

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни

«Основи міцності та довговічності автомобіля»

та до виконання контрольних завдань

для студентів освітнього ступеня «магістр»

спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

(Колісні та гусеничні транспортні засоби)

усіх форм навчання

2018

Методичні вказівки з вивчення дисципліни «Основи міцності та довговічності автомобіля» та до виконання контрольних завдань для студентів освітнього ступеня «магістр» спеціальності 133 – Галузеве машинобудування (Колісні та гусеничні транспортні засоби) усіх форм навчання. / Укладачі: Слюсаров О.С., Кубіч В.І. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 26 с.

Укладачі: Слюсаров О.С., канд. техн. наук, доцент
Кубіч В.І., канд. техн. наук, доцент

Рецензент: Козирев В.Х., канд. техн. наук, професор

Відповідальний за випуск: Слюсаров О.С., канд. техн. наук, доцент

Затверджено
на засіданні кафедри «Автомобілі»
Протокол № 6
від 30 січня 2018 р.

Рекомендовано до видання
НМК Транспортного факультету
Протокол № 46
від 15 лютого 2018 р.

ЗМІСТ

	Стор.
1 Мета та завдання навчальної дисципліни.....	4
2 Програма навчальної дисципліни.....	5
2.1 Змістовий модуль 1. Значення, основні поняття, математичні методи міцності і довговічності, як часткових властивостей надійності автомобіля.....	5
2.2. Змістовий модуль 2. Аналіз і забезпечення надійності автомобілів і їхніх систем на стадіях виробництва й експлуатації.....	5
2.3 Розподіл балів, які отримують студенти.....	7
2.4 Індивідуальні завдання.....	7
2.5 Методи навчання.....	7
2.6 Методи контролю.....	8
3 Контрольна робота № 1. Аналіз структури елементів, що визначають надійність і довговічність автомобілів.....	8
4 Контрольна робота № 2. Упорядкування й аналіз каталогів характеристик надійності елементів автомобілів.....	10
5 Контрольна робота № 3. Визначення характеристик показників довговічності.....	15
6 Контрольна робота № 4. Аналіз надійності структурної схеми елементів автомобіля по фрагментам.....	19
7 Контрольна робота № 5. Визначення ймовірності появи відмов різних категорій складових виробу, що проектується.....	22
Рекомендована література.....	26

1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета: формування у студентів базових теоретичних знань та практичних навичок вирішення задач теорії надійності стосовно автомобілів та їх складових.

Завдання: вивчення основних понять, положень теорії надійності, формування математичної бази з метою формалізації задач забезпечення міцності і довговічності автомобіля та оволодіння математичними методами їх розв'язання.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- математичні методи та показники теорії надійності;
- причинно-слідчі зв'язки між змінами в елементах і системах автомобіля і обумовленими ними відмовами;
- характеристики надійності елементів і систем автомобіля;
- умови забезпечення міцності і довговічності та надійності автомобілів при проектуванні, виробництві й експлуатації;
- методи практичних розрахунків по оцінці схемної надійності систем автомобілів, показників безвідмовності їхніх елементів.

Вміти:

- кількісно оцінювати надійність і довговічність автомобілів і їх агрегатів і систем;
- аналізувати й оцінювати вплив різноманітних конструктивних, технологічних і експлуатаційних факторів на довговічність автомобілів і їх агрегатів і систем;
- визначати основні показники техніко-економічної оцінки ефективності зміни надійності і довговічності;
- прогнозувати вплив різноманітних виробничо-технічних і експлуатаційно-технологічних факторів на довговічність і надійність автомобілів.

2 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Змістовий модуль 1. Значення, основні поняття, математичні методи міцності і довговічності, як часткових властивостей надійності автомобіля

Тема 1. Зміст, обсяг, мета і задачі дисципліни:

- мета і задачі вивчення дисципліни;
- надійність виробів та її складові;
- основні терміни і визначення;
- показники надійності: одиночні і комплексні.

Тема 2. Значення проблеми підвищення міцності і довговічності машин. Роль стандартів у підвищенні якості і надійності автомобілів і їхніх агрегатів і систем.

Тема 3. Особливості автомобіля як виробу, що є об'єктом вивчення теорії надійності.

Тема 4. Основні поняття і визначення, прийняті в теорії надійності. Надійність складних виробів і її одиничні і комплексні показники.

Тема 5. Статистичні та ймовірнісні показники надійності. Характеристики надійності.

Тема 6. Закони розподілу випадкових величин і їхнє використання для рішення задач теорії надійності:

- закони розподілу випадкових величин;
- визначення параметрів функцій розподілу випадкових величин.

Тема 7. Показники надійності для невідновлюваних і відновлюваних об'єктів:

- вироби, ще не відновлюються і відновлюються й особливості їх показників надійності;
- показники довговічності виробів.

Тема 8. Класифікація відмов. Характеристики надійності елементів автомобілів.

2.2. Змістовий модуль 2. Аналіз і забезпечення надійності автомобілів і їхніх систем на стадіях виробництва й експлуатації

Тема 1. Умови надійності автомобіля:

- причини зміну технічного стану автомобілів;
- техніко-економічна довговічність автомобіля;

- розробка норм міцності автомобілів;
- визначення довговічності деталей для автомобілів, що проєктуються.

Тема 2. Задачі і шляхи забезпечення надійності. Схемна надійність і резервування:

- вимоги до надійності елементів при послідовному, паралельному і змішаному з'єднаннях їх в складних виробках;
- види резервування у виробках;
- підвищення надійності виробів при застосуванні більш надійних елементів, без сутої зміни конструкції і технології їх виготовлення;
- зв'язок характеристик безвідмовності елементів і запасів міцності.

Тема 3. Оцінки схемної надійності систем автомобілів.

Тема 4. Методи аналізу схемної надійності і розробка заходів щодо підвищення надійності автомобілів і їхніх елементів.

Тема 5. Зовнішні фактори, що впливають на надійність і довговічність автомобілів:

- вплив якості поверхні на стомленість;
- корозійна стомленість;
- вплив розмірів, конструктивних форм і інших факторів на міцність і довговічність деталей автомобіля.

Тема 6. Фізико-хімічні процеси, що викликають утрату матеріалами, деталями і вузлами вихідних характеристик.

- побудова кривої стомленості матеріалу;
- вибір межі стомленості;
- вплив зсуву процесу навантаження відносно нульового рівня на стомлену міцність;
- вибір верхньої межі врахованих напружень по параметрам процесу;

– вплив зовнішніх механічних дій на втомленість, побудова діаграми межових напружень при асиметричному циклі для конструкційної сталі при розтягненні – стисканні;

– особливості стомленої руйнації металів при одночасному циклічному навантаженні і навантаженні тертям.

Тема 7. Конструктивні і конструкторсько-технологічні, організаційні і виробничо-технологічні та експлуатаційно-

технологічні заходи при розробці, виробництві і експлуатації відповідно по забезпеченню надійності автомобілів:

- забезпечення надійності автомобіля при проектуванні, виробництві і експлуатації;
- вплив виробничих і експлуатаційних факторів на надійність і довговічність автомобіля;
- систематизація відмов, їх причин і оцінка стану автомобіля;
- визначення оптимального рівня надійності і довговічності автомобіля з урахуванням фізичного зносу його елементів.

2.3 Розподіл балів, які отримують студенти

Кожен змістовний модуль оцінюється за 100-бальною шкалою.

Під час контролю враховуються наступні види робіт:

- активність роботи студента на установочній сесії оцінюється до 8 балів. (Всього 4 аудиторних занять по 8 балів = 32 балів);
- активність самостійної роботи студента над вивченням теоретичного матеріалу по окремим темам оцінюється до 4 балів. (Всього 8 тем по 4 бали = 32 бали);
- контрольна робота – до 36 балів.

Підсумковий контроль визначається як середня двох контролів за перший та другий змістовні модулі.

2.4 Індивідуальні завдання

Для студентів заочної форми навчання – контрольна робота.

В контрольній роботі студенти виконують аналіз надійності агрегату або системи, які розроблялися чи діагностувалися в курсових проектах по дисциплінам «Робочі процеси автомобіля» або «Випробування і діагностика автомобіля, діагностичне обладнання», стосовно автомобіля по якому виконувався тяговий розрахунок по навчальній дисципліні «Експлуатаційні властивості автомобіля».

2.5 Методи навчання

Під час викладання курсу використовуються наступні методи навчання:

- розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;

- бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (рисунок, схеми, графіки);
- практична робота – для використання набутих знань у розв’язанні практичних завдань;
- аналітичний метод – мисленого або практичного розкладу цілого на частини з метою вивчення їх суттєвих ознак;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення проблемної ситуації.

2.6 Методи контролю

Для студентів денної форми навчання: співбесіда на консультаціях із навчальної дисципліни впродовж семестру, аудиторна контрольна робота, підсумковий екзамєн.

Для студентів заочної форми навчання: захист контрольної роботи, підсумковий екзамєн.

3 КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 1

АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ЕЛЕМЕНТІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ НАДІЙНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ АВТОМОБІЛІВ

Загальні положення

Для виконання контрольної роботи необхідні розрахункові, графічні, та допоміжні дані по темі курсового проекту, у якому розглядалися питання модернізування, проектування різних виробів з метою поліпшення технічних характеристик, що забезпечують їх використання за призначенням.

Будову виробу різної складності, наведеного на складальному кресленні курсового проекту, можна представити у вигляді

структурної схеми з урахуванням взаємодії елементів. При цьому необхідно у виробі виділити:

- основні елементи конструкції, що забезпечують безпосереднє одержання необхідних характеристик за призначенням виробу та елементи допоміжні, що забезпечують роботу основних елементів у відповідності до особливостей функціонування виробу залежно від різних умов роботи;

- сполучення і деталі, що забезпечують працездатність і справність виробу в цілому;

- деталі, складальні одиниці, механізми виробу в яких можливі відмови та ознаки прояву цих відмов.

Відповідно до цього, використовуючи принцип логічного послідовного й паралельного з'єднання елементів по своєму призначенню в конструкції виробу, представляється можливим скласти його структурну схему й проаналізувати характер конструктивної взаємодії елементів у справному стані.

Приклад структурних схем виробів представлений на рис. 3.1.

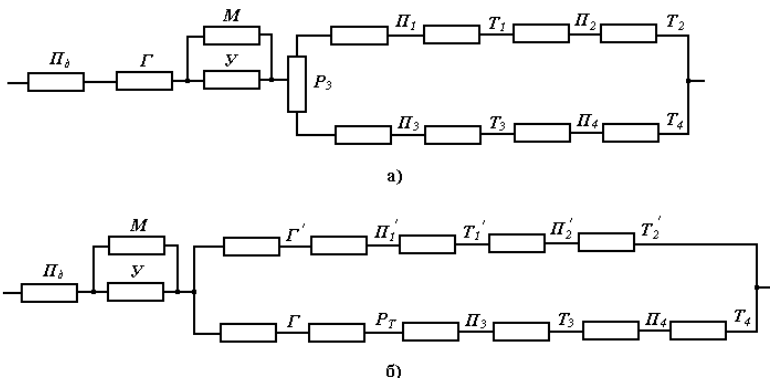


Рисунок 3.1 – Структурні схеми виробів

Завдання

Відповідно до курсового проекту необхідно:

- скласти й графічно зобразити структурну схему спроектованого виробу;

– проаналізувати характер конструктивної взаємодії елементів по функціональній важливості, можливим відмовам відносно забезпечення справного стану;

– виділити елементи конструкції виробу для наступного аналізу надійності виробу в цілому.

Результати робіт виконати на стандартних аркушах формату А4 або в зошиті.

4 КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 2

УПОРЯДКУВАННЯ Й АНАЛІЗ КАТАЛОГІВ ХАРАКТЕРИСТИК НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМОБІЛІВ

Загальні положення

Кожна деталь автомобіля може мати ряд характеристик надійності, у відповідності до можливих відмов, незважаючи на рівень її надійності.

Характеристики надійності елементів автомобіля є вихідними для забезпечення або оцінки надійності автомобіля в цілому. Характеристика надійності елемента формується у відповідності до можливої її відмови, яка впливає на працездатність виробу, та суттєвих ознак і їх показників відмови. Для елементів автомобіля найбільш суттєвими вважають ознаки: безпечності, характеру прояву відмови, довговічності, можливості діагностування, трудовитрат і вартість попередження виникнення або усунення відмов. Таким чином відмови можна класифікувати за шістьма ознакам.

Повна характеристика надійності елемента вимагає великої кількості інформації, яку об'єктивно одержати складно, а в більшості випадків, що зустрічаються на практиці, і не потрібно.

Для формування короткої характеристики надійності елемента ознаки, позначають буквами від А до Е, причому кожній ознаці можуть бути поставлені у відповідність декілька рівнів, позначуваних цифровими індексами, з яких перше неприпустиме або небажане (табл. 4.1).

Ознаки довговічності B_2 , B_3 , B_4 за бажанням для уточнення можуть розбиватися на підгрупи (рис. 4.1).

Таблиця 4.1 – Фрагмент каталогу для елементів заднього мосту вантажного автомобіля

№ п/п	Найменування складових виробу	Найменування відмови	Характеристика
1	Вал-шестерня конічна	Пошкодження робочої поверхні зуба	$A_2 B_2 B_3 \Gamma_2 D_1 E_1$
		Поломка зуба	$A_2 B_1 B_2 \Gamma_1 D_1 E_1$
		Зношеність шліців	$A_2 B_2 B_3 \Gamma_2 D_2 E_1$
2	Циліндрична шестерня	Поломка зуба	$A_2 B_1 B_2 \Gamma_1 D_1 E_1$
3	Сателіт диференціала	Пошкодження робочої поверхні зуба	$A_2 B_2 B_4 \Gamma_1 D_1 E_2$
4	Півосьова шестерня	Пошкодження робочої поверхні зуба	$A_2 B_2 B_4 \Gamma_1 D_1 E_2$
5	Хрестовина диференціала	Зношеність робочих поверхонь	$A_2 B_2 B_4 \Gamma_1 D_1 E_2$
6	Підшипник диференціала	Зношеність робочих поверхонь	$A_2 B_2 B_3 \Gamma_1 D_1 E_1$
7	Шпилька півосі	Руйнування шпильки	$A_2 B_1 B_2 \Gamma_1 D_2 E_2$
...			
24	Картер заднього моста	Тріщина картера	$A_2 B_1 B_3 \Gamma_2 D_1 E_1$
		Недостатня герметичність ущільнення кришки	$A_2 B_2 B_3 \Gamma_2 D_2 E_3$
		Недостатній рівень оливи в картері	$A_2 B_2 B_3 \Gamma_2 D_3 E_2$

При таких ознаках множина характеристик надійності теоретично складає 648 різних характеристик, з нижньою (неприпустимою) межею $A_1 B_1 V_1 \Gamma_1 D_1 E_1$ і верхньою $A_2 B_2 B_{43} \Gamma_2 D_3 E_3$.

Характеристики надійності дають початкові відомості про надійність елемента:

(Б) – наслідки й значення відмови для всього виробу;

(А, Б, Г) – про безвідмовність;

(В) – про довговічність;

(Г, Д, Е) – про ремонтпридатність;

(Д, Е) – про вартість забезпечення надійності в експлуатації.

Один і той ж елемент має декілька характеристик надійності по числу можливих відмов (табл. 4.4).

Сукупність характеристик надійності дозволяє скласти каталог надійності елементів виробу (табл. 4.1), дотримуючись структурно-логічної схеми: виріб $\rightarrow$ система $\rightarrow$ збірна одиниця $\rightarrow$ деталь $\rightarrow$ відмови.

Наприклад, якщо підшипник кочення є елементом коробки передач, що є складовою трансмісії автомобіля, то зовнішня і внутрішня обойми, кульки, сепаратор будуть деталями підшипника кочення, які можуть мати по декілька відмов кожна зі своїми характеристиками надійності.

З огляду на можливості декількох відмов у деяких деталей, загальне число можливих характеристик деталей автомобіля може обчислюватися сотнями.

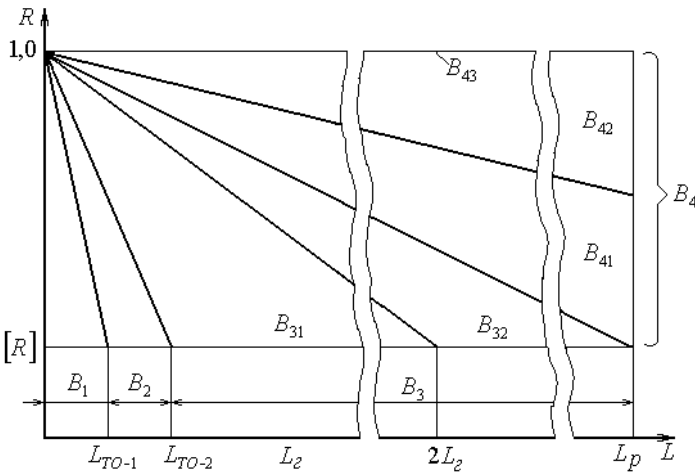


Рисунок 4.1 – Области довговічності елементів автомобіля

Завдання

1. Відповідно до складеної структурної схеми виробу розроблюваного в курсовому проекті скласти каталог надійності елементів виробу, який зобразити у вигляді таблиці.

2. Використовуючи характеристики надійності елементів зробити аналіз надійності виробу, розглянувши типові завдання:

– загальної оцінки надійності виробу визначивши: яка кількість елементів мають різні рівні надійності: абсолютну, відносно надійну, обмежену, критичну довговічність; до яких наслідків приводять відмови елементів; довговічність яких деталей треба підвищити в першу чергу й т.п.;

– оцінки збалансованості конструктивних рішень по кожній деталі: усунення яких відмов деталей високовартісні і трудомісткі; які із них визначають ресурс виробу в цілому, які виконані з абсолютною, відносною, обмеженою або критичною довговічністю, а які менш довговічні, але мають менш негативні наслідки відмов й т.д.;

– виявлення пріоритету напрямків підвищення надійності виробу;

– оцінки раціональності запланованих експлуатаційних впливів для забезпечення ефективної експлуатації виробу;

– планування черговості робіт із поліпшення ремонтпридатності й зниженню вартості експлуатації;

– попередньої оцінки потреб у номенклатурі і кількості запасних частин для забезпечення експлуатації виробу;

– оцінки можливостей зниження маси, металоємності деталей виробу при збереженні їхньої довговічності.

Результати виконаних завдань звести в підсумкові табл. 4.2, 4.3.

Таблиця 4.2 – Каталог надійності елементів

(найменування виробу)

№ п/п	Найменування деталі виробу	Найменування відмови	Характеристика
1	2	3	4

Таблиця 4.3 – Аналіз надійності виробу _____
(найменування виробу)

№ п/п	Найменування типового завдання	Зміст аналізу
1	2	3

Таблиця 4.4 – Класифікація ознак відмов і відповідних їх рівнів

№ п/п	Ознака	Позначення ознак (А, Б, В, Г, Д, Е)			
1	Наслідки відмови	Небезпечний А₁	Безпечний А₂	-	-
2	Тип відмови	Раптовий Б₁	Поступовий Б₂	-	-
3	Рівень показника довговічності елемента (рис. 4.1, табл. 4.2)	критичний В₁	Обмежений В₂ (В ₂₁ , В ₂₂ , В ₂₃)	Відносний В₃ (В ₃₁ , В ₃₂)	Абсолютний В₄ (В ₄₁ , В ₄₂ , В ₄₃)
4	Можливий момент експлуатаційного впливу	Після виникнення відмови (по потребі) Г₁	До виникнення відмови (профілактичний) Г₂	-	-
5	Трудомісткість усунення або попередження відмови	Велика Д₁	Мала Д₂	Сумарна (накопичувальна) Д₃	-
6	Вартість запасних частин або матеріалів	висока Е₁	низька Е₂	Накопичувальна Е₃	-

Примітка. При складанні характеристик трудомісткість усунення відмови умовно приймається малою при тривалості одного усунення в межах 1 год. або відсутності втрат лінійного часу.

В завданнях, при відсутності нормативних даних по трудовитратам на усунення відмов, рекомендується межу малих і великих трудовитрат визначати можливістю заміни дефектних деталей безпосередньо без демонтажу і розбирання вузлів до яких вони входять.

Вартість замінних деталей приймається малою, якщо вона не перевищує 1% нормативної вартості запасних частин за наробіток автомобіля до капітального ремонту.

5 КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 3

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКАЗНИКІВ ДОВГОВІЧНОСТІ

Загальні положення

Числові значення показників, що визначають межі класів елементів виробу по довговічності, залежать від показників: нормованого наробітку автомобіля в цілому до капітального ремонту L_p ; строку служби t_p ; річного пробігу L_e ; пробігів L_{TO-1} , L_{TO-2} до відповідного регламентного технічного обслуговування ТО-1, ТО-2.

Для різних станів елементів виробу, що має наведені вище значення пробігів і термінів служби, з урахуванням існуючої практики, представляється можливість визначити в середньому за рік роботи наступні характеристики довговічності: імовірність R збереження виробами працездатності; число відмов n на N виробів; параметр потоку відмов w . Характеристики довговічності розподіляють для відповідних показників відповідно до їх рівня.

Виходячи з існуючої практики число відмов i , відповідно, експлуатаційних впливів n для елементів автомобіля критичної довговічності B_1 виражається в їхньому можливому прояві до витікання найменшого наробітку виробу до регламентного технічного обслуговування ТО-1 і визначається відношенням

$$n_k = L_p / (4L_{TO-1} t_p). \quad (5.1)$$

Таким чином, якщо число відмов буде рівним або перевершувати зазначене відношення, то такий рівень показника довговічності елемента визначають як критичний.

Для обмеженої довговічності B_2 число відмов, що проявляються в період між першим проведеним ТО-1 і наробітком виробу до регламентного технічного обслуговування ТО-2, рівним звичайно піврічному пробігу $L_c/2$, визначається відношенням

$$n_{об} = L_p / (2L_{ТО-2} t_p). \quad (5.2)$$

Якщо в рік проявляється більша кількість відмов, то такий рівень показника довговічності визначають як обмежений.

Для відносної довговічності B_{32} характерним є число відмов, які проявляються в період між минулими двома річними пробігами й наробітком до повного ресурсного пробігу, що визначається відношенням

$$n_8 = L_p / (2L_c t_p), \quad (5.3)$$

тобто, якщо в рік проявляється більша кількість відмов, то такий рівень показника довговічності визначають як недостатній (B_{31}), а при меншій кількості відмов показник довговічності визначають як відносної довговічності (B_{32}). Для деталей абсолютної довговічності $n_{абс} \leq 1$.

Далі для областей довговічності задаються відносно рівними інтервалами: для області абсолютної довговічності із числом відмов у рік $n \in [0,1]$ інтервалами для рівнів B_{43} , B_{42} , B_{41} на N виробів у рік; для області відносної довговічності з $n \in [(n_8 + 1), n_n)$ і недостатньої довговічності з $n \in [(n_n + 1), n_{об})$ відмов на N виробів у рік відповідно B_{32} , B_{31} ; для області обмеженої надійності з $n \in [(n_{об} + 1), n_k)$ відмов на N виробів у рік – B_{23} , B_{22} , B_{21} ; для області критичної довговічності B_1 з $n \geq n_k$.

При визначенні меж інтервалів рівнів довговічності, залежно від порядку обчислень, необхідно застосовувати дійсні числа значень порядку: 0,1; 0,01 й т.п.

У відповідності зі значеннями відмов визначають параметр потоку відмов w , як середнє число відмов поблизу наробітку L_2 , на 1 км шляху для кожного показника, використовуючи наступне відношення

$$w = n / NL_2. \quad (5.4)$$

Середньорічну імовірність збереження виробами працездатності R визначають із розрахунку на N виробів по залежності

$$R = (N - n) / N \quad (5.5)$$

$$R = (N - n/10) / N^* \quad (5.6)$$

Результати розрахунків заносять до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Характеристики довговічності

Показник довговічності	Число відмов на N виробів у рік	Параметр потоку відмов w	R (середньорічна)
Абсолютна довговічність			
Відносна довговічність			
Недостатня довговічність			
Обмежена довговічність			
Критична довговічність			

[illegible]

6 КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 4

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМОБІЛЯ ПО ФРАГМЕНТАМ

Загальні положення

Для оцінки надійності вузлів виробу розглядають не тільки фізичну надійність кожного із його складових елементів, але й зв'язки цих елементів між собою, що впливають на працездатність вузла.

У найпростішому випадку елемент може перебувати в двох станах: працездатному стані з імовірністю R або в непрацездатному стані з імовірністю F . Тоді для повної групи імовірних станів маємо

$$R + F = 1.$$

Для системи із двох елементів можливе число станів чотири і для повної групи імовірних станів маємо

$$(R_1 + F_1) \cdot (R_2 + F_2) = R_1 R_2 + R_1 F_1 + F_1 R_2 + F_1 F_2 = 1.$$

Відповідно для системи із n елементів число станів рівне 2^n , визначається кількістю членів співмножників залежності

$$\prod_{i=1}^n (R_i + F_i) = 1.$$

Число працездатних станів певного вузла залежить від способу з'єднання елементів. Можливі значення імовірності працездатного стану вузла залежать також від співвідношення ймовірностей працездатного стану кожного з елементів, що входять до цього вузла.

Залежно від способу з'єднання елементів число працездатних станів вузла може бути різним. Однак завжди є два граничних стани, які відповідають мінімальній імовірності безвідмовної роботи при послідовному з'єднанні, що має лише один працездатний стан, і максимальній імовірності безвідмовної роботи при паралельному

з'єднанні, що забезпечує $(2^n - 1)$ працездатних станів при одному непрацездатному.

У проміжних варіантах розрізняють змішані способи з'єднання елементів для яких чим більше число працездатних станів розглянутого вузла, тим вище його надійність.

Імовірність працездатного стану послідовно з'єднаних елементів менше надійності найменш надійного елемента й визначається залежністю

$$R = \prod_{i=1}^n R_i. \quad (6.1)$$

Імовірність працездатного стану паралельно з'єднаних елементів вище, ніж імовірність працездатного стану найбільш надійного елемента й визначається залежністю

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i). \quad (6.2)$$

Як приклад, на рис. 6.1 наведені можливі варіанти схем з'єднання трьох елементів, для яких характерно наступне:

– для рис. 6.1 а один працездатний стан, формула розрахунку імовірності безвідмовної роботи

$$R = R_1 R_2 R_3;$$

– для рис. 6.1 б три працездатних стани, формула для розрахунку ймовірності безвідмовної роботи

$$R = R_1 \cdot [1 - (1 - R_2)(1 - R_3)] = R_1 R_2 R_3 + R_1 F_2 R_3 + R_1 R_2 F_3;$$

– для рис. 6.1 в число працездатних станів рівне п'яти, формула для розрахунку імовірності безвідмовної роботи

$$R = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2R_3) = 1 - (F_2F_3 + R_2F_3 + F_2R_3)F_1 = \\ = R_1R_2R_3 + R_1F_2R_3 + R_1R_2F_3 + F_1R_2R_3 + R_1F_2F_3;$$

– для рис. 6.1 з число працездатних станів рівне семи, формула для розрахунку імовірності безвідмовної роботи

$$R = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2)(1 - R_3) = 1 - F_1F_2F_3 = R_1R_2R_3 + \\ + F_1R_2R_3 + R_1F_2F_3 + R_1R_2F_3 + F_1F_2R_3 + F_1R_2F_3 + R_1F_2F_3.$$

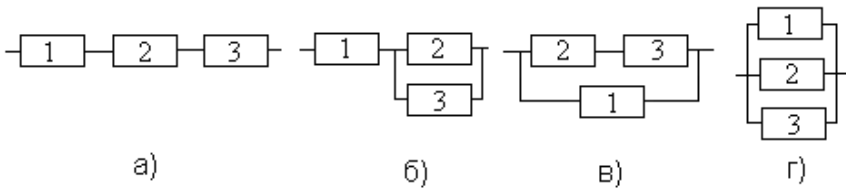


Рисунок 6.1 – Схеми з'єднання елементів, що забезпечують різну надійність вузла виробу

Завдання

1. Відповідно до вихідних даних завдань і отриманих результатів контрольних робіт № 1–3 вибрати два фрагменти зі структурної схеми спроектованого виробу з вузлами, які найбільше впливають на працездатність виробу в цілому, з кількістю елементів від чотирьох до шести.

2. Визначити порядок з'єднання елементів в обраних фрагментах.

3. Скласти формули розрахунку імовірності безвідмовної роботи вузлів та визначити кількість їх працездатних станів.

4. Розрахувати імовірності безвідмовної роботи фрагментів структурної схеми спроектованого виробу з урахуванням рівності й нерівності ймовірностей працездатності елементів.

Результати виконаного завдання відобразити у вигляді табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Оцінка надійності фрагментів структурної схеми
(найменування виробу)

№ п/п	Найменування фрагмента (схема)	Розрахункова формула	Кількість працездатних станів	Імовірність безвідмовної роботи
1	2	3	4	5

7 КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 5

ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ ПОЯВИ ВІДМОВ РІЗНИХ КАТЕГОРІЙ СКЛАДОВИХ ВИРОБУ, ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ

Загальні положення

Виконання завдання даної контрольної роботи є продовженням попереднього заняття, при цьому використовується методика обчислень, що розглянута у контрольній роботі № 4.

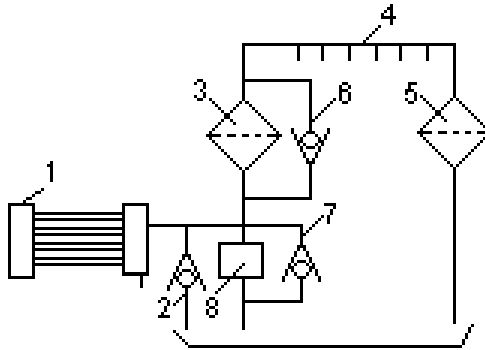
Будь-який проєктований виріб, структурна складова конструкції автомобіля, характеризується розмаїтістю режимів роботи, обумовлених зміною параметрів навантаження й процесами, що їх супроводжують.

Для оцінки схемної надійності з урахуванням імовірності прояву тих або інших умов протікання процесів необхідно: установити фізичну сутність можливої відмови, тобто визначити вид несправності, стан елементів, що його обумовлюють, умови протікання подій, що відбуваються при цьому; визначити тип відмови за ознакою проявлення, поступова чи раптова; виділити й позначити імовірності режимів роботи, які характерні для діапазону змін умов роботи; скласти аналітичне вираження для кожного типу відмови, відповідно до якого буде визначена сума можливих станів, характерна умовам його протікання; за значеннями характеристик імовірності станів виконати розрахунок ймовірностей виникнення виділених відмов.

Отримані результати рекомендується занести в таблицю 7.2.

Характерний приклад оцінки ймовірності відмов різної категорії в умовах їх проявлення для мастильної системи агрегату розкриває типові підходи поставлених завдань.

Для мастильної системи агрегату (рис. 7.1) можливі наступні відмови: поломка привода масляного насоса; поломка пружини редукційного клапана; порушення регулювання пружин перепускних клапанів; прискорене зношування агрегату в пусковий період до виходу на робочий режим, обумовлене підвищеною в'язкістю мастила; забруднення фільтрів грубого й тонкого очищення.



1 – радіатор, 2, 6 – перепускний клапан, 3 – фільтр грубого очищення, 4 – канали розподілу мастила, 5 – фільтр тонкого очищення, 7 – редукційний клапан, 8 – насос
Рисунок 7.1 – Схема мастильної системи агрегату

Приймаються наступні позначення ймовірностей працездатного стану елементів розглянутої схеми:

R_n, F_n – для насоса;

$R_{\phi g}, F_{\phi g}$ – для фільтра грубого очищення;

$R_{\phi m}, F_{\phi m}$ – для фільтра тонкого очищення;

R_{pk}, F_{pk} – для редукційного клапана;

$R_{n\phi}, F_{n\phi}$ – для перепускного клапана фільтра;

R_{np}, F_{np} – для перепускного клапана радіатора;

P_{od1} і P_{od2} – імовірність режимів роботи агрегату на понижених і робочих частотах;

P_{x0} і P_{n0} – імовірність холодного й прогрітого агрегату.

Відповідно до складених даних (табл. 7.1) імовірність раптової відмови по можливих станах з урахуванням прояву структурної взаємодії елементів схеми визначиться по формулі

$$F_p = F_n (R_{pp} \cdot P_{od1} + P_{od2}) + R_n \cdot F_{pk} \cdot P_{od1} + F_n \cdot F_{pk} \cdot P_{od1}. \quad (7.1)$$

Імовірність поступової відмови по можливих станах з урахуванням прояву структурної взаємодії елементів схеми визначиться по формулі

$$F_n \approx F_{nf} \cdot R_{fz} \cdot R_{fm} \cdot R_{np} \cdot P_{nd} + R_{nf} \cdot R_{fz} \cdot F_{fm} \cdot R_{np} \cdot P_{nd} + F_{fz} \cdot R_{fm} \cdot R_{np} \cdot P_{nd} + R_{nf} \cdot R_{fz} \cdot R_{fm} \cdot F_{np} \cdot P_{nd} + R_{nf} \cdot R_{fz} \cdot R_{fm} \cdot P_{nd}. \quad (7.2)$$

Таблиця 7.1 – Вплив відмов окремих елементів на відмови виробу в цілому

№ п/п	Фізична сутність відмови	Імовірність появи	Відмови
1	Насос		
1.1	Поломка привода	F_n	ВП
1.2	Редукційний клапан відкритий на малій частоті обертання (поломка клапанної пружини)	$F_{pk} P_{od1}$	ВП
2	Фільтр грубого очищення		
2.1	Фільтр чистий, але пропускний клапан відкритий	$R_{fz} F_{nf}$	П
2.2	Фільтр забруднений, пропускний клапан відкритий	F_{fz}	П
3	Фільтр тонкого очищення		
3.1	Фільтр забруднений	F_{fm}	П
4	Масляний радіатор		
4.1	Агрегат прогрітий, пропускний клапан відкритий	$F_{np} P_{nd}$	П
4.2	Запізнювання надходження холодного мастила до тертьових поверхонь	P_{xd}	П

Завдання

Відповідно до даних зведеної таблиці результатів обчислень за завданням контрольної роботи № 4:

- визначити фізичну сутність можливих відмов для розглянутих не менш двох фрагментів структурної схеми;
- позначити ймовірності режимів роботи розглянутих фрагментів за умовами прояву відмов, значення визначити по характеристиках надійності елементів;
- з урахуванням значень ймовірностей збереження елементами фрагментів працездатного стану, зробити розрахунок ймовірності виникнення можливих відмов.

Результати виконаного завдання відобразити у вигляді таблиці (табл. 7.2) на аркуші ф. А4 або в зошиті, привести порядок обчислень.

Таблиця 7.2 – Оцінка надійності фрагментів структурної схеми

(найменування виробу)

№ п/п	Найменування фрагмента (схема)	Фізична сутність відмови	Ймовірність появи	Тип відмови	Значення ймовірності відмови

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы Водитель – автомобиль дорога середн. – М.: Машиностроение, 1986.
2. Канарчук В.Е. та ін. Надійність машин. – Київ: Либідь, 2003.
3. Гурвич И.Б. Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей. – М.: Транспорт, 1984.
4. Авдоськин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. – М.: Транспорт, 1985.
5. Подшипники качения. Справочник–каталог. Ред. В.Н.Нарышкина. – М.: Машиностроение, 1984.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора–машиностроителя. Т2. – М.: Машиностроение, 1987.
7. Острейковский В.А. Теория надежности. – М.: Высшая школа, 2003.
8. Пронников А.С. Параметрическая надежность. – М.: Изд. им. Баумана, 2002.
9. Кугель Р.В. Надежность машин массового производства. – М.: Машиностроение, 1981.
10. Теорія ймовірностей та математичної статистики [Електродний ресурс] – Режим доступу: <http://lib.lntu.info/books/knit/vm/2011/11-47/>.
11. Теорія ймовірностей та математичної статистики [Електродний ресурс] – Режим доступу: <http://zyurvas.narod.ru/resursy.html>.