

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни
"Дослідження та випробування технічних систем"
та виконання контрольних завдань,
для студентів спеціальності
133 "Галузеве машинобудування"
("Колісні та гусеничні транспортні засоби"),
усіх форм навчання

2019

Методичні вказівки з вивчення дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем" та виконання контрольних завдань, для студентів спеціальності 133 "Галузеве машинобудування" ("Колісні та гусеничні транспортні засоби"), усіх форм навчання. / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. 58 с.

Укладачі: О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук;
О.В. Дударенко, доцент, канд.техн.наук;
А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук;
А.В. Щербина, доцент, канд.техн.наук

Рецензент: О.С. Слюсаров, доцент, канд.техн.наук

Відповідальний за випуск: А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук

Затверджено
на засіданні кафедри "Автомобілі"
Протокол № 8
від « 22 » лютого 2019.

Рекомендовано для видання
НМК Транспортного факультету
Протокол № 72
від « 15 » березня 2019.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Робоча програма дисципліни	6
2 Методичні вказівки	9
2.1 Загальні вказівки. Мета викладання дисципліни	9
2.2 Задачі вивчення дисципліни	9
2.3 Загальні рекомендації щодо вивчення дисципліни	10
2.4 Методичні вказівки для студентів по освоєнню дисципліни (модуля)	10
2.4.1 Тема 1. Технічна система	12
2.4.2 Тема 2. Еволюція технічних систем	15
2.4.3 Тема 3. Класифікація, властивості та оцінювання технічних систем	18
2.4.4 Тема 4. Етапи створення та використання технічних систем	19
2.4.5 Тема 5. Роль випробувань в процесі проектування та створення технічних систем	21
2.4.6 Тема 6. Основні поняття та класифікація контролю і випробувань складних технічних систем	22
2.4.7 Тема 7. Дослідження складних технічних систем з використанням моделей	23
2.4.8 Тема 8. Експериментальні дослідження складних технічних систем	24
2.4.9 Тема 9. Випробування складних технічних систем	26
2.4.10 Тема 10. Технічні засоби для проведення випробувань та досліджень технічних систем	41
2.4.11 Тема 11. Проведення технічних вимірювань при випробуваннях та дослідженнях технічних систем	42
2.4.12 Тема 12. Випробування технічних систем на надійність	44
2.4.13 Тема 13. Формування результатів випробувань	46
2.4.14 Тема 14. Сертифікація складних технічних систем	47
3 Завдання на контрольні роботи	50
3.1 Список варіантів контрольних робіт	51
4 Контрольні заходи з перевірки якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни	55
5 Рекомендована література	56
Основна	56
Додаткова	56

ВСТУП

Дисципліна "Дослідження та випробування технічних систем" формує у майбутніх фахівців загальне уявлення про характер взаємодії елементів складних технічних систем, якими є сучасні автомобілі. Оскільки до надійності та інших найважливіших характеристик технічних систем висуваються високі вимоги, також є необхідність їх подальшого вдосконалювання, все це ставить перед інженерно-технічними працівниками завдання одержання нових наукових знань, для цілеспрямованого пошуку й об'єктивної оцінки конструктивно-технічних рішень.

У свою чергу одержання нових знань пов'язане із проведенням двох рівнів досліджень: емпіричних, з використанням натурних експериментів, і теоретичних, на основі побудови математичних моделей, адекватних досліджуваному об'єкту.

Отже дисципліна "Дослідження та випробування технічних систем" відіграє в цьому процесі важливу роль, тому що в ній з досить високим ступенем узагальнення викладаються всі основні аспекти системного підходу й дається інструмент для орієнтації в обраній спеціальній області техніки.

Дана дисципліна дозволяє погодити між собою різні навчальні курси й пояснити студентам мету їх вивчення. Такий підхід буде сприяти кращому розумінню зв'язків між окремими елементами системи навчання й змісту багатьох підручників.

Тому що теорія технічних систем робить зрозумілою студенту всю систему навчання й проясняє місце окремих дисциплін, наприклад термодинаміки як спеціальної теорії процесів у теплових машинах, або опору матеріалів як загального вчення про міцність - в технічній системі в цілому.

Крім того, саме знання технічних систем дає системний огляд спеціальної проблематики, завдяки чому легше виявляються пробіли, які необхідно ліквідувати при повторенні навчального матеріалу, і одночасно висуває взаємозв'язки між спеціальними дисциплінами на передній план.

Після закінчення вивчення дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем", студент повинен **знати:**

- закономірності еволюції та тенденції технічного розвитку технічних систем;

- рівні класифікації, загальні ознаки, категорії та перелік необхідних властивостей технічної системи;
- роль випробувань та експериментальних досліджень в процесі проектування та створення технічних систем;
- методи випробування технічних систем з використанням фізичного та математичного моделювання;
- знати технічні засоби для проведення випробувань та досліджень технічних систем;
- методи проведення технічних вимірювань при випробуваннях та дослідженнях технічних систем;
- знати правила сертифікації складних технічних систем.

вміти:

- проводити критичний аналіз сутності, моделі та структури технічної системи;
- оцінювати необхідні якості та властивості технічної системи і на основі цього приймати необхідні конструкторські рішення;
- проводити необхідні експериментальні дослідження та випробування в процесі створення складних технічних систем;
- проводити імітаційне моделювання при створенні складних систем;
- проводити технічні вимірювання та робити обробку експериментальних даних під час випробувань систем;
- проводити сертифікацію складних технічних систем за відповідними стандартами.

володіти:

- навичками аналізу складних технічних систем при прийнятті конструктивних рішень;
- навичками проведення випробувань в процесі проектування та створення технічних систем;
- знаннями методів проведення експериментальних досліджень, випробувань та сертифікації складних технічних систем.

Методичні вказівки мають ціль допомогти студентам отримати теоретичні знання, а також дають відповідне розуміння і широке роз'яснення складу і структури дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем".

1 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Наведені назви змістових модулів та найменування тем дисципліни для самостійного вивчення. Навчальним планом дисципліни, для самостійного вивчення тем лекцій, передбачено час для студентів денної форми навчання - 78 годин, заочної – 112 годин.

Далі для кожної теми вказано час самостійної роботи студентів денної форми навчання. Також наведений перелік питань, які повинні бути самостійно розглянуті студентом при вивченні обраної теми.

Змістовий модуль 1. Основні терміни та визначення. Еволюція, класифікація, етапи створення та використання технічних систем.

Тема 1. Технічна система (2 год.)

Основні терміни та визначення. Сутність, модель та структура технічної системи.

Тема 2. Еволюція технічних систем (2 год.)

Закономірності еволюції та тенденції технічного розвитку систем. Управління процесом технічного розвитку. Мотивація досліджень та розробок.

Тема 3. Класифікація, властивості та оцінювання технічних систем (2 год.)

Рівні класифікації. Загальні ознаки. Категорії властивостей. Відношення між властивостями. Перелік необхідних властивостей технічної системи.

Тема 4. Етапи створення та використання технічних систем (2 год.)

Загальні положення. Стадії створення технічних систем різних типів виробництва. Послідовність стадій створення та використання технічної системи. Розподіл стадій та операцій між виконавцями.

Тема 5. Роль випробувань в процесі проектування та створення технічних систем (2 год.)

Задачі та організація експериментальних досліджень. Основні принципи побудови систем контролю та випробувань технічних систем. Роль випробувань в процесі створення технічних систем.

Тема 6. Основні поняття та класифікація контролю і випробувань складних технічних систем (2 год.)

Випробування і контроль – основні терміни та визначення. Взаємозв'язок вимірювань, контролю та випробувань. Класифікації контролю та випробувань. Загальна схема експериментальних досліджень. Класифікація відмов та дефектів складних технічних систем.

Тема 7. Дослідження складних технічних систем з використанням моделей (2 год.)

Мета і задачі моделювання при створенні складних систем. Загальні відомості про випробування з використанням моделей. Випробування на основі фізичного моделювання. Випробування на основі математичного моделювання. Імітаційне моделювання складних систем.

Змістовий модуль 2. Експериментальні дослідження, випробування та сертифікація складних технічних систем.

Тема 8. Експериментальні дослідження складних технічних систем (2 год.)

Загальні відомості. Планування та проведення експериментальних досліджень.

Тема 9. Випробування складних технічних систем (2 год.)

Загальні відомості. Види випробувань: стендові, ходові (натурні), експлуатаційні, прискорені та форсовані. Планування та програма випробувань. Методика випробувань.

Тема 10. Технічні засоби для проведення випробувань та досліджень технічних систем (2 год.)

Загальні відомості. Датчики. Підсилювачі.

Тема 11. Проведення технічних вимірювань при випробуваннях та дослідженнях технічних систем (2 год.)

Основні поняття та визначення. Методи вимірювання зношення. Модельний експеримент. Методи обробки експериментальних даних. Перевірка статистичних гіпотез.

Тема 12. Випробування технічних систем на надійність (2 год.)

Короткі відомості з теорії ймовірностей і математичної статистики. Випадкові величини. Статистичні методи досліджень. Основні показники надійності. План і програма випробувань. Обробка і оформлення результатів випробувань.

Тема 13. Формування результатів випробувань (2 год.)

Загальна структурна схема формування результатів випробувань. Точностні характеристики результатів випробувань. Формування результатів контрольних та повторних випробувань. Методи підвищення точності результатів випробувань.

Тема 14. Сертифікація складних технічних систем (2 год.)

Основні поняття. Системи сертифікації: міжнародні, регіональні, національні. Статистичні методи при сертифікації. Особливості сертифікації складних технічних систем. Сертифікація і менеджмент.

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

2.1 Загальні вказівки. Мета викладання дисципліни

Метою викладання дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем" є формування у студентів загального уявлення про характер взаємодії елементів складних технічних систем, якими є сучасні автомобілі, ознайомлення з методиками планування експерименту, проведення експериментальних досліджень та випробувань технічних систем, з використанням при цьому сучасного обладнання, тим самим готуючи майбутніх фахівців до науково-дослідної діяльності.

2.2 Задачі вивчення дисципліни

Задача навчальної дисципліни полягає у формуванні у студентів сукупності знань, вмінь та уявлень відносно вирішення задач дослідження та випробування складних технічних систем.

У результаті вивчення курсу "Дослідження та випробування технічних систем" студент повинний **знати**:

- суть, моделі та структури технічних систем;
- стадії створення технічних систем різних типів виробництв;
- принципи побудови систем контролю та випробувань технічних систем;
- загальну схему проведення експериментальних досліджень;
- основні принципи системного підходу до подолання складних проблем що виникли;
- основні принципи системного аналізу побудови процедури подолання проблеми що виникла;
- принципи організації експертиз при побудові математичної моделі проблеми;
- сучасні методи досліджень та випробувань складних технічних систем;
- сучасні технічні засоби для проведення досліджень та випробувань технічних систем;
- методи проведення експериментальних досліджень, обробки отриманих даних та формування результатів випробувань;
- методи сертифікації складних технічних систем.

Вміти:

- аналізувати й оцінювати фактори й умови, що виявляють вплив на вирішення практичних питань, з використанням персональних комп'ютерів;
- формувати математичний опис процесів, що відбуваються в модельованому об'єкті;
- застосовувати знання, отримані з використанням сучасних освітніх і інформаційних технологій, у подальшій самостійній роботі;
- вивчати й застосовувати отримані науково-технічні знання в подальшій самостійній роботі;
- проводити експериментальні дослідження та випробування, обробляти й аналізувати отримані результати;
- писати наукові звіти про виконані дослідження.

2.3 Загальні рекомендації щодо вивчення дисципліни

Вивчення дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем" базується на знаннях наступних курсів: "Вища математика", "Фізика", "Автомобілі. Основи конструкції", "Основи конструкції трактора", "Робочі процеси автомобіля", "Основи технічної творчості", "Основи САПР в автомобілебудуванні".

В процесі викладання дисципліни, в якості технічних засобів, використовується клас, обладнаний персональними комп'ютерами типу IBM PC, та матеріально-технічне забезпечення кафедри Автомобілі: дослідні стенди, легкові автомобілі, вимірювальне обладнання та інструмент. Успішне вивчення дисципліни передбачає також використання сучасних інформаційних технологій (Internet).

2.4 Методичні вказівки для студентів по освоєнню дисципліни (модуля)

Викладання дисципліни передбачає наступні форми організації навчального процесу: лекції, практичні заняття, самостійну роботу студента, консультації.

Робота на практичних заняттях передбачає активну участь студента в освоєнні поставлених завдань. Для підготовки до занять рекомендується звертати увагу на проблемні питання, що піднімаються

викладачем під час лекції, і групувати інформацію навколо них.

Бажано виділяти у використовуваній літературі постановки питань, на які різними авторами можуть бути дані різні оцінки. На підставі постановки таких питань слід обирати аргументи на користь різних варіантів вирішення поставлених проблем.

У текстах авторів, таким чином, слід виділяти наступні компоненти:

- постановка проблеми;
- варіанти рішень;
- аргументи на користь тих або інших варіантів рішень.

На основі виділення цих елементів простіше становити власну аргументовану позицію по розглянутому питанню. При роботі з невідомими термінами необхідно звертатися до словників, у тому числі доступних в Інтернеті.

При написанні рефератів (контрольних робіт), у матеріалі слід виділити невелику кількість (не більш 5) проблем, що зацікавили Вас, і згрупувати матеріал навколо них. Слід домагатися чіткого розмежування окремих проблем і виділення їх часткових моментів.

При підготовці до лабораторних занять Вам може знадобитися матеріал, що вивчався раніше, тому варто звертатися до відповідних джерел (підручників, монографій, статей). Письмова домашня робота й завдання можуть бути індивідуальними й загальними.

При підготовці до іспиту необхідно опиратися насамперед на лекційні заняття, а також на джерела, які розбиралися на заняттях протягом семестру.

Самостійна робота студента виконується за завданням і при методичному керівництві викладача, але без його особистої участі. Самостійна робота підрозділяється на самостійну роботу на аудиторних заняттях і на позааудиторну самостійну роботу.

Самостійна робота студента включає як повністю самостійне освоєння окремих тем (розділів) дисципліни, так і пророблення тем (розділів), освоюваних під час аудиторної роботи. Під час самостійної роботи, студенти читають і конспектують навчальну, наукову й довідкову літературу, виконують завдання, спрямовані на закріплення знань і відпрацьовування вмінь і навичок, готуються до поточного й проміжного контролю по дисципліні.

При вивченні тем курсу наведених нижче, студентові необхідно повторити лекційний навчальний матеріал, вивчити рекомендовану

літературу, а також навчальний матеріал, наявний в зазначених інформаційних ресурсах.

На завершальному етапі вивчення кожного модуля необхідно, скориставшись запропонованими питаннями для самоконтролю, перевірити якість засвоєння навчального матеріалу. У випадку утруднення у відповідях на поставлені питання рекомендується повторити навчальний матеріал.

Після вивчення всіх модулів приступити до виконання контрольної роботи, керуючись методичними рекомендаціями з її виконання.

По завершенню вивчення навчальної дисципліни в семестрі студент зобов'язаний пройти проміжну атестацію. Вид проміжної атестації визначається робочим навчальним планом. До проміжної атестації допускаються студенти, що виконали вимоги робочого навчального плану.

2.4.1 Тема 1. Технічна система

Література: [3], с.60-88.

При розгляді питань цієї лекції слід враховувати те, що процес створення об'єктів сучасної техніки - це складний багатогранний і багатоетапний процес пошуку, прийняття й реалізації в натурних зразках, на основі відповідних теорій, усієї необхідної сукупності організаційних, проектно-конструкторських, виробничо-технологічних, експлуатаційних та інших рішень по розробці, виробництві, експлуатації й цільовому застосуванню нових або вдосконалених об'єктів.

Системою - ми називаємо сукупність, утворену (і впорядковану за певними правилами) з кінцевої безлічі елементів. При цьому між елементами системи існують певні відносини. Можливі також системи, що включають ізольовані елементи (або групи елементів), які не мають відносин з іншими елементами системи.

Елемент і система є відносними поняттями. **Елемент** може одночасно бути системою менших елементів, а система, у свою чергу, може бути елементом деякої більшої системи. Наприклад, деяка машина - це система, утворена своїми елементами, і в той же час ця машина може бути елементом деякого підприємства. Система може бути розділена на підсистеми різної складності. Об'єктом розгляду для конструктора є машини, для проектувальника - навіть підприємства.

На відміну від цього, наприклад, матеріалознавець свої дослідження проводить на рівні молекул як елементів системи (матеріалу).

Поняття **структура (Str)** - характеризує внутрішню організацію, порядок побудови системи. Таким чином, структура - це сукупність елементів і відносин між ними.

Функціонування системи задається її структурою. Відносно замкнена система із заданою структурою функціонує однозначно, тобто її структура повністю визначає спосіб функціонування. З іншого боку, функціонування не визначає структуру однозначно. Та сама функція може бути реалізована різними структурами.

Оточення (навколишнє середовище, *Umg*) теоретично включає все, що не входить у дану систему. Практично ж ми обмежимося оточенням, що складаються із систем, які включають хоча б один елемент, вихід якого є в той же час входом деякого елемента системи, або елемент, вхід якого є одночасно виходом деякого елемента системи.

Таке "безпосереднє" оточення буде називатися **реальним оточенням**. Повне оточення системи включає наступні складові частини: геосферу, атмосферу, біосферу (включаючи людей), техносферу й астросферу.

Вхід (In) представляє зовнішнє відношення, "навколишнє середовище - система". Вхідна величина може бути залежно від виду системи дією, зв'язком (відношенням) або параметром стану об'єкта дії (операнду). Сукупність усіх входів становить узагальнений вхід (який може бути представлений як вектор окремих входів).

Вихід (Ou) представляє зовнішнє відношення "система - навколишнє середовище". Вихідна величина може бути залежно від виду системи дією, зв'язком або параметром стану операнду. Сукупність усіх виходів може бути зведена до узагальненого виходу (вектору виходу). Вихід системи є безліччю виходів усіх елементів, які не є входами інших елементів системи.

Вхідна й вихідна величини є єдиними зв'язками системи з навколишнім середовищем. Входи й виходи включають усі види зв'язків з навколишнім середовищем; бажані й небажані (перешкоди), зв'язки матеріального (S), енергетичного (En) і інформаційного (I) характеру.

Модель, представлена на рис. 2.1, наочно ілюструє наведені вище визначення та їх взаємозв'язки. Кожна система, її елементи й відносини мають властивості E, властиві цій системі й точно визначальними, такими як розміри, маса, швидкість, форма, стабільність, а та-

кож технологічність, транспортабельність і особливо здатність щонебудь робити, тобто функціонувати. Властивістю є всяка істотна ознака об'єкта.

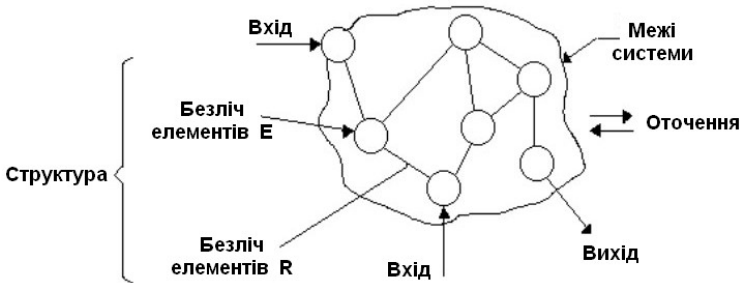


Рисунок 2.1 – Модель системи

Об'єктів без властивостей не існує. Однак ступінь втілення цих властивостей може бути різною. Для сукупної характеристики об'єкта, наприклад, при його оцінці, вибирають істотні властивості цього об'єкта. У цих випадках говорять про приватну, узагальнену й сукупні оцінки, узагальненій якості або цінності. Для одержання сукупної оцінки необхідно виміряти окремі властивості, а частки оцінки перетворити в узагальнені.

Сукупність значень властивостей системи в певний момент часу називається станом системи. Аналогічно якості, стан системи можна визначити вектором, що має у якості компонентів окремі властивості. При визначенні якості або стану абстрагують від більшої частини несуттєві або ті властивості, що не представляють інтересу.

Два стани системи можуть бути однаковими або різними. Відмінність між станами називається їхньою різницею. Різниця виникає при переході системи з одного стану в інший. Різниця може бути диференціальною (коли має місце безперервний перехід до наступного стану) або дискретною.

Питання для самоперевірки

1. В чому полягає значимість загальної теорії створення сучасної техніки?
2. Хто був засновником наукової школи в області теорії механізмів і машин у Радянському Союзі?
3. Що таке системний підхід?

4. З чого складається системний підхід?
5. Що таке система?
6. Що таке технічна система?
7. Дайте визначення термінів "ціль" та "поведінка".
8. Чим визначається функціонування системи?
9. Що представляє собою "Вхід"?
10. Що входить до складу "оточення"?

2.4.2 Тема 2. Еволюція технічних систем

Література: [3], с.179-194.

При розгляді цієї теми

Розбираючи цю тему слід звернути увагу на те що характерним прикладом складної технічної системи є як раз легковий автомобіль, історія розвитку конструкції якого представлена на рис. 2.2.

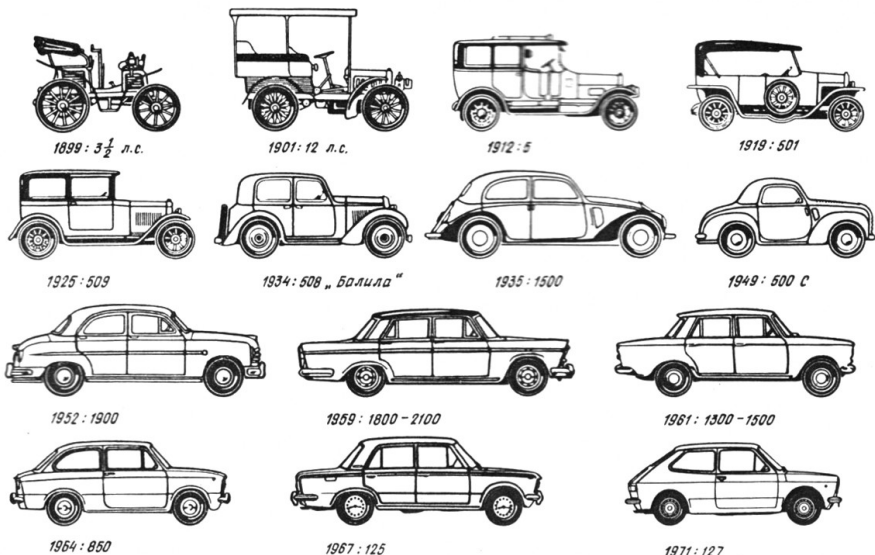


Рисунок 2.2 – Стадії розвитку автомобіля FIAT

Видно, що його форми мінялися в напрямку більшої зручності й

обтічності. У той же час еволюція наприклад дизельного двигуна характеризується більшою мірою зменшенням розмірів, маси й ціни. Хоча автомобіль залишився автомобілем і дизель - дизелем, разом з тим у зв'язку з підвищенням технічного рівня й ростом потреб змінився й ряд їх властивостей. Змінилися не тільки форма й естетичні властивості автомобіля, що легко бачити на малюнку, але також швидкість, потужність, надійність, маса та ін.

Усе це дозволяє ввести поняття "технічний рівень" технічних систем для того або іншого вузького інтервалу часу. Під технічним рівнем розуміється сукупність технічних властивостей - параметрів, що визначають сукупну цінність виробу.

Важливою величиною, яка також сильно змінюється згодом, є еволюція попиту на технічну систему. Для простоти аналізу будемо вважатися, що виробництво технічної системи завжди відповідає попиту на неї.

Як відомо, поряд з новими методами виготовлення, новою сировиною й новими технічними рішеннями, при створенні технічної системи використовується накопичений у минулому досвід. Додаються зусилля до поліпшення властивостей існуючих виробів і створюються нові вироби, які повинні задовольняти зростаючі потреби людей.

З розвитком цивілізації ці потреби змінюються. Якщо раніше людей цікавили в основному лише проблеми підтримки життя, то сьогодні їх потреби часто набагато перевищують життєво необхідні.

Однак змінюються й умови функціонування технічних систем. З розвитком науки й техніки з'являються знання, які дозволяють застосувати нові матеріали, технологічне устаткування й технічні рішення. Ці технічні можливості використовуються повністю лише при сприятливій економічній ситуації. Крім того, необхідна мотивація для спонукання суспільства до вирішення тієї або іншої технічної проблеми. Ця мотивація може впливати або з безумовних потреб суспільства, або зі сфери економіки (наприклад, прагнення до збільшення доходу), або з розвитку науки (наприклад, прагнення до досягнення практичного ефекту від теорії).

Для визначення тенденцій розвитку науки й техніки слід виходити із цілей суспільства. Філософія й соціологія, які займаються з'ясуванням цілей суспільства, звичайно далекі й абстрактні для людей, що займаються технікою. Однак у цей час відповідальність інженерів за розвиток суспільства подібна відповідальності лікарів за здоров'я

людей, так що розв'язок цієї проблеми не можна більше залишати політикам, філософам і соціологам. Учені й інженери, керуючись соціально-моральними нормами, повинні перешкоджати використанню техніки в егоїстичних цілях окремих соціальних груп.

Тенденції розвитку техніки часто формулюються на рівні певних властивостей технічних систем. Визнаними тенденціями розвитку є механізація, автоматизація, електрифікація, комп'ютеризація, використання нових принципів роботи й прогресивних способів виробництва. Механізацію можна визначити як передачу функцій дії від людини машині. Аналогічно цьому автоматизація - це передача функцій керування й контролю від людини машині. Електрифікація, хімізація та ін., означають розширення використання електричних, хімічних і інших явищ для вирішення технічних завдань.

Аналіз цих тенденцій показує, що вони безпосередньо впливають тільки на зниження частки фізичної праці; зв'язок з іншими цілями суспільства проявляється побічно. Зв'язок цих тенденцій із цілями суспільства стане ясніше, якщо ми розглянемо розвиток найважливіших галузей техніки. Для ефективного технічного розвитку недостатньо технічних і економічних можливостей, необхідно також наявність стимулів, що діють як рушійна сила розвитку.

Крім того, без зацікавленості в рішенні не може бути вирішене ніяке завдання. Можна навіть сказати, що тільки тоді, коли комбінація цих трьох факторів - технічного рівня, економічних можливостей і зацікавленості - здобуває потрібну силу, приводиться в рух механізм досліджень і розробок. Коли є переконлива мотивація, вона впливає на технічну й економічну ситуації; з іншого боку, технічний і економічний потенціали полегшують мотивацію технічного розвитку.

Переконливу мотивацію створює економічне й технічне змагання. Так були винайдені парова машина, двигун внутрішнього згоряння, радіо, електрична лампа, реактивний двигун, обчислювальна машина, атомний реактор. Важливо лише, щоб таке змагання мало на меті благо й не переходило в суперництво держав.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть характерні приклади складних технічних систем на яких можна прослідити певні тенденції в розвитку їхніх конструкцій?
2. Як змінюється з часом попит на технічну систему?
3. Що відбувається з тривалістю використання виробів протягом пе-

вного часу?

4. Назвіть фактори еволюційного процесу.
5. Що відбувається з обсягом конструкторських робіт при зростанні вимог до технічних систем?
6. Назвіть основні цілі суспільства.
7. На основі чого формуються тенденції розвитку техніки?
8. Що визначає розвиток галузей техніки?
9. Що характеризують функціонально-обумовлені властивості?
10. Що таке структура?

2.4.3 Тема 3. Класифікація, властивості та оцінювання технічних систем

Література: [3], с.89-152.

При розгляді цієї теми треба звернути увагу на те, що класифікація технічних систем по різних визначальних ознаках вносить досить стрункий порядок у їхню велику безліч і дозволяє краще орієнтуватися. Як наслідок цього з'являється можливість вивчення передового досвіду, що дозволяє часом виявити між досить далекими технічними системами цікаві, досі сховані відносини.

Тому треба для початку розглянути ті аспекти, які беруться до уваги при проведенні класифікації (систематизації) технічних систем, використовуючі характерні приклади.

Властивості та їх загальні відносини вивчаються в природознавстві й техніці, де вони виражаються або формулами, або на словах. Для здійснення необхідної дії конкретної технічної системи загальні відносини часто недостатні. У випадку складних процесів загальні відносини на практиці щораз конкретизують стосовно до наявних умов. Так, наприклад, для поширення тепла є формули переносу тепла теплопровідністю, випромінюванням і конвекцією. Отже слід враховувати надзвичайну складність відносин

Питання для самоперевірки

1. Навіщо потрібна класифікація технічних систем?
2. По яких ознаках можуть бути класифіковані технічні системи?
3. Назвіть загальні ознаки технічної системи.
4. Який матеріал вважається основним для виготовлення технічних

систем?

5. Назвіть основні категорії властивостей технічних систем.
6. Як класифікуються властивості технічних систем по причинному зв'язку?
7. Як класифікуються властивості технічних систем по функціональній залежності?
8. Наведіть приклади відносин між властивостями технічних систем.
9. Які фактори обумовлюють перелік властивостей технічної системи?
10. Навіщо потрібні обмеження?

2.4.4 Тема 4. Етапи створення та використання технічних систем

Література: [3], с.162-178.

Слід пам'ятати що увесь "цикл життя" технічної системи складається із чотирьох етапів: створення, переміщення, використання за призначенням та ліквідація. Кожний із цих етапів містить цілий ряд стадій, операцій і прийомів. Спочатку слід розглянути загальну характеристику окремих процесів і зв'язків між ними, враховуючи вплив рівня складності технічної системи і кількості екземплярів, що виготовляються. Оскільки на стадії підготовки до створення технічної системи, встановлюється принципова можливість і доцільність створення технічної системи й складається технічне завдання для процесу проектування. Сам зміст процесу підготовки сильно залежить від виду й ступеня складності технічної системи, а також пропонованих до неї вимог. А взагалі поділ етапів створення й використання технічної системи на стадії простіше показати у вигляді блок-схеми (рис. 2.3).

При серійному й масовому виробництві завжди прагнуть до раціоналізації процесу виробництва з метою його полегшення й здешевлення. Це особливо важливо при складанні й монтажі, де використовується в основному ручна праця. Механізація цих робіт вимагає від конструктора гарного знання технології.

Тому конструктор технічної системи й особливо конструктор виробничого устаткування повинні добре знати стан і можливості виробництва. Тільки постійний контроль з боку конструктора всіх стадій створення й використання виробу, дозволяє реалізувати всі можливос-

ті закладені в конструкції технічної системи.



Рисунок 2.3 - Спрощена блок-схема стадій створення й використання технічної системи серійного виробництва

Технічні системи одиничного виготовлення звичайно великі по масштабах або мають унікальні властивості. Такі технічні системи висувають підвищені вимоги до конструкторського процесу. Концепція й конструктивна схема розробленої системи обов'язково повинні бути вдалими. Якщо необхідні властивості технічної системи одержати відразу не вдається, то доробки повинні бути по можливості незначними, для того щоб не торкатися концепції й конструктивної схеми системи. Часто функціональні випробування такої технічної системи проводяться на місці монтажу у користувача, а у виготовлювача можуть перевірятися тільки підфункції системи й функції її вузлів.

Особняком стоять технічні системи, які повинні задовольняти спеціальним вимогам замовника, а їх функціонування та інші властивості вже відомі й не містять у собі для виготовлення ніякого ризику. Проте виготовлювач повинен виявити увагу до конструкторських доробок і старанність у виробництві, щоб уникнути неприємностей.

Питання для самоперевірки

1. З яких етапів складається життєвий цикл технічної системи?
2. На які рівні за рівнем складності розділяють технічні системи?
3. На якому етапі складається технічне завдання?
4. Яка мета проведення пошукових досліджень?
5. Навіщо потрібні експериментальні дослідження?
6. Які операції охоплює стадія проектування?
7. Що відбувається на стадії виготовлення?
8. Що роблять із технічною системою коли вона перестає відповідати пропонованим до неї вимогам?
9. Для чого проводиться виготовлення зразків настановної серії?
10. Чим завершується етап створення технічної системи?

2.4.5 Тема 5. Роль випробувань в процесі проектування та створення технічних систем

Література: [1], с.19-47.

При розгляді цієї теми слід пам'ятати, що роль і значення випробувань у процесі створення складних технічних систем, можна зрозуміти тільки розглянувши весь життєвий цикл виробу, яким і є така складна технічна система, як сучасний автомобіль.

В той же час створення великих і складних технічних систем, нерозривно пов'язане з удосконалюванням і розвитком методів забезпечення необхідного рівня їх безпеки й надійності, починаючи від розробки технічних вимог, технічних умов на проектування й виробництво й закінчуючи їх комплексними випробуваннями й експлуатацією.

Питання для самоперевірки

1. Що таке життєвий цикл виробу?
2. Назвіть основні етапи життєвого циклу.
3. Які роботи виконуються на етапі проектування виробу?
4. З чого складається етап серійного виробництва?
5. Як використовується інформація одержана під час етапу експлуатації виробу?
6. Що забезпечує дослідне виробництво?
7. Для чого потрібні експериментальні дослідження?

8. Коли проводять динамічні випробування?
9. Що показують дані випробувань?
10. Які види контрольно-вибіркових випробувань ви можете назвати?

2.4.6 Тема 6. Основні поняття та класифікація контролю і випробувань складних технічних систем

Література: [3], с.48-91.

При будь-яких випробуваннях повинні бути встановлені характеристики властивостей продукції (об'єкта випробувань), тобто параметри або (і) показники якості: призначення, надійності, ергономічні, технологічні, екологічні, безпеки та ін. Номенклатура показників якості продукції детально представлена в ГОСТ 22851. При цьому розрізняють два види параметрів і показників якості об'єкта випробувань:

- вимірювані - фізичні величини й похідні від них;
- невимірювані (наприклад, щільність компонування, зручність користування, раціональність форми та ін.).

Вимірюваними, контрольованими й керованими є параметри наступних видів: температура й тепло, тиск і вакуум, вологість, лінійні й кутові, світлові й оптичні, акустичні, електричні й магнітні, електромагнітні й радіотехнічні; рівень, обсяг, витрата, склад і концентрація фізико-хімічних властивостей речовини; сила, маса, швидкість і прискорення; іонізуюче випромінювання; аеродинамічні й комбіновані параметри та ін. (див. ГОСТ 26001).

Питання для самоперевірки

1. Що таке випробування?
2. Які показники повинні бути встановлені при випробуваннях?
3. Які параметри вимірюють під час випробувань?
4. Що є об'єктом технічного контролю?
5. Як пов'язані між собою вимірювання, контроль та випробування?
6. Що таке вимірювання?
7. Як класифікуються процедури контролю?
8. Як класифікуються випробування?
9. Як класифікують процедури контролю по стадіях виробничого процесу?

10. Як можна розділити процедури технічного контролю по використуваних засобах?

2.4.7 Тема 7. Дослідження складних технічних систем з використанням моделей

Література: [1], с.120-180.

Сьогодні моделювання є невід'ємним елементом процесу створення будь-якої складної технічної системи (СТС). Спочатку методи моделювання одержали широке поширення при вирішенні порівняно нескладних завдань. З появою складних систем роль моделювання при оцінці параметрів досліджуваних процесів суттєво зросла. Це пояснюється особливостями досліджуваних об'єктів, що впливають зі складності функціональних зв'язків між параметрами системи, що змінюються умовами зовнішнього середовища й оцінюваними показниками.

Звичайно при моделюванні СТС стикаються із ситуацією, коли досліджувані процеси в системі й умови зовнішнього середовища мають імовірнісний характер, велике число факторів, що впливають на оцінювані показники, оцінки шуканих параметрів потрібно одержати для широкого діапазону змін умов функціонування системи.

Моделювання (як метод досліджень) широко застосовується не тільки при підготовці технічних пропозицій і формуванні технічних вимог до створюваного зразка, але й на етапах ескізного й технічного проектування, при відпрацьовуванні зразків у замкнених системах, у складі яких передбачається їхнє використання, а також на етапі різних видів натурних випробувань, що визначають характеристики об'єктів, їх опрацьованість і можливість переходу від даного етапу випробувань до наступного або слугують підставою для передачі об'єктів у серійне виробництво.

У відповідності з усталеною практикою, звичайно застосовують три основні види моделювання: математичне, напівнатурне й фізичне.

Кінцевою метою математичного моделювання є одержання необхідної точності оцінок обраних кількісних показників. Найбільше поширення при цьому моделюванні одержали методи статистичних випробувань, еквівалентних збурювань і інтерполяційний метод, що представляють собою прямі методи розрахунків імовірнісних характеристик систем. При цьому оцінки розраховуються в один етап без об-

ліку результатів попереднього моделювання. У дійсності ж між оцінками, знайденими на різних етапах моделювання, існує певна статистична залежність, облік якої в багатьох випадках дозволяє суттєво скоротити число експериментів.

Питання для самоперевірки

1. Коли і де застосовується математичне моделювання?
2. Яка кінцева мета математичного моделювання?
3. Які задачі вирішуються методами моделювання?
4. Коли застосовується напівнатурне моделювання?
5. Для чого потрібно фізичне моделювання?
6. З чого починається моделювання?
7. Розкажіть процес проведення випробувань за допомогою моделей.
8. Де і для яких цілей використовуються результати моделювання?
9. Які вимоги пред'являються до фізичної моделі?
10. Що необхідно враховувати при аналізі результатів випробувань фізичних моделей?

Змістовий модуль 2. Експериментальні дослідження, випробування та сертифікація складних технічних систем.

2.4.8 Тема 8. Експериментальні дослідження складних технічних систем

Література: [2], с.8-38.

Розбираючи цю тему зверніть увагу на наступні питання. Випробування машин – це різновид експериментального наукового дослідження, що дозволяє вивчити якісно й оцінити кількісно нові або вдосконалені машини без зміни їх конструкційних параметрів у тих виробничих умовах, для яких вони створені.

Експериментальні дослідження на відміну від випробувань проводяться з метою зміни конструктивних параметрів машини залежно від їхнього призначення й застосування. Надалі ми будемо користуватися терміном дослідження.

У процесі їх проведення дослідник одержує інформацію про фізичні процеси, що протікають при роботі технічної системи при різних умовах експлуатації у відносно короткий термін з наступною їх-

ньою перевіркою на відтворюваність і обґрунтованість.

Але, при організації проведення, наприклад, випробувань сільськогосподарської техніки, необхідно враховувати особливості структури й умов протікання робочих процесів та їх елементів, до основних особливостей яких можуть бути віднесені їхня статистична сутність і різна залежність фізичної природи.

Будь-яке дослідження сприяє вдосконаленню технічного й технологічного стану технічної системи та її переходу на більш високий рівень. У методології науки виділяють два рівні пізнання - емпіричний і теоретичний. При емпіричному рівні опираються на спостереження, експеримент, групування, класифікацію й наступний аналіз результатів експерименту. При теоретичному рівні розглядаються побудова й розвиток наукових гіпотез і теорій.

Однак, організація проведення випробувань і експериментальних досліджень заснована на виконанні логічно взаємозалежних етапів робіт. У дослідницькій роботі методи, прийоми, самі об'єкти досліджень та їх терміни творчої роботи змінюються дуже часто. Для забезпечення сучасного технічного рівня й конкурентоспроможності техніки й технологій, які розробляються й впроваджуються у виробництво, необхідна їхня інтенсифікація в плані проведення патентних досліджень на всіх етапах виконання цих наукових праць.

Патентні дослідження є основою для правильного вибору напрямку, у якому необхідно вести пошук оригінальних розв'язків науково-технічних завдань.

Порядок виконання таких робіт регламентований ГОСТ 33575-97. Він включає визначення предмета пошуку, країн для пошуку інформації, видів інформаційних джерел, класифікації предметів пошуку, необхідної глибини пошуку по країнах і джерелах інформації й складання відповідного документа у вигляді звіту про патентний пошук.

Питання для самоперевірки

1. Для чого застосовується випробування машин?
2. Чим визначаються напрямки досліджень складних технічних систем?
3. Які два рівні пізнання виділяють у методології наукових досліджень?
4. Назвіть основні етапи робіт при проведенні випробувань та експериментальних досліджень.

5. Які раціональні варіанти організації експериментальних досліджень ви можете назвати?
6. Що є метою експерименту?
7. Як класифікуються експериментальні дослідження?
8. Що таке методика експерименту?
9. Навіщо потрібне планування експерименту?
10. Що таке факторний простір?

2.4.9 Тема 9. Випробування складних технічних систем

Література: [2], с.39-98.

Види випробувань колісних і гусеничних машин класифікуються по таких ознаках, як: ціль випробувань, рівень проведення, періодичність, номенклатура оцінюваних властивостей, тривалість і ступінь інтенсифікації, застосовуване встаткування, місце проведення й види зовнішнього впливу.

Сукупність випробувань на різних етапах життєвого циклу конструкції - розробки, виробництва, експлуатації - становить систему випробувань. Усі види випробувань можуть бути: нормальними, прискореними, форсованими, скороченими залежно від складних вимог до строків і вартості їх проведення.

Вони включають стендові дослідження агрегатів і повнокомплектних машин, лабораторні й полігонні (польові) випробування на спеціальному устаткуванні й спорудженнях. Відповідно до встановлених при їхній організації цілей, допускається сполучення випробувань різних видів (категорій), наприклад, доводочних з попередніми, кваліфікаційних із приймальними й т.п.

Випробування на стендах відрізняються від інших видів випробувань (полігонних, польових, експлуатаційних) високою стабільністю заданих й підтримуваних впливаючих факторів (умов навантаження, температури, вологості, запиленості) точністю їх регулювання, можливостями поглиблених спостережень за робочими процесами, у тому числі й у важкодоступних зонах, підвищеною точністю виміру й реєстрації параметрів. На стендах може бути отримана інформація, яку не можуть дати ніякі інші випробування, наприклад, показники міцності деталей, індикаторна потужність та ін.

Стендові випробування повнокомплектних автомобілів прово-

дяться головним чином для комплексної оцінки характеристик машин, ґрунтуючись на принципі оборотності руху в системі "машина - опорна поверхня".

Такі випробування в значній мірі наближаються до випробувань у реальних умовах експлуатації й служать не тільки для оцінки конструктивних і експлуатаційних характеристик, але й для складання оптимальних програм іспитових робіт, з урахуванням забезпечення необхідної повноти й вірогідності одержуваної експериментальної інформації, з одного боку, і мінімальних витрат праці, часу й матеріальних ресурсів - з іншого.

На стендах досліджуються параметри надійності (в основному безвідмовність і довговічність), тягово-швидкісні характеристики (рис. 2.6), паливна економічність машин, температурні режими окремих вузлів і агрегатів, особливості взаємодії коліс із опорною поверхнею та інші властивості. Крім того, імітуються перехідні несталі режими руху (наприклад, розгін і накат) при установці в приводах стендів інерційних мас.



Рисунок 2.4 - Процес вимірювання тягово-швидкісних характеристик автомобіля на роликовому стенді

На стендах для випробувань повнокомплектних автомобілів (у базовій комплектації або в агрегатованому варіанті) їх ведучі колеса встановлюються на обертові круглі котки (барабани або ролики), а

кузов утримується від зсуву щодо нерухливої основи розчалуваннями (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 - Установлення системи відводу відпрацьованих газів

Динамічні стендові випробування кузовів, кабін і комплектних машин є основним способом оцінки пасивної безпеки. При цьому імітуються перекидання, лобове зіткнення, наїзди позаду або збоку. Використовуються стенди, що здійснюють розгін випробуваного об'єкта і його наїзд із заданою швидкістю на масивну перешкоду (рис. 2.6) під різними кутами (стенди-катапульти), а також стенди з масивним маятником (копрові стенди) для ударних навантажень у певні місця конструкції. Наприклад, удар попереду по верхньому куту кабіни імітує падіння машини з укусу, удар збоку по верхньому куту кабіни імітує перекидання машини в кювет, удар по задній стінці - вплив незакріпленого вантажу при різкій зупинці.

Схожими методами випробовуються на стендах силові каркаси кузовів, бампери, оперення. Застосовується також динамічне локальне навантаження на окремих ділянках конструкції за допомогою різних вібраторів спрямованого впливу для оцінки частоти власних коливань і частотних резонансів окремих деталей і зчленувань.

Під час динамічних стендових випробувань використовуються

спеціальні посадкові тривимірні манекени, які розміщуються або безпосередньо у салоні випробованого автомобіля, або на спеціальних окремих стендах для перевірки систем індивідуального захисту (2.7).



Рисунок 2.6 - Процес випробування автомобіля на фронтальний удар



Рисунок 2.7 - Манекен для випробування систем індивідуального захисту дітей в автомобілі

В стаціонарних умовах на спеціальному стенді, із поступово збільшуваним кутом ухилу визначають кут поперечної (або бічної) стійкості автомобіля (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 - Визначення кута поперечної (бічної) стійкості на стенді

В момент досягнення колісною машиною хиткої рівноваги, тобто початку бічного перекидання, рух платформи припиняється, і вимірюється кут нахилу в градусах. Щоб уникнути перекидання й пошкодження автомобіля, при випробуваннях застосовують запобіжні пристрої у вигляді тросів (рис. 2.8) та спеціальних упорів. Один кінець троса кріпиться до випробовуваної машини, а інший до рами платформи.

Випробування шин на стендах проводяться для визначення геометричних параметрів (радіусів: вільного, статичного, динамічного й кочення, площі контакту з опорною поверхнею по виступах малюнка протектора, по контуру відбитка), силових параметрів (характеристик пружності й демпфірування при навантаженні, нормальною, бічною і окружною силами, характеристик бічного відведення, зчіпних властивостей, довговічності по зношуванню протектора й розшаруванню каркаса), а також характеристик, що визначають взаємодію шин з опорною поверхнею.

Перед випробуваннями шини зважуються, обмірюються, включаючи глибину протектора, і ретельно балансуються (рис. 2.9). Характеристики пружності й демпфірування визначаються на стендах у режимах квазістатичного й динамічного навантаження.



Рисунок 2.9 - Замір глибини протектора шини

Ходові (натурні) випробування.

Лабораторно-дорожні випробування охоплюють завдання дослідної оцінки номінальних параметрів і показників експлуатаційних властивостей в умовах впливу зовнішніх факторів. Оцінювані показники й властивості можуть визначатися на спеціальних майданчиках і дорогах, обладнаних ділянках місцевості, у басейнах та інших спорудженнях що імітують умови експлуатації. Підготовка до ходових випробувань включає завантаження випробуваної машини передбаченим ТУ вантажем, зчленування з робочими знаряддями й підготовленими об'єктами тяги, тобто причепами (рис. 9.21).



Рисунок 2.10 - Поворот з переходом на кругову траєкторію

Основний зміст найбільш відповідальної й інформативної частини випробувань становить пробіг по заданих дорогах, ділянках місцевості при різних навантаженнях (у тому числі тягової), виконання робочих операцій у заданих умовах і обсязі, а також передбачене технічне обслуговування. Умови випробувань нормуються довжиною пробігу, розбивкою його по типах доріг (рис. 2.11 – 2.13), режимам руху, обсягами експлуатаційно-технологічних операцій. Експлуата-

ційні випробування проводяться спеціально підготовленим персоналом. При цьому здійснюється регулярний контроль і облік наробітку в різних умовах, обсягів виконаних робіт відповідно до призначення машини, реєстрація й аналіз відмов, несправностей і перерахування заходів щодо їхнього усунення.



Рисунок 2.11 – Позашляхові випробування прохідності



Рисунок 2.12 – Випробування на подолання водневої штучної перешкоди



Рисунок 2.13 – Спеціальна ділянка дороги з гравієм

Тягово-швидкісні властивості визначають здатність автомобіля досягати найбільшу швидкість руху на окремих ділянках шляху й середню швидкість на маршруті в заданих дорожніх умовах. Ця здатність залежить від тягових і гальмових характеристик автомобіля, від параметрів підвіски, від керованості й стійкості, від кваліфікації водія й багатьох інших факторів, але в загальному випадку можна вважати, що середня швидкість при змінному режимі руху визначається максимальною швидкістю руху, інтенсивністю розгону, тобто приємістістю, тяговими й гальмовими параметрами.

Максимальна швидкість автомобіля визначається на вищій передачі в коробці передач при розгоні до досягнення максимальної швидкості що встановилася, при в'їзді на вимірювальну ділянку. Розгін і проходження мірної ділянки проводиться при повній подачі палива. Як правило, випробування проводяться на автополігоні, де на прямій, рівній (без поздовжніх і бічних ухилів) 5-ти кілометровій дорозі, у центрі якої розташована мірна ділянка довжиною в 1 км, при відсутності поздовжнього й бічного вітру проводиться вимір часу проходження цієї мірної ділянки. Для визначення шляху, часу й шви-

джості розгону автомобіля застосовуються різні прилади, серед яких традиційним є прилад "п'яте колесо", який шарнірно кріпиться позаду (рис.2.14), рідше збоку до автомобіля й дозволяє записувати ці параметри.



Рисунок 2.14 – Установлення "п'ятого колеса" на "Газель"

Випробування на увод й занос колісної машини на повороті.

Сукупність якостей, що забезпечують відповідність дійсного напрямку руху заданому кермом, визначає керованість колісної машини. Причинами, що викликають відхилення від прямолінійного руху, можуть бути зовнішні фактори: поперечний ухил дороги нерівності дороги бічний вітер фактори, обумовлені конструкцією й станом машини неоднаковість тиску в шинах неправильна установка коліс наявність зазорів у кермовому приводі невідповідність коліс перекіс осей коліс у горизонтальній площині, викликаний різним прогином правої й лівої підвіски, фактори руху бічний вітер відцентрові сили на повороті. При русі машини по дорозі (а всі дороги мають нерівності) площина обертання коліс може змінюватися залежно від кінематики підвіски. Виникаючий при цьому гіроскопічний ефект буде прагнути повернути керовані колеса.

Невідповідність кінематики кермового привода й підвіски при реальній деформації пружних елементів також може викликати кутові коливання керованих коліс. У тих випадках, коли прогин пружних елементів підвіски супроводжується зміною кутів нахилу шворнів у поздовжній і поперечній площинах, порушується стабілізація керова-

них коліс при русі. Машина внаслідок бічної еластичності шин може почати рух під кутом до заданого напрямку. Цей кут називається кутом бічного відведення. Оцінка керованості машини проводиться тільки дорожніми випробуваннями. У цьому випадку звичайно визначаються:

- бічні сили (бічні реакції на колесах);
- амплітуди й частоти кутових коливань керованих коліс навколо шворнів;
- сумарний кут повороту кермового колеса, необхідний для підтримки прямолінійного руху на ділянці шляху;
- кути відведення передньої й задньої осей.

У цих випробуваннях для запису динамічних параметрів руху може використовуватися спеціальний вимірювальний комплекс, як наприклад Corsys Datron, що дозволяє визначати до 25 параметрів руху автомобіля. Основними приладами такого комплексу є: датчик швидкості й уводу, датчик коливань колеса, вимірювальне кермо, двохкоординатний безконтактний вимірювач швидкості й кута положення кузова; вимірник положення колеса по осях X, Y, Z; кут повороту (рис. 2.15), кут нахилу, вимірювач гальмівного зусилля та інші пристрої.



Рисунок 2.15 – Вимірювальний комплекс із датчиком положення колеса

Випробування автомобілів на керованість.

У результаті випробувань визначаються параметри, що характеризують керованість системи "автомобіль - водій", і знаходять характеристики автомобіля, що виявляють вплив на його керованість. Керованість системи "автомобіль - водій" - це здатність автомобіля, керованого водієм, зберігати заданий напрямок руху або змінювати його за бажанням водія впливом на рульове керування в певних дорожніх умовах.

Керованість автомобіля тісно пов'язана зі стійкістю, тому що чим вище стійкість, тим більше наближається фактична траєкторія руху автомобіля до траєкторії, що задається водієм. Тому при випробуваннях визначають показники, що характеризують стійкість по перекиданню, курсову стійкість, тобто здатність зберігати заданий напрямок руху й бічну стійкість, яка характеризує бічні зсуви при русі.

Показники керованості й стійкості визначаються при русі автомобіля як у нормальних експлуатаційних умовах, так і по розмічених траєкторіях на спеціальних майданчиках. Випробуванням піддають автомобілі, параметри яких відповідають технічним умовам при повній їхній масі. Попередньо обов'язково перевіряються кути установки керованих коліс, зазори в рульовому керуванні, тиск повітря в шинах, зношування протектора шин, який не повинен перевищувати 30 % його первісної висоти. Довжина ділянок повинна становити 500 м при русі зі швидкостями 10...30 км/год і 1000 м при більших швидкостях.

Під час випробувань визначається комплекс показників, що характеризують керованість і стійкість автомобіля: бічні відхилення автомобіля, коливання курсового кута, крени та коливання кузова автомобіля, чутливість автомобіля до керування, стабілізація положення керованих коліс, величини зусиль на кермовому колесі та ін. (рис. 2.16-2.17).



Рисунок 2.16 - Випробування автомобіля на керованість на мокрому асфальті (поперечне аквапланування)



Рисунок 2.17 - Використання направляючої рейки для випробувань на керованість на мокрому асфальті

Однією з характеристик керованості автомобіля є, гранична швидкість його руху по окружності на горизонтальній поверхні з малим коефіцієнтом зчеплення. Стійкість автомобіля характеризується граничною швидкістю руху передньої осі по окружності (основний параметр) і відцентрове прискорення, при якому відбувається занос однієї з осей автомобіля (допоміжний параметр) рис. 2.18.

Під час випробувань автомобіль рухається по окружності радіусом 15 м на горизонтальному майданчику, щільно та постійно покритому шаром води за допомогою гумових шлангів (рис. 2.18), або льодом у зимовий період року.

При цьому випробуванні водій веде автомобіль переднім лівим колесом по окружності, поступово збільшуючи швидкість до початку заносу, причому збільшення швидкості при проходженні одного кола не повинне бути більш 1-1,5 км/год. Перед початком заносу проводиться безперервний запис кутової швидкості поздовжньої осі автомобіля або кута повороту й часу.

Легкість керування автомобілем оцінюється по величині зусиль на ободі кермового колеса при повороті керованих коліс на місці, при русі по траєкторії "вісімка" і при переїзді перешкод. Випробування

проводяться на горизонтальному асфальтобетонному майданчику в сухому стані. Повороти на місці проводяться вправо й уліво до упору в обмежники. При наявності підсилювача кермового привода випробування проводяться при працюючому двигуні.



Рисунок 2.18 - Рух автомобіля по окружності на горизонтальній поверхні з малим коефіцієнтом зчеплення

Випробування автомобілів на маневреність.

Маневреність - це здатність автомобіля або автопоїзда робити повороти й розвороти на мінімальній площі. При випробуваннях на маневреність визначаються: радіуси повороту габаритні радіуси повороту ширина смуги, на якій відбувається поворот (для автопоїздів) величина зсуву осі причепа щодо осі тягача здатність автопоїзда рухатися заднім ходом по заданій траєкторії. Випробування проводяться на рівному горизонтальному майданчику із твердим покриттям. Автомобіль рухається з мінімально можливою швидкістю по колу з поверненими до упору в обмежники керованими колесами.

Автомобіль проїжджає повне коло, після чого вимірюється діаметр кола по осевій лінії сліду переднього зовнішнього колеса.

Для виміру габаритних радіусів повороту вимірюється відстань

від осі сліду переднього зовнішнього колеса до висків, укріплених на автомобілі у двох точках - найбільш наближених до центру повороту й найбільш віддалених від нього.

При випробуваннях на маневреність фіксуються виключення перекидання й заносу, точна й швидка реакція автомобіля на поворот кермового колеса, відповідність кута повороту кермового колеса куту повороту керованих коліс і зворотний зв'язок між зусиллям на кермовому колесі й бічними реакціями на керованих колесах.

Методи випробувань і оцінні параметри ґрунтуються на діючих нормативних документах (РД 37.001.005-86 "Методи випробувань і оцінки стійкості керування автотранспортними засобами" і ОСТ 37.001.471-88 "Керованість і стійкість автотранспортних засобів. Методи випробувань"). Випробування, проведені відповідно до цих нормативних документів, дозволяють зафіксувати забезпечення норм керованості й стійкості, що необхідно при сертифікації моделей, що випускаються. Найменші радіуси повороту переднього зовнішнього колеса й габаритні радіуси повороту (зовнішній і внутрішній), що характеризують ширину проїзду автопоїзда з напівпричепом, визначаються при повороті вправо й уліво.

Слід урахувати, що крім перерахованих випробувань часто використовуються органолептичні оцінки, що виставляються по п'ятибальній системі у вигляді комплексної оцінки стійкості керування траєкторією руху, курсової стійкості, стійкості проти заносу й перекидання.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть види випробувань.
2. Як класифікуються стендові випробування?
3. Які показники визначають при стендових випробуваннях двигунів?
4. Назвіть показники які визначають при стендових випробуваннях трансмісій.
5. Які процеси включають в себе випробування зчеплень?
6. Як проводяться випробування механічних коробок передач?
7. Які параметри досліджують при випробуванні автоматичних коробок передач?
8. Що досліджують при випробуваннях карданних передач?
9. Як випробовують ведучі мости автомобілів?

10. Які види навантажень використовують для визначення довговічності півосей?

2.4.10 Тема 10. Технічні засоби для проведення випробувань та досліджень технічних систем

Література: [2], с.99-132.

Особливе місце при проведенні випробувань і досліджень займають датчики. Вони призначені для збору первинної інформації про контрольовані процеси з наступною їх обробкою. Практично у всіх датчиків, що випускаються промисловістю, вихідний сигнал відрізняється від уніфікованого вихідного сигналу сучасних засобів аналого-цифрового перетворення.

Крім цього датчики різних величин можуть суттєво відрізнятися по своїх вихідних електричних характеристиках, що висуває певні вимоги до відповідних пристроїв нормалізації сигналів: коефіцієнтам перетворення корисного сигналу й придушення перешкод, схемам вхідного ланцюга, вузлам компенсації впливу неінформативних параметрів. Створення пристроїв нормалізації сигналів датчиків вирішується індивідуально для конкретного їхнього типу: датчиків сили, тиску, термодатчиків, напівпровідникових перетворювачів та ін. Не завжди є можливість підключення всіх існуючих датчиків.

Тому велику роль відіграють також окремі функціональні вузли пристроїв нормалізації, що випускаються промисловістю у вигляді конструктивно закінчених приладів: вимірювальні й ізолюючі підсилювачі, перетворювачі "напруга - частота й напруга - струм", оптоелектронні перетворювачі та ін.

Завдяки широкому використанню напівпровідникових матеріалів для створення чутливих елементів датчиків стали широко впроваджуватися, так звані інтегровані структури датчик-пристрій нормалізації, коли датчик і пристрій нормалізації виконуються у вигляді одного кристала або гібридної мікросхеми. Наявність нормалізованого сигналу на виході датчика дозволяє подавати його безпосередньо на вхід стандартного пристрою аналого-цифрового перетворювача.

Питання для самоперевірки

1. Як класифікують мікроелектронні датчики?

2. Яку інформацію надають датчики положення?
3. Як класифікуються волоконно-оптичні датчики?
4. На якому принципі засновані датчики лінійних переміщень?
5. Як класифікують витратоміри?
6. На якому принципі засновані датчики тиску?
7. Які параметри дозволяють визначати статичні витратоміри?
8. Де застосовують датчики початку контрольованих процесів?
9. Для чого потрібні тактильні датчики?
10. Яке призначення підсилювачів?

2.4.11 Тема 11. Проведення технічних вимірювань при випробуваннях та дослідженнях технічних систем

Література: [2], с.133-178.

При розгляді цієї теми треба звернути увагу на те, що метою експерименту є пошук параметрів фізичних явищ, властивості (фізичні величини) яких можна прямо або побічно виміряти, використовуючи засоби вимірів. У результаті обробки кількісних значень фізичних величин виявляються закони, що зв'язують ці величини у вигляді функціоналів або рівнянь різного виду.

Фізичні величини діляться на основні, які не зводяться одна до іншої й похідні, які визначаються рівняннями, що містять основні фізичні величини. Фізичні величини вимірюються в системі SI - Міжнародній системі одиниць (Système International d 'Unités) прийнятій у 1960 році (російською мовою – СИ).

Система SI містить у собі 7 основних одиниць: довжини – метр, маси – кілограм, часу – секунда, сили електричного струму - ампер, термодинамічної температури – кельвін, сили світла – кандела, кількості речовини – моль. Усі ці величини характеризуються кінцевою точністю й пов'язані з фундаментальними постійними.

Якщо при розрахунках значення усіх величин виражені в одиницях СИ, у формули непотрібно вводити переводні коефіцієнти, що залежать від вибору одиниць.

Існують різноманітні методи виміру зношування від найпростіших, коли звичайними засобами роблять вимір розмірів деталей що зношуються, до методів, що використовують ядерно-фізичні процеси.

Область застосування тих або інших методів виміру зношування визначають:

- поставлена мета дослідження;
- необхідна точність виміру;
- можливість виміру малих зношень;
- час, необхідний для виміру зношування;
- можливість виміру зношування в умовах експлуатації без розбирання, а в ряді випадків без зупинки машини;
- витрати часу й засобів, необхідних для всього циклу підготовки, здійснення й обробки результатів виміру.

Найбільш доцільні диференціальні методи, які дозволяють визначити розподіл зношування по всій поверхні тертя й оцінити той вплив, який виявляє нерівномірність зношування на вихідні параметри виробу. У ряді випадків застосовуються методи оцінки зношування по вихідних параметрах виробу або сполучення.

Вимір величини зношування по втраті ваги або обсягу деталі застосовується, як правило, при дослідженні зразків і непридатний для більшості деталей машини. Оцінку зношування по зміні вихідних параметрів сполучення дає лише непряма уява про величину зношування.

Вивчення будь-якого натурального явища, що протікає в машині дуже трудомісткий процес, що робить експериментальне дослідження, не тільки складним, а часом і неможливим. Тому його проводять на модельній системі, властивості якої можна легко міняти, змінюючи граничні умови, тобто скористатися законами подоби.

Експериментальні дослідження є невід'ємною частиною будь-якої науково-дослідної роботи. При їх проведенні реєструються різні факти протікаючих процесів і подій штучного й природнього походження.

Джерелами експериментальних даних є:

- результати спостереження за реальними об'єктами й процесами що протікають у них, які можуть проводитися в ході випробувань або в ході звичайної експлуатації;
- результати моделювання об'єктів (у першу чергу імітаційного моделювання);
- технічні, економічні, наукові звіти й огляди, що публікуються у різних виданнях, наприклад, відомості про результати випробувань або про характеристики однотипних пристроїв

- різних виробників;
- результати опитувань фахівців та інші джерела.

Обробка експериментальних даних, одержуваних від різних джерел, є типовою (стандартною), тому одна методика може застосовуватися для різних галузей науки, але організація їх збору й інтерпретація специфічні для конкретної предметної області.

Питання для самоперевірки

1. Що є метою проведення експериментальних досліджень?
2. Які 7 основних одиниць містить у собі система SI?
3. Що таке діапазон показань?
4. Якою називається систематична погрішність?
5. Як класифікуються методи зношування?
6. Що визначає область застосування методів виміру зношення?
7. Назвіть основні методи вимірювання зношування поверхонь тертя?
8. Для чого проводиться модельний експеримент?
9. Що є джерелом експериментальних даних?
10. Що є метою обробки експериментальних даних?

2.4.12 Тема 12. Випробування технічних систем на надійність

Література: [2], с.178-225.

Згідно визначення, надійністю називається властивість виробу виконувати задані функції зі збереженням своїх експлуатаційних показників у заданих межах за заданий проміжок часу або наробіток.

Складовими надійності є:

- безвідмовність;
- ремонтпридатність;
- збережуваність;
- довговічність.

Під поняттям кількісного опису надійності мається на увазі знаходження закону розподілу випадкової величини.

Випадкова величина - це чисельне значення вимірюваних (реєстрованих) параметрів які заздалегідь невідомі. Якщо кількість значень випадкової величини скінченна, то така величина називається

дискретною. Безперервні випадкові величини заповнюють увесь проміжок часу. Характеристикою випадкової величини є закон розподілу, зв'язок між значеннями випадкової величини та їх ймовірностями.

Випробування для оцінки показників надійності (навіть якого-небудь одного показника) можуть проводитися по різних планах. План випробувань - це порядок (загальна методика, процедура, спосіб) проведення випробувань.

План визначає всі основні риси даного способу, експериментальної оцінки оцінюваного показника надійності, що зберігаються незалежно від конкретного виду випробовуваного виробу. Усе, що в даному способі проведення випробувань специфічно для деякого конкретного виду виробу, виходить за рамки плану випробувань.

План випробувань можна вважати заданим, якщо визначені:

- оцінюваний показник надійності;
- перелік параметрів плану;
- перелік безпосередніх результатів випробувань (достатня статистика);
- процедура (методика, спосіб) одержання безпосередніх результатів;
- додаткові умови, що визначають рамки застосовності даного плану.

Кожному плану випробувань відповідають певна методика планування (методика вибору перетину плану, що задовольняє поставленим вимогам) і спосіб обробки безпосередніх результатів для одержання шуканої оцінки.

Питання для самоперевірки

1. Що таке випадкова величина?
2. Що є характеристикою випадкової величини?
3. Скільки існує описів закону розподілу випадкової величини?
4. Що характеризує диференціальна функція розподілу?
5. Навіщо потрібні експериментальні дані?
6. Які завдання статистичного дослідження випадкових величин?
7. Як визначається тип закону розподілу випадкової величини?
8. Що таке статистичний ряд?
9. На основі чого будуються графіки статистичних функцій розподілу випадкової величини?
10. На основі яких даних знаходяться статистичні функції мода, меді-

ана та інші?

2.4.13 Тема 13. Формування результатів випробувань

Література: [1], с.517-700.

При будь-яких випробуваннях визначаються характеристики властивостей продукції (об'єкта випробувань), тобто параметри або (і) показники якості: цільового застосування, надійності, ергономічні, технологічні, екологічні, безпеки та ін. Номенклатура показників якості продукції детально представлена в ГОСТ 22851. При цьому розрізняють два види параметрів і показників якості об'єкта випробувань:

- вимірювані - фізичні величини й похідні від них;
- невимірювані - щільність компонування, зручність користування, раціональність форми та ін.

У якості вимірюваних, контрольованих і керованих виступають параметри наступних видів: температура, тиск і вакуум, вологість, лінійні й кутові, світлові й оптичні, акустичні, електричні й магнітні, електромагнітні й радіотехнічні, рівень, обсяг, витрати, склад і концентрація фізико-хімічних властивостей речовини, сила, маса, швидкість і прискорення, іонізуюче випромінювання, аеродинамічні й комбіновані та ін. (ГОСТ 26001).

Відомо, що випробування проводяться з метою одержання (у нормованих і керованих умовах) інформації про фактичну якість розроблюваної продукції що випускається, і прийняття на цій основі відповідних рішень. При цьому (з погляду одержуваних результатів) виконуються наступні процедури:

- визначення дійсних значень показників якості продукції (дослідницькі випробування);
- оцінка відповідності якості продукції встановленим вимогам (контрольні випробування);
- оцінка рівня якості й технічного рівня продукції (сертифікаційні випробування);
- прогнозування змін показників якості продукції при її виготовленні й експлуатації;
- виявлення частки прихованих дефектів у продукції.

Випробуванням можуть піддавати окремі зразки, у тому числі одиничні, партія зразків, вибірка із цієї партії, тип зразків.

У процесі випробувань на об'єкт випробувань впливають:

- керуючі впливи (що задаються в визначених межах) і ті що поступають від засобів керування на об'єкт випробувань з певною погрішністю;
- іспитові впливи які імітують експлуатаційні фактори;
- вплив на об'єкт випробувань енергоживлення (гідравлічного, пневматичного, електричного та ін.);
- вплив умов випробувань (температура, вологість повітря, забрудненість навколишнього середовища);

При поширенні результату контрольних випробувань зразка на вибірку, партію або тип продукції використовується певний алгоритм узагальнення.

При сертифікаційних випробуваннях отримані показники якості об'єкта випробувань обов'язково повинні супроводжуватися реєстрованими відомостями про те, при яких рівнях іспитових впливів були зафіксовані показники якості об'єкта випробувань. Для цього в іспитових стендах і комплексах передбачаються засоби вимірів і аналізу впливів. На останок відзначимо, що операції вимірів і контролю суттєво відрізняються одне від одного й від операцій випробувань об'єкта випробувань.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть два види показників якості об'єкта випробувань.
2. Для чого проводяться випробування?
3. Який порядок дій при проведенні випробувань?
4. Що впливає на об'єкт випробувань?
5. Чим відрізняються операції вимірювання і контролю?
6. Яка специфіка сертифікаційних випробувань?
7. Перелічіть точностні характеристики результатів випробувань.
8. Що таке адекватність методу випробувань?
9. Чим характеризується чутливість методу випробування?
10. Які можуть бути причини неадекватності фізичної моделі?

2.4.14 Тема 14. Сертифікація складних технічних систем

Література: [4], с.5-53, 158-326.

Сертифікація – одна з найбільш ефективних форм забезпечення

якості продукції або послуг, а також їх конкурентоспроможності на внутрішньому й зовнішніх ринках. Зародившись спочатку як інструмент протекціонізму, сертифікація надалі перетворилася в засіб правового регулювання торговельних відносин і формування партнерства між підприємствами.

Сучасні форми сертифікації забезпечують:

- гарантію якості продукції (послуги) шляхом запобігання потрапляння на ринок продукції, не відповідної до вимог нормативних документів;
- довіра до якості експортованої продукції;
- запобігання імпорту продукції, що не відповідає вимогам нормативних документів;
- заміщення імпоротної продукції високоякісною вітчизняною;
- захист виготовлювача від конкуренції з постачальниками несертифікованої продукції;
- розширення рекламних можливостей постачальника;
- стабільна якість кінцевої продукції за умови застосування сертифікованих комплектуючих виробів і матеріалів.

Багатофункціональність сфери сертифікації вимагає формування відповідної інфраструктури – органів по сертифікації й акредитованих іспитових лабораторій, чим забезпечує зайнятість великої кількості людей. Особливо важлива сертифікація для складних технічних систем, відмови яких найчастіше приводять до важких наслідків.

Вирішенню питань сертифікації велику увагу приділяють такі міжнародні організації, як Міжнародна організація по стандартизації (ISO), Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК), Всесвітня торговельна організація (СОТ) та ін. Сертифікація сьогодні розглядається як засіб, що не тільки полегшує виробникові вихід на ринки інших країн, але й суттєво підвищує ефективність виробництва.

Особливе місце займає сертифікація систем якості постачальника продукції (виконавця послуги) на відповідність вимогам стандартів ISO серії 9000 або інших стандартів, що встановлюють вимоги до систем якості (наприклад QS-9000, TL-9000).

Така сертифікація особливо важлива при виході підприємства на міжнародні ринки, при участі в міжнародних тендерах та інших проектах. А отже добитися підвищення конкурентоспроможності продукції в сучасних умовах можна тільки шляхом корінної перебудови, реорганізації підприємства. Цьому процесу є спеціальне найменуван-

ня – реінжиніринг.

Існують різні системи сертифікації - міжнародні, регіональні, національні. Французька асоціація по стандартизації (AFNOR) у публікації "Certificat", підготовленої під патронажем Європейського комітету зі стандартизації (СЕН) в 1992 році, привела дані про діючих в 15 країнах-членах Європейського Економічного Співтовариства (ЄЕС) і Європейської Асоціації Вільної Торгівлі (ЄАВТ) системах сертифікації, органах по сертифікації й по сертифікованій продукції (по 53 видах). По даним AFNOR, у країнах ЄАВТ сертифікується більш 5000 виробів, діє більш 300 систем сертифікації й більш 700 органів по сертифікації.

Майже у всіх країнах спеціальні служби, розташовані на кордонах, забезпечують такі види контролю ввезеної продукції, як ветеринарний (тварин і продукції тваринництва), фітосанітарний (продукції рослинництва, харчових товарів), перевірку швидкопсувної продукції, особливо небезпечних хімічних речовин, транспортних засобів.

У ряді країн (Японія, Китай, Корея, Перу, Туреччина та ін.) здійснюється контроль не тільки імпортованих, але й експортованих товарів. На зовнішньому ринку велику роль відіграють численні угоди по визнанню результатів робіт в області сертифікації, укладені між країнами – торговельними партнерами на різних рівнях. Ці угоди укладаються на дво- і багатобічній основі, а також у рамках регіональних і міжнародних систем сертифікації.

Питання для самоперевірки

1. Що таке сертифікація?
2. Для чого потрібна сертифікація?
3. Що забезпечує сертифікація продукції?
4. Що таке декларація про відповідність?
5. Для чого потрібна обов'язкова сертифікація?
6. Коли проводиться добровільна сертифікація?
7. Що підтверджує сертифікат відповідності?
8. Для чого потрібен знак відповідності?
9. Хто має право на застосування знака відповідності?
10. Які функції іспитової лабораторії?

3 ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Студенти заочної форми навчання відповідно до програми курсу "Дослідження та випробування технічних систем" самостійно вивчають літературу, що рекомендується, і виконують одну контрольну роботу, яка складається з трьох питань.

Залік по контрольній роботі студент одержує при особистій співбесіді з викладачем. Оформляти роботу рекомендується на аркушах формату А4 (210х297), зброшурованих і закріплених у швидкозшивачі.

При оформленні роботи слід керуватися вимогами ДСТУ 3008-95 - "Документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення" і СТП 15-96 "Пояснювальна записка до курсових і дипломних проєктів. Вимоги і правила оформлення".

При виконанні контрольної роботи необхідно пояснювати текст схемами і рисунками в масштабі. На обкладинці роботи треба вказати: назву предмета; прізвище, ім'я, по батькові студента; шифр; спеціальність; номер залікової книжки; домашню адресу (для іногородніх) з поштовим індексом; дату виконання. Контрольна робота повинна бути підписана студентом.

Матеріал контрольної роботи розташовується в наступному порядку:

- титульний лист;
- теоретична частина;
- графічна частина;
- висновки;
- перелік посилань.

Наприкінці роботи обов'язково необхідно привести список використаної літератури та електронних джерел, на які наведені посилання в контрольній роботі, з обов'язковим зазначенням по кожному літературному джерелу прізвища та ініціалів автора, назви книги, місця видання, видавництва і року видання, URL електронного ресурсу.

Контрольна робота повинна бути особисто підписана студентом. Залік по контрольній роботі студент одержує при особистій співбесіді з викладачем.

3.1 Список варіантів контрольних робіт

ВАРІАНТ 1

1. Сутність, модель та структура технічної системи.
2. Необхідні властивості технічної системи.
3. Роль випробувань в процесі створення технічних систем.

ВАРІАНТ 2

1. Еволюція технічних систем.
2. Мета і задачі моделювання при створенні складних систем.
3. Перелік необхідних властивостей технічної системи.

ВАРІАНТ 3

1. Загальна структурна схема формування результатів випробувань.
2. Мотивація досліджень та розробок.
3. Методи вимірювання зношення.

ВАРІАНТ 4

1. Сертифікація складних технічних систем.
2. Закономірності еволюції та тенденції технічного розвитку систем.
3. Методи підвищення точності результатів випробувань.

ВАРІАНТ 5

1. Методика випробувань складних технічних систем.
2. Основні поняття та класифікація контролю і випробувань складних технічних систем.
3. Стадії створення технічних систем різних типів виробництв.

ВАРІАНТ 6

1. Послідовність стадій створення та використання технічної системи.
2. Обробка експериментальних даних.
3. Датчики використовувані для проведення випробувань та дослід-

джень технічних систем.

ВАРІАНТ 7

1. Класифікація, властивості та оцінювання технічних систем.
2. Підсилювачі використовувані для проведення випробувань та досліджень технічних систем.
3. Статистичні методи досліджень.

ВАРІАНТ 8

1. Проведення технічних вимірювань при випробуваннях технічних систем.
2. Загальна схема експериментальних досліджень.
3. Статистичні методи при сертифікації.

ВАРІАНТ 9

1. Загальна структурна схема формування результатів випробувань.
2. Системи сертифікації: міжнародні, регіональні, національні.
3. Мотивація досліджень та розробок.

ВАРІАНТ 10

1. Мета і задачі моделювання при створенні складних систем.
2. Точностні характеристики результатів випробувань.
3. Сертифікація і менеджмент.

ВАРІАНТ 11

1. Управління процесом технічного розвитку.
2. Методи підвищення точності результатів випробувань.
3. Особливості сертифікації складних технічних систем.

ВАРІАНТ 12

1. Технічні засоби для проведення випробувань та досліджень технічних систем.
2. Мотивація досліджень та розробок.
3. Класифікація відмов та дефектів складних технічних систем.

ВАРІАНТ 13

1. Планування та проведення експериментальних досліджень.
2. Роль випробувань в процесі створення технічних систем.
3. Перевірка статистичних гіпотез.

ВАРІАНТ 14

1. Послідовність стадій створення та використання технічної системи.
2. Імітаційне моделювання складних систем.
3. Регресійні залежності.

ВАРІАНТ 15

1. Системи сертифікації: міжнародні, регіональні, національні.
2. Планування та проведення експериментальних досліджень.
3. Обробка експериментальних даних.

ВАРІАНТ 16

1. Модельний експеримент.
2. Короткі відомості з теорії ймовірностей і математичної статистики.
3. Сутність, модель та структура технічної системи.

ВАРІАНТ 17

1. Технічна система: основні терміни та визначення.
2. Особливості сертифікації складних технічних систем.
3. Основні принципи побудови систем контролю та випробувань технічних систем.

ВАРІАНТ 18

1. Управління процесом технічного розвитку.
2. Статистичні методи при сертифікації.
3. Перелік необхідних властивостей технічної системи.

ВАРІАНТ 19

1. Узагальнена структурна схема формування результатів випробувань.
2. Взаємозв'язок вимірів, контролю й випробувань.
3. Експериментальне відпрацювання як елемент системи керування якістю.

ВАРІАНТ 20

1. Класифікація відмов і дефектів складних технічних систем.
2. Випробування на основі фізичного моделювання.
3. Етапи життєвого циклу складних технічних систем.

ВАРІАНТ 21

1. Основні поняття й класифікація контролю й випробувань складних технічних систем.
2. Випробування складних технічних систем з використанням моделей.
3. Імітаційне моделювання складних систем.

ВАРІАНТ 22

1. Узагальнена структурна схема формування результатів випробувань.
2. Випробування й контроль. Основні терміни й визначення.
3. Основні поняття допускового контролю.

ВАРІАНТ 23

1. Точнісні характеристики результатів випробувань.
2. Випробування на основі математичного моделювання.
3. Класифікація відмов і дефектів складних технічних систем.

ВАРІАНТ 24

1. Сутність, модель та структура технічної системи.
2. Узагальнена схема експериментального відпрацювання склад-

них технічних систем.

3. Перевірка статистичних гіпотез.

ВАРІАНТ 25

1. Еволюція технічних систем.
2. Методи підвищення точності результатів випробувань.
3. Статистичні методи при сертифікації.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

На підставі робочої програми дисципліни та вимог організації навчального процесу, кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни. Контрольні заходи з дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем" передбачають наступне:

- опитування за окремими темами лекційного курсу;
- виконання тестових письмових робіт на рубіжному контролі;
- виконання та захист практичних робіт;
- виконання та захист контрольних робіт;
- складання іспиту.

Для закріплення поточних знань протягом семестру, до проведення підсумкового модульного контролю, проводяться контрольні заходи (письмове опитування студентів за матеріалами лекцій, що були прочитані), на підставі яких студент отримує загальну оцінку.

При виконанні письмової роботи, студенти одержують завдання по висвітленню певних теоретичних питань або розв'язку завдань. Робота виконується студентом письмово й здається викладачеві. При цьому оцінюються володіння матеріалом по темі роботи, аналітичні здатності студента, його володіння методами, уміння й навички, необхідні для виконання завдань.

Іспит націлений на комплексну перевірку освоєння дисципліни. Іспит проводиться в усній або письмовій формі по білетах, у яких наводяться питання (завдання) по всіх темах курсу. Студенту дається час на підготовку. Оцінюється володіння матеріалом, його системне освоєння, здатність застосовувати потрібні знання, навички й уміння при

аналізі проблемних ситуацій і розв'язку практичних завдань.

Слід зазначити, що всі заплановані заходи мають бути складені позитивно. Негативна оцінка з будь якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння студентом навчального матеріалу.

Студент, який одержав за результатами модульного контролю позитивні оцінки, виконав всі завдання, що передбачені робочим навчальним планом дисципліни допускається до складання іспиту.

Студент, який отримав на модульному контролі незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання протягом одного-двох тижнів.

5 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем". Слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

Основна

1. Теоретические основы испытаний и экспериментальная обработка сложных технических систем / Л. Н. Александровская и др. М. : Логос, 2003. 736 с.
2. Сладкова Л. А. Исследования и испытания наземных транспортно-технологических машин : учебное пособие. М. : МГУПС (МИИТ), 2016. 275 с.
3. Хубка В. Теория технических систем. М. Мир, 1987. 208 с.
4. Александровская Л. Н., Аронов И. З., Круглов В. И., Шолом А. М. Сертификация сложных технических систем. М. : Логос, 2001. 342 с.

Додаткова

5. Журавлев М. П. Исследование и испытание технологических систем : учебное пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. 84 с.
6. Тарасенко Ф. П. Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем) : учебник. Томск: Изд-во Томского ун-та,

2004. 186 с.

7. Шишмарев В. Ю. Надежность технических систем : учебник для студ. высш. учеб. заведений. М. : Академия, 2010. 304 с.
8. Бережная К. В., Бережной В. И. Математические методы моделирования экономических систем : учебное пособие. М. : Финансы и статистика, 2006. 432 с.
9. Рекомендации по организации ремонта строительных машин агрегатным методом. М. : Стройиздат, 1987. 104 с.
10. Большев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. М. : Наука, 1983. 416 с.
11. Кунце Х. И. Методы физических измерений. М. : Мир, 1989. 216 с.
12. Безверхий С. Ф., Яценко Н. Н. Основы технологии полигонных испытаний и сертификация автомобилей. М. : ИПК Издательство стандартов, 1996. 600 с.
13. Балабин И. В., Куров Б. А., Лаптев С. А. Испытания автомобилей. М. : Машиностроение, 1988. 192 с.
14. Гиг Дж. Ван Прикладная общая теория систем М. : Мир, 1981. 336 с.
15. Браверманн Э. М., Мучник И. Б. Структурные методы обработки эмпирических данных. М. : Наука, 1983. 156 с.
16. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М. : Высшая школа, 1999. 275 с.
17. Елисеева И. И., Юзбашев М. М. Общая теория статистики. М. : Финансы и статистика, 1998. 220 с.
18. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. С-Пб. : Политехника, 2000. 320 с.
19. Орлов П. И. Основы конструирования машин. Справочник. В 2-х т. Т.1, Т.2. М. : Машиностроение, 1987.
20. Джонсон Р., Каст Ф., Розенцвейг Д. Системы и руководство. М. : Советское радио, 1971. 648 с.
21. Калашников В. В. Сложные системы и методы их анализа. М. : Знание, 1980. 64 с.
22. Малышев В. В., Карп К. А., Кочетков В. И. Надежность сложных технических систем. М. : Логос, 1999. 88 с.
23. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. М. : Мир, 1978. 305 с.
24. Михайлов Ф. А. Теория и методы исследования нестационарных линейных систем. М. : Наука, 1986. 320 с.

25. Негойце К. Применение теории систем к проблемам управления. М. : Мир, 1981. 183 с.
26. Райкин А. Л. Элементы теории надежности для проектирования технических систем. М. : Советское радио, 1967. 265 с.
27. Сурмин Ю. П. Теория систем и системный анализ: Учеб. пособие. К. : МАУП, 2003. 368 с.
28. Могилевский В. Д. Методология систем: вербальный подход. М. : Экономика, 1999. 251 с.
29. Специальные методы идентификации, проектирования и живучести систем управления : учебное пособие / Н. И. Подлесный и др. К. : Выща школа, 1990. 446 с.
30. Цофнас А. Ю. Теория систем и теория познания. Одесса : Астропринт, 1999. 288 с.
31. Растрингис Л. А. Адаптация сложных систем. Рига : Зинатне, 1981. 375 с.
32. Гайдес М. А. Общая теория систем. (Системы и системный анализ). М. : Глобус-Пресс, 2005. 202 с.
33. Мирзоев Р. Г., Харченко А. Ф. Основные процедуры системных исследований : учебное пособие. СПб. : СПбГУАП, 2000. 180 с.
34. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М. : МПСИ, 2005. 584 с.
35. Конспект лекций по дисциплине "Математические основы теории систем" для студентов специальности 7 091 401 / сост. С. А. Бобриков. Одесса : ОНПУ, 2001. 101 с.