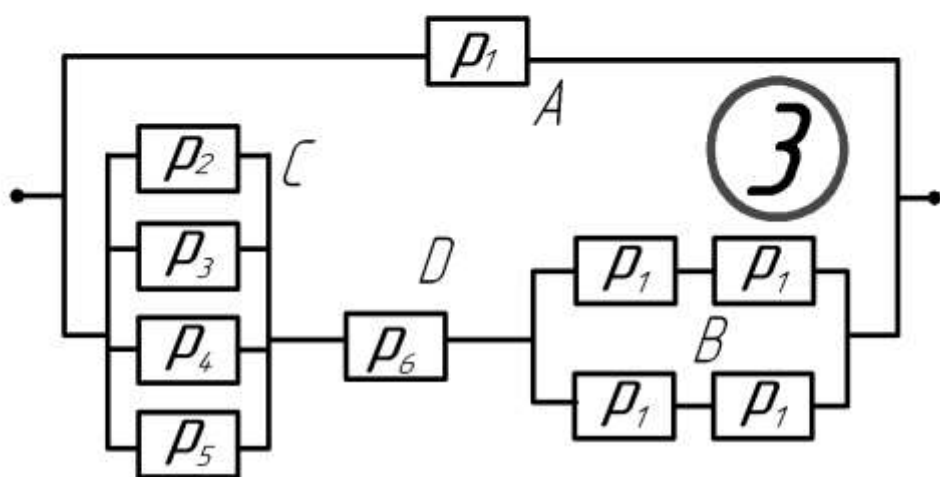
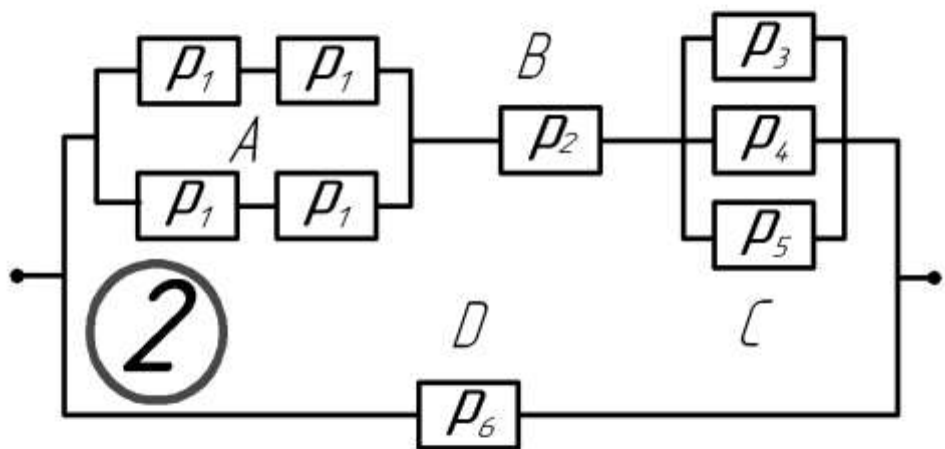
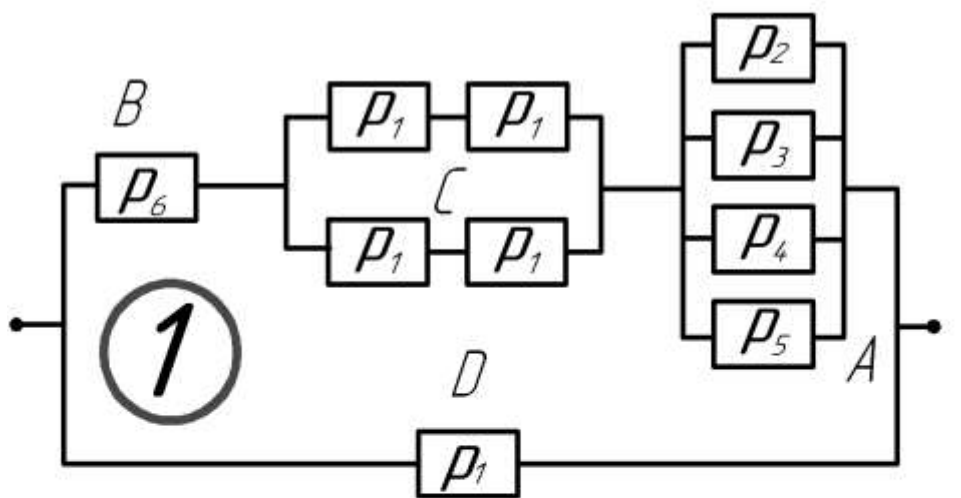


Рис.2.8. Схеми з'єднання блоків датчиків системи електронного запалювання.

Задача 4. При проектуванні гідроприводу навісних систем спеціальних автомобілів для підвищення її надійності встановлено два трубопроводи високого тиску від гідронасоса до гідроциліндра з яких один основний, інший резервний. Інтенсивність відмов трубопроводу Λ_T ; інтенсивність відновлення M_T ; напрацювання гідроприводу t_1 . Визначити середній час напрацювання гідроприводу на відмову та ймовірність безвідмовної роботи у випадках: а) в роботі гідроприводу задіяний тільки основний трубопровід; б) задіяні два трубопроводи при постійному дублюванні; в) задіяні два трубопроводи при резервуванні заміщенням.

Вихідні дані обрати в таблиці 2.13, згідно варіанту.

Таблиця 2.13

Вихідні дані до задачі 4

Варіант	$\Lambda_T \times 10^{-4}, \text{ год}^{-1}$	$M_T, \times 10^{-3}, \text{ год}^{-1}$	$t_1, \text{ год}$
1	0,90	0,70	1010
2	0,91	0,71	950
3	0,92	0,72	1020
4	0,80	0,72	910
5	0,81	0,73	960
6	0,82	0,74	970
7	0,71	0,75	1030
8	0,72	0,76	1040
9	0,70	0,77	930
10	0,93	0,79	920
11	0,94	0,79	905
12	0,95	0,80	995
13	0,83	0,81	955
14	0,84	0,82	1050
15	0,85	0,83	1065
16	0,72	0,84	1025
17	0,73	0,85	1045
18	0,74	0,85	1085
19	0,75	0,86	985
20	0,86	0,87	925
21	0,96	0,89	905
22	0,76	0,90	1005
23	0,97	0,91	1035
24	0,87	0,92	965
25	0,77	0,93	975
26	0,79	0,94	905
27	0,89	0,95	1000
28	0,95	0,95	900
29	0,85	0,96	950
30	0,79	0,97	1050

Задача 5. Блок керування тиском в шинах сучасних автомобілях має чотири послідовно з'єднаних елементи, ймовірність безвідмовної роботи яких становить p_1, p_2, p_3, p_4 . Визначити результуючу ймовірність безвідмовної роботи блоку керування в наступних випадках: а) без резервування елементів блоку; б) при однократному постійному резервуванні елемента **2** елементом **5** з ймовірністю безвідмовної роботи p_5 ; в) при двократному постійному резервуванні елемента **3** елементами **5** і **6**, ймовірність безвідмовної роботи елемента **6** - p_6 . Графічно зобразити структурну схему надійності блоку керування для кожного з зазначених випадків.

Вихідні дані обрати з таблиці 2.14, згідно варіанту.

Таблиця 2.14

Вихідні дані до задачі 5

Варіант	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6
1	0,90	0,70	0,97	0,75	0,97	0,68
2	0,91	0,71	0,96	0,73	0,95	0,69
3	0,92	0,72	0,95	0,74	0,94	0,71
4	0,80	0,72	0,95	0,69	0,93	0,72
5	0,81	0,73	0,94	0,68	0,92	0,73
6	0,82	0,74	0,93	0,76	0,91	0,74
7	0,71	0,75	0,92	0,78	0,89	0,75
8	0,72	0,76	0,91	0,79	0,88	0,76
9	0,70	0,77	0,90	0,77	0,87	0,77
10	0,93	0,79	0,89	0,71	0,86	0,78
11	0,94	0,79	0,87	0,72	0,85	0,79
12	0,95	0,80	0,86	0,81	0,84	0,80
13	0,83	0,81	0,85	0,85	0,84	0,81
14	0,84	0,82	0,85	0,83	0,83	0,81
15	0,85	0,83	0,84	0,87	0,83	0,82
16	0,72	0,84	0,83	0,86	0,82	0,83
17	0,73	0,85	0,82	0,84	0,81	0,83
18	0,74	0,85	0,81	0,82	0,81	0,84
19	0,75	0,86	0,80	0,83	0,80	0,84
20	0,86	0,87	0,79	0,80	0,79	0,85
21	0,96	0,89	0,79	0,81	0,78	0,86
22	0,76	0,90	0,77	0,88	0,77	0,87
23	0,97	0,91	0,76	0,89	0,76	0,88
24	0,87	0,92	0,75	0,95	0,75	0,89
25	0,77	0,93	0,74	0,97	0,74	0,91
26	0,79	0,94	0,73	0,84	0,73	0,92
27	0,89	0,95	0,72	0,91	0,72	0,93
28	0,95	0,95	0,72	0,92	0,71	0,94
29	0,85	0,96	0,71	0,94	0,69	0,95
30	0,79	0,97	0,70	0,93	0,68	0,97

2.4. ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ ЗА ДАНИМИ ВИПРОБУВАНЬ

2.4.1. Основні теоретичні положення і розрахункові залежності

Як правило, дослідження надійності технічних об'єктів, що знаходяться в експлуатації, з економічних міркувань проводиться на окремих партіях однотипних підконтрольних автомобілів або їх агрегатів, що утворюють вибірку з генеральної сукупності. В результаті одержують наближені оцінки показників надійності, можуть бути двох видів: точкові та інтервальні.

Оцінка якого-небудь показника представлена одним значенням називається точковою.

Інтервальна оцінка являє собою деякий інтервал Δ_α , що називається довірчим. У середині інтервалу з заданої ймовірності α , що також називається довірчою, знаходиться шукане значення показника надійності. На практиці приймають $\alpha = 0,9$ чи $0,95$.

При будь-якому законі розподілу напрацювання довірчий інтервал описується рівнянням:

$$\Delta_\alpha = (\bar{t} - t_\beta \cdot \sigma_k; \bar{t} + t_\beta \cdot \sigma_k), \quad (4.1)$$

де $\sigma_k = \sigma_t / \sqrt{n_b}$; \bar{t} - точкова оцінка показника надійності у вигляді середнього значення; σ_t - середнє квадратичне відхилення показника; t_β - квантиль розподілу Стюдента; n_b - обсяг вибірки.

Значення t_β в залежності від довірчої ймовірності α і обсягу вибірки n_b приведені в Додатку Д.

Крайні значення Δ_α називають відповідно нижньою і верхньою довірчими границями розсіювання показника надійності; величину $\varepsilon = t_\beta \cdot \sigma_k$ - абсолютною випадковою помилкою спостерігача.

При нормальному розподілі (НР) напрацювання довірчий інтервал описується наступним виразом:

$$\Delta_\alpha = (\bar{t} - U_\beta \cdot \sigma_t; \bar{t} + U_\beta \cdot \sigma_t), \quad (4.2)$$

де U_{β} - квантиль НР (Додаток Д).

Зіставляючи чисельні розрахунки по залежностях (4,1) і (4,2), можна помітити, що в другому випадку інтервал I_{β} значно вужчий, тобто достовірність статистики поліпшена.

Визначення мінімального числа об'єктів спостереження n_b (обсягу вибірки) при заданій довірчій ймовірності β і відносній точності $\delta = \varepsilon/\bar{t}$ зручно проводити за методом проф. В. М. Міхліна [62], (додатковий список літератури) сутність якого полягає в наступному:

1. За результатами попередніх випробувань обчислюють середнє значення \bar{t} напрацювання об'єктів до відмови і середнє квадратичне відхилення σ_t .

2. Визначають коефіцієнт варіації V .

3. За величиною V , визначають закон розподілу напрацювання: при $0 \leq V \leq 0,33$ - НР, при $V > 0,33$ частіше РВ, іноді НР при $V = 1,0$ - ЕР.

4. Вибирають задану відносну точність випробувань δ у межах 0,05...0,25 і довірчу ймовірність β у межах 0,80...0,95.

5. Визначаєть обсяг вибірки n_b^* для випадку якщо загальне число об'єктів, що працюють у даній зоні, $N \geq 10000$ за допомогою Додатку Д.

6. Проводять корегування числа n_b^* в бік зменшення за відомим графіком, якщо $N < 10000$; у протилежному випадку приймають $n_b = n_b^*$.

В багатьох випадках замість Додатку Д зручніше використовувати для знаходження n_b^* номограми Б. Ф. Хазова [62].

Застосовують наступну послідовність пошуку по цих номограмах:

$$(V) \rightarrow (\varepsilon) \rightarrow (\alpha) \rightarrow (n_b^*).$$

За результатами випробувань на надійність, партії підконтрольних машин (чи агрегатів) здійснюють побудову статистичного (емпіричного) розподілу напрацювання. Потім для нього підбирається адекватний теоретичний розподіл, за допомогою якого можна з великою точністю визначати показники надійності машин, що входять в генеральну сукупність.

Відповідна обчислювальна процедура включає слідуєчі етапи:

- ранжування вихідної інформації про надійність у вигляді варіаційного ряду;
- подання статистичного ряду у вигляді інтервальної таблиці частот;
- побудова гістограми частоти відмов і полігона частот (графіка статистичного розподілу);
- визначення виду і параметрів апроксимуючого теоретичного розподілу;
- перевірка збігу теоретичного і статистичного розподілів за критеріями узгодження.

Розглянемо докладно ці етапи.

Припустимо, що досліджується напрацювання блоків певного типу, яка характеризується випадковою величиною t .

У заданій вибірці n_b величина t має реалізації t_1, t_2, \dots, t_n , які є вихідними даними.

Розташували отримані значення t_i у порядку зростання від t_{\min} до t_{\max} , одержимо упорядкований варіаційний ряд.

Після цього приступають до побудови так званого статистичного ряду у виді інтервальної таблиці частот. Для цього спочатку визначають розмах варіювання R :

$$R = t_{\max} - t_{\min} . \quad (4.3)$$

Далі R поділяють на декілька інтервалів, число яких підраховується по формулі Старджесса [62]:

$$N_R = 1 + 3,3 \cdot \ln(n_b) . \quad (4.4)$$

Результат округлюється у бік збільшення до найближчого цілого числа. Звичайно обмежуються 8 - 20 інтервалами угруповання. Ширина кожного інтервалу приймається постійною і рівною

$$\Delta t_N = R / N_R . \quad (4.5)$$

Розриви в інтервалах не допускаються.

У залежності від кількості і ширини інтервалів вибірка може бути згрупована в різні статистичні ряди.

Типова таблиця частот заповнюється в наступному порядку.

В 1-му стовпці вказують границі інтервалів Δt_i ; у 2-му - значення середин інтервалів t_{NC} , у 3-му - підраховують кількість значень m_N величини t , що приходяться на кожен інтервал. У нашому випадку це число відмов. Якщо яке-небудь значення t_i , знаходиться на границі двох інтервалів, то його в однаковій мірі відносять до обох інтервалів, приймаючи за $0,5 \cdot t_i$.

У 4-му стовпці по кожному з інтервалів визначають накопичене число відмов:

$$m(t_{NC}) = \sum_{i=1}^{N_R} m_i. \quad (4.6)$$

Параметр $m(t_{NC})$ характеризує число відмов до моменту t_{NC} .

У 5-му стовпці наводять число працездатних блоків

$$n_p(t_{NC}) = n_b - m(t_{NC}). \quad (4.7)$$

У 6-му стовпці наводять відносну частку відмов в інтервалі (частота відмов)

$$\omega_N = m_N / n_b. \quad (4.8)$$

У 7-му стовпці подають дослідну ймовірність відмов блоків:

$$Q(t_{NC}) = \sum_{i=1}^{N_R} \omega_N = m(t_{NC}) / n_b. \quad (4.9)$$

Отже, $Q(t_{NC})$ являє собою накопичену частоту відмов.

У 8-му стовпці наводять досвідчену ймовірність безвідмовної роботи блоків.

$$p(t_{NC}) = 1 - Q(t_{NC}) = n_p(t_{NC}) / n_b. \quad (4.10)$$

У 9-му стовпці подають інтенсивність відмов блоків:

$$\lambda(t_{NC}) = m_V / N_{cp} \cdot \Delta t_1, \quad (4.11)$$

де $N_{cp} = (N_i + N_{i+1})/2$; N_i ; N_{i+1} - число працездатних блоків (на початку і наприкінці інтервалу Δt_i).

У 10-ий стовпець заносять частоту відмов, що відповідає емпіричній (дослідній) щільності розподілу напрацювання:

$$f_e(t_{NC}) = m_N / n_b \cdot \Delta t_N \quad (4.12)$$

В 11-й стовпець заносять значення щільності розподілу напрацювання для обраного надалі адекватного теоретичного розподілу $f_T(t_{NC})$.

Типова таблиця частот має такий вигляд (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Типова таблиця частот

№ інтервал	Δt_i	t_{NC}	m_N	$m(t_{NC})$	$p_p(t_{NC})$	ω_N	$Q(t_{NC})$	$p(t_{NC})$	$\lambda(t_{NC})$	$f_s(t_{NC})$	$f_T(t_{NC})$
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

На основі числових значень таблиці частот (табл. 4.1) визначають уточнену величину середнього напрацювання \bar{t} і відповідного середнього квадратичного відхилення σ_t за виразами:

$$\bar{t} = \sum_{N=1}^{N_R} t_{NC} \cdot \omega_N, \quad (4.13)$$

$$\sigma_t = \sqrt{\sum_{N=1}^{N_R} (t_{NC} - \bar{t})^2 \cdot \omega_N}. \quad (4.14)$$

У дослідну інформацію про надійність машин іноді попадають різні помилкові значення, що не є представницькими для даної генеральної сукупності і можуть спотворити статистичні висновки. Якщо підозрілим є мінімальний (t_{\min}) чи максимальний (t_{\max}) по величині результат спостереження, то його називають тим, що різко, виділяється чи грубою помилкою.

Процедура знаходження грубої помилки ("промаху") проводиться за допомогою статистики $t^\circ = |t_{\min(\max)} - \bar{t}| / \sigma_1$ де \bar{t} і σ_1 - дослідні числові характеристики, і критерію $W_{n,\alpha}$, де $n = n_b$ - обсяг вибірки, α - рівень значимості. Якщо $t^\circ > W_{n,\alpha}$, то результат, що перевіряється, буде грубою помилкою і його треба вилучити з інформації.

Значення $W_{n,\alpha}$ приведені в Додатку Д.

Після заповнення інтервальної таблиці частот статистичного ряду здійснюють її зображення у виді ступінчастого графіка, який називається гістограмою частоти відмов (рис. 4.1).

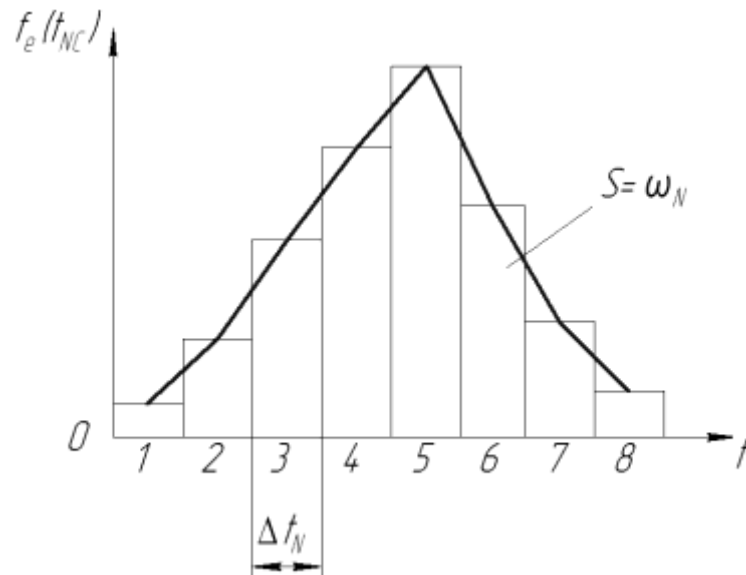


Рис. 4.1. Гістограма і графік статистичного розподілу.

Для цього по осі абсцис відкладають у масштабі інтервали N_R шириною Δt_N . Вибравши їх як основи, будують прямокутники з висотою рівної емпіричній щільності $f_e(t_{NC})$. Площа таких прямокутників дорівнює частоті відмов ω_N .

Ламана лінія, що апроксимує гістограму, являє собою графік статистичного розподілу напрацювання чи полігон частот.

Процес заміни статистичного розподілу адекватним теоретичним називають вирівнюванням (чи згладжуванням) статистичної інформації. Попередньо вигляд передбачуваного теоретичного розподілу (нуль-гіпотеза) оцінюють візуально за полігоном частот і за величиною коефіцієнта варіації V : при $V \geq 0,52$ - РВ, при $V \leq 0,33$ - НР, при $0,33 < V < 0,52$ - РВ чи значно рідше НР, при $V = 1.0$ -ЕР.

Одночасно враховують область застосування того чи іншого закону розподілу: - НР використовується при розрахунках до - і міжремонтних ресурсів машин чи їхніх агрегатів; періодичності ТО, затрат часу на відновлення працездатності машин; ресурсів деталей, що залежать від зносу; - РВ – використовується для визначення напрацювання машин і їхніх агрегатів на відмову; ресурсів деталей, що залежать від утомленого руйнування чи старіння;

для оцінки відмов в процесі припрацювання і т.п.; - EP – використовують при описі раптових відмов автомобілів та їх складових частин у період нормальної експлуатації; тривалості ремонтних впливів і ін.

Стосовно до автомобільної техніки має місце наступна поширеність основних законів розподілу: РВ- 55%; НР - 35%; EP - 4%.

Найбільш точно адекватний теоретичний розподіл вибирається за допомогою графічних методів з обов'язковою перевіркою ймовірності збігу не менш ніж за двома критеріями узгодження.

Сутність графічних методів полягає в наступному. Для попередньо обраного теоретичного розподілу $f(t)$ підбирають таке перетворення координат $x=\varphi(t)$; $y=\varphi(f)$, при якому графік функції $x=\varphi(y)$ перетворюється в пряму лінію. Ця лінія відповідає теоретичному розподілу $f(t)$ і називається інтегральною лінією.

Якщо на отриманий графік нанести точки статистичного розподілу і вони співпадуть з інтегральною лінією або будуть згруповані навколо неї, то слід вважати, що теоретичний розподіл є адекватним статистичному.

2.4.2. Приклади розв'язування задач

Задача 1. За наслідками випробувань маємо: $N=20$ автомобілів,

$$\sum_{i=1}^N t_i = 300 \text{ км} , \quad \sum_{i=1}^N r_i = 300 \text{ відмов} , \quad \sum_{i=1}^N t_{\text{ei}} = 600 \text{ год} , \quad \sum_{i=1}^N t_{\text{mo}} = 400 \text{ год} , \quad m =$$

2 чол.,

$$W = 1,5 , \quad D = 20 \text{ днів} , \quad T_p = 10 \text{ год} , \quad t_{\text{зм}} = 9,6 .$$

Показник безвідмовності:

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{\sum_{i=1}^N r_i} = \frac{3000}{300} = 10 \text{ км / відм}$$

$$\omega(t) = 1/T_0 = 1/10 = 0,1 \text{ відм / км}$$

$$P(t_{\text{зм}} = 9,6) = e^{-\omega(t)t_{\text{зм}}} = e^{-0,1 \cdot 9,6} = 0,38$$

Показники ремонтпридатності:

$$P(t_g \leq T_3) = 1 - e^{-4/2} = 0,86$$

$$T_B = \sum_1^N t_{ei} / \sum_1^N r_{iyc} = 600 / 300 = 2 \text{ год}$$

$$S_{num}^{m.o.} = m \sum_1^N t_{m.o.} / \sum_1^N t_i = 2 \cdot 400 / 3000 = 0,27 \text{ люд} \cdot \text{год} / \text{км}$$

Комплексні показники:

- коефіцієнт готовності:

$$K_c = \frac{a \cdot T_0}{a \cdot T_0 + T_g} = \frac{\frac{1}{W} \sum_1^N t_i}{\frac{1}{W} \sum_1^N t_i + \sum_1^N t_i} = \frac{3000 / 1,5}{3000 / 1,5 + 600} = 0,77$$

- коефіцієнт технічного використання :

$$K_c = \frac{\frac{1}{W} \sum_1^N t_i}{\frac{1}{W} \sum_1^N t_i + \sum_1^N t_{ei} + \sum_1^N t_{m.o.}} = \frac{3000 / 1,5}{3000 / 1,5 + 600 + 400} = 0,67$$

- коефіцієнт збереження ефективності :

$$K_{ef} = \frac{W_\phi}{W_{ном}} = \frac{\sum_1^N t_i}{w \cdot T_p \cdot D \cdot N} = \frac{3000}{1,5 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 20} = 0,50$$

Задача 2. Визначити обсяг іспитів автомобільного дизеля після капітального ремонту при заданій відносній точності $\delta=0$, довірчої ймовірності $\beta = 0,95$.

Попередні іспити показали, що коефіцієнт варіації показника надійності $V=0,2$. Загальна кількість дизелів, складає $N = 100$.

Розв'язання

Так як $V= 0,2$, то використовуємо Додаток Д. Знаходимо $n_b^* = 61$. Скорегуємо отриманий результат по графіках рис 4.1. Для цього на осі абсцис робимо відмітку зі значенням 61 і від неї проводимо вертикальну лінію до перетинання з кривою, що характеризує загальне число об'єктів $N= 100$. Проекція точки перетинання на вісь ординат показує відкоректоване мінімальне число дизелів, які повинні бути піддані іспитам ($n_b = 38$).

Задача 3. Результати спостережень за наробітком (у пог. км) каналочисних автомобілів обладнаних установками МР-15 до першої відмови ($n_b = 75$ машин) представлені у виді інтервальної таблиці частот (табл. 4.2)

Визначити вид закону розподілу наробітку, його параметри, ймовірність безвідмовної роботи $p(t)$ і інтенсивність відмовлень $\lambda(t)$ при $t = 75$ пог. км, а також середній наробіток до відмовлення T_{cp} .

Таблиця 4.2

Таблиця частот отриманих за результатами спостережень

№ інтервалу	Δt_1	t_{NC}	m_N	$m(t_{NC})$	$n_p(t_{NC})$	ω_N	$Q(t_{NC})$
1	0-10	5	1	1	74	0,013	0,013
2	10-20	15	1	2	73	0,013	0,026
3	20-30	25	0	2	73	0	0,026
4	30-40	35	5	7	68	0,067	0,093
5	40-50	45	10	17	58	0,133	0,227
6	50-60	55	16	33	42	0,214	0,440
7	60-70	65	19	52	23	0,254	0,693
8	70-80	75	15	67	8	0,200	0,893
9	80-90	85	7	74	1	0,093	0,987
10	90-100	95	1	75	0	0,013	1,000
№ інтервалу	$P(t_{NC})$		$\lambda(t_{NC})$	$f_p(t_{NC})$	$f_T(t_{NC})$		
					РВ	НР	
1	0,987		$1,310^3$	0,0013	0,00004	0,0003	
2	0,974		$1,410^3$	0,0013	0,0010	0,0014	
3	0,974		0	0	0,0045	0,0052	
4	0,907		$7,110^3$	0,0067	0,0120	0,0130	
5	0,773		$15,910^3$	0,0133	0,0160	0,0218	
6	0,560		3210^3	0,0214	0,0250	0,0248	
7	0,307		$58,510^3$	0,0254	0,0210	0,0191	
8	0,107		$96,810^3$	0,0200	0,0130	0,0099	
9	0,013		$155,610^3$	0,0093	0,0040	0,0035	
10	0		20010^3	0,0013	0,0006	0,0008	

Розв'язання

По області застосування (наробіток на відмовлення) ми маємо типовий випадок РВ.

Провіримо вид розподілу за коефіцієнтом варіації. Скористаємося залежностями:

$$\bar{t} = \sum_{N=1}^{10} t_{NC} \cdot \omega_N = 62,21 \text{ км},$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\sum_{N=1}^{10} (t_{NC} - \bar{t})^2 \cdot \omega_N} = 16,4$$

$$V = 16,4 / 62,21 = 0,26.$$

За значенням V повинне бути НР.

Тому, що маємо істотну розбіжність по виду розподілу перевіримо обидва варіанти за допомогою графічних досліджень.

Проведемо графічне дослідження (Рис. 4.2), нехтуючи зсувом t_{3M} :

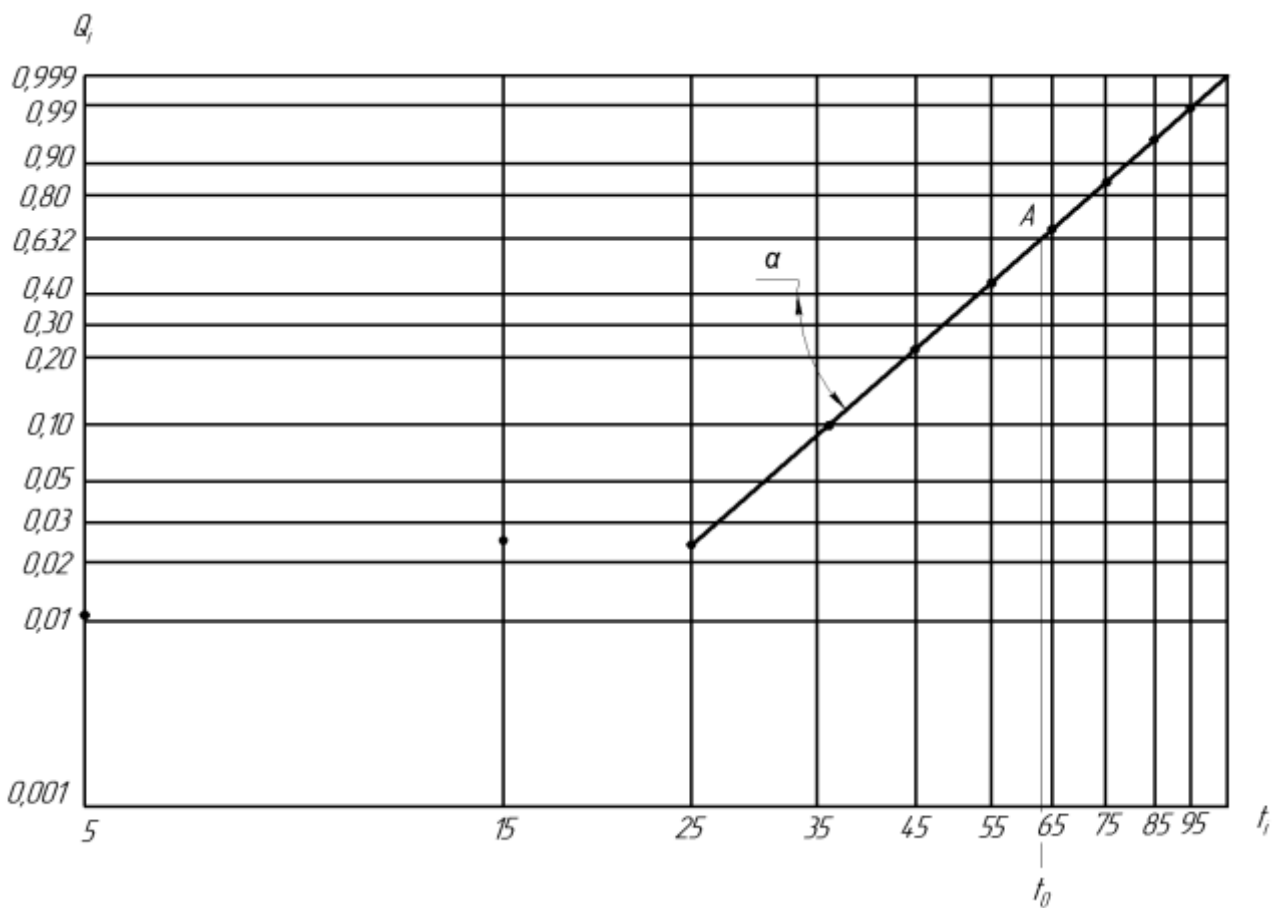


Рис. 4.2. Визначення параметрів РВ.

Заданося масштабами осей: $K_x = 50$ мм (при $L = 150$ мм); $K_y = 11,3$ мм (при $H = 100$ мм), використовуємо Додаток Д.

Числові значення $S_x(t_i)$ і $S_y(Q_i)$, на яких знаходяться дослідні точки розподілу і будується шкала осі абсцис, наведені в табл.4.3.

Числові значення параметрів у дослідних точках

Розрахунковий параметр	Номера інтервалів									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_1 = t_{NC}$	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
$x_1 = \ln t$,	1,61	2,71	3,22	3,55	3,81	4,00	4,17	4,32	4,44	4,55
$S_x(t_1)$ мм,	80,5	135,5	161,0	177,5	190,5	200,0	208,5	216,0	222	227,5
$Q_1(t_1)$	0,013	0,026	0,026	0,093	0,227	0,440	0,693	0,893	0,987	1,0
$x = \ln \ln - \frac{1}{1 - Q(t_1)}$	-4,34	-3,64	-3,64	-2,33	-1,36	-0,55	0,17	0,80	1,28	1,93
$S_x(Q_1)$ мм,	-49,0	-41,1	-41,1	-26,3	-15,3	-6,1	1,9	9,1	14,5	21,8

Для компактності графіка вісь абсцис зміщена вліво на $S_x(5) = 80,5$ мм.

Приведемо аналіз графічних побудов, показаних на рис. 4.2. На інтервалі $t_i = 25 \dots 95$ дослідні точки статистичного розподілу добре збігаються з інтегральною прямою, що апроксимує РВ. Відхилення точок при $t = 5$ і 15 від зазначеної прямої можна пояснити малою кількістю інформації в 1-му і 2-му інтервалах. Отже, у якості нуль-гіпотези умовно можна прийняти РВ. Визначимо його параметри. З графіка знайдемо, що $S_x(t_0) = 205$ мм; $\alpha = 42^\circ$.

$$\text{Одержимо: } \ln t_0 = \frac{S_x(t_0)}{K_x} = \frac{205}{50} = 4,1, \text{ звідки } t_0 = 60,5 \text{ км,}$$

$$\text{тоді: } m = \frac{K_x}{K_y} \cdot tg = \frac{50}{11,3} \cdot 0,9 = 3,98 \cong 4,0.$$

2.4.3 Задачі для самостійного розв'язання

Задача 1. Протягом певного етапу випробували n автомобілів. Всього перевезено t_n тон вантажів. При цьому зафіксовано r відмов. Загальний час простоїв на усунення відмов склав T_r годин і при проведенні планових техобслуговувань t_0 годин. Кожен автомобіль обслуговує $m = 2$ людини. Годинна продуктивність W тон/год. Тривалість етапу D днів, робочої зміни t_p годин. Норма напрацювання за зміну t_z мото/год. Визначити показники безвідмовності: середнє напрацювання на відмову, параметр потоку відмов і ймовірність безвідмовної роботи протягом зміни. Вихідні дані обрати з таблиці 4.4

Вихідні дані до задачі 1

Варіант	n	t _n	r	T _r	t _o	W	D	t _p	t _z
1	20	2010	215	400	300	1,40	20	8	10
2	21	2020	220	200	280	1,42	25	9	11
3	22	2030	225	250	290	1,54	30	10	12
4	23	2090	230	300	270	1,66	20	8	10
5	24	2080	235	450	310	1,58	25	9	11
6	25	2070	240	350	260	1,40	30	10	12
7	26	2050	240	200	250	1,61	21	8	10
8	27	2060	250	250	240	1,53	23	9	1
9	28	2040	255	400	280	1,45	25	10	12
10	29	2095	255	450	340	1,37	27	8	10
11	30	2085	260	250	330	1,39	29	9	11
12	29	2015	260	200	325	1,51	22	10	12
13	28	2035	265	230	295	1,52	24	8	10
14	27	2025	270	240	255	1,43	26	9	11
15	26	2045	270	280	260	1,34	28	10	12
16	25	2055	275	320	315	1,30	30	8	10
17	24	2100	275	360	305	1,59	29	9	11
18	23	2105	280	410	275	1,67	28	10	12
19	22	2195	280	420	340	1,46	27	8	10
20	21	2155	290	480	345	1,35	26	9	11
21	20	2160	295	290	265	1,30	25	10	12
22	21	2145	300	280	230	1,25	24	8	10
23	22	2140	305	250	275	1,24	23	9	11
24	23	2130	310	350	270	1,23	22	10	12
25	24	2135	315	340	225	1,27	21	8	10
26	25	2165	325	360	235	1,26	20	9	11
27	26	2170	330	380	240	1,28	30	10	12
28	27	2175	340	410	215	1,29	27	8	10
29	28	2125	340	420	220	1,21	24	9	11
30	29	2180	345	440	255	1,22	21	10	12

Задача 2. За наслідками випробувань автомобілів (див. умови задачі 1) визначити показники ремонтпридатності: середній час відновлення працездатності, питому трудомісткість технічного обслуговування і ймовірність відновлення в міжзмінний період часу ($T_3=5$ ч).

Задача 3. За наслідками випробувань автомобілів (див. умови задачі 1) визначити комплексні показники надійності:

- коефіцієнт готовності;
- коефіцієнт технічного використання;
- коефіцієнт збереження ефективності.

2.5. ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСНИХ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ І РОЗРАХУНОК ЧИСЛА ЗАПАСНИХ ЧАСТИН

2.5.1 Основні теоретичні положення і розрахункові залежності

До ресурсних відносяться показники довговічності автомобілів (чи агрегатів), які характеризують тривалість їх справної роботи. Під оптимальною довговічністю автомобілів мається на увазі економічно виправданий термін їхнього використання до капітального ремонту чи списання.

Основними (часто нормованими) ресурсними показниками є T_γ - гама - процентний ресурс; T_p - середній ресурс (до списання; до першого капітального ремонту, міжремонтний); T_c - календарний термін служби, $T_{отк}$ - планове напрацювання на функціональну відмову.

Гама-процентний ресурс T_γ - це напрацювання, протягом якого машина не досягне граничного стану з регламентованою імовірністю γ .

Розрахункові формули для T_γ мають такий вид: - для НР

$$T_\gamma = \bar{t} - U_\gamma \cdot \sigma_t \quad (5.1)$$

де \bar{t} і σ_t - параметри НР; U_γ - квантиль НР;

- для РВ:

$$T_{\gamma} = t_0 (-\ln \gamma)^{\frac{1}{m}} + t_{3m} = t_0 \cdot H_{(1-\gamma)}^B + t_{3m} \quad (5.2)$$

де m і t_0 - параметри РВ; t_{3m} - зсув початку розсіювання; $H_{(1-\gamma)}^B$ - квантиль РВ;
- для ЕР

$$T_{\gamma} = \frac{1}{\lambda} (-\ln \gamma) \quad (5.3)$$

де λ - параметр ЕР.

В Додатку Д наведені значення U_{γ} , і - значення $H_{(1-\gamma)}^B$ при заданому параметрі m

Для визначення гамма-процентного до ремонтного ресурсу машин $T_{p\delta\gamma}$ використовується наступна залежність:

$$T_{p\delta\gamma} = T_{p\delta} / K_{\gamma} \quad (5.4)$$

де $T_{p\delta}$, - доремонтний ресурс; K_{γ} - коефіцієнт, що залежить від рівня регламентованої імовірності γ , коефіцієнту варіації ресурсу і закону розподілу ресурсу. Наприклад, при $\gamma = 0,8$, $V = 0,4$ і РВ приймають $K_{\gamma} = 1,5$.

Загальне напрацювання автомобілю чи її складових частин (деталей, вузлів, агрегатів) до настання граничного стану називається середнім ресурсом, а аналогічне календарне напрацювання - середнім терміном служби.

Близько 90% всіх відмов авомобілів відбувається внаслідок зношування деталей в контактних сполученнях (парах тертя).

Зношування - це процес поступової зміни розмірів поверхонь, що сполучаються, у результаті тертя при їх відносному переміщенні, а знос - це характеристика зношування, оцінювана в лінійних одиницях втрат, маси чи об'єму деталі.

Кількісними показниками зносу є: лінійний знос (I , мкм); швидкість зношування (a_{zn} , мкм/год); безрозмірна величина - інтенсивність зношування (J).

В загальному випадку лінійний знос є випадковою функцією напрацювання й описується виразом:

$$I(t) = a_{zn} \cdot t^{\alpha} + b_{zn} \quad (5.5)$$

де $b_{и}$ - величина зносу по закінченню приробляння, α – показник ступеню ($\alpha = 1,1 \dots 1,5$) Граничний знос - $I_{гр}$.

В багатьох випадках швидкість зношування можна прийняти постійною і рівною.

$$a_{зн} = \kappa p^m \cdot V^n, \quad (5.6)$$

де p - тиск на поверхні тертя; V – швидкість відносного ковзання, κ - коефіцієнт зносу, що залежить від матеріалу пар тертя й умов зношування; $m = 0,5 \dots 3,0$; $n = 1$ для більшості пар тертя.

Для абразивного

$$a_{,} = k \cdot p \cdot V; \quad \text{зношування (при } b_{m}=0)$$

(5.7)

$$I(t) = \kappa \cdot p \cdot V \cdot t = a_{зн} \cdot t \quad (5.8)$$

Швидкість й інтенсивність зношування пов'язані між собою співвідношенням

$$a_{зн} = j \cdot V \quad (5.9)$$

Для оцінки інтенсивності зношування основних сполучень щодо автомобілів застосовується 10 класів зносостійкості, на які розбивається весь діапазон можливих швидкостей зношування (табл. 5.1).

Зміна ресурсу деталі (чи сполучення) при зношуванні описується НР з параметрами \bar{t}_R і σ_R .

Тоді ймовірність безвідмовної роботи по критерію зношування буде дорівнювати:

$$P_{зн}(t_R) = 0,5 \cdot \left[1 - \Phi \left(\frac{t_R - \bar{t}_R}{\sigma_R} \right) \right] \quad (5.10)$$

де $\Phi(z)$ - подвоєна функція Лапласа.

Виходячи з співвідношення (5.7), $a_{зн} = f(p; V)$.

Якщо прийняти, що $a_{зн}$, p і V мають НР з параметрами $(\bar{a}_{у}; \sigma_{ан})$; $(\bar{p}; \sigma_{po})$; $(\bar{V}; \sigma_v)$,

одержимо:

$$\sigma_{a_u} = k \cdot \sqrt{\sigma_{po}^2 \cdot \sigma_v^2 + \bar{p}^2 \cdot \sigma_v^2 + \bar{V}^2 \cdot \sigma_{po}^2} \quad (5.11)$$

Знайдемо границі довірчого інтервалу l_β для швидкості зношування через квантили НР U_β :

$$l_\beta = (\bar{a}_u - U_\beta \cdot \sigma_{a_u}; \bar{a}_u + U_\beta \cdot \sigma_{a_u}) \quad (5.12)$$

Таблиця 5.1

**Класи зносостійкості та інтенсивність зношування основних сполучень
в автомобілях**

Клас зносостійкості	Інтенсивність зношування	Вид фрикційного контакту
0	$10^{-12} > j \geq 10^{-13}$	Пружний
1	$10^{-11} > j \geq 10^{-12}$	
2	$10^{-10} > j \geq 10^{-11}$	
3	$10^{-9} > j \geq 10^{-10}$	Пружно-пластичний
4	$10^{-8} > j \geq 10^{-9}$	
5	$10^{-7} > j \geq 10^{-8}$	Пластичний
6	$10^{-6} > j \geq 10^{-7}$	
7	$10^{-5} > j \geq 10^{-6}$	
8	$10^{-4} > j \geq 10^{-5}$	Мікрорізання
9	$10^{-3} > j \geq 10^{-4}$	

Для визначення ресурсу деталей по критерію зношування застосовуємо залежність:

$$I(t) = I_{np}; a_u = \bar{a}_u + U_\beta \cdot \sigma_{a_u},$$

тоді ресурс деталі при заданій ймовірності безвідмовної роботи $P_{нв}(t_R) = \beta$ дорівнюватиме:

$$T_p^{uz}(\beta) = \frac{I_{np}}{\bar{a}_u + U_\beta \cdot \sigma_{a_u}} \quad (5.13)$$

Середній ресурс деталі T_p^{uz} за критерієм абразивного зношування визначиться наступним чином:

$$T_p^{uz} = \frac{I_{np}}{\bar{a}_u} \quad (5.14)$$

Для загального випадку зношування маємо:

$$T_p^{uz} = \alpha \sqrt{\frac{I_{np}}{a_u}} \quad (5.15)$$

Таким чином, ресурс деталей по зношуванню залежить від величини граничного зносу I_{np} , що відповідає моменту настання, так званого, граничного стану, при якому подальше використання деталі по призначенню неприпустиме, а ремонт економічно недоцільний.

Визначення I_{np} у кожному конкретному випадку є задоволено складною і відповідальною задачею.

У залежності від величини ресурсу, гарантованого заводом -виробником, складальні частини автомобілів підрозділяються на 6 груп (табл.5.2).

Таблиця 5.2

1. Елементи робочих органів, що різуть, (ножі, зуби, різці) – 400...700 м. – год;
2. Деталі ходових систем - 1800...3000 м. - год;
3. Деталі систем керування (гідронасоси; гідро розподільники; гідромотори; компресори) - 2000...4000 м. - год;
4. Деталі двигунів (циліндри; поршні; голівки блоків, колінчасті вали)- 2500...5000 м. -год;
5. Деталі трансмісії (вали, осі, шестірні) - 3000...6000 м. - год;
6. Корпусні деталі і металоконструкції - 4000...7000 м. – год.

Середнє напрацювання автомобілю на відмову при фіксованому рівні надійності $p(t)$ називається плановим наробітком на функціональне відмовлення $T_{від}$.

Для базового автомобілю:

$$T_{від} = - \frac{t_M}{\ln P_M(t_M)} \quad (5.16)$$

де t_M - наробіток автомобілю;

для агрегату, що включає n робочих агрегатів:

$$T_{від}^A = - \frac{-n \cdot t_A}{\ln P_A(t_A) + t_A / T_{від}} \quad (5.17)$$

де t_A - наробіток певного агрегату.

Звичайно приймають рівень регламентованої надійності $P_M(t_M) = P_A(t_A) = 0,8$

2.5.2. Приклади розв'язання задач

Задача 1. Визначити 80% ресурс силового агрегату автомобілю за умови, що він підкоряється РВ з параметрами $m=1,2$; $t_0=1820$ м. –год. При $t_{3M}=1300$ мото–год.

Розв'язання.

Використаємо формулу (5.2) і для значення $(1 - \lambda) = 0,2$ згідно Додатку Д знаходимо квантиль $H_{(1-\gamma)}^B = H_{0,2}^B = 0,29$. Тоді

$$T_{0,8} = 1820 \cdot 0,29 + 1300 = 1828 \text{ м. – год.}$$

Задача 2. Визначити оптимальне значення до - і міжремонтних ресурсів колісного тягачу класу 25 кН за умови, що $T_c = 12$ років, $n_{кр} = 2$ $\delta = 1,5$, $q = 1,2$.

Розв'язання.

На підставі залежностей (5.16) і (5.17) одержимо

$$T_{po}^{onm} = 12 \cdot \left(1 + 2 \cdot 1,2^{\frac{1}{1,5-1}} \right) \cong 5 \text{ років}$$

$$T_{pm}^{onm} = 12 \cdot \left(1 + 1,2^{\frac{1}{1,5-1}} \right) \cong 3,5 \text{ року}$$

Приймаючи $T_r = 1700$ м – год. Будемо мати $T_{po}^{onm} = 8500$ м – год.; $T_{pm}^{onm} = 5950$ м/ год. $\cong 6000$ м – год.

Задача 3. По критерію абразивного зношування визначити середній ресурс деталі автомобілю і її ресурс при заданій ймовірності безвідмовної роботи $P_{из}(t_R) = 0,8$ Прийняти, що швидкість зношування підкоряється НР з параметром $a_u = 2 \cdot 10^{-2}$ мкм/год (параметр σ_{au} не відомий) максимальний припустимий знос $I_{пр} = 10$ мкм. При розрахунку врахувати, що тиск p на поверхні тертя і швидкість відносного зношування V також підкоряються НР з параметрами $\bar{p} = 1,57$ Мн/м², $\sigma_p = 0,147$ Мн/м²; $V = 2$ м/с; $\sigma_V = 0,2$ м/с.

Розв'язання.

Обчислимо коефіцієнт зносу:

$$K = \frac{\bar{a}_u}{\bar{p} \cdot \bar{V}} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{1,57 \cdot 2} = \frac{1}{1,57} \cdot 10^{-2}$$

По залежності (5.11) знайдемо σ_{a_u} :

$$\sigma_{a_u} = \frac{10^{-2}}{1,57} \cdot \sqrt{0,147^2 \cdot 0,2^2 + 1,57 \cdot 0,2^2 + 2^2 \cdot 0,147^2} = 2,77 \cdot 10^{-3}$$

По формулі (5.13) при $\beta = 0,8$ одержимо:

$$T_p^{uz}(0,8) = \frac{10}{2 \cdot 10^{-2} + 0,842 \cdot 0,277 \cdot 10^{-2}} = 448 \text{ год}$$

По формулі (5.14) маємо:

$$T_p^{uz} = \frac{10}{2 \cdot 10^{-2}} = 500 \text{ год}$$

2.5.3 Задачі для самостійного розв'язання

Задача 1. Розподіл ресурсу паливної апаратури, наприклад, двигуна ЯМЗ-238 за законом Вейбула-Гнеденка має наступні параметри: m , t_0 , t_{3M} . Визначити гама-процентний ресурс T_γ паливної апаратури при відомому значенні γ .

Вихідні дані обрати згідно варіанту з таблиці 5.3 та додатку Д.

Задача 2. Визначити оптимальне значення доремонтного і міжремонтного ресурсу автомобілю за умови, що термін служби становить T_c , кількість планових капітальних ремонтів $n_{кр}$, показник збільшення витрат δ , коефіцієнт, що враховує збільшення кількості відмов після капітального ремонту q .

Вихідні дані обрати згідно варіанту з таблиці 5.4.

Задача 3. Визначити середній ресурс валу коробки передач (КП) та його ресурс при умові абразивного зношування і заданій ймовірності безвідмовної роботи $P_{из}(t_R) = 0,8$. Прийняти, що швидкість зношування підкорюється закону нормального розподілу з параметром $a_u = 1,8 \cdot 10^{-2}$ мкм/год, максимальний припустимий знос $I_{пр} = 90$ мкм. В розрахунках врахувати, що тиск p на поверхні тертя і швидкість відносного зношування V також підкоряються закону нормального розподілу з параметрами \bar{p} , Мн/м², σ_p , Мн/м²; V , м/с; σ_V , м/с.

Вихідні дані обрати згідно варіанту з таблиці 5.5.

Вихідні дані до задачі 1

Варіант	γ , %	m	t_0	$t_{зм}$
1	80	0,9	2010	1215
2	90	1,0	2020	1220
3	85	0,9	2030	1225
4	80	1,0	2090	1230
5	90	1,1	2080	1235
6	85	1,2	2070	1240
7	80	1,2	2050	1240
8	90	1,3	2060	1250
9	85	1,1	2040	1255
10	80	1,5	2095	1255
11	90	1,4	2085	1260
12	85	1,6	2015	1260
13	80	1,9	2035	1265
14	90	2,0	2025	1270
15	85	1,7	2045	1270
16	80	2,5	2055	1275
17	90	1,9	2100	1275
18	85	1,8	2105	1280
19	80	1,0	2195	1280
20	90	1,6	2155	1290
21	85	1,1	2160	1295
22	80	2,0	2145	1300
23	90	2,5	2140	1305
24	85	1,9	2130	1310
25	80	1,2	2135	1315
26	90	1,0	2165	1325
27	85	1,3	2170	1330
28	80	1,8	2175	1340
29	90	1,7	2125	1340
30	85	3,0	2180	1345

Вихідні дані до задачі 2

Варіант	T_c , років	$n_{кр}$	δ	q
1	9	2	1,1	1,11
2	10	3	1,2	1,10
3	11	2	1,3	1,13
4	12	3	1,4	1,12
5	9	2	1,5	1,14
6	10	3	1,1	1,16
7	11	2	1,2	1,15
8	12	3	1,3	1,20
9	9	2	1,4	1,18
10	10	3	1,5	1,17
11	11	2	1,1	1,16
12	12	3	1,2	1,15
13	9	2	1,3	1,14
14	10	3	1,4	1,10
15	11	2	1,5	1,11
16	12	3	1,1	1,12
17	9	2	1,2	1,13
18	10	3	1,3	1,19
19	11	2	1,4	1,20
20	12	3	1,5	1,21
21	9	2	1,1	1,22
22	10	3	1,2	1,18
23	11	2	1,3	1,17
24	12	3	1,4	1,15
25	9	2	1,5	1,21
26	10	3	1,1	1,23
27	11	2	1,2	1,26
28	12	3	1,3	1,13
29	9	2	1,4	1,18
30	10	3	1,5	1,22

Вихідні дані до задачі 3

Варіант	\bar{p} , Мн/м ²	σ_p , Мн/м ²	V, м/с;	σ_v , м/с
1	1,1	0,154	2	0,20
2	1,2	0,157	3	0,30
3	1,3	0,148	4	0,25
4	1,4	0,165	3	0,23
5	1,5	0,147	2	0,21
6	1,1	0,146	4	0,22
7	1,2	0,150	2	0,24
8	1,3	0,168	3	0,27
9	1,4	0,152	4	0,29
10	1,5	0,140	3	0,31
11	1,1	0,153	2	0,32
12	1,2	0,157	5	0,21
13	1,3	0,159	2	0,25
14	1,4	0,149	7	0,24
15	1,5	0,148	2	0,28
16	1,1	0,167	3	0,32
17	1,2	0,137	6	0,30
18	1,3	0,154	3	0,21
19	1,4	0,157	2	0,22
20	1,5	0,148	4	0,23
21	1,1	0,165	2	0,24
22	1,2	0,147	6	0,29
23	1,3	0,146	5	0,27
24	1,4	0,150	3	0,34
25	1,5	0,168	2	0,36
26	1,1	0,152	5	0,24
27	1,2	0,140	2	0,28
28	1,3	0,153	7	0,21
29	1,4	0,157	2	0,20
30	1,5	0,159	4	0,28

2.6 ТЕМАТИКА ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

2.6.1. ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ І ЇХНІХ ЕЛЕМЕНТІВ З РІЗНИМИ СТРУКТУРНИМИ СХЕМАМИ

Необхідно:

1. Уявити автомобіль у вигляді структурної схеми надійності з п'яти послідовно з'єднаних елементів (агрегатів), знайти імовірність безвідмовної роботи автомобіля, якщо імовірності безвідмовної роботи його елементів однакові і дорівнюють 0,9.

2. Використати структурну схему надійності автомобіля згідно задачі 1. Знайти імовірності безвідмовної роботи кожного елемента, якщо вони однакові, а імовірність безвідмовної роботи автомобілю дорівнює 0,7.

3. Використати структурну схему надійності згідно задачі 1. Знайти імовірність безвідмовної роботи останнього елемента схеми, якщо імовірності безвідмовної роботи перших чотирьох елементів однакові і дорівнюють 0,95, а імовірність безвідмовної роботи автомобіля дорівнює 0,7.

4. Знайти імовірність безвідмовної роботи системи (Рис. 6.1), якщо імовірності безвідмовної роботи окремих елементів однакові і дорівнюють 0,9.

5. Знайти імовірності безвідмовної роботи елементів, якщо вони однакові, а імовірність безвідмовної роботи системи (Рис. 6.1) дорівнює 0,7.

6. Прийняти, що імовірність безвідмовної роботи системи дорівнює 0,7, (Рис. 6.1). Імовірності безвідмовної роботи кожного з перших п'яти елементів системи однакові і дорівнюють 0,9. Знайти імовірності безвідмовної роботи інших елементів системи, якщо вони рівні між собою .

7. Уявити автомобільний двигун у вигляді структурної схеми надійності системи з чотирьох паралельно з'єднаних елементів, наприклад циліндрів. Знайти імовірність безвідмовної роботи двигуна, якщо імовірність безвідмовної роботи кожного елемента дорівнює 0,8.

8. Прийняти, що імовірність безвідмовної роботи двигуна дорівнює 0,9. Використовуючи структурну схему надійності попередньої задачі, знайти імовірності безвідмовної роботи кожного з чотирьох однакових циліндрів.

9. Використовуючи умову задачі 7, визначити імовірність безвідмовної роботи двигуна, маючи на увазі, що вихід з ладу більше ніж одного циліндра приводить до зупинки двигуна.

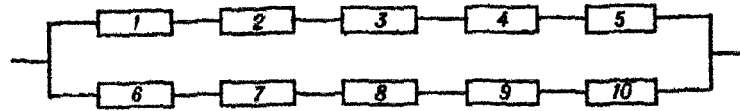


Рис. 6.1. Структурна схема надійності технічної системи.

10. Грунтуючись на структурній схемі (Рис. 6.2), знайти імовірність безвідмовної роботи автомобілю, якщо імовірність безвідмовної роботи кожного елемента дорівнює 0,9 .

11. Приймаючи, що імовірність безвідмовної роботи автомобілю (Рис. 6.2) дорівнює 0,7 . Знайти імовірність безвідмовної роботи кожного елемента, якщо вони однакові.

12. Приймаючи, що імовірність безвідмовної роботи автомобілю (Рис. 6.2) дорівнює 0,7. Імовірність безвідмовної роботи послідовно з'єднаних елементів структурної схеми однакові,

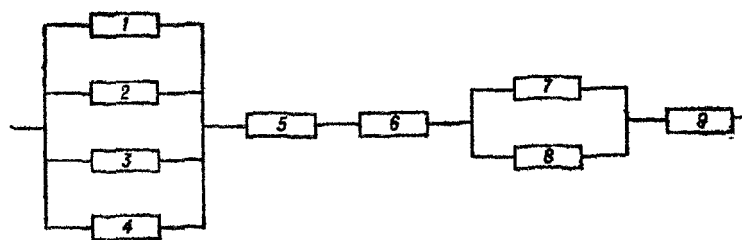


Рис. 6.2. Структурна схема надійності автомобілю.

а імовірності паралельно з'єднаних елементів також однакові, але на 20% менші від імовірностей безвідмовної роботи послідовно включених елементів. Знайти імовірності безвідмовної роботу всіх елементів заданої системи.

13. Приймаючи, що імовірність безвідмовної роботи кожного послідовно з'єданого елемента (Рис. 6.2) дорівнює 0,9, а кожного паралельно з'даного елемента на 20% менше від імовірності безвідмовної роботи послідовно з'днаних елементів. Визначити імовірність безвідмовної роботи системи .

14. Приймаючи, що імовірність безвідмовної роботи автомобіля (Рис. 6.2) дорівнює 0,7, а кожного з послідовно з'єднаних елементів дорівнює 0,9. Визначити імовірність безвідмовної роботи кожного з паралельно з'єднаних елементів, якщо імовірності їх безвідмовної роботи однакові.

15. Приймаючи, що імовірність безвідмовної роботи автомобіля (Рис. 6.2) дорівнює 0,7, а кожного паралельно з'єданого елемента дорівнює 0,8. Знайти імовірність безвідмовної роботи кожного

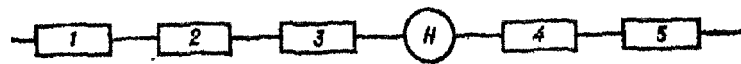


Рис. 6.3. Схема з нагромаджувачем

з послідовно з'єднаних елементів, якщо імовірність їх безвідмовної роботи однакова.

16. Знайти у яких межах може змінюватися імовірність безвідмовної роботи системи (Рис. 6.3) в залежності від ємності нагромаджувача, якщо імовірність безвідмовної роботи кожного елемента дорівнює 0,95.

17. Знайти як зміниться імовірність безвідмовної роботи технічної системи (Рис. 6.3), якщо установити нагромаджувач між четвертим і п'ятим елементами. Імовірність безвідмовної роботи кожного елемента дорівнює 0,95.

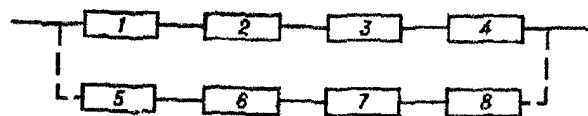


Рис. 6.4. Схема з ненавантаженим резервом і цілком надійним переключенням.

18. Знаючи, що імовірність безвідмовної роботи системи (Рис. 6.4) з ненавантаженим резервом і цілком надійним перемикачем дорівнює 0,95. Визначити імовірність безвідмовної роботи кожного елемента, якщо вони однакові.

19. Використавши структурну схему надійності Рис. 6.4. Визначити імовірність безвідмовної роботи системи, якщо імовірність безвідмовної роботи кожного елемента дорівнює 0,9.

20. Використавши структурну схему надійності Рис. 6.4. Визначити імовірність безвідмовної роботи кожного елемента основного ланцюга (1—4), якщо вони однакові. Імовірність безвідмовної роботи елементів основної системи (1-4) дорівнює 0,94, а кожного елемента дублюючої системи (5—8) дорівнює 0,9.

21. Використавши структурну схему надійності Рис. 6.4. Знайти імовірність безвідмовної роботи кожного елемента дублюючої системи (5—8), якщо вони однакові. Імовірність безвідмовної роботи системи дорівнює 0,94, а кожного елемента основної системи (1—4) дорівнює 0,9.

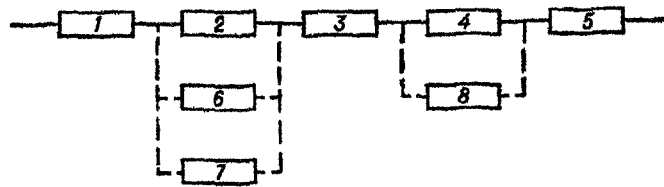


Рис. 6.5. Структурна схема, що містить елементи, дублюючі з заміщенням і цілком надійним перемикачем.

22. Знайти імовірність безвідмовної роботи системи (Рис. 6.5), що містить ненавантажений резерв (6, 7, 8). Імовірність безвідмовної роботи кожного елемента системи дорівнює 0,9.

23. Знаючи, що імовірність безвідмовної роботи системи (Рис. 6.5) дорівнює 0,65, а імовірності безвідмовної роботи першого, третього і п'ятого елементів однакові і дорівнюють 0,9. Знайти імовірності безвідмовної роботи інших елементів, якщо вони також однакові.

24. Використавши структурну схему надійності Рис. 6.5. Знайти імовірності безвідмовної роботи першого, третього і п'ятого елементів, якщо вони однакові. Імовірність безвідмовної роботи системи в цілому дорівнює 0,65, а інших елементів однакова і дорівнює 0,9.

25. Використавши структурну схему надійності Рис. 6.5. Визначити імовірності безвідмовної роботи дублюючих елементів (6, 7, 8), якщо вони

однакові. Імовірність безвідмовної роботи системи дорівнює 0,66, а кожного елемента основної системи (1—5) дорівнює 0,9.

2.6.2 ВИБІРКОВИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

26. Припустимий відсоток браку при виробництві машинобудівної продукції 5%. Практично неможливим будемо вважати таку подію, імовірність появи якої менше 0,1. При якій кількості бракованих виробів у вибірці, що складається з 10 виробів, варто бракувати всю партію продукції?

27. Припустимий відсоток браку 10%. Практично неможливим будемо вважати подію, імовірність якого менше 0,1. При якій кількості доброякісних виробів у вибірці, що містить 8 деталей, варто бракувати всю партію?

28. Партія продукції містить 5% бракованих виробів. Яка імовірність того, що у вибірці з 20 деталей виявиться 5% бракованих виробів?

29. Партія містить 5% бракованих виробів. Яка імовірність того, що у вибірці з 10 деталей виявиться 10% бракованих виробів?

30. Партія містить 5% бракованих виробів. Яка імовірність того, що у вибірці з 7 виробів 2 деталі виявляться бракованими?

31. Партія містить 10% бракованих виробів. Яка імовірність того, що у вибірці з 9 виробів 6 деталей виявляться доброякісними?

32. Партія містить 5% бракованих виробів. Яка імовірність того, що у вибірці з 7 виробів не більш, ніж 2 деталі виявляться бракованими?

33. Партія містить 10% бракованих виробів. Яка імовірність того, що у вибірці з 9 виробів не менш 6 деталей виявляться доброякісними?

34. Припустимий брак — 10%. Практично неможливою подією будемо вважати таку подію, імовірність якої менше 0,1. Вибірка містить 8 виробів. До яких меж може збільшитися відсоток браку, перш ніж він буде виявлений?

2.6.3 СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ. ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЖ ВИПАДКОВИМИ ВЕЛИЧИНАМИ

35. У результаті виміру діаметрів у 100 валів установлено, що розміри 5 валів лежать у межах 50...50,005 мм, 15 валів - у межах 50,005...50,010 мм; 25

валів — у межах 50,010...50,015 мм; 30 валів — у межах 50,015...50,020 мм; 15 валів — у межах 50,020...50,025 мм; 10 валів - у межах 50,025...50,030 мм. Побудувати гістограму розподілу імовірностей і щільності імовірностей розмірів валів.

36. Значення випадкової величини x_i задані таблицею 6.1. Знайти частоти випадкових величин, середнє значення, дисперсію і середнє-квадратичне відхилення.

Таблиця 6.1.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i	11	22	22	33	33	33	33	44	44	55

37. Побудувати графік функції розподілу очікування математичного напруження, що діють у рукояті коробки передач автомобілю. Значення напружень для різних реалізацій N в різні моменти часу наведені в таблиці 6.2:

Таблиця 6.2

Розподіл механічних напружень

N	Механічні напруження в різні моменти часу t, с										
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
1	53	57	55	59	60	45	30	67	75	33	40
2	60	46	44	63	57	48	47	49	57	42	40
3	45	51	71	55	21	46	74	40	58	46	56
4	76	58	30	28	62	72	48	58	41	65	41
5	82	34	40	43	50	66	79	29	3	54	72
6	52	55	42	50	65	83	18	48	41	41	68
7	60	46	51	50	52	70	57	10	31	52	62
8	67	30	34	65	33	50	26	61	80	22	43
9	83	35	58	24	58	46	82	40	44	41	87
10	65	25	82	67	62	50	32	65	44	22	85

38. Використовуючи дані таблиці 6.2, побудувати графік функцій дисперсії і середнього квадратичного відхилення механічних напружень, що діють у рукоятці коробки передач автомобілю.

39. Використовуючи дані таблиці 6.2, побудувати графік кореляційної функції механічних напружень, що діють у рукояті коробки передач автомобілю.

40. Середнє значення вимірів дорівнює 6,500, а дисперсія 0,133. Практично неможливою подією будемо вважати таку подію, імовірність якої менша за 0,003. Чи є вимір 6,866 грубою помилкою?

41. Середнє значення вимірів дорівнює 6,500, а дисперсія - 0,133. Практично неможливою подією будемо вважати таку подію, імовірність якої менша за 0,1. Чи є вимір 6,866 грубою помилкою?

42. Середнє значення вимірів дорівнює 6,500, а дисперсія 0,133. При якому значенні імовірності практично неможливої події вимір 6,866 є грубою помилкою?

43. Значення безрозмірного коефіцієнту опору дорожнього покриття в залежності від зміни температури задано в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3

T, C ⁰	0	10	20	30	40	50	60
k	—	0,16	0,19	0,18	0,20	0,21	0,23

Прийнявши значення імовірності практично неможливої події рівним 0,003, установити суттєво чи несуттєво впливає зміна температури на коефіцієнт опору покриття, якщо помилка відтворювання дослідів складає 0,015.

44. Знайти коефіцієнт кореляції величин, заданих у таблиці 6.4

Таблиця 6.4

X	23,0	24,0	24,5	24,5	25,0	25,5	26,0	26,0	26,0	26,5	26,8	27	27	28
Y	0,48	0,50	0,49	0,50	0,51	0,52	0,49	0,51	0,53	0,50	0,52	0,54	0,52	0,53

45. Знайти коефіцієнт регресії величин, заданих у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5

X	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Y	33,5	37,0	41,2	46,1	50,0	52,9	56,8	64,3	69,9

2.6.4 ЗАКОНИ РОЗПОДІЛУ ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН

46. Припустимий брак продукції складає 10%. Побудувати графік функції імовірності появи бракованої продукції для вибірки, що складається з 4-х деталей.

47. Досліджено 10 виробів. Кількість дефектів X у кожному виробі надано в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	1	0	2	3	0	1	2	1	0	0

Використовуючи розподіл Пуассона, побудувати графік функції імовірності появи дефектів продукції.

48. Побудувати графік функції розподілу імовірностей суми при двохкратному киданні грального кубика.

49. Побудувати графіки функцій розподілу імовірностей і щільностей імовірностей за нормальним законом, якщо математичне очікування — $M(x)=3$, а середнє квадратичне відхилення— $\sigma=1,2$.

50. Побудувати графіки функцій розподілу імовірностей і щільностей імовірностей за законом Вейбулла – Гніденка:

$$q = \frac{m}{n} x^{m-1} \exp\left(-\frac{x^m}{n}\right)$$

у випадку $m = 2$, $n = 3$.

51. Середнє значення межі міцності дорівнює 392 МПа, а дисперсія — 96,04 (МПа)². Яка імовірність того, що межа міцності зразка виявиться величиною меншою від 294 МПа?

52. Середнє значення експериментальних напружень дорівнює 49 МПа, а дисперсія — 384,16 (МПа)². Яка імовірність того факту, що напруження перевищать 98 МПа?

53. Імовірність появи бездефектної продукції складає 0,9. Грунтуючись на біноміальному законі розподілу побудувати графік функції імовірності появи дефектної продукції у вибірці, що містить шість елементів.

54. Середнє значення діаметру валу дорівнює 50,02 мм, а дисперсія — 0,0001 мм². Яка імовірність того, що розміри валу не вийдуть за межі 50...50,03 мм?

55. Середнє значення напруження становить 39,2 МПа. Середнє квадратичне відхилення дорівнює 4,9 МПа. З якою імовірністю можна стверджувати, що значення напруження не відхиляється від свого середнього значення більше, ніж на 10%?

56. Середнє значення границі міцності становить 588 МПа, а дисперсія 24,01 (МПа)². Які розрахункові напруження можна допустити, якщо задатися імовірністю практично неможливої події, рівної — 0,001? Який запас міцності варто призначити?

57. Середнє значення границі міцності 539 МПа. При якій дисперсії механічних властивостей допустимий запас міцності, дорівнює 2, якщо вважати практично неможливою подію, імовірність якої менше 0,001?

58. Середнє значення границі міцності — 607,6 МПа, а дисперсія дорівнює 96,04 (МПа)². Запас міцності — 3. Який відсоток поломок варто очікувати?

59. Припустимий відсоток поломок - 0,1%, запас міцності — 2,5.

Яке має бути середнє значення границі міцності матеріалу при дисперсії рівній 384,16 (МПа)².

60. Жорсткість пружин демпфера, установлених на муфті зчеплення автомобілю, змінюється в межах 10%. Практично неможливою подією слід вважати таку подію, імовірність якої менша 0,003. Яка імовірність того, що жорсткості двох дисків, у яких установлено по 8 пружин, також можуть відрізнятись в межах 10%.

61. Жорсткість пружин демпфера, установлених на муфті зчеплення автомобілю, змінюється в межах 10%. Практично неможливою подією слід вважати таку подію, імовірність якої менша 0,003. У яких межах можуть відрізнятись жорсткості двох дисків, що містять по 8 пружин?

62. Жорсткість пружин демпфера, установлених на муфті зчеплення автомобілю, змінюється в межах 10%. Імовірність практично неможливої події менша 0,003, з якою імовірністю можна стверджувати, що жорсткості двох дисків, що містять по 8 пружин, будуть відрізнятись більш ніж на 5%?

2.6.5 ОЦІНКА ЗНАЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБМЕЖЕНОЇ КІЛЬКОСТІ ІСПИТІВ

63. В результаті вимірів 100 валів установлено, що середнє значення діаметру дорівнює 50,02 мм, а дисперсія—0,0001 мм². З якою імовірністю можна стверджувати, що середнє значення діаметру валу не відхилиться від знайденої величини більше, ніж на 0,005%?

64. В результаті виміру 100 валів установлено, що середнє значення діаметру дорівнює 56,02 мм, а дисперсія — 0,0001 мм². Визначити які відхилення середнього значення від знайденої величини варто очікувати при довірчій імовірності 0,9.

65. Скільки треба провести дослідів, щоб з довірчою імовірністю 0,95 можна було б стверджувати, що середнє значення діаметру деталі дорівнює 50,02 мм не відхилиться від зазначеного значення більш, ніж на 0,5% при дисперсії рівній 0,0001 мм²?

66. В результаті проведення 900 дослідів встановлена імовірність появи доброякісної продукції, яка дорівнює 0,8. З якою імовірністю можна стверджувати, що імовірність появи доброякісної продукції не вийде за межі 0,72...0,88?

67. В результаті проведення 900 дослідів встановлена імовірність появи доброякісної продукції, що дорівнює 0,8. В яких межах можна очікувати зміни зазначеного значення при довірчій імовірності 0,95?

68. Скільки дослідів варто провести, щоб з довірчою імовірністю 0,9 гарантувати імовірність появи доброякісної продукції в межах 0,72 ...0,88?

69. При випробуваннях 100 двигунів жоден з них не вийшов з ладу. Який відсоток браку можна очікувати при довірчій імовірності 0,95?

70. Яку кількість дослідів варто провести, щоб з довірчою імовірністю, рівною 0,9, можна було б стверджувати, що брак не перевищує 1 % при позитивному результаті (відсутності браку) всіх випробувань?

71. В результаті проведення 100 дослідів встановлено, що середні значення діаметра валу, дорівнюють 50,03 мм, а дисперсія — 0,0001 мм². З якою імовірністю можна стверджувати, що розміри валу не вийдуть за межі 50,01...50,04 мм?

72. В результаті проведення 100 дослідів установлено, що середні значення діаметру валу дорівнюють 50,03 мм, а дисперсія — 0,0001 мм². З якою довірчою імовірністю можна стверджувати, що середнє значення діаметру валу не перевершить 50,04 мм?

73. В результаті проведення 100 дослідів знайдене середнє значення діаметру валу дорівнює 50,03 мм, а дисперсія дорівнює - 0,0001 мм². З якою довірчою імовірністю можна стверджувати, що середнє значення діаметру валу не менше від 50,01 мм?

74. Середнє значення діаметру валу дорівнює 50,03 мм, а дисперсія вимірювань—0,0001 мм². Скільки вимірів варто зробити, щоб з довірчою імовірністю 0,9 можна було стверджувати, що середнє значення діаметру валу більше за 60,01 мм?

75. Середнє значення діаметру валу дорівнює 50,03 мм, а дисперсія вимірювань — $0,0001 \text{ мм}^2$. Скільки вимірів варто провести, щоб з довірчою імовірністю 0,9 можна було стверджувати, що середнє значення діаметру менше за 50,04 мм?

2.6.6 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ РОЗСІЮВАННЯ ЗНАЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ

76. При випробуванні ресор автомобілю встановлено, що середнє значення напружень, дорівнює 78,48 МПа. Дані отримані при випробуванні 100 ресор, виявили дисперсію випробувань на рівні 39,24 МПа. Така ж дисперсія виявлена і при механічних випробуваннях 100 зразків матеріалу ресор. Припустимий відсоток поломок складає — 1 %. Який запас міцності варто призначити при довірчій імовірності 0,95?

77. При випробуваннях 100 ресор автомобіля встановлено середнє значення напружень яке дорівнює 78,48 МПа. При цьому виявлена дисперсія яка дорівнює 39,24 МПа. Така ж дисперсія виявлена і при випробуваннях 100 зразків матеріалу ресор. Призначено запас міцності 2 з довірчою імовірністю 0,95. Який відсоток поломок варто очікувати?

78. Розміри пресового сполучення: $\varnothing 50^{0,030}$, $\varnothing 50_{0,045}^{0,060}$. Імовірність практично неможливої події менша за 0,001. Знайти розрахункові значення натягів.

79. Розміри пресового сполучення: $\varnothing 50^{0,030}$, $\varnothing 50_{0,045}^{0,060}$. При якому значенні імовірності практично неможливої події мінімальний розрахунковий натяг удвічі більший від номінального значення мінімального натягу?

80. У яких межах змінюється можлива довжина пробігу автомобілю, якщо середні значення напружень у шестерні напіввісі заднього моста складають 88,78 МПа, коефіцієнт кривої втомленості — 3, середнє число навантажень на 1 км пробігу — 19,4; коефіцієнт напружень — 0,8; параметр кривої втомленості $2973,84 \text{ (ГПа)}^3$; варіація параметру кривої втомленості—0,15, варіація коефіцієнту напружень 0,1?

81. Визначити середній пробіг автомобіля, якщо середні значення напружень у шестерні напіввісі заднього мосту складають 88,78 МПа, коефіцієнт напружень—0,8, параметр кривої втомленості 2973,84 (ГПа)³, середнє число навантажень на 1 км пробігу — 19,4, коефіцієнт кривої втомленості — 3?

82. Визначити середній рівень напружень у цистерні напіввісі заднього моста автомобілю, якщо середній пробіг складає 288 000 км, число навантажень — 19,41/км, коефіцієнт напружень — 0,8; коефіцієнт кривої втомленості—3, параметр кривої втомленості 2973,84 (ГПа)³?

83. Баштовий кран характеризується наступними даними: метеорологічні постійні: $\gamma = 1$, $\beta = 3$ м/с, вага під'ємного вантажу $Q = 15\ 000$ т; коефіцієнт підвітряної площі $\alpha = 0,05$ т · с²/м²; продуктивність $\Pi = 10^4$ т/год. коефіцієнт витрат енергії і мастильних матеріалів $A = 10^{-4}$ грн · год/т²; коефіцієнт витрат на амортизацію, ремонти, перебазування і пристрій підкранових колій $B = 10$ грн · год/т; витрати на відновлення крану і підкранових колій $D_1 = 8000$ грн; збитки від затримки будівництва при перекиданні крану $D_2 = 20000$ грн.; кількість змін вітрового навантаження в році і $k = 1500$. Знайти розрахункову швидкість вітру й імовірність перекидання крану з умов мінімуму вартості збитків і експлуатаційних витрат.

84. Баштовий кран характеризується наступними даними: метеорологічні постійні $\gamma = 1$, $\beta = 3$ м/с, $k = 1500$, $\alpha = 0,07$ т · с²/м²; економічні параметри $A = 10^{-4}$ грн · год/т², $B = 10$ грн · год/т, $D_1 = 6000$ грн, $D_2 = 1500$ грн (див. Задачу 83), $Q = 10^4$ т.

При якій продуктивності крану будуть мінімальні збитки й експлуатаційні витрати, якщо імовірність його перекидання дорівнює 0,01 ?

2.6.7 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ. АНАЛІТИЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ПОКАЗНИКАМИ НАДІЙНОСТІ

85. Випробуванням підлягали 500 однакових двигунів. Через 200 год роботи вийшли з ладу 30 двигунів. Визначити імовірність безвідмовної роботи й імовірність відмовлення двигуна.

86. Випробуванням підлягали 500 однакових двигунів. Через 150 год роботи відмовили 30 двигунів, а через 200 год роботи вийшли з ладу 34 двигуна. Визначити частоту й інтенсивність відмов у проміжку часу 10...200 год.

87. При випробуванні партії з 500 двигунів отримані результати, представлені в таблицю 6.7

Таблиця 6.7

t, год	0	50	100	150	200	250	300
N, штук	0	20	24	30	34	40	50

Дані таблиці характеризують залежність кількості двигунів, що вийшли з ладу від тривалості випробувань. На основі отриманих даних побудувати графік функції інтенсивності відмов.

88. Використовуючи дані таблиці 6.7, побудувати графіки функцій імовірності безвідмовної роботи й імовірності відмов двигунів.

89. Використовуючи дані таблиці 6.7, побудувати графік функції частоти відмов.

90. Розглядаючи період нормальної експлуатації автомобілю, що характеризується сталістю інтенсивності відмовлень, знайти середнє напрацювання на відмову, якщо інтенсивність відмов дорівнює 0,0001 1/год.

91. З умов задачі 90 знайти інтенсивність відмов, якщо середнє напрацювання на відмову складає 20 000 год.

92. Використовуючи дані задачі 90, знайти імовірність безвідмовної роботи й імовірність відмов через 500 год роботи автомобілю.

93. Використовуючи дані задачі 90, знайти частоту відмов через 500 год роботи автомобілю.

94. Використовуючи дані задачі 90, побудувати графік функцій частоти відмовлень в інтервалі часу 50...5000 год.

95. Використовуючи дані задачі 90, побудувати графіки функцій імовірності відмови автомобілю в інтервалі 50...5000 год.

96. В умовах задачі 90 імовірність безвідмовної роботи автомобіля після 2000 год роботи складає 0,9. Визначити інтенсивність відмовлень.

97. В умовах задачі 90 імовірність безвідмовної роботи після 2000 год роботи автомобілю складає 0,9. Знайти частоту відмов.

98. В умовах задачі 90 імовірність відмов після 2000 год роботи автомобілю дорівнює 0,1. Визначити інтенсивність відмов і середнє напрацювання на відмову.

99. В умовах задачі 90 імовірність відмов після 2000 год роботи автомобілю складає 0,1. Знайти частоту відмов.

100. В умовах задачі 90 імовірність безвідмовної роботи автомобілю дорівнює 0,85 при інтенсивності відмов $0,0001^1/\text{год}$. Визначити тривалість роботи автомобілю.

101. Імовірність безвідмовної роботи автомобілю дорівнює 0,85 при інтенсивності відмов $0,0001^1/\text{год}$. Знайти частоту відмов.

102. В умовах задачі 90 частота відмов складає $85 \cdot 10^{-6}$ 1/год при інтенсивності відмов $0,0001^1/\text{год}$. Визначити тривалість роботи автомобілю.

103. В умовах задачі 90 частота відмов після 2000 год роботи автомобілю складає $9 \cdot 10^{-5}$ 1/год. Визначити інтенсивність відмов і середній наробіток на відмову.

2.6.8 ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

104. У мастило потрапила певна кількість абразивних частинок, що складається з 10% великих частинок, 30% із середніх і 60% із дрібних частинок. Імовірність прискореного абразивного зносу робочих ділянок, наприклад, зуб'їв шестерень складає відповідно 90%, 30% і 10% для великих, середніх і дрібних частинок. Яка імовірність прискореного абразивного зносу при даному складі абразиву?

105. У мастило потрапила певна кількість абразивних частинок, що складається на 10% з великих частинок, на 30% із середніх і на 60% із дрібних.

Імовірність прискореного зносу, наприклад зуб'їв шестерень від згаданої порції абразиву складає 24%. Якби порція абразиву складалася тільки з великих частинок, то імовірність прискореного зносу була б 90%, а якщо із середніх — 30%. Яка імовірність прискореного зносу, була б обумовлена дрібними частинками?

106. У мастило потрапила певна кількість абразивних частинок, що складаються з великої, середньої і дрібної фракцій. Великі частинки складають 10%, середні—30%. Імовірність прискореного абразивного зносу тільки великою фракцією —90%, дрібною — 10%. Імовірність прискореного абразивного зносу, наприклад, зуб'їв шестерень від згаданої порції абразиву — 24%. Яка імовірність прискореного зносу, обумовленого частинками середньої функції?

107. У вибірці, що містить 3 деталі, одна деталь виявилася бракованою. Яка імовірність того факту, що інші дві деталі — доброякісні?

108. У вибірці, що містить 6 деталей, одна деталь виявилася бракованою. Яка імовірність того факту, що уся вибірка виявиться бракованою?

109. У вибірці, що містить 6 деталей, одна деталь виявилася бракованою. Яка імовірність того факту, що половина вибірки виявиться бракованою?

110. Дані спостережень наведені в діагностичній таблиці 6.8

Таблиця 6.8

H_i	$p_{H_i}(A_1)$	$p_{H_i}(A_2)$	p_{H_i}
H_1	0,2	0,3	0,05
H_2	0,4	0,5	0,15
H_3	0	0,05	0,80

Система позначень: H_i — неправильно встановлений кут розвалу коліс; H_2 — неправильно встановлений кут сходження коліс; H_3 — нормальний стан; A_1 — підвищені вібрації автомобілю; A_2 — прискорений знос шин; p — імовірність події.

Використовуючи дані таблиці 6.8 встановити найбільш ймовірну несправність автомобілю.

111. Дані спостережень наведені в діагностичній таблиці 6.9:

Таблиця 6.9

H_i	$P(H_i(A_1))$	$P(H_i(A_2))$	$P(H_i)$
H_1	0,2	0,3	0,05
H_2	0,4	0,3	0,08
H_3	0,3	0,2	0,07
H_4	0	0,05	0,80

Система позначень: H_1 — неправильно встановлений кут розвалу коліс; H_2 — неправильно встановлена кут сходження коліс; H_3 — перекус рами; H_4 — нормальний стан; A_1 — підвищені вібрації автомобіля; A_2 — прискорений знос шин; p — імовірність події.

Використовуючи дані таблиці 6.9 встановити найбільш ймовірну несправність автомобілю.

2.6.9 ЕЛЕМЕНТИ СТАТИСТИЧНОЇ ДИНАМІКИ АВТОМОБІЛЮ

112. Побудувати графіки кореляційних функцій мікропрофілів просвітих доріг (табл. 6.10) при русі автомобілю зі швидкостями 25 км/год і 50 км/год.

113. Побудувати графіки кореляційних функцій мікропрофілів брукових доріг (табл. 6.10) при русі автомобілю зі швидкістю 30 км/год і 60 км/год.

114. Побудувати графіки кореляційних функцій мікропрофілів асфальтових і цементобетонних доріг (табл. 6.10) при русі автомобілю зі швидкістю 60 км/год і 120 км/год.

Таблиця 6.10

Коефіцієнти кореляційної функції

$$K(t) = \sigma^2 [A_1 \exp(-\alpha_1 Vt) + A_2 \exp(-\alpha_2 Vt) \cos \beta Vt]$$

Тип дороги	A_1	A_2	α_1, m^{-1}	α_2, m^{-1}	β, m^{-1}	$\sigma, \cdot 10^{-2}m$
Польова середньої якості	0	1	0	0,111	0,140	5,0

Польова низької якості	0	1	0	0,014	0,025	10
Брукова низької якості	0,85	0,15	0,50	0,20	2,00	3,3
Брукова задовільної якості	1	0	0,45	0	0	2,3
Брукова середньої якості	0	1	0	0,32	0,64	1,35
Асфальтова	0,85	0,15	0,20	0,05	0,60	0,80
Цементобетонна	1	0	0,15	0	0	0,45

115. Побудувати графіки спектральної щільності мікропрофілів польових доріг (табл. 6.10) при русі автомобілю зі швидкістю 40 км/год у діапазоні частот 0,5...25 Гц.

116. Побудувати графіки спектральної щільності мікропрофілів брукових доріг (табл. 6.10) у діапазоні частот 0,5...25 Гц при русі автомобілю зі швидкістю 45 км/год.

117. Побудувати графіки спектральної щільності мікропрофілів асфальтових і цементобетонних доріг (табл. 6.10) у діапазоні частот 0,54...25 Гц при русі автомобіля зі швидкістю 90 км/год.

118. Порівняти значення спектральних щільностей мікропрофілів усіх доріг (табл. 6.10) на частотах головних гармонік мікропрофілів доріг при швидкості руху автомобілю 40 км/ч.

119. Побудувати графіки передатної функції підресореної маси автомобілю (Рис. 6.6, табл. 6.10, варіанти 1 і 2) у діапазоні частот 0,5...25 Гц.

120. Побудувати графіки передатної функції підресореної маси автомобілю (Рис.6.6, табл. 6.10, варіанти 3 і 4) у діапазоні частот 0,5...25 Гц.

121. Побудувати графіки передаточних функцій підресорної маси автомобіля (Рис. 6.6, табл. 6.10, варіанти 5 і 6) у діапазоні частот 0,5...25 Гц.

122. Порівняти графіки передаточних функцій підресорних і непідресорних мас автомобіля (рис. 6.6, табл. 6.10, варіант 1) у діапазоні частот 0,5...25 Гц.

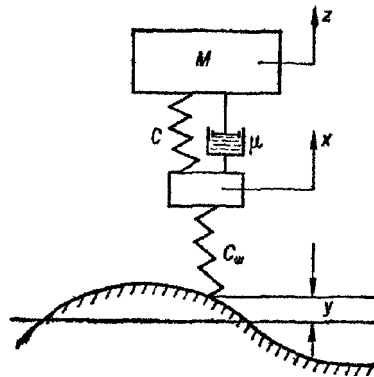


Рис. 6.6. Математична модель симетричної підресореної системи автомобілю:

M — підресорна маса; m — непідресорна маса; c, μ — жорсткість і опір амортизаторів; c_w — жорсткість шин; y — вертикальна координата мікропрофілю дороги; z і x — вертикальні переміщення підресорних і непідресорних мас.

123. Порівняти значення передаточних функцій підресорених мас автомобіля (Рис. 6.6, табл. 6.10, варіанти 1—6) на резонансних частотах.

124. Побудувати графік функції спектральної щільності переміщень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 1) при русі автомобілю зі швидкістю 40 км/год по польовій дорозі середньої якості в діапазоні частот 0,5...25 Гц.

125. Побудувати графік функції спектральної щільності переміщень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 2) при русі автомобілю по бруковій дорозі середньої якості зі швидкістю 40 км/год у діапазоні частот 0,5...25 Гц.

126. Побудувати графік функції спектральної щільності переміщень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 3) при русі автомобілю по асфальтовій дорозі зі швидкістю 90 км/год у діапазоні частот 0,5...50 Гц.

127. Порівняти графіки функцій спектральної щільності переміщень підресорних і непересорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 4) при русі

автомобілю по цементобетонній дорозі зі швидкістю 90 км/год у діапазоні частот 0,5...25 Гц.

128. Визначити дисперсію переміщень підресорних і непересорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 5) при русі автомобілю по просівшій дорозі низької якості зі швидкістю 40 км/год у діапазоні частот 0,5...25 Гц.

Таблиця 6.11

Параметри підвіски автомобіля

Варіант	M, кг	m, кг	c, Н/м	c _ш , Н/м	μ, кгс ⁻¹
1	5000	900	49050	294300	5886
2	3000	600	98100	441450	5829
3	2000	450	147150	588600	14715
4	1000	300	294300	882900	20601
5	500	150	441450	1177200	26487
6	3000	600	588600	882900	5886

Примітка: M і m — підресорна і непересорна маси; c, μ — жорсткість і опір амортизатора; c_ш – жорсткість шин.

129. Визначити дисперсію переміщень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 6) при русі автомобілю по бруковій дорозі низької якості зі швидкістю 40 км/год у діапазонах 0,5...3 Гц і 0,6...25 Гц.

130. Побудувати графік спектральної щільності швидкостей переміщень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 1) при русі автомобілю по просівшій дорозі середньої якості зі швидкістю 40 км/год у діапазоні частот 0,5...25 Гц.

131. Побудувати графік спектральної щільності швидкостей переміщень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 2) при русі автомобілю

по бруковій дорозі середньої якості зі швидкістю 40 км/год у діапазоні частот 0,5...25 Гц.

132. Побудувати графік спектральної щільності швидкостей переміщень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 3) при русі автомобілю по асфальтовій дорозі зі швидкістю 60 км/год у діапазоні частот 0,5...40 Гц.

133. Побудувати графік спектральної щільності прискорень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 4) при русі автомобілю зі швидкістю 40 км/год по просівшій дорозі середньої якості в діапазоні частот 0,5...25 Гц.

134. Побудувати графік спектральної щільності прискорень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 5) при русі автомобілю по бруковій дорозі зі швидкістю 40 км/год у діапазоні частот 0,5...25 Гц.

135. Побудувати графік спектральної щільності прискорень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 6) при русі автомобілю зі швидкістю 60 км/год по асфальтовій дорозі в діапазоні частот 0,5...40 Гц.

136. Визначати дисперсію прискорень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 1) при русі автомобіля по польових дорогах зі швидкістю 40 км/год у діапазоні 0,5...25 Гц.

137. Визначити дисперсію прискорень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 2) при русі автомобілю по брукових дорогах зі швидкістю 40 км/год у діапазоні частот 0,5...25 Гц.

138. Визначити дисперсію прискорень підресорних мас (Рис. 6.6, табл. 6.10, табл. 6.11, варіант 3) при русі автомобілю зі швидкістю 90 км/год у діапазоні частот 0,5...50 Гц.

РОЗДІЛ 3

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ (КУРСОВОЇ) РОБОТИ З НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ

Інформація про надійність автомобілів, технологічного обладнання або їх окремих агрегатів у період експлуатації збирається на підприємствах, господарствах, майстернях ремонтних підприємствах. Статистична обробка на комп'ютерній техніці та аналіз цієї інформації дає можливість дати оцінку міжремонтного і залишкового ресурсів окремих сполучень, агрегатів або автомобілів взагалі та прогностичних характеристик їх технічного стану, потреб у запчастинах і багато інших важливих показників.

Курсова робота (КР) – самостійна розробка студента (магістранта), необхідна для закріплення теоретичного матеріалу і оволодіння методикою практичного розв'язання інженерних задач у цій галузі.

При виконанні (КР) студент отримує навички самостійно аналізувати технічний стан агрегатів та вузлів автомобілів, їх сполучень і деталей, виявляти причини та механізми зношення деталей; проводити розрахунки окремих показників надійності і прогнозувати ресурс сполучень і деталей, на базі чого вибирати доцільні методи підвищення їх працездатності, довговічності та надійності; проектувати технологічні процеси зміцнення (відновлення) та реновації окремих деталей в умовах автотранспортних і ремонтно-технологічних підприємств. При цьому з'ясовується ступінь підготовленості студента (магістранта) до самостійного вирішення складних інженерних задач в умовах сучасного виробництва.

Метою навчально-методичного комплексу з надійності автомобілів є надання методичної допомоги студентам спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» ОПП „Автомобільний транспорт”, КР складається з розрахунково – пояснювальної записки (РПЗ) та графічної частини.

Розрахунково – пояснювальна записка виконується на стандартних аркушах машинописного паперу (ФА4) ДСТУ 1.3-93 українською мовою, згідно вимог [71] і містить в собі: титульний лист, завдання на проектування, зміст, відомість (КР), вступ, оглядову частину, розрахункову частину, конструкторсько – технологічну частину, заходи з техніки безпеки, висновок, список використаної літератури, додатки (специфікації, таблиці, графіки, тощо).

Графічна частина виконується на аркушах (ФА1) ДСТУ 2.602-95, українською мовою згідно вимог [71] та ЕСКД. (структура виконання листів графічної частини (КР) наведена у додатку А).

Послідовність виконання розрахунково–пояснювальної записки (РПЗ) до курсової роботи наведена в п.3.1

3.1 Методичні вказівки до виконання курсової роботи з надійності автомобілів

Курсова робота з надійності автомобілів - самостійна розробка студента необхідна для закріплення теоретичного матеріалу і оволодіння методикою практичного рішення інженерних задач в області надійності та ремонту машин.

При курсовому проектуванні студент (магістрант) вчиться самостійно розробляти технологічні процеси зміцнення або відновлення деталей, самостійно аналізувати технічний стан агрегатів та вузлів автомобільної техніки, деталей і їх сполучень, виявляти причини та механізми зношування деталей; проводити розрахунки окремих показників надійності і прогнозувати ресурс деталей та їх сполучень, на базі чого вибирати доцільні методи підвищення їх працездатності, довговічності та надійності; проектувати технологічні процеси відновлення та зміцнення окремих деталей в умовах автотранспортних і ремонтно-технологічних підприємств.

Певні параметри показників надійності, в основному, визначаються за допомогою розрахунково – аналітичних і графічних способів побудованих на методах індивідуального прогнозування і обробки масової статистичної інформації. Інформація, що характеризує надійність автомобільної техніки,

обладнання, чи їх окремих агрегатів у період експлуатації збирається на підприємствах, у автотранспортних господарствах чи у майстернях ремонтних підприємств. Статистична обробка на компютерній техніці та аналіз цієї інформації дає можливість забезпечити оцінку міжремонтного і залишкового ресурсів окремих сполучень, агрегатів або автомобільної техніки в цілому та прогнозних характеристик їх технічного стану, потребу у запчастинах і багато інших важливих показників.

Задачі курсового проектування наступні:

- навчити студентів проектувати технологічні процеси виготовлення, відновлення і зміцнення деталей автомобільної техніки;

- сформувати уміння застосовувати загальнонаукові, загальнотехнічні і спеціальні знання для вирішення конкретних технічних проблем і питань;

- сформувати у студентів практичні навички в розробці технологічних процесів виготовлення і відновлення (зміцнення) деталей при ремонті автомобільної техніки, використанні типових технологічних процесів, роботі з ДСТУ, ГОСТ, довідковою і нормативно-технічною літературою;

- підвищити ступінь підготовленості студентів до самостійної роботи в умовах сучасного виробництва.

В якості тем для курсового проектування згідно індивідуального завдання можуть бути запропоновані наступні:

1. Розробка технологічного процесу ремонту вузла або агрегату автотранспортної техніки.

2. Розробка і дослідження технологічного процесу відновлення і зміцнення конкретної деталі.

- 3.Визначення статистичних характеристик повного ресурсу сполучення за вихідною масовою інформацією.

- 4.Визначення повного і залишкового ресурсу деталей і сполучення методом індивідуального прогнозування.

Курсова робота складається з розрахунково-пояснювальної записки (РПЗ) обсягом 30...40 сторінок (друкованого або рукописного) основного тексту і

графічної частини обсягом 2 плакати формату А1 за ДСТУ 2.602-95, українською мовою згідно вимог [71] та ЕСКД (структура виконання плакатів графічної частини курсової роботи наведена у додатку А).

Для проектування студенту (магістранту) видається завдання, в якому визначається найменування об'єкту, агрегату (вузла) автотранспортної машини, що ремонтується, назва і номер деталей сполучень за каталогом, для яких ведеться розрахунок показників надійності методом опрацювання статистичної масової інформації та методом індивідуального прогнозування однієї з робочих поверхонь конкретної деталі сполучення для якої розроблюється технологічний процес відновлення (зміцнення).

РПЗ має наступний зміст: титульний лист; завдання на проектування; вихідні дані; зміст та відомість курсової роботи; вступ; оглядова частина; розрахункова частина; конструкторсько – технологічна частина; заходи з техніки безпеки; загальні висновки; список використаної літератури; додатки (специфікації, таблиці, графіки, тощо).

У вступі студент викладає мету і задачі курсової роботи, які в сучасних умовах постають перед автомобілебудуванням чи ремонтним виробництвом.

РПЗ виконується на стандартних аркушах машинописного паперу (ФА4) ДСТУ 1.3-93 українською мовою, згідно вимог [71].

Графічна частина курсової роботи складається з наступних аркушів:

1.Схема обробки інформації про показники надійності (при визначенні статистичних характеристик повного ресурсу сполучення за вихідною масовою інформацією) ф.А2. Схема визначення ресурсу деталей і сполучення (при визначенні повного і залишкового ресурсу деталей і сполучення методом індивідуального прогнозування) ф.А2.

2. Маршрутно-операційна карта виготовлення або відновлення (зміцнення) деталі. Принципова та конструктивна схеми обладнання для зміцнення (відновлення) поверхні деталі покриттям. Перелік матеріалів і режимів виконання технологічних процесів зміцнення (відновлення) деталі ф.А2, ремонтне креслення зміцнювальної (відновлювальної) деталі ф.А3, карта ескізу

до операційної карти зміцнення (відновлення) деталі ф.А4, карта ескізу до операційної карта зміцнення (відновлення) деталі ф.А4.

Крім зазначених типових аркушів графічної частини курсової роботи, в окремих випадках можуть виконуватися і деякі інші, наприклад, ремонтне креслення деталі, дослідницькі графіки, креслення технологічного оснащення й ін., однак їх загальний обсяг не повинен перевищувати 2 аркуші формату А1.

3.2 Зміст розрахунково-пояснювальної записки курсової роботи

Вступ

У вступі РПЗ необхідно показати місце і важливість науки про надійність і ремонт автомобільної техніки на сучасному етапі її розвитку в умовах експлуатації в Україні, її проблеми та перспективи.

Сформулювати основні задачі і методи науки про надійність автомобільної техніки, доцільність її застосування для умов виробництва і використання. Відобразити роль і місце дисципліни про надійність та ремонт автомобілів в навчальному процесі та важливість опанування її основами для студентів інженерних спеціальностей. Провести аналіз доцільності закріплення знань з дисципліни про надійність автомобільної техніки при виконанні курсової роботи і її передбачувану практичну цінність для майбутніх фахівців, що мають працювати у галузі за згаданою спеціальністю.

3.2.1 Загальна частина

3.2.1.1 Коротка характеристика та умови роботи агрегату (вузла) в цілому і основних видів його сполучень

Будь-який агрегат, механізм або вузол автомобіля (обладнання) є складною збиральною одиницею з притаманними йому призначенням і технологічними функціями, згідно яких він отримує певну конструкцію з заданими технічними характеристиками.

При проектуванні кожного агрегату (вузла) беруться до уваги умови його роботи, згідно яких проектується конструктивна схема, окремі сполучення і

деталі. У свою чергу працездатність, довговічність та надійність роботи агрегату (вузла) автомобілю (обладнання) безпосередньо залежить від показників надійності типових видів сполучень, які входять до його складу (шпонкові, шліцьові, зубчасті, різьбові, підшипникові – кочення та ковзання і т.і.).

У п. 3.2.1.1 РПЗ необхідно навести характеристику, визначеного у завданні, агрегату (вузла), зокрема – призначення, кінематичну схему або ескіз складального креслення у розрізі та технічну характеристику, принцип і механізм дії, умови його роботи в цілому, а також загальні умови роботи і причини спрацювання основних видів сполучень з конкретними посиланнями на літературні джерела.

3.2.1.2 Характеристика умов роботи заданого сполучення

Переважає більшість автомобілів і їх механізмів виходять з ладу завдяки втраті працездатності їх рухомих сполучень. Під сполученням розуміють пару деталей, з'єднаних для спільної дії у вузлі рухомою або нерухомою посадкою. Зміна експлуатаційних, геометричних або фізико-механічних параметрів робочих поверхонь деталей сполучень відбувається під впливом зовнішніх збурюючих факторів і певних умов навантаження, які характерні для конкретних видів сполучень, тому аналіз умов їх роботи є одним з основних положень при конструюванні деталей і їх спряжених поверхонь.

У п. 3.2.1.2 РПЗ необхідно навести аналіз умов роботи заданого сполучення деталей, зокрема: принципову схему зовнішнього навантаження; конкретну схему діючих силових факторів; форми поверхонь, що сполучаються відносно їх переміщення; наявність мастильних матеріалів в зоні тертя; температурний режим роботи сполучення, тощо.

3.2.1.3 Характеристика конструктивно-технологічних особливостей відновлюваної (зміцнюваної) деталі

Деталі автомобілів та їх механізмів за конструкцією підрозділяються на певні класи і типи. Їм, згідно призначення, притаманні нормалізовані конструктивні елементи, технологічні та фізико-механічні характеристики яких,

визначаються конструкторами і технологами при проектуванні їх конструкцій. Серед таких характеристик можна зазначити наступні: шорсткість і технологічність конструкції, точність обробки, відхилення розмірів, методи термічної обробки і твердість поверхонь, методи кінцевої обробки найбільш відповідальних поверхонь, трансформований згідно конкретних умов роботи технологічний процес і певні технічні вимоги на виготовлення чи відновлення (зміцнення) деталі.

У п. 3.2.1.3 РПЗ необхідно надати робоче креслення відновлюваної (зміцнюваної) деталі з нумерацією її поверхонь. Навести характеристику її конструктивно-технологічних особливостей, обґрунтувати та визначити її належність до певного класу і типу деталей, точність і типові відхилення розмірів поверхонь, технологічність її конструкції тощо.

Обґрунтувати та здійснити вибір матеріалу [27, 32, (основний список літератури) (ОСЛ), 57 (додатковий список літератури), (ДСЛ)] для виготовлення деталі, навести його хімічний склад і фізико-механічні властивості.

Проаналізувати і визначити необхідні фізико-механічні характеристики спряжених поверхонь деталей та конструкції в цілому, на основі чого призначити методи і режими термічної чи іншого виду обробки.

Згідно конструктивних параметрів (особливостей) деталей вибрати і обґрунтувати методи кінцевої обробки найбільш відповідальних поверхонь та розробити технічні вимоги на її виготовлення чи відновлення (зміцнення).

Результати прийнятих рішень повинні бути представлені у вигляді підсумкової таблиці:

Таблиця 3.1

Конструктивно-технологічні особливості відновлюваної (зміцнюваної) деталі, та технічні вимоги на її виготовлення

№ поверхні деталі	Назва поверхні деталі	Відхилення розмірів, мм	Назва методу кінцевої обробки	Твердість поверхні, HRC	Шорсткість поверхні, R _a	Метод кінцевої обробки	Технічні вимоги на виготовлення в умовних позначеннях
1	2	3	4	5	6	7	8

3.2.1.4 Аналіз умов роботи деталі і основні причини її зношування

Конструкція деталі є складною, з точки зору поєднання конструктивних елементів та умов експлуатації структурою, яка містить у собі різноманітні поверхні, умови роботи яких відрізняються за дією силових факторів, форм контактуючих поверхонь, наявністю мастильних матеріалів, температурних режимів роботи, тощо, і, таким чином має так званий “критичний переріз”, тобто поверхню від працездатності, довговічності та надійності роботи якої залежать ці ж характеристики деталі та сполучення в цілому.

У п. 3.2.1.4 РПЗ необхідно обґрунтувати й навести схему “ієрархічної структури” конструкції деталі згідно [37, 46(ОСЛ)], описати конкретні умови роботи її сполучених поверхонь, зокрема, навести принципову схему дії силових факторів (на прикладі найбільш навантаженої, відмінної від запропонованої у завданні) поверхні деталі, описати форми контактуючих поверхонь відносно їх переміщення, наявність мастильних матеріалів, температурний режим роботи тощо.

На основі аналізу умов спрацювання спряжених поверхонь деталей (п.3.2.1.1 і 3.2.1.2) необхідно визначити причини їх зношування, зокрема, характер, вид і критичну величину зносу та розробити рекомендації по їх подальшому використанню.

На основі виконаного аналізу необхідно обґрунтувати і визначити “критичний переріз” конструкції деталі, який обумовлює її працездатність, довговічність та надійність в умовах експлуатації.

3.2.1.5 Аналіз причин, обґрунтування, визначення та опис провідного виду зношування сполученої поверхні деталі

Зношування – процес поступової зміни конструктивних та фізико-механічних параметрів при рухомому контактуванні спряжених поверхонь, яке проявляється у відокремленні з поверхні тертя матеріалу чи його пластичному деформуванні. Величина зносу є основним фактором, який взагалі визначає

працездатність, довговічність та надійність деталі, вузла, механізму і автомобілю в цілому. В залежності від зовнішніх збурюючих факторів (навантаження, відносної швидкості переміщення, температури), фізико-хімічної взаємодії поверхонь тертя, властивостей поверхонь та матеріалів деталей виникають різні види спрацювання, один з яких в загальній сукупності є провідним, а інші - супутніми, згідно класифікації видів спрацювання і пошкодження деталей різноманітної техніки ГОСТ 16429-90.

У п. 3.2.1.5 РПЗ на основі аналізу умов роботи запропонованого сполучення і спряжених поверхонь відновлюваної (зміцнюваної) деталі необхідно обґрунтувати та визначити провідний вид спрацювання, описати механізм та розкрити його фізичну сутність, навести необхідні ілюстративні матеріали. Зазначимо, що ці відомості є одним з визначальних при обґрунтуванні вибору раціонального способу відновлення (зміцнення) робочої поверхні деталі.

3.2.1.6 Вплив основних зносів поверхонь деталі на технічний стан та якість роботи агрегату (вузла) в цілому та окремих його сполучень

Про працездатність автомобілю звичайно судять за його, технічними характеристиками (продуктивність, якість виконання роботи, потужність двигуна, витрати палива, коефіцієнт корисної дії та ін.). Будь-які відхилення характеристик від нормативних свідчать про наявність певних несправностей в автомобілі. Більшість важливих характеристик залежать від технічного стану сполучень деталей.

В даному пункті необхідно визначити та описати вплив основних видів зносів деталей на технічний стан та якість роботи певного агрегату або вузла в цілому з точки зору технічних, експлуатаційних та економічних характеристик.

3.2.2. Розрахункова частина

3.2.2.1. Визначення статистичних характеристик повного ресурсу сполучення за вихідною масовою інформацією

В завданні на курсову роботу зазначається певне індивідуальне завдання чи номер, за яким в додатку Б знаходиться вихідна інформація і межі інтервалів.

Розглянемо на прикладі як обирається вихідна інформація. Наприклад, в завданні зазначено задачу 1.2, вихідну інформацію обирають за додатком Б, (а саме - за другою цифрою номеру задачі - таблиця Б1, П.2.), а межі інтервалів вибираються за першою цифрою номеру задачі. Так, для задачі 1.2 приймаються межі інтервалів за варіантом 1 (додаток Б, таблиця Б2). Проте, межі інтервалів і їх кількість можна визначити аналогічно або провести перевірку їх для конкретно заданих значень.

Виконання завдання по першій задачі курсової роботи проводяться в наступній послідовності.

3.2.2.2. Побудова статистичного ряду вихідної інформації

Складання вільної таблиці інформації по мірі зростання її абсолютної величини

Таблиця 3.2

Вихідна інформація

1	9	17	25
2	10	18	26
3	11	19	27
4	12	20	28
5	13	21	29
6	14	22	30
7	15	23	31
8	16	24	32

Кількість інтервалів статичного ряду можна визначити (перевірити) за виразом:

$$n = \sqrt{N}, \quad (3.1)$$

де N — кількість елементів вихідної інформації.

Одержаний результат заокруглюють у бік збільшення до найближчого цілого числа.

Величина інтервалу дорівнює:

$$A = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{n}, \quad (3.2)$$

де t_{\max} і t_{\min} - відповідно найбільші й найменші значення повного ресурсу сполучення в статистичному ряді вихідної інформації.

Перший інтервал статистичного ряду будують так, щоб перша точка інформації співпадала з його початком.

Статистичний ряд інформації складають з чотирьох рядків або колонок (таблиця 3.2), в яких вказують:

в першому — межі кожного інтервалу;

в другому — кількість випадків (частота m_i) в кожному інтервалі (i), якщо точка інформації потрапляє на межу між інтервалами, то в попередні і наступні інтервали вносять по $0,5$ точки;

в третьому - дослідну ймовірність появи показника надійності (ПН) в кожному інтервалі P_i ; (частота в частках одиниці чи у відсотках);

Дослідна ймовірність визначається для кожного інтервалу за формулою:

$$P_i = \frac{m_i}{N}, \quad (3.3)$$

в четвертому - накопичену (інтегральну) дослідну ймовірність $\sum_{i=1}^n P_i$ яка визначається для кожного інтервалу за формулами згідно таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Статистична інформація про дослідну ймовірність

Межі інтервалів, тис.мото-год	(t_0, t_1)	(t_1, t_2)	(t_2, t_3)	...	(t_{n-1}, t_n)
Частість m_i	m_1	m_2	m_3	...	m_n
Дослідна ймовірність P_i	P_1	P_2	P_3	...	P_n
Накопичена дослідна ймовірність $\sum_{i=1}^n P_i$	P_1	P_1+P_2	$P_1+P_2+P_3$...	$\sum_{i=1}^n P_i$

3.2.2.3 Визначення зміщення початку розсіювання t_{3M}

В багатьох розподілах значень показників надійності автомобілів початок зміщено відносно їх нульового значення.

Величина зміщення:

$$t_{3M} = t_{oi} - 0,5A, \quad (3.4)$$

де t_{oi} - значення початку першого інтервалу; A - величина одного інтервалу.

3.2.2.4 Визначення середнього значення показника надійності та середнього квадратичного відхилення

При наявності статистичного ряду середнє значення показника надійності:

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n \bar{t}_{ic} \times P_i, \quad (3.5)$$

де n - кількість інтервалів в статистичному ряду; \bar{t}_{ic} , P_i - відповідно

значення середини i -го інтервалу та його дослідна ймовірність $\bar{t}_{ic} = \frac{t_{oi} - t_i}{2}$;

(Риска над визначенням будь-якої величини означає, що вона середня).

Середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{t}_{ic} - \bar{t})^2 P_i}. \quad (3.6)$$

3.2.2.5 Перевірка інформації на точки, що випадають

В дослідній інформації про показники надійності, одержаній в процесі спостереження за машинами, можуть бути помилкові точки, які випадають із загального закону розподілу.

Тому перед остаточною математичною обробкою інформації її перевіряють на точки, що випадають. За правилом $t \pm \sigma$, тобто одержане розрахунковим шляхом середнє значення ПН послідовно зменшують і збільшують на 3σ . Якщо крайні точки інформації не виходять за межі $t \pm 3\sigma$, всі точки інформації дійсні.

Якщо перевірка виключає точки інформації, то необхідно побудувати статистичний ряд, перерахувати середнє значення і середнє квадратичне відхилення показника надійності.

3.2.2.6 Побудова гістограми, полігону та кривої, накопичених дослідних показників надійності

За даними уточненого статистичного ряду можна побудувати гістограму, полігон і криву нагромаджених дослідних імовірностей, які дають уявлення про дослідний розподіл ПН і дозволяють в першому приближенні вирішити ряд інженерних задач, пов'язаних з оцінкою надійності автомобілів (рис. 3.1).

По осі абсцис відкладають в масштабі значення показника надійності t , а по осі ординат - частоту чи дослідну імовірність P_i (у гістограмі та полігону) і

нагромаджену імовірність $\sum_{i=1}^n P_i$, (у кривій нагромаджених імовірностей). При

виборі масштабу побудови графіків вздовж осей oy і ox бажано притримуватися правила «золотого перерізу»:

$$y = \frac{5}{8} x, \quad (3.7)$$

де y , x — відповідно довжина найбільшої ординати та абсциси, які відповідають найбільшому значенню показника надійності.

Гістограма і полігон - диференціальний, а крива нагромаджених дослідних імовірностей - інтегральний і статистичні закони розподілу дослідних ПН.

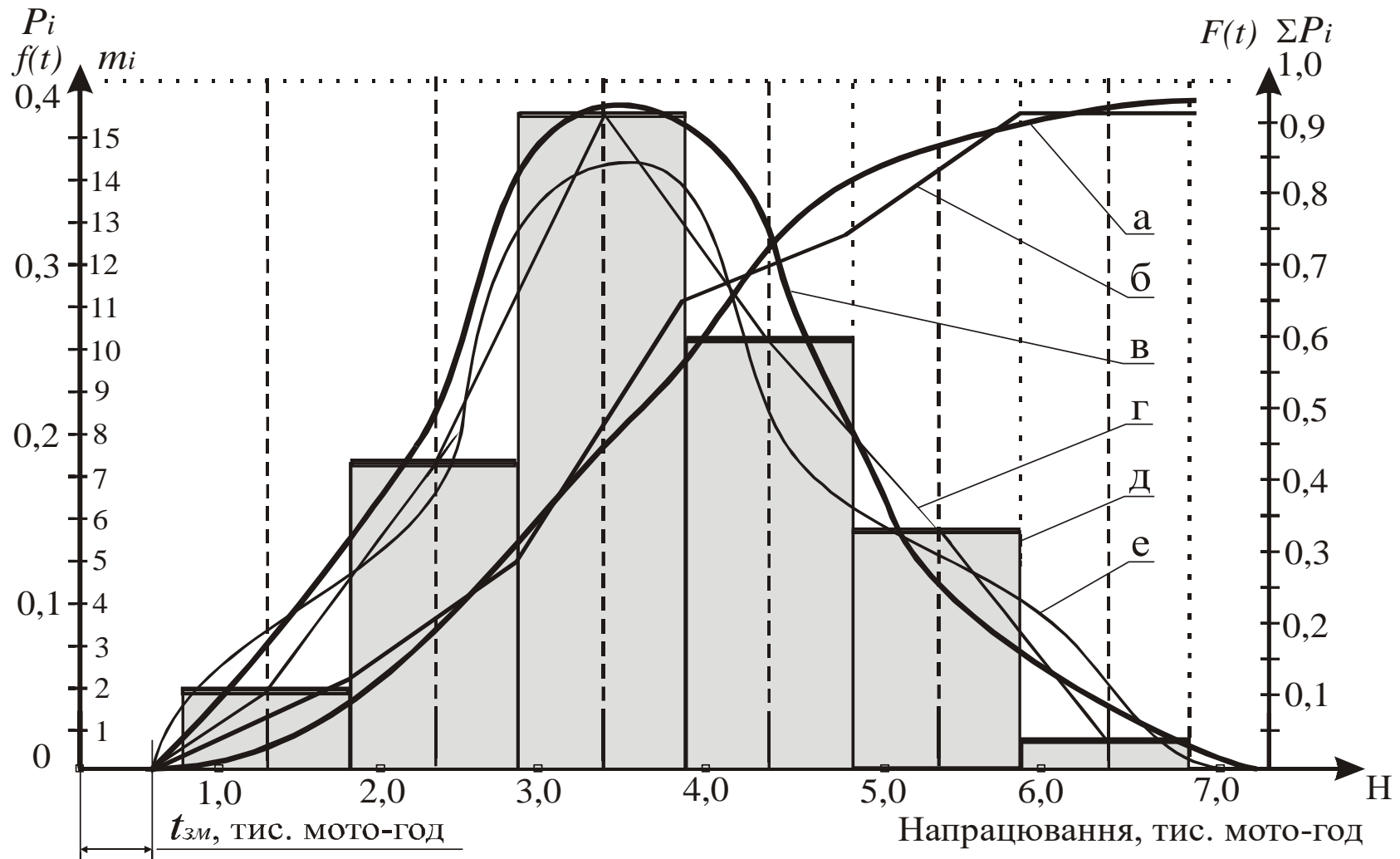


Рис. 3.1. Схема обробки інформації про показники надійності:

а) інтегральна функція теоретичного закону розподілу $F(t)$; б) крива накопиченої дослідної ймовірності ΣP_i ; в) диференціальна функція теоретичного закону розподілу (ЗНР і ЗРВ) $f(t)$; г) полігон дослідних імовірностей; д) гістограма розподілу; е) дослідна ймовірність P_i .

Точки полігону утворюються перетинанням ординати, тотожної імовірності інтервалу, і абсциси, тотожної середині цього інтервалу. Точки кривої накопичених імовірностей утворюються пересіканням ординати, тотожної сумі імовірностей попередніх інтервалів, і абсциси кінця даного інтервалу.

Початкова і кінцева точки полігону на осі абсцис зміщені на 0,5 інтервалу відносно початку і кінця останнього інтервалу ліворуч і праворуч.

3.2.2.7 Визначення коефіцієнту варіації

Коефіцієнт варіації є відносною (безрозмірною) статистичною характеристикою розсіювання ПН. Вона більш зручна при виборі та оцінці теоретичного закону розподілу, ніж середнє квадратичне відхилення.

Коефіцієнт варіації дорівнює відношенню середнього квадратичного відхилення показника надійності до його середнього значення \bar{t} :

$$V_t = \frac{\sigma_t}{\bar{t}}, \quad (3.8)$$

З урахуванням зміщення досліджуваної величини t коефіцієнт варіації дорівнює:

$$V_t = \frac{\sigma_t}{\bar{t} - t_{3M}}, \quad (3.9)$$

3.2.2.8 Вибір теоретичного закону розподілу для вирівнювання дослідної інформації

Для підвищення точності розрахунку показників надійності отриману експериментальну інформацію вирівнюють теоретичним законом розподілу. Стосовно до показників надійності деталей і вузлів автомобілів в цілому використовують закон Вейбулла-Гнеденка (основний закон надійності). Або закон розподілу вибирають за значенням коефіцієнту варіації V ; якщо $V < 0,30$ – закон нормального розподілу (ЗНР), якщо $V > 0,50$ – закон розподілу Вейбулла-Гнеденка (ЗРВ).

Якщо значення коефіцієнту варіації V знаходяться у проміжку $0,30...0,50$, то вибирають той закон розподілу (ЗНР чи ЗРВ), які-забезпечують кращі співпадання з розподілом дослідної інформації.

З таблиці додатку Б, використовуючи значення коефіцієнту варіації знаходять параметр « b » та допоміжні коефіцієнти « C_{σ} » і « K_{σ} », після чого визначають параметр a за виразом: $a = \sigma / C_{\sigma}$.

3.2.2.9 Графічна побудова інтегральної $F(t)$ та диференціальної $f(t)$ функцій розподілу

При ЗРВ значення інтегральної функції $F(t)$ визначають використовуючи таблицю Б2, додатку Б.

Наприклад, визначаються значення інтегральної функції на інтервалі $1100...2600$ мото-год. при наступних параметрах: ЗРВ ($V = 0,518$; $b = 2,048$; $a = 4,558$ тис. мото-год.; $t_{3M} = 0,35$ тис. мото-год.)

Визначаються значення відхилення:

$$\frac{t_{ik} - t_{3M}}{a}, \quad (3.10)$$

де t_{ik} - значення кінця i -го інтервалу.

$$\frac{t_{ik} - t_{3M}}{a} = \frac{2,60 - 0,35}{4,558} = 0,49$$

З таблиці Б3, додатку Б, виходячи з відповідних значень відхилення

$\frac{t_{ik} - t_{3M}}{a}$, і параметра b , проводячи інтерполяцію, знаходиться:

$$F(t_{ik}) = F(2600 \text{ мото-год.}) = 0,22$$

Аналогічно знаходиться решта значень інтегральної функції.

Значення диференціальної функції $f(t)$ у i -тому інтервалі статистичного ряду дорівнює різниці значення інтегральної функції у кінці та на початку інтервалу.

$$f(t_{ic}) = F(t_{ik}) - F(t_{in}), \quad (3.11)$$

де t_{ic} , t_{ik} , t_{in} - значення напрацювання в середині, кінці та на початку інтервалу.

Наприклад, визначається значення диференціальної функції для інтервалу 1100...2600 мото-год.

За таблицею додатку Б, маємо:

$$f(1500) = F(2600) - F(1100) = 0,22 - 0,03 = 0,19$$

Аналогічно знаходиться решта значень диференціальної функції. Отримані значення інтегральної та диференціальної функцій заноситься у зведену таблицю 3.4 і за ними будуються криві $f(t)$ та $F(t)$ (рис. 3.1).

Таблиця 3.4

Розраховані значення диференціальної та інтегральної функцій

Інтервали, тис. мото-год.	Дослідна імовірність, P_i	Диференціальна функція, $f(t)$	Накопичена дослідна імовірність, $\sum P_i$	Інтегральна функція, $F(t)$
1	2	3	4	5

3.2.2.10 Визначення повного і залишкового ресурсу деталей і сполучення методом індивідуального прогнозування

Вибір даних для другої задачі проводиться за номером задачі, наданим у завданні, за додатком В. Так, для задачі 1.2 за першою цифрою вибирається сполучення, графа 1 і 2 таблиці В1, додатку В, «блок-картер двигуна - штовхач клапана», а за другою цифрою - дані мікрометражних вимірів (графа 7, рядок 2) $d_{вим} - 33,90$ мм і напрацювання до вимірювання (графа 8, рядок 2) $H_{вим} =$

7300 мото-год. Кожний варіант завдання відрізняється назвою сполучення, даними мікрометражу однієї з деталей, а також напрацюванням сполучення до вимірювання.

3.2.2.11 Розрахункові вирази оцінки повного і залишкового ресурсу сполучення

При розрахунку ресурсів деталей сполучення з точністю, достатньою для практичних цілей, тривалістю припрацювання нехтують, а за початкові розміри відповідно приймають кінцеві (граничні) розміри деталей за кресленням:

-для валів — нижній d_{\min} ;

-для отворів — верхній D_{\max} ;

$$d_{\min} = d - \Delta d_{\min} , \quad (3.12)$$

$$D_{\max} = D + \Delta D_{\max} , \quad (3.13)$$

де d, D - розміри відповідно валу і отвору за кресленням, мм;

Δd_{\min} - мінімальний (нижній) допуск валу, мм;

ΔD_{\max} - максимальний (верхній) допуск отвору, мм.

Середню швидкість зношування деталі V_{∂} можна визначити за даними мікрометражу, тобто:

$$V_{\partial} = \frac{U_{\text{вим}}}{H_{\text{вим}}} , \text{ мм/мото-год} \quad (3.14)$$

де $H_{\text{вим}}$ - напрацювання до вимірювання, мото-год;

$U_{\text{вим}}$ – величина зношування деталі до моменту вимірювання, (мм) яку з урахуванням анульованої зони припрацювання визначають за виразами:

для отворів -
$$U_{\text{вим}}^o = D_{\text{вим}} - D_{\max} , \text{ мм} \quad (3.15)$$

для валів -
$$U_{\text{вим}}^s = d_{\min} - d_{\text{вим}} , \text{ мм} \quad (3.16)$$

де $D_{\text{вим}}, d_{\text{вим}}$ - виміряні діаметри відповідно отвору і валу, мм.

Після мікрометражних вимірів деталь, що напрацювала термін $t_{вим}$ знову встановлюють на машину, де вона продовжує працювати, зношуючись до величини граничного зносу $U_{зр}$:

$$\text{для валу - } U_{зр}^6 = d_{\min} - d_{зр}, \text{ мм} \quad (3.17)$$

$$\text{для отвору - } U_{зр}^0 = D_{зр} - D_{\max}, \text{ мм} \quad (3.18)$$

Знаючи граничні і вимірні значення зносу деталі, а також вважаючи, що швидкість зношування після мікрометражних вимірів залишається попередньою, можна визначити середній залишковий ресурс деталі (рис.3.2):

$$T_{\partial \text{ зал}} = \frac{U_{зр} - U_{вим}}{V_{\partial}}, \text{ мото-год} \quad (3.19)$$

Середній повний ресурс деталі при наявності даних мікрометражу дорівнює:

$$T_{\partial \text{ пов}} = H_{вим} + T_{\partial \text{ зал}}, \text{ мото-год} \quad (3.20)$$

Оскільки, через те, що можливе розсіювання значень залишкового ресурсу, треба враховувати довірчий інтервал розсіювання ресурсу ($T_{\partial \text{ зал}}^H, T_{\partial \text{ зал}}^6$)

де $T_{\partial \text{ зал}}^H, T_{\partial \text{ зал}}^6$ – відповідно нижні і верхні межі інтервалу при визначеній довірчій імовірності, мото-год.

Звідси повний ресурс оцінюється за виразами:

$$T_{\partial \text{ пов}}^H = t_{вим} + T_{\partial \text{ зал}}^H, \text{ мото-год} \quad (3.21)$$

$$T_{\partial \text{ пов}}^6 = t_{вим} + T_{\partial \text{ зал}}^6, \text{ мото-год} \quad (3.22)$$

Для полегшення роботи дефектувальника при оцінці технічного стану деталей на ремонтних підприємствах в альбомі типової технології, поруч з граничним зносом, вказують припустимі при ремонті або припустимі без ремонту $U_{др}$ розміри валів $d_{др}$ та отворів $D_{др}$.

Припустимі значення зносу деталей розраховують з урахуванням граничних зносів $U_{др}$ і середньої швидкості зношування деталі V_{∂} .

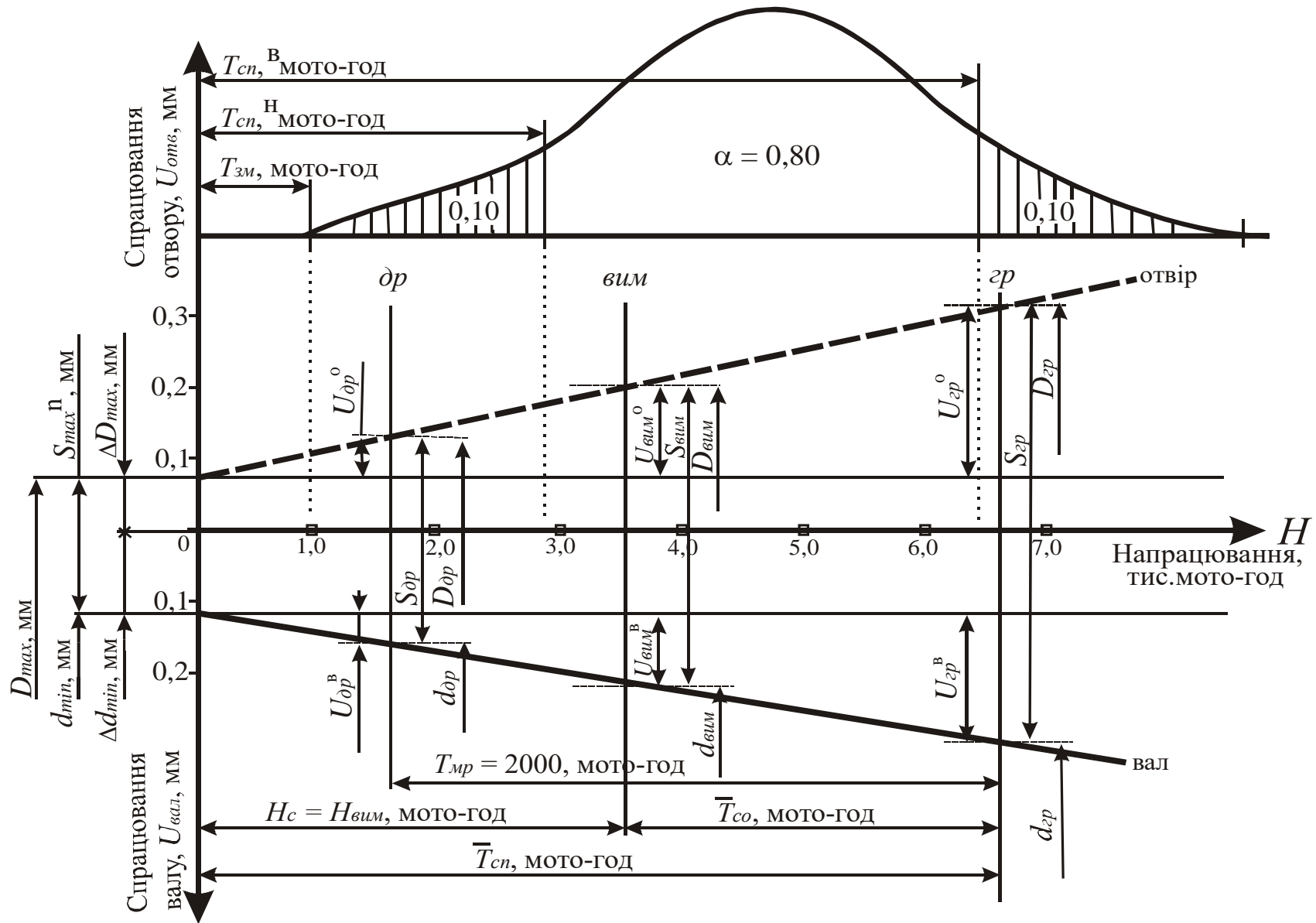


Рис. 3.2 Схема визначення ресурсу сполучення без урахування тривалості припрацювання.

Допустиме значення величини зносу $U_{\partial p}$ менше за граничне значення $U_{z p}$ на таку величину, яка буде спрацьована протягом одного міжремонтного ресурсу машини (агрегату) T_{mp} , тобто:

$$U_{\partial p} = U_{z p} - T_{mp} \cdot V_{\partial}, \text{ мм} \quad (3.23)$$

У розрахунках для навчальних цілей приймають міжремонтний ресурс:

$$T_{mp} = 2000 \text{ мото-год.}$$

Допустимі для подальшої експлуатації протягом міжремонтного ресурсу розміри деталей:

для валів -
$$d_{\partial p} = d_{\min} - U_{\partial p}, \text{ мм} \quad (3.24)$$

для отворів -
$$D_{\partial p} = D_{\max} + U_{\partial p}, \text{ мм} \quad (3.25)$$

При відсутності даних мікрометражу деталі або відомих технічних умов на дефектування, при початковому, кінцевому і допустимому розмірах деталі, швидкість зношування можна оцінити за виразом:

$$V_{\partial} = \frac{U_{z p} - U_{\partial p}}{T_{mp}}, \text{ мм/мото-год} \quad (3.26)$$

Довірчі межі середнього повного ресурсу при $\alpha = 0,80$ визначаються аналогічно довірчим межам залишкового ресурсу за наступними виразами:

$$T_{\partial \text{ пов}}^n = 0,7 \cdot T_{\partial \text{ пов}}, \text{ мото-год} \quad (3.27)$$

$$T_{\partial \text{ пов}}^6 = 1,35 \cdot T_{\partial \text{ пов}}, \text{ мото-год} \quad (3.28)$$

По мірі зношування деталей в сполученнях змінюється зазор. На рис.3.2 прийняті такі позначення: S_{\max} , $S_{\text{вим}}$, $S_{\partial p}$, $S_{z p}$ — зазор між деталями, (мм) які утворюють сполучення, відповідно початковий, максимальний, вимірний, допустимий для подальшої експлуатації протягом міжремонтного ресурсу T_{mp} і граничний; $T_{c \text{ зал}}$; $T_{c \text{ пов}}$ — відповідно залишковий і повний ресурси сполучення.

За своєю фізичною сутністю зазори і ресурси сполучення аналогічні відповідним величинам зношування і ресурсам деталей.

Враховуючи, що розміри деталей в кінці періоду напрацювання не виходять за межі своїх допусків на виготовлення, початковий зазор сполучення приймається рівним сумі допусків сполучених деталей, мінімального допуску вала Δd_{\min} і максимального допуску отвору ΔD_{\max} :

$$S_{\max}^n = \Delta D_{\max} + \Delta d_{\min}, \text{ мм} \quad (3.29)$$

3.2.2.12 Приклад розв’язання другої задачі курсової роботи

Розглянемо приклад розрахунку другої задачі курсової роботи, варіант якої наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Варіант завдання до другої задачі.

Найменування деталей сполучення	Розміри за кресленням, мм.	Зазор в сполученні			Діаметр пальця $d_{\text{вим}}$, мм	Напрацювання сполучення до вимірювання $H_{\text{вим}}$, МОТО-ГОД
		Початковий S_n , мм.	Допустимий S_{dp} , мм.	Граничний S_{gp} , мм.		
Втулка	$42^{+0,033}_{-0,018}$	+ 0,019	+ 0,10	+ 0,25	41,95	1800
Палець	$42^{+0,010}_{-0,009}$	+ 0,042				

Якщо втулку розглядати як отвір, а палець - як вал, початковий максимальний зазор сполучення (з'єднання) втулка – палець дорівнює:

$$S_{\max}^n = \Delta D_{\max} + \Delta d_{\min} = 0.009 + 0,033 = 0,042 \text{ мм.}$$

У багатьох випадках розбирання та складання деталей сполучень недопустимі, оскільки ці операції порушують стабільні умови роботи сполучення після складання, що в свою чергу збільшує швидкість зношування деталей сполучення і зменшує його повний ресурс. Тому для практичних цілей визначають залишковий і повний ресурс без мікрометражних вимірів. В цьому випадку швидкість зношування сполучень визначається за виразом:

$$V_c = \frac{S_{zp} - S_{dp}}{T_{mp}} \quad (3.30)$$

Приймаючи значення міжремонтного ресурсу $T_{mp} = 2000$ мото-год і підставляючи відповідні значення величин з таблиці 3.5, маємо:

$$V_c = \frac{0,25 - 0,10}{2000} = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ мм/ мото-год}$$

Середній повний ресурс сполучення оцінюють за виразом:

$$T_{c.нов} = \frac{S_{zp} - S_{max}^n}{V_c} \quad (3.31)$$

Для даного варіанту задачі середній повний ресурс сполучення дорівнює:

$$T_{c.нов} = \frac{0,25 - 0,042}{7,5 \cdot 10^{-5}} = 2770 \text{ мото-год.}$$

Повний ресурс сполучення, визначений за виразом (3.31) є середньою величиною. Межі розсіювання середнього повного ресурсу при довірчій імовірності $\alpha = 0,80$ знаходять аналогічно межах розсіювання залишкового ресурсу деталі:

$$\text{-нижня межа розсіювання: } T_{c.нов}^H = 0,70 T_{c.нов} \quad (3.32)$$

$$\text{-верхня межа розсіювання: } T_{c.нов}^6 = 1,35 T_{c.нов} \quad (3.33)$$

де $T_{c.нов}^H$, $T_{c.нов}^6$ - відповідно нижня і верхня межі розсіювання середнього повного ресурсу сполучення.

Для даного варіанту ці величини дорівнюють:

$$T_{c.нов}^H = 0,70 \cdot T_{c.нов} = 0,7 \cdot 2770 = 1940 \text{ мото-год.};$$

$$T_{c.нов}^6 = 1,35 \cdot T_{c.нов} = 1,35 \cdot 2770 = 3730 \text{ мото-год.}$$

Якщо відомо напрацювання сполучення на певний момент роботи H_c , то середній залишковий ресурс сполучення та його межі визначають за виразами:

$$T_{c.зал} = T_{c.нов} - H_c \quad (3.34)$$

$$T_{c \text{ зал}}^H = T_{c \text{ пов}}^H - H_c, \quad (3.35)$$

$$T_{c \text{ зал}}^6 = T_{c \text{ пов}}^6 - H_c, \quad (3.36)$$

де $T_{c \text{ зал}}$, $T_{c \text{ зал}}^H$, $T_{c \text{ зал}}^6$ - відповідно середній залишковий ресурс сполучення та його нижня й верхня межі. Для даного прикладу при $H_c = 1800$ мото-год., маємо:

$$T_{c \text{ зал}} = 2270 - 1800 = 970 \text{ мото-год.},$$

$$T_{c \text{ зал}}^H = 1940 - 1800 = 140 \text{ мото-год.},$$

$$T_{c \text{ зал}}^6 = 3730 - 1800 = 1930 \text{ мото-год.}$$

В розрахунках значення середнього залишкового ресурсу може дорівнювати нулю або бути меншим від нуля. Це доказ того, що середня швидкість зношування сполучення вище, ніж розрахована за даними технічних умов.

Робити висновок про фактичну швидкість зношування можна лише за даними мікрометражу. Проте, в окремих практичних випадках для безпосередніх вимірів є доступною лише одна з деталей, які утворюють сполучення.

Припустимо, що в сполученні, яке розглядається, можна виміряти лише діаметр пальця $d_{вим} = 41,95$ мм. Тоді, використовуючи наведені раніше вирази, маємо:

- Початковий розмір пальця дорівнює:

$$d_{\min} = d - \Delta d_{\min} = 42,0 - 0,009 = 41,991 \text{ мм.}$$

- Вимірний знос пальця, за виразом (14) дорівнює:

$$U_{вим}^6 = d_{\min} - d_{вим} = 41,991 - 41,95 = 0,041 \text{ мм.}$$

- Середня швидкість зношування пальця, відповідно:

$$V_{вал} = \frac{U_{вим}^6}{H_{вим}} = \frac{0,041}{1800} = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ мм/мото-год.}$$

- Граничний знос однієї деталі сполучення, згідно розрахункової схеми сполучення (рис.3.2) можна записати у вигляді:

$$V_{\partial} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{U_{\text{вим}}}{T_{c.\text{нов}}} \quad (3.37)$$

Враховуючи значення $T_{c.\text{нов}}$, одержимо:

$$U_{zp} = \frac{S_{zp} - S_{\text{max}}^n}{\bar{V}_c} \cdot \bar{V}_{\partial} \quad (3.38)$$

Для даного прикладу:

$$U_{zp}^{\text{e}} = \frac{S_{zp} - S_{\text{max}}^n}{\bar{V}_c} \cdot \bar{V}_{\partial} = \frac{0,25 - 0,042}{7,5 \cdot 10^{-5}} \cdot 2,3 \cdot 10^{-5} = 0,064 \text{ мм.}$$

- Граничний розмір пальця:

$$d_{zp} = d_{\text{min}} - U_{zp}^{\text{e}} = 41,991 - 0,064 = 41,927 \text{ мм.}$$

- Припустимий при ремонті знос пальця:

$$U_{\partial p}^{\text{e}} = U_{zp}^{\text{e}} - T_{\text{мп}} \cdot \bar{V}_{\partial} = 0,064 - 2000 \cdot 2,3 \cdot 10^{-5} = 0,018 \text{ мм.}$$

- Припустимий при ремонті розмір пальця:

$$d_{\partial p} = d_{\text{min}} - U_{\partial p}^{\text{e}} = 41,991 - 0,018 = 41,975 \text{ мм.}$$

За даними вимірів однієї з деталей сполучення можна орієнтовно визначити граничний і допустимий при ремонті знос та розміри спряженої деталі, вважаючи, що швидкість зношування будь-якого сполучення дорівнює сумі швидкостей зношування обох деталей, тобто:

$$V_c = V_{\partial 1} + V_{\partial 2} \quad (3.39)$$

звідси

$$V_{\partial 2} = V_c - V_{\partial 1}$$

(3.40)

Для даного прикладу:

$$V_{\text{отв}} = V_c - \bar{V}_{\partial} = 7,5 \cdot 10^{-5} - 2,3 \cdot 10^{-5} = 5,2 \cdot 10^{-5} \text{ мм/мото-год.}$$

Граничний знос отвору:

$$U_{zp}^o = \frac{S_{zp} - S_{\max}^n}{V_c} \cdot V_{отв} = \frac{0,25 - 0,042}{7,5 \cdot 10^{-5}} \cdot 5,2 \cdot 10^{-5} = 0,144 \text{ мм.}$$

Граничний розмір отвору дорівнює:

$$D_{zp}^o = D_{\max} + U_{zp}^o = 42,033 + 0,144 = 42,177 \text{ мм.}$$

Допустимий при ремонті знос отвору відповідно до виразу (21), дорівнює:

$$U_{dp}^o = U_{zp}^o - T_{mp} \cdot V_{отв} = 0,144 - 2000 \cdot 5,2 \cdot 10^{-5} = 0,040 \text{ мм}$$

Допустимий при ремонті розмір отвору:

$$D_{dp}^o = D_{\max} + U_{dp}^o = 42,033 + 0,040 = 42,073 \text{ мм.}$$

Таким чином, загальну схему визначення ресурсу сполучення деталей методом індивідуального прогнозування можна надати у вигляді певного алгоритму розрахунків другої задачі курсової роботи:

1. Виписати умови задачі згідно заданого варіанту.
 2. Сформулювати її мету.
 3. Визначити початковий максимальний зазор сполучення і позначити його в чорновому варіанті схеми сполучення.
 4. Оцінити середню швидкість зношування сполучення.
 5. Розрахувати середній повний ресурс сполучення.
 6. Визначити довірчі межі розсіювання повного ресурсу сполучення.
 7. Розрахувати залишковий ресурс сполучення.
 8. Визначити нижню та верхню межі залишкового ресурсу сполучення.
 - 9-11. Визначити початковий розмір, вимірний знос, середню швидкість зношування вимірної деталі.
 12. Визначити граничний знос вимірної деталі.
 - 13-15. Визначити граничний розмір, припустимої при ремонті величини зносу, припустимий при ремонті розмір вимірної деталі.
 16. Оцінити швидкість зношування сполученої деталі.
 - 17-21. Визначити початковий розмір, граничний і припустимий при ремонті знос та припустимий при ремонті розмір сполученої деталі.
 22. Побудувати схему визначення ресурсу сполучення згідно (рис.3.2).
- Відмітимо, що визначення ресурсу сполучень за даними лише технічних умов і

розмірів деталей згідно даних вимірювань тільки однієї деталі - орієнтовне. Точніше ці значення можливо розрахувати лише при вимірюванні обох деталей, які створюють сполучення.

3.2.3 Технологічна частина

3.2.3.1 Обґрунтування та розробка технологічного процесу дефектації деталі, що відновлюється (зміцнюється)

Для визначення технічного стану деталей їх піддають контролю та дефектації. Від якісного проведення контролю залежить план технологічного процесу відновлення (зміцнення) деталі, її подальша працездатність, надійність та довговічність.

У розрахунково-пояснювальній записці необхідно, пояснити важливість і основні принципи проведення технологічного процесу дефектації деталі, а також навести перелік технологічної документації для її проведення.

Прийняти обґрунтоване рішення по проведенню процесу дефектації деталі згідно наведених вище принципів, а дані прийнятих рішень звести в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6

Технологічна карта дефектації заданої деталі

№ позиції на рисунку	Контрольований дефект	Способи і засоби контролю	Розміри, мм				Висновок	
			нормальний і ремонтний	Допустимі в сполученні з деталями		Новими		
				Що були в експлуатації	Новими			Що були в експлуатації
1	2	3	4	5	6	7	8	9

3.2.3.2 Характеристика дефектів, складання технологічних маршрутів відновлення (зміцнення) деталі. Технічні вимоги на відновлення (зміцнення) деталі

Маршрутна технологія є однією з найбільш доцільних і економічних форм організації відновлення дефектів деталей, формування якої базується на певних

принципах в основі яких лежить характеристика дефектів, коефіцієнти повторення і таке інше.

Оптимальне поєднання дефектів у кожному маршруті, з точки зору однорідності та технологічного взаємозв'язку є їх мінімальна кількість, раціональний вибір способів усунення окремих дефектів за кожним маршрутом забезпечує не тільки економічну доцільність відновлення деталі, а й необхідні експлуатаційні властивості поверхонь деталей, довговічність і надійність роботи вузлів і агрегатів автомобільної техніки.

В розрахунково-пояснювальній записці необхідно пояснити важливість маршрутної технології при проектуванні технологічних процесів відновлення (зміцнення) деталей, основні принципи і особливості складання технологічних маршрутів. Необхідно навести аналіз характеристик дефектів відновлюваної (зміцнюваної) деталі з точки зору їх відновлюваності, частоти повторюваності, конструктивних параметрів і форми поверхонь, величини спрацювання, а також рекомендацій по подальшому використанню.

Згідно наведених вище принципів обґрунтувати і скласти оптимальні маршрути технологічного процесу відновлення дефектів деталі. Згідно аналізу характеристик дефектів, ремонтного креслення відновлюваної деталі і технічних вимог на виготовлення конструкції (п. 3.2.1.3) розробити конкретні технічні вимоги на відновлення (зміцнення) деталі.

Таблиця 3.7.

Технологічні маршрути відновлення заданої деталі.

№ п/п	Найменування дефектів деталі	Номер маршруту технологічного процесу відновлення (зміцнення)				
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	2	3	4	5	6	7

3.2.3.3 Обґрунтування та вибір раціонального способу відновлення (зміцнення) деталі

Відновлення (зміцнення) поверхонь деталей – технічно обґрунтований та економічно виправданий захід, що забезпечує тривалий термін їх використання,

знижує потребу у запасних частинах, матеріальних витрат, трудових та енергетичних ресурсах, впливає на підвищення економічних показників використання автомобільної техніки, позитивно впливає на поліпшення показників її надійності.

На даний час існує велика кількість сучасних способів відновлення (зміцнення) деталей автомобільної техніки, недоліки яких є продовженням і перевагами інших. Таким чином, впроваджується причинно – наслідковий зв'язок нескінченного виникнення нових прогресивних способів відновлення та зміцнення деталей.

Техніко-економічна ефективність доцільності вибору способу відновлення (зміцнення) деталей базується на критеріях застосування, довговічності та економічності [1, 3, 36, 39].

У РПЗ необхідно обґрунтувати та визначити раціональний, технічно–обґрунтований та економічно–доцільний спосіб відновлення (зміцнення) заданої поверхні деталі. Навести його фізичну сутність та принципову схему, основні переваги і недоліки, обґрунтувати й пояснити перелік операцій підготовки, основного технологічного процесу та контролю відновлення (зміцнення) поверхні деталі, перелік типів та моделей технологічного обладнання, назв і марок технологічних матеріалів для відновлення (зміцнення) згідно ДСТУ, а також режимів виконання основних технологічних операцій.

3.2.3.4 Розробка плану технологічного процесу відновлення (зміцнення) деталі. Вибір установлюваних баз при виконанні операцій технологічного процесу

Розробка технологічного процесу передбачає по суті обґрунтування і оформлення плану виконання операцій, під яким слід розуміти складання доцільної послідовності виконання механічних, термічних, хіміко-термічних операцій, операцій по нанесенню та обробці покриттів, контрольних та інших операцій при відновленні (зміцненні) поверхонь деталей автомобільної техніки [1, 31, 32, 37, 39, 46].

План повинен передбачати декомпозицію технологічного процесу, тобто розбиття його на складові частини – операції, переходи, опис кожної операції з зазначенням необхідних розмірів оброблюваних та базових поверхонь, операційних ескізів та технічних вимог.

Якісне виконання робіт і дотримання технічних вимог на відновлення (зміцнення) деталі залежить від правильності вибору поверхонь базування. Під вибором баз необхідно розуміти вибір установлюваних технологічних баз, які орієнтують оброблювані поверхні по відношенню до інструменту і вузлів верстату при виконанні операцій технологічного процесу по відновленню (зміцненню) деталі.

У п. 3.2.3.4 РПЗ необхідно пояснити важливість формування доцільного плану технологічного процесу зміцнення (відновлення) деталі, основні принципи та особливості його формування для зміцнення (відновлення) деталей в умовах автотранспортних та ремонтних підприємств, розробити конкретний технічно-обґрунтований план виконання операцій технологічного процесу зміцнення (відновлення) заданої поверхні деталі. При цьому початкові операції пов'язані з виправленням базових і зношених поверхонь деталей, наступні - з нанесенням певних технологічних покриттів, а останні - з обробкою до номінальних розмірів деталей з дотриманням технічних вимог та контролю якості виконання технологічного процесу. Окрім того, необхідно пояснити важливість, навести основні принципи і особливості вибору технологічних баз при відновленні (зміцненні) деталей та прийняти конкретні, обґрунтовані рішення щодо їх вибору. Результати прийнятих рішень необхідно представити у вигляді запропонованої таблиці:

Таблиця 3.8

План операцій технологічного процесу відновлення (зміцнення) деталі

№ операції	№ переходу	Назва операції, переходу	Зміст операції, переходу	Базова поверхня	Ескіз обробки і технічні вимоги в умовних позначеннях
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>

3.2.3.5 Обґрунтування та вибір технологічного обладнання

Вибір обладнання є одним з найбільш відповідальних моментів у загальній структурі розробки технологічного процесу відновлення (зміцнення) деталі. Від правильності його вирішення залежать як технічні, так і економічні показники технологічних процесів в умовах реального виробництва.

При визначенні технологічного обладнання необхідно орієнтуватися на основні принципи його вибору та особливості використання в умовах дрібносерійного, експериментального виробництва, а також на паспортні дані сучасного обладнання, пристосувань та установок.

У п.3.2.3.5 РПЗ необхідно пояснити важливість оптимального вибору потрібного обладнання для виконання кожної операції технологічного процесу відновлення (зміцнення) деталі. Навести основні принципи і особливості вибору технологічного обладнання для умов автотранспортних та ремонтних підприємств.

Крім того слід відобразити прийняте обґрунтоване рішення щодо вибору конкретних моделей обладнання для виконання операцій розробленого плану технологічного процесу відновлення (зміцнення), запропонованої у завданні до виконання курсової роботи поверхні деталі, зазначити основні технічні характеристики. Дані прийнятих рішень необхідно представити у вигляді таблиці:

Таблиця 3.9

Технологічне обладнання для виконання технологічного процесу відновлення (зміцнення) деталі

№ операції	№ переходу	Назва операції, переходу	Назва, тип, модель обладнання	Коротка технічна характеристика обладнання
1	2	3	4	5

3.2.3.6 Обґрунтування вибору ріжучого, вимірювального, контрольного інструментів та матеріалів для зміцнення (відновлення) деталі

Правильність вибору технологічних інструментів і матеріалів для підготовки, нанесення покриттів та механічної обробки поверхонь деталі, суттєво впливає на якісні та економічні показники технологічних процесів, які розробляються.

Обраний інструмент повинен бути конструктивно–пов’язаний з геометричними розмірами та конструкцією деталі, що оброблюється, змістом операції, базовими кріпильними поверхнями відповідного технологічного обладнання. Рекомендується, по можливості, ширше використовувати стандартні і нормалізовані інструменти, як найбільш дешеві і пристосовані до умов дрібносерійного та експериментального виробництва. При виборі вимірювального і контрольного інструментів керуються їх призначенням (можливістю використання), точністю вимірів при обробці заданої поверхні деталі і типом виробництва. При виборі матеріалів для відновлення (зміцнення) поверхні деталі, перш за все, потрібно орієнтуватися на використання сучасних матеріалів й методів нанесення покриттів, забезпечення необхідних фізико-механічних властивостей поверхонь, що відновлюються (зміцнюються), показники продуктивності та економічності, ресурсозбереженість та екологічні фактори.

У п.3.2.3.6 РПЗ необхідно пояснити важливість оптимального вибору ріжучого вимірювального, контрольного інструментів та матеріалів для відновлення (зміцнення) деталі, механічної обробки поверхонь навести основні принципи та особливості такого вибору для умов дрібносерійного та експериментального виробництва і прийняти обґрунтовані рішення щодо виконання проведення конкретного технологічного процесу відновлення (зміцнення) заданої поверхні деталі.

Результати прийнятих рішень повинні бути відображені в таблиці:

Таблиця 3.10

Ріжучий, вимірювальний, контрольний інструменти та матеріали для відновлення (зміцнення) заданої деталі

№ операції	№ переходу	Назва операції, переходу	Назва, тип, модель, марка, ГОСТ обраних технологічних інструментів та матеріалів
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>

3.2.3.7 * Розрахунок і вибір режимів виконання операцій технологічного процесу відновлення (зміцнення)

Технологічні процеси відновлення або зміцнення деталей автомобілів, складаються безпосередньо з операцій по відновленню (зміцненню), наприклад, наплавлення, напилення, термічна обробка, хіміко-термічна обробка тощо, а також з операцій механічної обробки (токарна, шліфувальна, хонінгувальна і т.п.), які можуть бути, як підготовчими до відновлення (зміцнення), так і завершальними, наприклад, для доведення розмірів поверхонь деталей до номінальних. При виборі певних способів відновлення (зміцнення) деталей необхідно враховувати матеріал та конструктивні особливості деталі, фізико-механічні, триботехнічні та експлуатаційні характеристики її робочих поверхонь. Режими виконання операцій відновлення (зміцнення), в залежності від обраного способу, можна розрахувати використовуючи літературні джерела [1, 32, 39, 42, 55, 56].

*П.3.2.3.7, п.3.2.3.8 виконуються за умови, якщо це вказано в завданні на індивідуальне курсове проектування.

При проектуванні технологічних процесів режими різання призначають (або розраховують) після побудови плану технологічного процесу, розрахунку припусків і вибору устаткування, на якому буде проводитись обробка, вибору ремонтних матеріалів, ріжучого інструмента і пристосувань для базування деталі.

В індивідуальному, дрібносерійному та серійному видах виробництва частіше застосовують наладки з одним різальним інструментом, а для серійного, крупносерійного і масового більш характерні багатоінструментальні налагодження. Методика призначення режимів різання на згадані багатоінструментальні налагодження принципово відрізняється від методики призначення режимів різання на одноінструментальні наладки.

Призначення раціональних режимів різання полягає у виборі найбільш вигідного сполучення глибини, подачі і швидкості різання, що забезпечують в певних умовах найбільшу продуктивність праці і низьку собівартість операцій.

Першим етапом визначення режимів різання є вибір глибини різання на даному переході, що приймається на підставі розрахунку припусків.

Другим етапом призначення режимів різання є визначення допустимої подачі. Для зменшення основного технологічного часу бажано працювати з більшою технологічно допустимою подачею.

Після вибору діапазону допустимих подач потрібно скорегувати її величину за паспортними даними верстата, з огляду на примітки, які мають карти режимів. Далі по відповідній карті визначають осьове зусилля подачі і порівнюють його з зусиллям, що допускається верстатом по слабкій ланці. Це особливо важливо при розрахунку режимів різання на чорнові операції. Якщо призначається подача на чистові операції або переходи, фактором, що обмежує величину подачі, є шорсткість поверхні.

Третім етапом призначення режимів різання є встановлення швидкості різання, величина якої [32, 56] вказується за видами робіт і типу інструментів, окремо на обробку легованих, нержавіючих і жаростійких сталей, чавунів, мідних сплавів та інших матеріалів.

Після визначення швидкості різання по нормативах встановлюють частоту обертання шпинделя з закріпленою деталлю або інструментом, об/хв:

$$n_{шт} = \frac{1000 \cdot V_{рез}}{\pi \cdot D},$$

де $V_{рез}$ - таблична швидкість різання, м/хв; D – діаметр обробки, мм.

Далі кутова швидкість шпинделя корегується за паспортними даними верстата у бік найближчої величини і встановлюється відповідно $n_{шт.факт}$, М/хв:

$$V_{рез} = \frac{\pi \cdot D_{факт}}{1000}.$$

Для призначення режимів різання на одноінструментальну операцію можна користуватися [32, 56].

При виправленні центрових отворів глибину різання визначають за формулою:

$$t = \frac{D}{2},$$

де D – діаметр інструменту, мм.

Величину подачі S (мм/об) визначають за таблицями [32, 56].

Швидкість різання V (м/хв) та число обертів n (об/хв) визначають за таблицями [32, 56].

Число обертів деталі визначається за формулою:

$$n = 318 \cdot \frac{V}{d},$$

де V – колова швидкість деталі, м/хв ; d – діаметр поверхні, яка оброблюється, мм.

Для токарних операцій припуск на обробку також визначається за формулою:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де D – діаметр заготовки, мм; d – діаметр обробленої поверхні, мм.

Число проходів, необхідне для зняття припуску, визначають за формулою:

$$i = \frac{h}{t},$$

де t – глибина різання (приймається в межах від 0,5 до 2 мм для чистового точіння), мм.

Число обертів деталі n (об/хв) визначається за формулою:

$$n = \frac{318 \cdot V}{d},$$

де V – розрахункова швидкість, м/хв; d – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Приймається найбільше число обертів n за паспортними даними верстата.

Режими виконання операцій можуть бути визначені як розрахунком по емпіричних формулах, так і по таблицях нормативних довідників з врахуванням усіх поправочних коефіцієнтів, що відповідні зміні умов різання [32, 56].

У розрахунково-пояснювальній записці необхідно здійснити вибір і розрахунок режимів виконання усіх технологічних операцій відновлення (зміцнення) заданої поверхні деталі згідно розробленого плану технологічного процесу (п.3.2.3.4) з обґрунтованими поясненнями і необхідними посиланнями на літературні джерела.

3.2.3.8* Нормування часу виконання операцій технологічного процесу відновлення (зміцнення) деталі

Технічне нормування являє собою встановлення норми часу на виконання визначеної роботи або норми виробки в штуках чи одиницях часу певного технологічного процесу, показники якого відображають його економічність і досконалість. Норму часу визначають на основі технічного розрахунку і аналізу, виходячи з умов найбільш повного використання технічних можливостей обладнання та інструменту згідно вимог до обробки конкретної поверхні деталі.

У ремонтному виробництві при обробці деталей визначається норма часу на окремі операції під якою розуміють час (в хвиликах), встановлений на їх виконання за певних організаційно-технічних умов при найбільш ефективному використанні усіх засобів виробництва.

Для розрахунку норми часу визначаються розміри оброблюваних поверхонь деталей для кожної операції або переходу, які виконуються на певному верстаті. Норма часу при виконанні робіт по механічній обробці, відновленню деталей та їх зміцненню складається з наступних основних частин: основний (технологічний) і допоміжний час, які в сумі складають оперативний час; додаткового і підготовчо-заклучного часу; а також штучно-калькуляційного часу та норми часу [32, 56].

У курсовій роботі слід використовувати розрахунково-аналітичний метод технічного нормування технологічних операцій, для умов дрібносерійного або експериментального виробництва, які застосовуються при виконанні робіт на ремонтних та експлуатаційних підприємствах автомобільного господарства.

Зокрема в розрахунково-пояснювальній записці необхідно здійснити технічно і економічно обґрунтований вибір і розрахунок норм часу на відновлення (зміцнення) заданої поверхні деталі згідно розробленого плану операцій (п.3.2.3.4) з обґрунтованими поясненнями і необхідними посиланнями на літературні джерела.

Результати розрахунків норм часу на виконання операцій технологічного процесу відновлення (зміцнення) заданої поверхні деталі повинні бути представлені у вигляді таблиці 3.11.

Таблиця 3.11

Технічні норми часу на виконання операцій технологічного процесу відновлення (зміцнення) поверхні заданої деталі

Номер операції	Номер переходу	Назва операції або переходу	Норма часу, хв.					
			T_o	T_b	T_d	$T_{оп}$	$T_{п.з}$	T_n
1	2	3	4	5	6	7	8	9

3.2.4. Заходи з охорони праці і техніки безпеки

Безпека праці в умовах різноманітних галузей реального виробництва в Україні регламентується і чітко визначається системою державних нормативних актів охорони праці (ДНАОП), галузевих нормативних актів охорони праці (НАОП), системою стандартів безпеки праці (ССБТ) та ДСТУ.

Слід зазначити, що основними джерелами виникнення небезпечностей та шкідливостей, зокрема в процесі виконання робіт по відновленню (зміцненню) деталей є виробниче обладнання і технологічні процеси що пов'язані з його використанням, електронезбезпечність, екологічна безпека і т.і. Небезпечності та шкідливості для здоров'я робітників виникають від взаємодії: людина-обладнання; людина-технологічний процес. Безпека праці в різних галузях виробництва забезпечується в основному колективними та індивідуальними засобами безпеки. Розробка конкретних заходів щодо забезпечення безпечних умов праці робітників в умовах виконання певних технологічних процесів є основною задачею інженерних працівників і організаторів виробництва, що їх проектують і впроваджують.

У розділі 3.2.4 РПЗ необхідно навести аналіз основних небезпечностей та шкідливостей, що можуть виникати в процесі виконання робіт по нанесенню покриттів, зміцненню і механічній обробці поверхонь запропонованих у розробленому технологічному процесі відновлення (зміцнення) заданої деталі згідно ДНАОП, НАОП, ГОСТ. Проаналізувати та навести основні вимоги до застосованого технологічного процесу, виробничого обладнання та інструменту. Обґрунтувати і розробити основні заходи колективного та індивідуального захисту працівників, а також заходи з електробезпеки, охорони праці і навколишнього середовища.

Приклад оформлення графічної частини курсової роботи наведений в додатках А і Г.

3.3 Рекомендована література

Основна література

1. Ремонт машин. / Сидашенко О.І., Поліський А.Я., Науменко О.А. та ін./ За ред. О.І. Сідашенка та О.А. Науменка. – Харків: ХНТУСГ, 2014. – 739 с.
2. Технология сельскохозяйственного машиностроения: Методические указания к выполнению курсового проекта /Упорядники: М.І.Черновол, І.А.Булей, О.Г.Терхунов, В.М.Наливайко, Є.К.Солових, В.А.Павлюк-Мороз. - Кировоград: КИСХМ, 1985. – 55с.
3. Надійність та ремонт сільськогосподарської техніки: Метод. рекомендації до виконання курс. проекту./Упорядники: М.І.Черновол, Є.К.Солових, В.В.Аулін, Ф.М.Капелюшний, С.Є.Катеринич. – Кропивницький: КНТУ, 2006. – 64с.
4. Динаміка і надійність сільськогосподарських машин: Методичні рекомендації до виконання курсової роботи /Упорядники: О.Г.Терхунов, В.М.Наливайко, Є.К.Солових, В.А.Павлюк-Мороз. -Кропивницький: КІСГМ, 1997. - 40с.
5. Ачкасов К.А. Прогрессивные способы ремонта сельскохозяйственной техники./ К.А. Ачкасов –М.: Колос, 1984. –272с.
6. Анилович В.Я. Надежность машин в задачах и примерах./ В.Я. Анилович, А.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко. /Под ред. В.Я.Аниловича. –Харьков: ОКО, 2001. -320с.

7. Надежность и ремонт машин. /В.В.Курчаткин, Н.П.Тельнов, К.А.Ачкасов и др. /Под. ред. В.В.Курчаткина. –М.: Колос, 2000. -776с.
8. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 томах: Справочные данные по условиям эксплуатации и характеристикам надежности. /Под ред. В.А.Кузнецова. –М.: Машиностроение, 1990. -336с.
9. Проников А.С. Надежность машин./ А.С. Проников –М.: Машиностроение, 1978. – 592с.
10. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин на прочность и надежность. /Под ред. П.М.Волкова, М.М.Тененбаума. –М.: Машиностроение, 1977. -310с.
11. Надежность оборудования предприятий по хранению и переработке зерна: Учеб. пособие /А.А. Вайнберг. –К.; Одесса: Вища шк. головное изд-во, 1986. - 408с.
12. Решетов Д.Н. Работоспособность и надежность деталей машин./ Д.Н. Решетов –М.: Высшая школа, 1974. -208с.
13. Армашов Ю.В., Випробування сільськогосподарської техніки на надійність: Навч. посібник / Ю.В. Армашов, П.К. Охмат. -Дніпропетровськ, 2002. – 219с.
14. Дмитриченко М.Ф. Триботехніка та основи надійності машин./ М.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацаканов, О.О. Мікосянчик. -К.: Інформавтодор, 2006. – 216с.
15. Зорин В.А. Надежность машин: Учебник для вузов / В.А. Зорин, В.С. Бочаров. – Орел: Орел ГТУ, 2003. – 549с.
16. Сухарев Э.А. Прикладные задачи теории эксплуатационной надежности машин: Учеб. пособие./ Э.А. Сухарев. –Ровно: изд-во УГАВХ, 1999. -218с.
17. Сухарев Э.А. Эксплуатационная надежность машин: Теория, методология, моделирование: Учебное пособие./ Э.А. Сухарев. – Ровно: НУВХП, 2006. – 192с.
18. Надежность технических систем: Справочник /Ю.К.Беляев, В.Я. Богатырев, В.В. Болотин и др. /Под ред. И.А.Ушакова. –М.: Радио и связь, 1985. -608с.
19. Кряжков В.М. Надежность и качество сельскохозяйственной техники./ В.М. Кряжков. –М.: Агропромиздат, 1989. -335с.
20. Ермолов Л.С. Основы надежности сельскохозяйственной техники./ Л.С. Ермолов, В.М. Кряжков, В.Е Черкун. –М.: Колос, 1982. -272с.

21. Селиванов А.И. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники./ А.И. Селиванов, Ю.Н. Артемьев. –М.: Колос, 1978. -248с.
22. Методические указания по прогнозированию технического состояния машин. -М.: ОНТИ ГОСНИТИ, 1972. -215с.
23. Ермолов Л.С. Повышение надежности сельскохозяйственной техники./ Л.С. Ермолов. –М.: Колос, 1979. -255с.
24. Артемьев Ю.Н. Качество ремонта и надежность машин в сельском хозяйстве./ Ю.Н. Артемьев. -М.: Колос, 1981. -239с.
25. Надійність сільськогосподарської техніки /С.Г.Гранкін, В.С.Малахов, М.І.Черновол, В.Ю.Черкун. /За ред. В.Ю.Черкуна. –К.: Урожай, 1998. –208с.
26. Гаркунов Д.Н. Триботехника./ Д.Н. Гаркунов. –М.: Машиностроение, 1989. – 328с.
27. Лахтин Ю.М. Металловедение./ Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева –М.: Машиностроение, 1990. –528с.
28. Основы ремонта машин. /Под ред. Ю.Н.Петрова. –М.: Колос, 1972. –529с.
29. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей./ Е.Л. Воловик. –М.: Колос, 1981. –352с.
30. Полевой С.Н. Упрочнение металлов./ С.Н. Полевой, В.Д. Евдокимов. –М.: Машиностроение, 1986. –320с.
31. Егоров М.Е. Технология машиностроения./ М.Е. Егоров, В.И. Дементьев, В.Л. Дмитриев. –М.: Высшая школа, 1976. –536с.
32. Справочник технолога-машиностроителя. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. –М.: Машиностроение, 1985. т.1, 2 – 1324с.
33. Балтер М.А. Упрочнение деталей машин./ М.А. Балтер. -М.: Машиностроение, 1988. –354с.
34. Глухов Л.В. Динамика, прочность и надежность элементов инженерных сооружений. Учеб. пособие./ Л.В.Глухов. –М.: изд-во АСВ, 2003. -304с.
35. Острейковский В.А. Теория надежности. Учебн. для ВУЗОВ./ В.А. Острейковский. -М.: Высшая школа, 2003. -463с.
36. Ремонт машин. Под ред. Н.Ф.Тельнова. –М.: Агропромиздат, 1992. –500с.
37. Черновол М.И. и др. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники./ М.И. Черновол и др. –Киев: УМК, 1989. –215с.

38. Канарчук В.Е. Техническое обслуживание ремонт и хранение автотранспортных средств: Учебник в 3 кн./ В.Е. Канарчук, А.А. Лудченко, И.П. Курников, И.А. Луйк. -К.: Вища школа., 1991.
39. Харламов Ю.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин: Учебное пособие в 2-х томах./ Ю.А. Харламов, Н.А. Будагьянц. - Луганск: Изд-во Восточно-укр. нац. ун-та им. В.Даля., 2003.
40. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения./ Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. - М.: Наука,1988. - 480с.
41. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой./ Б.М. Аскинази. –М.: Машиностроение, 1989. –200 с.
42. Батищев А.Н. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники./ А.Н. Батищев, И.Г. Голубев, В.П. Лялякин. – М.: Информагротех, 1995. – 296 с.
43. Иващенко Н.И. Технология ремонта автомобилей./ Н.И. Иващенко. – Киев.: Вища школа, 1977. – 360 с.
44. Кривенко П.М. и др. Ремонт изделий сельхозназначения./ П.М. Кривенко и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271с.
45. Молоков Б.М. и др. Организация восстановления деталей машин в сельском хозяйстве./ Б.М. Молоков и др. – М.: Колос, 1979. – 192 с.
46. Черновол М.И. Повышение качества деталей машин./ М.И. Черновол, С.Е. Поединок, Н.Е. Степанов. – К.: Техника, 1989. – 168 с.
47. Черноиванов В.И. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин./ В.И. Черноиванов, В.П. Андреев. – М.: Колос, 1983. – 288 с.
48. Левитский И.С. Технология ремонта машин./ И.С. Левитський. - М.: Колос, 1975. - 560с.
49. Ульман И.Е. Ремонт машин./ И.Е. Ульман. - М.: Колос, 1982. - 504 с.
50. Конкин Ю.А. Экономика ремонта сельскохозяйственной техники./ Ю.А. Конкин. – М.: Агпоромиздат, 1990. – 365с.
51. Технология ремонта машин: Учебник для вузов / Е.А. Пучин, О.Н. Дидманидзе, И.Н. Кравченко и др.; Под ред. Е.А. Пучина. – М.: Изд-во УМЦ "Триада". – Ч. I. – 2006. – 348 с.
52. Технология ремонта машин: Учебник для вузов / Е.А. Пучин, О.Н. Дидманидзе, И.Н. Кравченко и др.; Под ред. Е.А. Пучина. – М.: Изд-во УМЦ "Триада". – Ч. II. – 2006. – 284 с.
53. Практикум з основ надійності сільськогосподарської техніки./ І.М. Ребенко. –

Суми.: МАКУ, 1999. -82с.

54. Методические указания к выполнению контрольных работ по курсу «Ремонт сельскохозяйственных машин» для студентов спец. 0509 заочной формы обучения./ Сост. В.Н. Наливайко, Е.К.Соловых. –Кировоград: КИСХМ, 1987. -35с.
55. Типовые нормы времени на восстановление деталей двигателей тракторов и комбайнов /Госагропром СССР. – Киев: Урожай, 1989. – 288с.
56. Матвеев В.А. Техническое нормирование ремонтных работ в сельском хозяйстве./ В.А. Матвеев, И.Л. Пустовалов. –М.: Колос, 1981
57. Закон України “Про охорону праці”. Законодавство України про охорону праці. Збірник наукових документів./ 1 том. -Київ, 1995.
58. Положення про національну раду з питань безпеки життєдіяльності населення . ДНАОП 0.00-4.05.-93.
59. Типове положення про службу охорони праці. ДНАОП 0.00-4.21.-93
60. Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства. ДНАОП 0.00-4.09.-93.
61. Типове положення про роботу уповноважених трудових колективів. ДНАОП 0.00-4.11.-93.
62. Галузеві нормативно-правові акти з питань управління охороною праці у галузі.
63. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
64. СНиП 11-4-79/85. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.
65. Державні стандарти України (ДСТУ) з питань охорони праці.
66. Типове положення про навчання з питань охорони праці. ДНАОП 0.00-4.12.-99.
67. Буракова С.А. Охрана труда в сельском хозяйстве./ С.А. Буракова. –Киев: Вища школа, 1999. –544с.
68. Жидецький В.У. та ін. Основи охорони праці / В.У. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников. – 4-те вид-во. – Львів: Афіша, 2000. – 350с.
69. Практикум з охорони праці. Навч. пос. / В.У. Жидецький, В.М. Сторожук. /За ред. В.У. Жидецького – Львів: Афіша, 2000. – 352с.
70. Миценко І.М. Безпека життєдіяльності: організаційно-економічні та соціальні аспекти управління./ І.М. Миценко. – Донецьк: ІЕП НАН України, 2004. – 380с.

71. Виконання та оформлення курсових і дипломних проектів./ М.І. Черновол, В.В. Русских, Ф.І. Василенко, Є.К. Солових, В.М. Наливайко, О.В. Крилов. /За ред. Ф.І. Василенка. -Кропивницький: РВЛ Кропивницькийського державного технічного університету, 2002. – 200с.

Додаткова література

1. Александровская Л.Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем./ Л.Н. Александровская, А.П. Афанасьев, А.А. Лисов. – М.: Логос, 2003. – 208 с.
2. Анилович В.Я., Конструирование и расчёт сельскохозяйственных тракторов. Справочное пособие./ В.Я. Анилович, Ю.Т.Водолажченко. – М.: Машиностроение, 1976. – 456 с.
3. Анилович В.Я., Обеспечение надежности сельскохозяйственной техники./ В.Я. Анилович, В.Г. Карпов. – К.: Техника, 1989. – 125с.
4. Армашов Ю.В. Испытание сельскохозяйственной техники на надежность. Учебное пособие./ Ю.В.Армашов. – Днепропетровск: ДСХИ 1988. – 86с.
5. Матвеев В.А., Пустовалов И.И. Техническое нормирование ремонтных работ в сельском хозяйстве. -М.: Колос, 1979.-228с.
6. Бараш А.Л., Основы надежности машин: Учебное пособие для вузов./ А.Л.Бараш, В.А.Зорин, В.К.Федоров. – Балашиха: ВТУ при Спецстрое России, 2004. – 134 с.
7. Вайнтерг А.А. Эксплуатационная надежность оборудования./ А.А.Вайнтерг, Л.И. Котлер. -М.:Колос,1971.-208 с.
8. Грошев Л.М. и др. Надежность сельскохозяйственной техники./ Л.М.Грошев и др. – К.: Урожай, 1990. – 192с.
9. Животкевич И.Н. Надежность технических изделий./ И.Н. Животкевич, А.П.Смирнов. – М.: Олита, 2003. – 472 с.
10. Залужний А.М. Надійність та діагностика технічних систем: Навчальний посібник./ А.М. Залужний. – Житомир. – ЖІТІ, 2002. – 356с.
11. Короткевич А.В. Основы испытаний сельскохозяйственной техники: Учеб. пособие для студ. сельскохоз. вузов./ А.В. Короткевич. – Мн.: БАТУ, 1998. – 444с.
12. Куксенова Л.И. Методы испытаний на трение и износ./ Л.И. Куксенова, В.Г. Лаптева, А.Г. Колчаков, Л.М. Рыбакова. – М.: "Интернет Инжиниринг", 2001. – 152 с.

13. Левитанус А.Д. Ускоренные испытания тракторов, их узлов и агрегатов./ А.Д. Левитанус. – М.: Машиностроение, 1973. – 208с.
14. Лукинский В.С. Прогнозирование надежности автомобилей./ В.С. Лукинский, Е.И. Зайцев. – Л: Политехника, 1991. – 224с.
15. Основы надежности машин. / И.Н. Кравченко, В.А. Зорин, Е.А. Пучин, Г.И. Бондарева. - Часть 1.-М.: Машиностроение, 2007. – 224с.
16. Основы надежности машин. / И.Н. Кравченко, В.А. Зорин, Е.А. Пучин, Г.И. Бондарева. - Часть 2.-М.: Машиностроение, 2007. – 260с.
17. Погорелый Л.В. Испытания сельскохозяйственной техники/ Л.В. Погорелый, В.Я. Анилович. – Научно-методические основы оценки и прогнозирования надежности сельскохозяйственных машин. – Феникс, 2004. – 208с.
18. Прейсман В.И. Основы надежности сельскохозяйственной техники./ В.И. Прейсман. – Киев; Донецк: Вища школа, 1988. – 247с.
19. Проников А.С. Параметрическая надежность машин./ А.С. Проников. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 560 с.
20. Пучин Е.А. Надежность технических систем: Учебник для вузов./ Е.А. Пучин, О.И. Дидманидзе, П.П. Лезин, Е.А. Лисунов, И.Н. Кравченко. – М.: Изд-во УМЦ "Триада", 2005. – 3 53 с.
21. Сухарев Э.А. Эксплуатационная надежность машин: Теория, методология, моделирование: Учебное пособие. / Э.А. Сухарев. – Ровно: НУВХП, 2006. – 192с.
22. Трение, износ и смазка (Трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.М. Браун и др.; Под общ. ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
23. ГОСТ 30479-97 Обеспечение износостойкости изделий. Методы установления предельного износа, обеспечивающего требуемый уровень безопасности. Общие требования.
24. ГОСТ 30480-97 Обеспечение износостойкости изделий. Методы испытаний на износостойкость. Общие требования.
25. ГОСТ 30638-99 Трибофатика. Термины и определения.
26. ДСТУ 2470-94 Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення.
27. ДСТУ 2823-94 Зносостійкість виробів. Тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення.
28. ДСТУ 2823-94. Зносостійкість виробів. Тертя, зношування та мащення.

Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1995. – 31с.

29. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення.
30. ДСТУ 2861-94 Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення.
31. ДСТУ 2862-94 Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги.
32. ДСТУ 2863-94 Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги.
33. ДСТУ 2864-94 Надійність техніки. Експериментальне оцінювання та контроль надійності. Основні положення.
34. ДСТУ 2883-94 Двигуни внутрішнього згоряння. Кільця поршневі. Частина 1. Терміни та визначення.
35. ДСТУ 2915-94 Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Вимоги до рівня надійності за критичними відмовами. Порядок та методи контролю показників надійності.
36. ДСТУ 2915-94 Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Вимоги до рівня надійності за критичними відмовами. Порядок та методи контролю показників надійності.
37. ДСТУ 3004-95 Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними.
38. ДСТУ 3433-96 (ГОСТ 27.005-97) Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення.
39. ДСТУ 3524-97 (ГОСТ 27.205-97) Надійність техніки. Проектна оцінка надійності складних систем з урахуванням технічного і програмного забезпечення та оперативного персоналу. Основні положення.
40. ДСТУ 3880-99 (ГОСТ 30660-99) (ISO 6624-2:1988) Двигуни внутрішнього згоряння. Кільця поршневі. Трапецієподібні однобічні кільця. Конструкція і розміри.
41. ДСТУ 3881-99 (ГОСТ 30659-99) (ISO 6626:1989) Двигуни внутрішнього згоряння. Кільця поршневі. Маслознімні кільця з крученим пружинним розширником. Конструкція і розміри.
42. ДСТУ 3882-99 (ГОСТ 30665-99) (ISO 6624-1:1989) Двигуни внутрішнього згоряння. Кільця поршневі. Трапецієподібні двобічні кільця. Конструкція та розміри.
43. ДСТУ 3883-99 (ГОСТ 30666-99) (ISO 6625:1986) Двигуни внутрішнього згоряння. Кільця поршневі. Маслознімні кільця. Конструкція і розміри.

44. ДСТУ 3942-2000 (ГОСТ 27.506-2000) Надійність техніки. Плани випробувань для контролю середнього наробітку до відмови (на відмову). Частина 2. Дифузійний розподіл.
45. ОСТ.70.2.8-82. Испытания сельскохозяйственной техники. Надежность. Сбор и обработка информации.
46. Оценка надежности восстановления деталей по постепенным отказам. РД 10.16.0002.012-87, ГОСНИТИ, 1988. – 28с.
47. РД 70.0009.006-85. Указания по методам ускоренных испытаний восстановленных деталей для основных марок тракторов, комбайнов и других машин. – М.: ГОСНИТИ. – 1986.Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента./ Адлер Ю.П. – М. Металлургия, 1969 – 157с.
48. Батуев Г.С. Испытательная техника./ Г.С. Батуев, В.С. Больших, В.С. Голубков и др. – М.: Машиностроение, 1982.- 186 с.
49. Бочаров В.С., Основы качества и надежности строительных машин./ В.С. Бочаров, Д.П. Волков. – М: Машиностроение, 2003. – 254 с.
50. Бутенко В.И. Физико технологические основы формирования управляемой структуры сталей и сплавов./ В.И. Бутенко. - Таганрог: Изд-во ТрТУ,2004.-264 с.
51. Буше Н.А. Трение, износ и усталость в машинах./ Н.А. Буше. -М.: Транспорт, 1987. – 223с.
52. Грановский В.А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях./ В.А. Грановский, Т.Н. Сирая. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинград, отд-ние, 1990. –288с.
53. Гусев А.С. Надежность механических систем и конструкций при случайных воздействиях./ А.С. Гусев, А.Л. Карунин, Н.А. Крамской, С.А. Стародубцева. – М.: МГТУ "НАМИ", 2000. – 284 с.
- 54.Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем: Учебник для вузов / В.А. Зорин. – М.: ООО "Магистр-Пресс", 2005. – 536 с.
- 55.Кравченко И.Н. Техничко-экономическое обоснование инженерных решений по эксплуатации и ремонту машин: Учебное пособие к дипломному проектированию / И.Н. Кравченко, Н.В. Шилина, Е.А. Пучин и др. – М.: Изд-во УМЦ "Триада", 2006. – 146 с.
- 56.Кравченко И.Н. Оценка надежности машин и обоснование мероприятий по ее повышению в процессе эксплуатации: Учебное пособие к курсовому проектированию./ И.Н. Кравченко, В.К. Федоров, Е.А. Пучин. – М: Изд-во

- УМЦ "Триада", 2006. – 76 с.
57. Крагельский И.В. Узлы трения машин./ И.В. Крагельский, Н.М. Михин. - М.: Машиностроение, 1984. – 280с.
58. Кугель Р.В. Испытание на надежность машин и их элементов./ Р.В. Кугель. – М.: Машиностроение, 1982. – 390с.
59. Лихачев В.С. Испытания тракторов./ В.С. Лихачев. – М.: Машиностроение, 1974. – 286с.
60. Максименко А.Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин: Учебник для вузов / А.Н. Максименко. – Мн.: УП "Технопринт", 2004. – 404 с.
61. Методика определения нормативов надежности и износостойкости восстановленных деталей. – М.: ГОСНИТИ. 1986.
62. Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин/ В.М. Михлин. – М.: Колос, 1976.-174 с.
63. Надежность машин. Т.IV–3 / В.В. Ключев, В.В. Болотин, Ф.Р. Соснин и др.; Под общ. ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 2003. – 592 с.
64. Налимов В.В. Теория эксперимента/ В.В. Налимов. – М.: Наука, 1971. – 207с.
65. Прочность материалов и конструкций/Редкол.: ВТ Тращенко отв.ред. идт. – К.: Академперееодика, 2005.-1088с.
66. Ремонт дорожных машин, автомобилей и тракторов: Учебник / Б.С. Васильев, Б.П. Долгополов, Г.Н. Доценко и др.; Под ред. В.А. Зорина. – 3–е изд. – М.: Академия, 2005. – 512 с.
67. Российская энциклопедия самоходной техники. Т.2. Основы эксплуатации и ремонта самоходных машин и механизмов: Справочное и учебное пособие для специалистов отрасли "Самоходные машины и механизмы" / Под ред. В.А. Зорина. – М.: Изд-во РБОО "Просвещение", 2001. – 360 с.
68. РТМ 70.0009.034-84. Ускоренные сравнительные испытания валов. – М.: ГОСНИТИ, 1986.
69. Сковородин В.Я. Справочная книга по надежности сельскохозяйственной техники/ В.Я. Сковородин, Л.В. Тишкин. – Л.: Лениздат, 1985.
70. Труханов В.М. Надежность технических систем типа подвижных установок на этапе проектирования и испытаний опытных образцов./ В.М. Труханов – М.: Машиностроение, 2003. – 320 с.
71. Хазов Б.Ф. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования./ Б.Ф. Хазов, В.А. Дидусев. – М.: Машиностроение, 1986. – 224с.

ДОДАТКИ

Схема виконання графічної частини курсової роботи

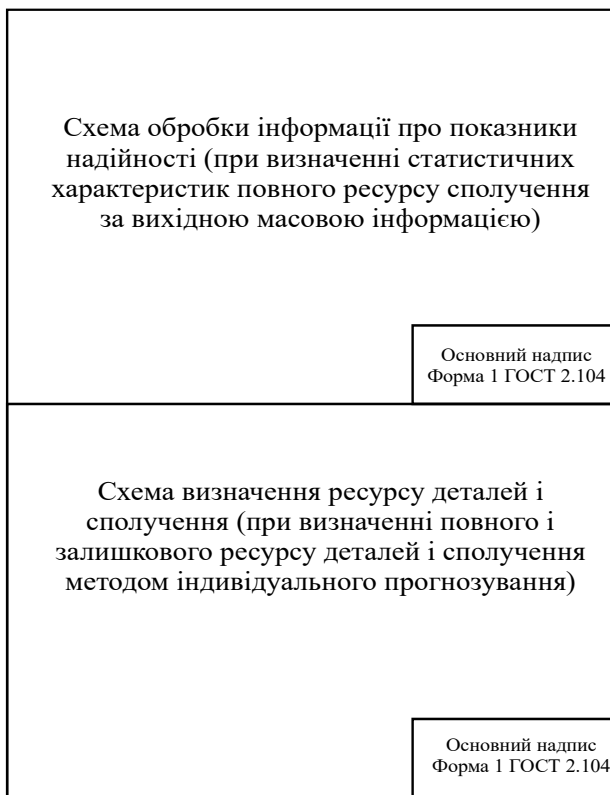


Рис.А1 Структура виконання першого плакату графічної частини курсової роботи (КР)

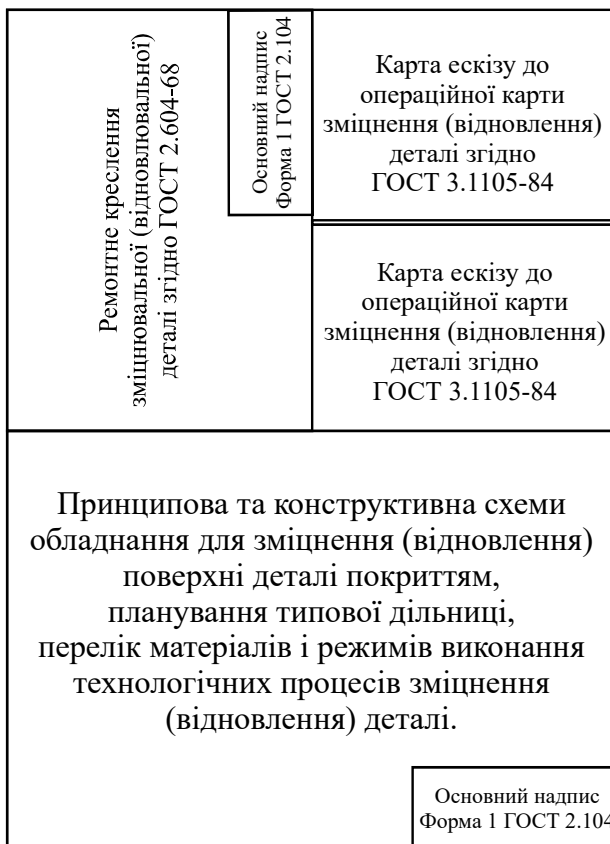


Рис.А2 Структура виконання другого плакату графічної частини КР

Додаток Б

Таблиця Б1. Вихідна інформація для задачі №1. Повні ресурси сполучення “втулка — поршневий палець” двигуна СМД-14, мото-год.

П.1.			
5180	1570	3680	4880
3630	2720	3260	3180
2320	2530	9150	6000
3570	4880	3680	6680
2460	2920	6680	4260
7620	4710	2720	2840
8650	4270	3260	5630
8450	2190	1980	3090
П.2.			
2740	2870	2490	8670
3710	3290	3400	2950
3730	4750	3120	1590
4300	2570	4280	2360
2240	6700	4910	5220
7650	3210	1990	5670
4910	9170	3290	5670
8490	2750	6710	6050
П.3.			
3640	3530	5600	3120
2660	2410	2270	4680
5600	9100	1530	3220
5150	6620	8610	2800
2900	2500	3220	7590
6630	8410	4850	2160
1940	4840	3050	4230
4240	5940	2690	3640
П.4.			
4850	3200	3540	3210
3660	9120	2420	4700
3650	5160	2500	2800
5910	2900	8410	7610
5600	6660	4850	4250
2300	1950	3000	2150
1500	4240	2700	2700
8600	6640	3150	5600
П.5.			
2950	2210	7630	2490
5650	6700	4290	6700
3700	3710	2870	4900
9190	2760	3290	4290
3200	5210	2740	2010
2360	6050	3110	5650
4730	4910	8470	8670
3590	3290	2570	2590

Таблиця Б2

Варіанти завдань до задачі №1

Номер Р варіанта	Інтервали тис. мото-год.					
	1	2	3	4	5	6
1	0,6-2,1	2,1-3,6	3,6-5,1	5,1-6,6	6,6-8,1	8,1-9,6
2	0,7-2,2	2,2-3,7	3,7-5,2	5,2-6,7	6,7-8,2	8,2-9,7
3	0,8-2,3	2,3-3,8	3,8-5,3	5,3-6,8	6,8-8,3	8,3-9,8
4	0,9-2,4	2,4-3,9	3,9-5,4	5,4-6,9	6,9-8,4	8,4-9,9
5	1,0-2,5	2,5-4,0	4,0-5,5	5,5-7,0	7,0-8,5	8,5-10
6	1,1-2,6	2,6-4,1	4,1-5,6	5,6-7,1	7,1-8,6	8,6-10,1
7	1,2-2,7	2,7-4,2	4,2-5,7	5,7-7,2	7,2-8,7	8,7-10,2
8	1,3-2,8	2,8-4,3	4,3-5,8	5,8-7,3	7,3-8,8	8,8-10,3
9	1,4-2,9	2,9-4,4	4,4-5,9	5,9-7,4	7,4-8,9	8,9-10,4
10	1,5-3,0	3,0-4,5	4,5-6,0	6,0-7,5	7,5-9,0	9,0-10,5
11	0,6-2,2	2,2-3,8	3,8-5,4	5,4-7,0	7,0-8,6	8,6-10,2
12	0,7-2,3	2,3-3,9	3,9-5,5	5,5-7,1	7,1-8,7	8,7-10,3
13	0,8-2,4	2,4-4,0	4,0-5,6	5,6-7,2	7,2-8,8	8,8-10,4
14	0,9-2,5	2,5-4,1	4,1-5,7	5,7-7,3	7,3-8,9	8,9-10,5
15	1,0-2,6	2,6-4,2	4,2-5,8	5,8-7,4	7,4-9,0	9,0-10,6
16	1,1-2,7	2,7-4,3	4,3-5,9	5,9-7,5	7,5-9,1	9,1-10,7
17	1,2-2,8	2,8-4,4	4,4-6,0	6,0-7,6	7,6-9,2	
18	1,3-2,9	2,9-4,5	4,5-6,1	6,1-7,7	7,7-9,3	
19	1,4-3,0	3,0-4,6	4,6-6,2	6,2-7,8	7,8-9,4	
20	1,5-3,1	3,1-4,7	4,7-6,3	6,3-7,9	7,9-9,5	

Таблиця Б3. Інтегральна функція (функція розподілу)

$$F(t) = F\left(\frac{t_{ik} - t_{3M}}{a}\right)$$

закону Вейбулла-Гнеденка (ЗРВ)

$F(t)$	Параметр b															
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
0,1	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
0,2	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
0,3	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
0,4	0.35	0.33	0.31	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10
0,5	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.18	0.17
0,6	0.47	0.45	0.43	0.42	0.40	0.39	0.37	0.36	0.34	0.33	0.32	0.30	0.29	0.28	0.27	0.25
0,7	0.52	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.44	0.43	0.43	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35
0,8	0.56	0.55	0.54	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.45	0.44
0,9	0.60	0.59	0.59	0.69	0.58	0.58	0.57	0.57	0.57	0.56	0.56	0.66	0.55	0.55	0.54	0.54
1,0	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
1,1	0.66	0.67	0.67	0.67	0.68	0.68	0.68	0.69	0.69	0.70	0.70	0.70	0.71	0.71	0.71	0.72
1,2	0.69	0.70	0.71	0.71	0.72	0.73	0.73	0.74	0.74	0.75	0.76	0.76	0.77	0.78	0.78	0.79
1,3	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.82	0.83	0.84	0.85
1,4	0.74	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.89
1,5	0.76	0.78	0.79	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.89	0.90	0.90	0.91	0.92	0.93
1,6	0.78	0.80	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95
1,7	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97
1,8	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98
1,9	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99
2,0	0.85	0.87	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
2,1	0.86,	0.88	0.90	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00
2,2	0.87	0.89	0.91	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2,3	0.88	0.90	0.92	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2,4	0.89	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2,5	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2,6	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2,7	0.91	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2,8	0.92	0.94	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2,9	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3,0	0.93	0.95	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3,5	0.95	0.96	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4,0	0.97	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Таблиця Б4. Параметри і коефіцієнти закону розподілу Вейбулла-Гнеденка (ЗВР)

<i>b</i>	<i>K_e</i>	<i>C_e</i>	<i>V</i>	<i>S_b</i>	<i>P_{on}</i>
1	2	3	4	5	6
0,800	1,133	1,428	1,261	2,815	0,669
0,820	1,114	1,367	1,227	2,707	0,661
0,840	1,096	1,311	1,196	2,608	0,658
0,860	1,080	1,201	1,167	2,514	0,655
0,880	1,065	1,214	1,139	2,427	0,652
0,900	1,052	1,171	1,113	2,345	0,649
0,920	1,040	1,132	1,088	2,268	0,645
0,940	1,029	1,095	1,064	2,195	0,641
0,960	1,018	1,061	1,042	2,127	0,638
0,980	1,009	1,029	1,020	2,062	0,635
0,000	1,000	1,000	1,000	2,000	0,632
1,040	0,984	0,947	0,962	1,886	0,626
1,080	0,971	0,900	0,927	1,782	0,620
1,120	0,959	0,858	0,894	1,688	0,615
1,160	0,949	0,821	0,865	1,601	0,610
1,200	0,941	0,787	0,837	1,521	0,605
1,240	0,933	0,757	0,811	1,447	0,600
1,280	0,926	0,729	0,787	1,378	0,596
1,320	0,921	0,704	0,765	1,314	0,592
1,360	0,916	0,681	0,744	1,255	0,588
1,400	0,911	0,660	0,724	1,198	0,584
1,420	0,909	0,650	0,714	1,172	0,382
1,440	0,908	0,640	0,705	1,146	0,580
1,460	0,906	0,631	0,696	1,120	0,578
1,480	0,904	0,622	0,687	1,096	0,577
1,500	0,903	0,613	0,679	1,072	0,576
1,520	0,901	0,605	0,671	1,049	0,574
1,540	0,900	0,597	0,663	1,026	0,572
1,560	0,899	0,589	0,655	1,004	0,570
1,580	0,898	0,581	0,647	0,983	0,569
1,600	0,897	0,574	0,640	0,962	0,508
1,620	0,896	0,567	0,633	0,942	0,568
1,640	0,895	0,560	0,626	0,922	0,564
1,660	0,894	0,553	0,619	0,902	0,563
1,680	0,893	0,546	0,612	0,883	0,562
1,700	0,892	0,540	0,605	0,865	0,561
1,720	0,892	0,534	0,599	0,847	0,559
1,740	0,891	0,528	0,593	0,829	0,558
1,760	0,890	0,522	0,587	0,812	0,557
1,780	0,890	0,517	0,581	0,795	0,556
1,800	0,889	0,511	0,575	0,779	0,555
1,820	0,889	0,506	0,569	0,763	0,553
1,840	0,888	0,501	0,564	0,747	0,552
1,860	0,888	0,496	0,558	0,731	0,551
1,880	0,888	0,491	0,553	0,716	0,550

Продовження таблиці Б4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1,900	0,887	0,486	0,547	0,701	0,549
1,920	0,887	0,481	0,542	0,687	0,548
1,940	0,887	0,476	0,537	0,672	0,547
1,960	0,887	0,472	0,532	0,658	0,546
1,980	0,886	0,468	0,527	0,645	0,546
2,000	0,886	0,463	0,523	0,631	0,544
2,020	0,886	0,459	0,518	0,618	0,643
2,040	0,886	0,455	0,513	0,605	0,542
2,060	0,886	0,451	0,509	0,592	0,541
2,080	0,886	0,447	0,505	0,579	0,540
2,100	0,886	0,443	0,500	0,567	0,539
2,120	0,886	0,439	0,496	0,555	0,538
2,140	0,886	0,436	0,492	0,543	0,637
2,160	0,886	0,432	0,488	0,531	0,536
2,180	0,886	0,428	0,484	0,520	0,535
2,200	0,886	0,425	0,480	0,509	0,535
2,220	0,886	0,421	0,476	0,498	0,534
2,240	0,886	0,418	0,472	0,487	0,533
2,260	0,886	0,415	0,468	0,476	0,533
2,280	0,886	0,412	0,465	0,465	0,532
2,300	0,886	0,408	0,461	0,455	0,531
2,320	0,886	0,405	0,457	0,444	0,531
2,340	0,886	0,402	0,454	0,434	0,530
2,360	0,886	0,399	0,451	0,424	0,529
2,380	0,886	0,396	0,447	0,415	0,528
2,400	0,886	0,393	0,444	0,405	0,527
2,420	0,887	0,391	0,441	0,395	0,527
2,440	0,887	0,388	0,437	0,386	0,526
2,460	0,887	0,385	0,434	0,377	0,526
2,480	0,887	0,382	0,431	0,368	0,525
2,500	0,887	0,380	0,428	0,359	0,524
2,520	0,887	0,377	0,425	0,350	0,524
2,540	0,888	0,374	0,422	0,341	0,523
2,560	0,888	0,372	0,419	0,332	0,522
2,580	0,888	0,369	0,416	0,324	0,521
2,600	0,888	0,367	0,413	0,315	0,520
2,620	0,888	0,364	0,410	0,307	0,520
2,640	0,889	0,362	0,407	0,299	0,519
2,680	0,889	0,357	0,402	0,283	0,518
2,700	0,889	0,355	0,399	0,275	0,517
2,720	0,889	0,353	0,397	0,267	0,517
2,740	0,890	0,351	0,394	0,260'	0,816
2,760	0,890	0,348	0,392	0,252	0,516
2,780	0,890	0,346	0,389	0,245	0,515

Продовження таблиці Б4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
2,800	0,890	0,344	0,387	0,237	0,514
2,820	0,891	0,342	0,384	0,230	0,514
2,840	0,891	0,340	0,382	0,223	0,513
2,860	0,891	0,338	0,379	0,216	0,513
2,880	0,891	0,336	0,377	0,209	0,512
2,900	0,892	0,334	0,375	0,202	0,512
2,920	0,892	0,332	0,372	0,195	0,511
2,940	0,892	0,330	0,370	0,188	0,511
2,960	0,892	0,328	0,368	0,181	0,510
2,980	0,893	0,326	0,366	0,175	0,510
3,000	0,893	0,325	0,363	0,168	0,509
3,020	0,893	0,323	0,361	0,162	0,509
3,040	0,893	0,321	0,359	0,155	0,508
3,060	0,894	0,319	0,357	0,149	0,508
3,080	0,894	0,317	0,358	0,143	0,507
3,100	0,894	0,316	0,353	0,136	0,507
3,120	0,895	0,314	0,351	0,130	0,507
3,140	0,895	0,312	0,349	0,124	0,506
3,160	0,895	0,310	0,347	0,118	0,506
3,180	0,893	0,309	0,345	0,112	0,505
3,200	0,896	0,307	0,343	0,106	0,505
3,220	0,896	0,306	0,341	0,101	0,505
3,240	0,896	0,304	0,339	0,095	0,504
3,260	0,896	0,302	0,337	0,069	0,604
3,280	0,897	0,301	0,335	0,083	0,503
3,380	0,897	0,299	0,334	0,078	0,503
3,320	0,897	0,298	0,332	0,072	0,503
3,340	0,898	0,296	0,330	0,067	0,502
3,360	0,898	0,295	0,328	0,061	0,502
3,380	0,898	0,293	0,326	0,056	0,501
3,400	0,898	0,292	0,325	0,051	0,501
3,420	0,899	0,290	0,323	0,046	0,501
3,440	0,809	0,289	0,321	0,040	0,500
3,460	0,899	0,287	0,320	0,035	0,500
3,480	0,899	0,286	0,318	0,030	0,499
3,500	0,900	0,285	0,316	0,025	0,499

Продовження таблиці Б4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
3,520	0,900	0,283	0,315	0,020	0,499
3,540	0,900	0,282	0,313	0,015	0,498
3,560	0,901	0,281	0,312	0,010	0,498
3,580	0,901	0,279	0,310	0,005	0,497
3,600	0,901	0,278	0,308	0,001	0,497
3,620	0,901	0,277	0,307	-0,004	0,497
3,640	0,902	0,275	0,305	-0,009	0,496
3,660	0,902	0,274	0,304	-0,014	0,496
3,680	0,902	0,273	0,302	-0,018	0,495
3,700	0,902	0,272	0,301	-0,023	0,495
3,720	0,903	0,270	0,299	-0,027	0,495
3,740	0,903	0,269	0,298	-0,032	0,495
3,760	0,903	0,268	0,297	-0,036	0,494
3,780	0,903	0,267	0,295	-0,041	0,494
3,800	0,904	0,266	0,294	-0,045	0,494
3,820	0,904	0,264	0,292	-0,050	0,494
3,840	0,904	0,263	0,291	-0,054	0,494
3,860	0,905	0,262	0,290	-0,058	0,493
3,880	0,905	0,261	0,288	-0,062	0,493
3,900	0,905	0,260	0,287	-0,067	0,493
3,920	0,905	0,259	0,286	-0,071	0,492
3,940	0,906	0,258	0,284	-0,075	0,492
3,960	0,906	0,286	0,283	-0,079	0,492
3,980	0,906	0,255	0,282	-0,083	0,491
4,000	0,906	0,254	0,280	-0,087	0,491
4,020	0,907	0,253	0,279	-0,091	0,491
4,040	0,907	0,252	0,278	-0,095	0,490
4,060	0,907	0,251	0,277	-0,099	0,490
4,080	0,907	0,250	0,276	-0,103	0,489
4,100	0,908	0,246	0,274	-0,107	0,489
4,120	0,908	0,248	0,273	-0,111	0,489
4,140	0,908	0,247	0,272	-0,115	0,488
4,160	0,908	0,246	0,271	-0,118	0,488
4,180	0,909	0,245	0,270	-0,122	0,487
4,200	0,909	0,244	0,268	0,126	0,487

Номер варіан- ту задачі	витяг з технічних умов на дефектовку спряжень					Зразкові дані мікрометражу	
	Найменування деталей спряження	нормальні розміри деталей (за кресленням), мм	натяг /-/, зазор +/-				
			нормальний (почат- ковий), мм	допустимий, мм	граничний, мм	розмір в місці найбільшого спрацю-вання, мм	напрацювання до вимірювання, мото- год
1	2	3	4	5	6	7	8
Двигун				трактор ДТ-20			
1	блок-картер двигуна	34 ^{+0,039}	+0,025	+0,34	+0,40	33,87	7250
	штоухач клапана	34 ^{-0,025} -0,050	+0,089			33,90	7300
2	штоухач клапана	34 ^{-0,025} -0,050	+0,089	+0,20	+0,25	33,84	7350
	блок-картер двигуна	242 ^{+0,045}	0,000			33,81	7400
3	корпус підшипника	242 ^{+0,045}	0,000	+0,70	+1,0	33,87	7450
	кришка розподільника	242 ^{-0,030}	+0,075			242,07	4500
4	вісь шестерні	242 ^{+0,045}	0,000	+0,20	+0,25	242,09	4550
	вісь шестерні	35 ^{+0,045}	+0,000			242,11	4600
5	вісь шестерні	35 ^{+0,045}	+0,000	+0,70	+1,0	242,13	4650
	вісь шестерні	35 ^{-0,50}	+0,100			242,15	4700
головна передача							
4	корпус диференціала	28 ^{+0,016} -0,07	-0,007	+0,1	+0,15	28,02	2000
	вісь диференціала	28 ^{-0,045}	+0,061			28,03	2050
5	сателіт	28 ^{+0,070}	+0,100	+1,5	+2,0	28,09	2100
	вісь диференціала	28 ^{-0,045}	+0,215			28,05	2150
6	сателіт	28 ^{+0,070}	+0,100	+1,5	+2,0	29,06	2200
	вісь диференціала	28 ^{-0,045}	+0,215			28,2	4250
7	сателіт	28 ^{+0,070}	+0,100	+1,5	+2,0	28,4	4300
	вісь диференціала	28 ^{-0,045}	+0,215			28,6	4350
8	сателіт	28 ^{+0,070}	+0,100	+1,5	+2,0	28,8	4400
	вісь диференціала	28 ^{-0,045}	+0,215			29,0	4450
двигун				трактор Т-40			
6	блок картера двигуна	116 ^{+0,140}	+0,050	+0,36	+0,40	116,15	3020
	циліндр	116 ^{-0,050} -0,140	+0,280			116,16	3070
7	циліндр	116 ^{-0,050} -0,140	+0,280	+0,42	+0,50	116,17	3020
	передня втулка розподільного валу	51 ^{+0,030}	+0,065			116,18	3170
8	вал розподільний	51 ^{+0,030}	+0,065	+0,42	+0,50	116,19	3220
	вал розподільний	51 ^{-0,065} -0,105	+0,135			50,85	4270
9	вал розподільний	51 ^{-0,065} -0,105	+0,135	+0,42	+0,50	50,82	4320
	вал розподільний	51 ^{-0,065} -0,105	+0,135			50,80	4370
10	вал розподільний	51 ^{-0,065} -0,105	+0,135	+0,42	+0,50	50,78	4422
	вал розподільний	51 ^{-0,065} -0,105	+0,135			50,75	4470
11	шків вентилятора	20 ^{+0,016} -0,007	-0,014	+0,08	+0,14	20,02	1520
	вал вентилятора	20 ^{+0,007}	+0,023			20,025	1570
12	шків вентилятора	20 ^{+0,016} -0,007	-0,014	+0,08	+0,14	20,030	1620
	вал вентилятора	20 ^{+0,007}	+0,023			20,035	1670
13	шків вентилятора	20 ^{+0,016} -0,007	-0,014	+0,08	+0,14	20,040	1720
	вал вентилятора	20 ^{+0,007}	+0,023				

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
9	втулка штовхача	$20^{+0,023}$	+0,020	+0,28	+0,35	19,22	2770
	штовхач	$20^{-0,020}_{-0,040}$	+0,063			19,91	2820
10	втулка клапана напрямна	$9^{+0,030}$	+0,040	+0,24	+0,35	19,90	2870
	клапан впускний	$9^{-0,040}_{-0,070}$	+0,100			19,89	2920
11	втулка клапана напрямна	$16^{+0,060}_{+0,030}$	+0,030	+0,20	+0,30	19,88	2970
	вісь коромисла	$16_{-0,012}$	+0,072			9,040	2020
зчеплення трактор МТЗ-50							
12	важіль віджимний	$6^{+0,120}$	0,000	+0,40	+0,50	9,045	2170
	палець	$6_{-0,080}$	+0,200			9,050	2220
13	сателіт	$25^{+0,050}_{+0,020}$	+0,020	+0,60	+0,70	9,055	2270
	втулка розпірна	$26,1_{-0,280}$				9,060	2320
коробка передач							
14	шарикопідшипник	$50_{-0,012}$	-0,020	+0,05	+0,10	15,98	2370
	вал проміжний	$50^{+0,008}$	+0,008			15,97	2420
15	корпус коробки передач	$25^{+0,045}$	+0,040	+0,20	+0,25	15,96	2470
	вал перемикання передач	$25^{-0,040}_{-0,070}$	+0,115			15,95	2520
диференціал							
16	корпус заднього мосту	$154^{+0,050}$	+0,0050	+0,25	+0,30	15,94	2570
	стакан підшипника	$154^{-0,050}_{-0,090}$	+0,140			25,70	2160
17	корпус заднього мосту	$165^{+0,040}$	+0,018	+0,20	+0,25	25,69	2190
	стакан підшипника	$165^{+0,018}_{-0,045}$	+0,085			25,68	2220
кінцева передача							
18	корпус заднього мосту	$210^{+0,045}$	+0,60	+0,25	+0,30	25,67	2250
	рукав напіввісі	$210^{-0,060}_{-0,105}$	+0,150			25,66	2280

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
трактор ДТ-75							
19	балансир внутрішній	50 ^{+0.100} +0.032	+0,032	+0,20	+,030	49,900	2160
	вісь кочення	50 _{-0,050}	+0,150			49,895	2190
20	втулка мала	50 ^{+0.500} +0.340	+0,340	+0,60	+2,5	49,890	2220
						49,885	2250
	вісь кочення	50 _{-0,050}	+0,550			49,880	2280
						50,6	1310
втулка мала	50 ^{+0.500} +0.340	+0,340	50,7	1340			
			50,8	1370			
			50,9	1400			
51,0	1430						

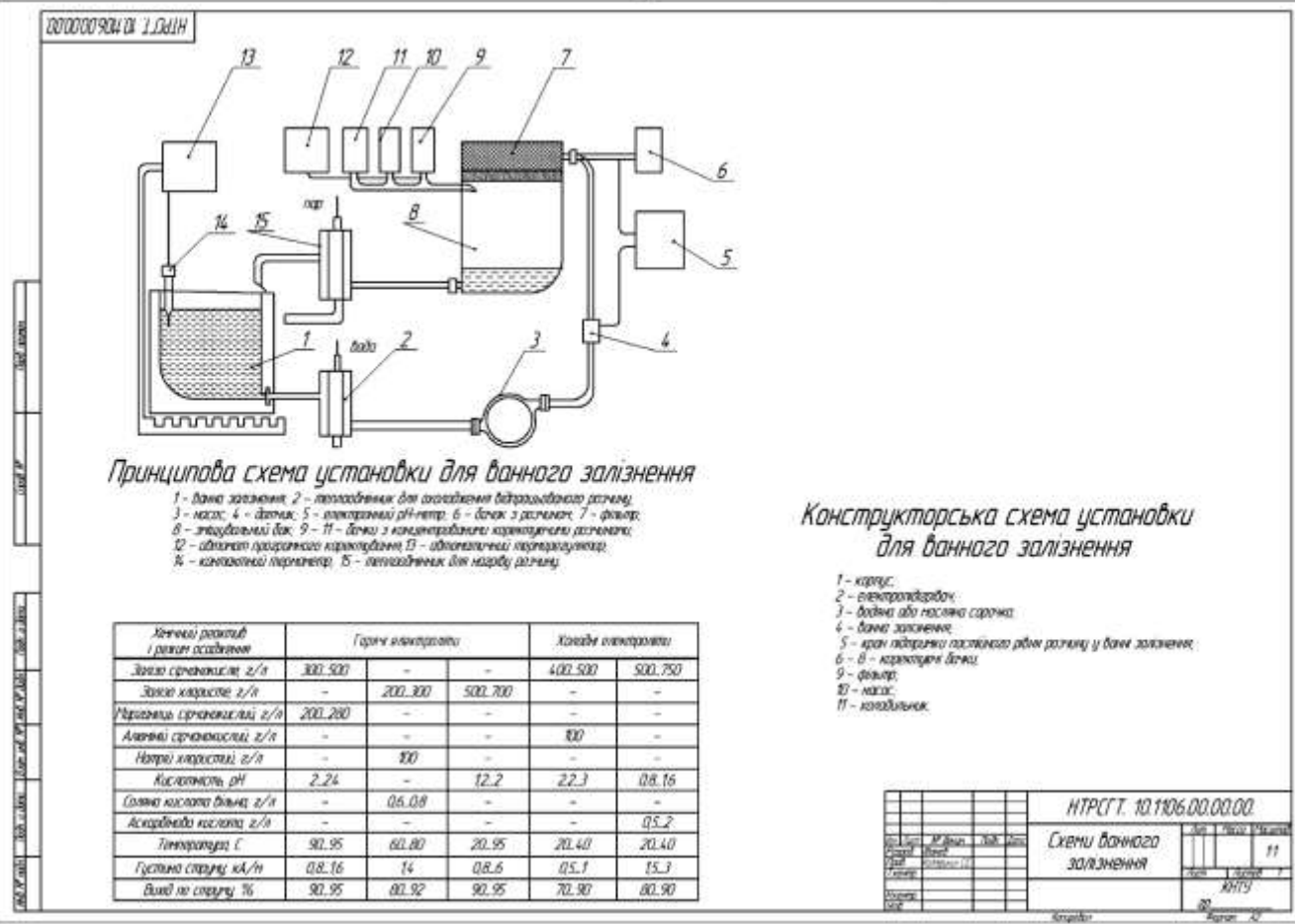
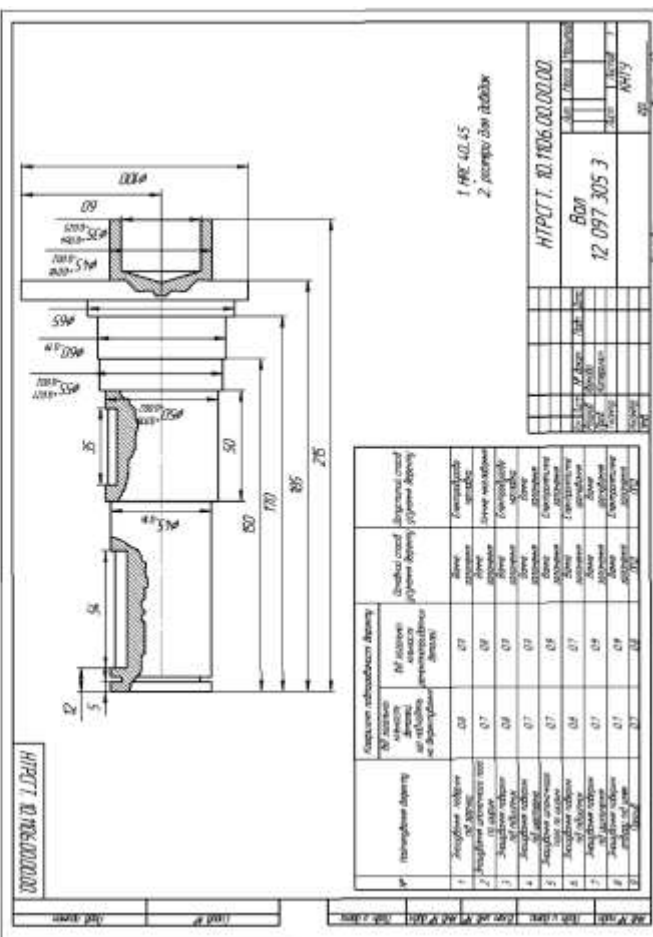
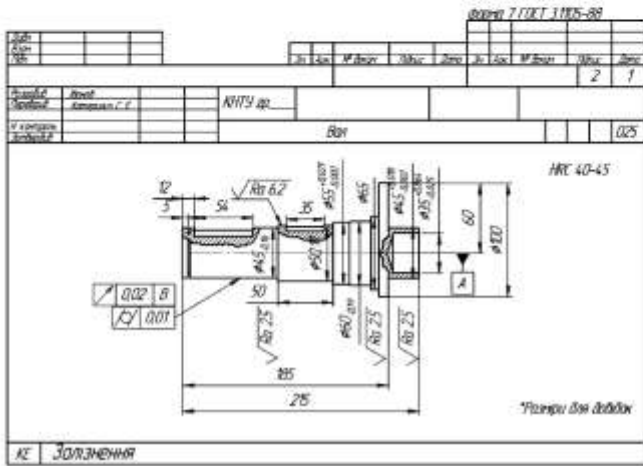
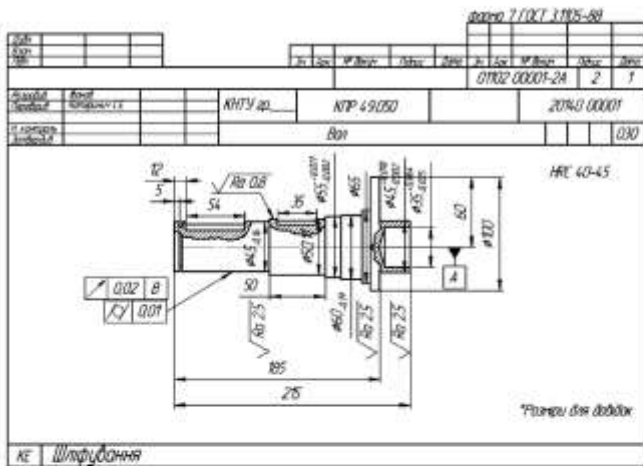


Рисунок Г2. Приклад виконання другого плакату курсової роботи.

Таблиця Д1. Квантилі t_{β} розподілу Ст'юдента.

$\nu_B - 1$	β				
	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
1	3,08	6,31	12,71	31,8	63,7
2	1,886	2,92	4,30	6,96	9,92
3	1,638	2,35	3,18	4,54	5,84
4	1,533	2,13	2,77	3,75	4,60
5	1,476	2,02	2,57	3,36	4,03
6	1,440	1,943	2,45	3,14	3,71
7	1,415	1,895	2,36	3,00	3,50
8	1,397	1,860	2,31	2,90	3,36
9	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25
10	1,372	1,812	2,23	2,76	3,17
11	1,363	1,796	2,20	2,72	3,11
12	1,356	1,782	2,18	2,68	3,06
13	1,350	1,771	2,16	2,65	3,01
14	1,345	1,761	2,14	2,62	2,98
15	1,341	1,753	2,13	2,60	2,95
16	1,337	1,746	2,12	2,58	2,92
17	1,333	1,740	2,11	2,57	2,90
18	1,330	1,734	2,10	2,55	2,88
19	1,328	1,729	2,09	2,54	2,86
20	1,325	1,725	2,09	2,53	2,84
25	1,316	1,708	2,06	2,48	2,79
30	1,310	1,697	2,04	2,46	2,75
40	1,303	1,684	2,02	2,42	2,70
60	1,296	1,671	2,00	2,39	2,66
120	1,289	1,658	1,98	2,36	2,62
∞	1,282	1,645	1,96	2,33	2,58

Таблиця Д2. Квантилі N_{γ} стандартного НР $N(0,1)$.

γ	Сотые доли									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,5	0,000	0,025	0,050	0,075	0,100	0,126	0,151	0,176	0,202	0,227
0,6	0,253	0,279	0,305	0,332	0,358	0,385	0,412	0,440	0,408	0,496
0,7	0,524	0,553	0,583	0,613	0,643	0,675	0,706	0,739	0,772	0,806
0,8	0,842	0,878	0,915	0,954	0,994	1,036	1,080	1,126	1,175	1,227
0,9	1,282	1,341	1,405	1,475	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Таблица Д3. Об'єм вибірки n^*_B для НР

Относительная точность	Коэффициент вариации			
	0,20	0,25	0,30	0,35
Доверительная вероятность 0,95				
0,05	61	96	140	190
0,10	18	26	34	47
0,15	11	13	18	23
0,20	6	8	11	14
0,25	5	6	8	10
Доверительная вероятность 0,90				
0,05	43	67	96	130
0,10	13	19	26	33
0,15	8	10	13	17
0,20	5	6	8	10
0,25	4	5	6	7

Таблица Д4. Об'єм вибірки n^*_B для РВ

Относи- тельная точность	Коэффициент вариации												
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0
Доверительная вероятность 0,80													
0,05	50	60	70	90	108	125	140	160	180	225	275	285	300
0,10	14	18	23	27	31	39	46	51	56	61	67	74	80
0,15	7	9	11	13	16	19	22	25	28	30	32	40	45
0,20	5	6	8	9	10	12	14	15	18	20	22	25	27
Доверительная вероятность 0,90													
0,05	100	152	180	220	265	300	360	420	460	510	550	570	600
0,10	30	37	46	57	70	80	92	100	125	150	167	185	200
0,15	15	19	24	28	34	39	45	51	59	67	73	81	90
0,20	10	12	15	19	20	25	29	32	37	40	45	50	55
Доверительная вероятность 0,95													
0,05	172	218	270	340	430	500	560	640	720	820	900	940	1000
0,10	47	59	74	93	115	135	155	178	208	227	242	270	300
0,15	24	30	37	45	53	61	72	82	98	112	120	139	150
0,20	15	19	23	29	33	39	45	50	57	65	72	79	90

Таблиця Д5. Функція $S_y(Q_i)$ для РВ при $H=100$ мм.

$Q(t_i)$	$S_y(Q_i)$	$Q(t_i)$	$S_y(Q_i)$	$Q(t_i)$	$S_y(Q_i)$
0,001	-78,2	0,040	-36,2	0,20	-17,0
0,002	-70,4	0,050	-33,6	0,30	-11,7
0,003	-65,7	0,055	-32,5	0,40	-7,7
0,004	-62,4	0,060	-31,5	0,50	-4,1
0,005	-59,9	0,065	-30,4	0,60	-0,9
0,006	-57,9	0,070	-29,7	0,632	0
0,007	-56,1	0,075	-28,9	0,70	2,1
0,008	-54,6	0,080	-28,1	0,80	5,4
0,009	-53,2	0,085	-27,4	0,90	9,4
0,010	-52,1	0,090	-26,7	0,95	12,4
0,020	-44,1	0,095	-26,1	0,98	15,4
0,030	-39,5	0,100	-25,5	0,99	17,8
				0,999	21,8

Таблиця Д6. Квантилі $N_{(1-\gamma)}^B$ РВ

$1-\gamma$	Параметр μ																			
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0				
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,16	0,22	0,27	0,32				
0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,18	0,25	0,31	0,37	0,42				
0,05	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,31	0,37	0,43	0,48				
0,07	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,35	0,42	0,47	0,52				
0,10	0,08	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,41	0,47	0,53	0,57				
0,15	0,14	0,17	0,19	0,23	0,25	0,29	0,30	0,33	0,35	0,38	0,40	0,42	0,50	0,56	0,60	0,63				
0,20	0,19	0,22	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,44	0,45	0,47	0,55	0,61	0,65	0,69				
0,25	0,25	0,29	0,33	0,36	0,39	0,41	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,61	0,66	0,70	0,73				
0,30	0,32	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,50	0,53	0,55	0,56	0,58	0,60	0,66	0,71	0,75	0,77				
0,35	0,40	0,44	0,47	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,62	0,64	0,66	0,71	0,75	0,79	0,81				
0,40	0,47	0,51	0,54	0,57	0,60	0,62	0,64	0,66	0,67	0,69	0,70	0,72	0,76	0,80	0,83	0,85				
0,45	0,57	0,60	0,63	0,66	0,68	0,69	0,71	0,73	0,74	0,75	0,76	0,76	0,81	0,84	0,86	0,88				
0,50	0,67	0,69	0,72	0,74	0,75	0,77	0,78	0,80	0,81	0,82	0,83	0,83	0,86	0,89	0,90	0,91				
0,55	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,93	0,94	0,95				
0,60	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98				
0,65	1,07	0,06	0,05	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02				
0,70	1,23	0,20	0,18	1,17	1,15	1,14	1,13	1,12	1,12	1,11	1,10	1,10	1,08	1,06	1,05	1,05				
0,75	1,45	0,40	0,36	1,33	1,30	1,27	1,25	1,23	1,22	1,21	1,20	1,18	1,14	1,11	1,10	1,09				
0,80	1,70	0,61	0,54	1,49	1,44	1,41	1,37	1,35	1,32	1,30	1,29	1,27	1,21	1,17	1,15	1,13				
0,85	2,11	0,96	0,84	1,74	1,67	1,61	1,55	1,51	1,47	1,45	1,32	1,39	1,31	1,25	1,21	1,18				
0,90	2,53	2,30	2,13	2,00	1,90	1,81	1,74	1,68	1,63	1,59	1,55	1,52	1,40	1,32	1,27	1,23				
0,93	2,96	2,66	2,43	2,26	2,12	2,01	1,92	1,84	1,78	1,72	1,67	1,67	1,63	1,39	1,32	1,28				
0,95	3,38	3,00	2,71	2,49	2,33	2,19	2,08	1,99	1,91	1,84	1,78	1,73	1,55	1,44	1,37	1,32				
0,97	4,03	3,51	3,13	2,84	2,63	2,45	2,31	2,19	2,09	2,01	1,94	1,87	1,65	1,52	1,43	1,37				
0,99	5,46	4,60	4,01	3,57	3,24	2,98	2,77	2,60	2,46	2,34	2,23	2,15	1,84	1,66	1,55	1,46				

Таблиця Д7. Критерій $W_{n,\alpha}$ для виявлення грубої помилки спостережень

n	α					
	0,002	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20
1	2	3	4	5	6	7
3	1,414	1,414	1,414	1,414	1,412	1,406
4	1,731	1,728	1,723	1,710	1,689	1,645
5	1,990	1,972	1,955	1,917	1,869	1,791
6	2,203	2,161	2,130	2,067	1,996	1,894
7	2,377	2,310	2,265	2,182	2,093	1,974
8	2,521	2,431	2,374	2,273	2,172	2,041
9	2,643	2,532	2,464	2,349	2,238	2,097
10	2,747	2,616	2,540	2,414	2,294	2,146
11	2,837	2,689	2,606	2,470	2,343	2,190
12	2,915	2,753	2,663	2,519	2,387	2,229
13	2,984	2,809	2,713	2,563	2,426	2,264
14	3,046	2,859	2,759	2,602	2,461	2,297
15	3,102	2,905	2,800	2,638	2,494	2,327
16	3,152	2,946	2,837	2,670	2,523	2,354
17	3,198	2,983	2,871	2,701	2,551	2,380
18	3,240	3,017	2,903	2,728	2,577	2,404
19	3,278	3,049	2,932	2,754	2,601	2,426
20	3,314	3,079	2,959	2,779	2,623	2,447
21	3,347	3,106	2,984	2,801	2,644	2,467
22	3,378	3,132	3,008	2,823	2,664	2,486
23	3,407	3,156	3,030	2,843	2,683	2,504
24	3,434	3,179	3,051	2,862	2,701	2,521
25	3,459	3,200	3,071	2,880	2,718	2,537
26	3,483	3,220	3,089	2,897	2,734	2,553
27	3,506	3,239	3,107	2,913	2,749	2,568
28	3,528	3,258	3,124	2,929	2,764	2,582
29	3,548	3,275	3,140	2,944	2,778	2,596
30	3,567	3,291	3,156	2,958	2,792	2,609
31	3,586	3,307	3,171	2,972	2,805	2,622
32	3,603	3,322	3,185	2,985	2,818	2,634
33	3,620	3,337	3,199	2,998	2,830	2,646
34	3,636	3,351	3,212	3,010	2,842	2,657
35	3,652	3,364	3,224	3,022	2,853	2,668
36	3,667	3,377	3,236	3,033	2,864	2,679
37	3,681	3,389	3,248	3,044	2,874	2,689

Навчальне видання

Солових Євген Костянтинович

НАДІЙНІСТЬ АВТОМОБІЛІВ

Редактор: В.В.Аулін

Технічний редактор: В. Ф. Лисенко



ТОВ «КОД»

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції.
серія ДК № 995 від 24.07.2002 року.

7а, вул. 50 років Жовтня, м. Кропивницький, 25009, Україна
тел./факс (0522) 322-326

Підписано до друку 30.09.2010 р.

Формат 60x84 1/8. Ум. друк. арк. 22,23 Авт. арк 9,1. Обл. видав. арк 9,6.

Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний

Друк офсетний. Тираж 300. Зам. № 115.