

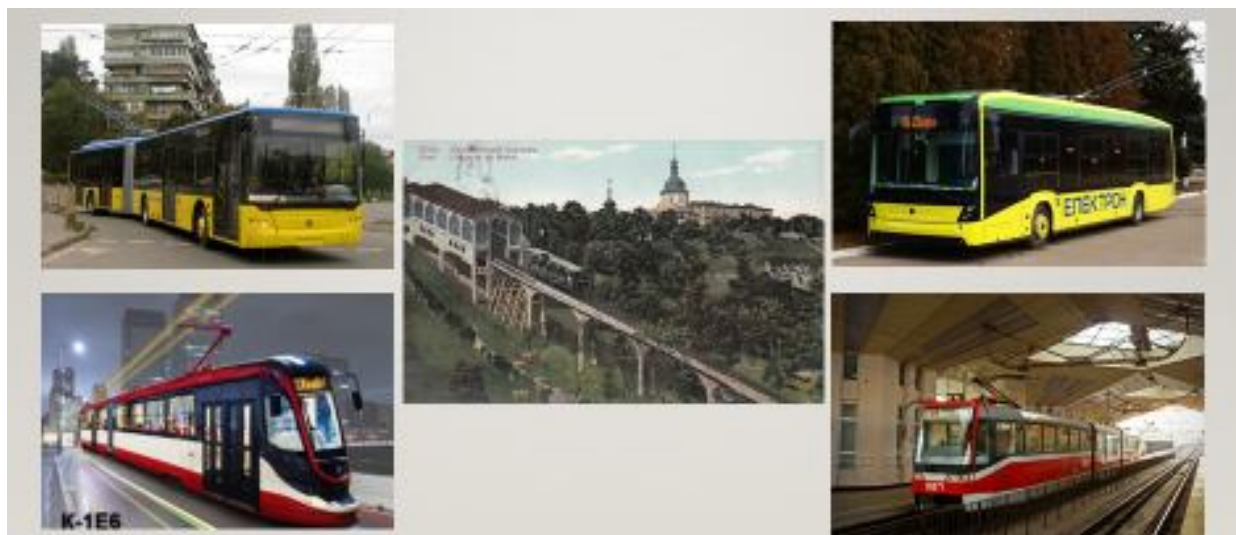
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

В. Х. Далека, В. М. Шавкун, О. С. Козлова

ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ.
ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів усіх форм навчання
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
за спеціальністю 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка)*



Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021

Далека В. Х. Технічна експлуатація електричного транспорту. Технічна експлуатація транспортних засобів : конспект лекцій для студентів усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В. Х. Далека, В. М. Шавкун, О. С. Козлова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 169 с.

Автори:

д-р техн. наук, проф. В. Х. Далека,
канд. техн. наук, доц. В. М. Шавкун,
ст. викладач О. С. Козлова

Рецензент

О. М. Сінчук, професор, доктор технічних наук, завідувач кафедри автоматизованих електромеханічних систем у промисловості та транспорті (Криворізький національний університет)

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 8 від 05.11.2019.

Конспект лекцій складено з метою допомоги студентам електромеханічних спеціальностей вишів під час самостійного вивчення курсу, підготовки до практичних занять та складання іспиту з дисциплін «Технічна експлуатація електричного транспорту», «Технічна експлуатація транспортних засобів».

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
МОДУЛЬ 1 Технічна експлуатація електричного транспорту	8
ЗМ 1 Основи технічного обслуговування і ремонту рухомого складу електричного транспорту.....	8
Тема 1 Організаційно-правові аспекти діяльності підприємств з технічної експлуатації рухомого складу міського електротранспорту.....	8
Лекція 1 Основні поняття та визначення.....	8
Лекція 2 Випуск, робота на лінії та повернення рухомого складу.....	18
Тема 2 Рухомий склад як об'єкт технічної експлуатації.....	29
Лекція 3 Основні поняття і визначення. Зміни станів рухомих одиниць.....	29
Лекція 4 Види відмов рухомого складу.....	46
Тема 3 Ресурсне забезпечення технічної експлуатації.....	51
Лекція 5 Енергетичні й матеріальні ресурси. Трудові ресурси.....	51
Лекція 6 Інформаційні ресурси транспортних підприємств.....	58
ЗМ 2 Організація і управління виробництвом технічного обслуговування та ремонту рухомого складу електричного транспорту.....	66
Тема 4 Отримання і обробка числових даних щодо технічного стану рухомого складу.....	66
Лекція 7 Елементи теорії ймовірностей та математичної статистики.....	66
Лекція 8 Отримання інформації за даними спостережень. Обробка даних про несправності рухомих одиниць.....	72
Тема 5 Математичні моделі технічного стану рухомого складу.....	85
Лекція 9 Загальні принципи формування математичних моделей надійності рухомого складу.....	85
Лекція 10 Моделі відмов рухомого складу. Визначення параметрів моделей.....	93

Тема 6 Система технічного обслуговування і ремонту рухомого складу.....	113
Лекція 11 Планово-попереджувальний принцип забезпечення справності.....	113
Лекція 12 Організація проведення контрольних і ремонтно-профілактичних заходів.....	116
ЗМ 3 Організація, збереження та підготовка до роботи рухомого складу на лінії.....	131
Тема 7 Технічна діагностика.....	131
Лекція 13 Теоретичні основи технічної діагностики. Діагностичні процедури та обладнання.....	131
Тема 8 Удосконалення організації технічного обслуговування і ремонту.....	139
Лекція 14 Інформаційні технології в системі технічного обслуговування і ремонту рухомого складу.....	139
Тема 9 Перспективи запровадження фірмового обслуговування	153
Лекція 15 Технічне обслуговування, орієнтоване на безвідмовність (RCM).....	153
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	166

ПЕРЕДМОВА

Технічна експлуатація являє собою підсистему міського електричного транспорту, яка покликана забезпечити максимальну відповідність обсягів транспортної роботи попиту на транспорті послуги шляхом дотримання належного технічного стану рухомого складу. Завданнями підсистеми є підвищення експлуатаційної надійності й зменшення витрат на утримання трамвайних вагонів і тролейбусів, що вирішуються удосконаленням методів поводження з елементами рухомого складу, підвищенням продуктивності праці, зменшенням трудомісткості робіт.

Цей конспект лекцій присвячений викладу теоретичних і практичних питань організації технічної експлуатації рухомого складу, регламентів технічного обслуговування та технологій ремонту. Теоретичним підґрунтям дисципліни є теорія надійності й теорія масового обслуговування, приділена увага питанням ресурсозбереження, методам і засобам технічної діагностики та іншим актуальним для міського електротранспорту питанням.

По завершенні курсу студент повинен уміти визначати показники технічного стану рухомих одиниць як в цілому, так і по окремих його елементах, знати призначення і особливості застосування типового й нестандартного технологічного обладнання, розробляти заходи зі зменшення собівартості перевезень пасажирів, отримати уявлення про шляхи удосконалення планування та організації технічного обслуговування і ремонту рухомого складу, розробляти технологічні процеси, іншу технічну документацію тощо.

Відповідно до програми весь матеріал курсу розбито на три змістових модулі, вивчення яких має забезпечити опанування необхідних для роботи на підприємстві міського електротранспорту знань, вмінь та уявлень.

Метою викладання дисципліни є формування у студентів навичок прийняття обґрунтованих рішень з питань організації технічного обслуговування рухомого складу, діагностування, розробки технологічних процесів і забезпечення їх виконання, а також вимог до технічної експлуатації об'єктів електричного транспорту.

Завдання вивчення дисциплін «Технічна експлуатація електричного транспорту» та «Технічна експлуатація транспортних засобів»:

- вивчення основних вимог законодавства та основних національних, галузевих нормативних актів в галузі електричного транспорту;
- вивчення загальних принципів організації технічного обслуговування та ремонту об'єктів електричного транспорту;
- вивчення методів оптимізації складових технологічних процесів технічної експлуатації електричного транспорту;

- ознайомлення з основним технологічним обладнанням та засобами автоматизації, які використовують під час експлуатації електричного транспорту.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- порядок організації виконання технологічних процесів технічного обслуговування та ремонту електричного транспорту;

- порядок розроблення проектів спеціального устаткування;

- проектування експлуатаційних підприємств, у тому числі з застосуванням САПР;

- засоби ділового спілкування;

- методи створення психологічного мікроклімату та ефективні ділові стосунки в структурі ремонтного підприємства.

- уміти організовувати чітку роботу при проведенні технічних оглядів рухомого складу, ремонту транспортних засобів в структурі ремонтно-експлуатаційного підприємства;

вміти:

- кваліфіковано користуватися необхідною документацією;

- оформляти замовлення на забезпечення робочих місць всім необхідним згідно нормативам технологічних документів;

- визначати технічний стан технічних засобів для обґрунтування інженерних рішень з організації технічного обслуговування;

- визначати показники надійності рухомого складу і його елементів, планувати на їхній основі періодичність і обсяг технічних впливів;

- вибирати методи і технічні засоби діагностування електричного транспорту;

- освоювати технологічні процеси і комплекс засобів для технічного обслуговування електричного транспорту;

- організовувати і керувати виробництвом при виконанні технічного обслуговування з використанням ЕОМ;

- розробляти нормативно-технологічні документи на технологічні процеси технічного обслуговування та ремонт транспортних засобів з використанням ПЕОМ;

- оформлювати зміни в нормативно-технологічних документах у зв'язку з коригуванням технологічних процесів та режимів виробництва;

- забезпечити безпеку праці робітників під час виконання технічного обслуговування та ремонту електричного транспорту.

Основними формами вивчення дисципліни є самостійна робота, лекції і практичні заняття, обговорення контрольних запитань у вигляді семінарських занять та складання письмових рефератів за відповідною тематикою. Це

відповідає сучасним поглядам, за якими самостійне оволодіння знаннями є неодмінною умовою розвитку пошукової активності студентів, необхідної для їх подальшої діяльності в конкурентному середовищі.

Певна частка навчального матеріалу для засвоєння на рівні уявлень (організація матеріально-технічного постачання, бухгалтерський облік, регламенти утримання контрольно-вимірювального приладдя, організація дотримання вимог охорони праці, статистична звітність і т. п.) має бути вивчена самостійно за відповідною літературою.

Забезпечення належного рівня контролю засвоєння питань програми покладається на систему модульного контролю, що має здійснюватися як безпосередньо, так і при дистанційному навчанні – засобами електронної пошти, на Інтернет конференціях тощо.

Модульний контроль проводиться за навчальним матеріалом окремих модулів після завершення лекційних і практичних занять. Він містить два рівні – оцінку репродуктивного й дійового рівня знань на основі програмних запитань, та оцінку творчого рівня знань на основі вирішення ситуаційних завдань, орієнтовні переліки яких подано в кінці кожного модуля.

Оцінку репродуктивного й дійового рівня знань передбачається проводити на практичних заняттях, де в формі обговорення, у яких мають приймати участь всі студенти групи, програмних запитань встановлюються рівні оволодіння матеріалом і відзначаються кількості та зміст актів позитивної активності. Оцінювання творчого рівня, продемонстрованого у рефератах, передбачається за 100-бальною рейтинговою шкалою в системі Європейської кредитно-трансферної системи (ECTS).

Методи навчання. Теоретичні положення дисципліни вивчаються студентами в процесі конспектування лекцій за допомогою продуктивних, наочних та аналітичних методів. На практичних заняттях виконується рішення задач з використанням аналітичних методів навчання. При виконання лабораторних робіт застосовуються аналітичні, продуктивні методи навчання. Окремі теми дисциплін вивчаються з різним ступенем поглиблення та деталізації у процесі самостійної роботи.

Методи контролю. Тестові завдання в системі Moodle, перевірка та захист звітів з лабораторних робіт, перевірка контрольної роботи та РГР, усне опитування.

ТЕМА 1 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ З ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

ЛЕКЦІЯ 1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

План

- 1.1 Загальні відомості.
- 1.2 Основні функції підприємств з експлуатації рухомого складу міського електротранспорту.
- 1.3 Основні функції підприємств з ремонту рухомого складу міського електротранспорту.
- 1.4 Правові й організаційні засади технічної експлуатації рухомого складу.
- 1.5 Введення в експлуатацію нового рухомого складу.
- 1.6 Рухомий склад, що відпрацював встановлений строк експлуатації.
- 1.7 Персонал підприємств з технічної експлуатації і ремонту рухомого складу.
- 1.8 Реєстрація і облік трамвайні вагонів і тролейбусів.
- 1.9 Переоснащення (переобладнання) рухомого складу.
- 1.10 Інформаційне спорядження рухомого складу.
- 1.11 Виробничо-технічний облік.

1.1 Загальні відомості

Технічна експлуатація розглядається як наукова і практична діяльність. **Технічна експлуатація електричного транспорту як наука** визначає шляхи й методи найбільш ефективного управління станом технічних засобів з метою забезпечення регулярності й безпеки перевезень при найбільш повному використанні технічних можливостей конструкції, оптимізації споживання матеріальних, енергетичних, трудових, інформаційних та фінансових ресурсів.

Технічна експлуатація електричного транспорту як галузь практичної діяльності – це комплекс організаційних, технічних, економічних і соціальних заходів, що забезпечують працездатність технічних засобів електротранспорту при раціональному використанні усіх видів ресурсів.

У класичному вигляді експлуатація транспорту розглядається як комплексна система, що складається з трьох підсистем: управління експлуатацією, комерційної та технічної експлуатації. Кожна з цих підсистем має свої функціональні завдання, для виконання яких необхідні відповідні ресурси.

Основні завдання управління експлуатацією – це забезпечення взаємозв'язку з навколишнім середовищем та координація дій комерційної і технічної експлуатації, комерційної експлуатації, тобто зовнішня (директивні й

плануючі органи, суміжні галузі, інші види транспорту) і внутрішня (підсистеми комерційної і технічної експлуатації) координація роботи, а також правове, нормативне, фінансове забезпечення функціонування міського електричного транспорту.

До основних **завдань комерційної експлуатації** відносять – максимальне задоволення потреб населення в пасажирських перевезеннях при заданих показниках та збір оплати за проїзд, тобто одержання кінцевого результату – обсягу транспортної роботи для задоволення потреб населення в перевезеннях за встановленими економічними (витрати, собівартість та ін.) і соціальними (комфортабельність, час) показниками, підвищення якості пасажирських перевезень.

Оскільки основні **завдання технічної експлуатації** – своєчасне забезпечення транспортного процесу працездатним рухомим складом відповідних типів, утримання колійного господарства та систем електропостачання і керування рухом при оптимальних витратах матеріальних, енергетичних, трудових і фінансових ресурсів, тонайбільш трудомісткими та матеріалоємними процесами вважаються процеси технічної експлуатації. Вони, в свою чергу, потребують найбільшого обсягу споживання ресурсів [1, 2], рівень яких залежить від вирішення містобудівельних проблем, питань муніципального управління, ефективності роботи промислових підприємств, соціальної сфери, технічного рівня виробничої бази підприємств електротранспорту, рівня організації технічного обслуговування та ремонтів, надійності технічних засобів тощо.

До складу міського електротранспорту входять: метрополітен, трамвай, тролейбус, фунікулер, ескалатори (рухомі тротуари). Міський електротранспорт є частиною загальної транспортної системи України, на нього покладені функції забезпечення пасажирських перевезень у містах та промислових центрах, а в деяких випадках між містами України (наприклад, міжміська тролейбусна лінія Сімферополь – Алушта – Ялта).

Пасажирські перевезення здійснюють підприємства міського електричного транспорту, які є частиною народного господарства країни. Підприємства наземного міського електротранспорту, в тому числі швидкісного трамваю, знаходяться у комунальній власності міст; метрополітени, за винятком київського, що належить міській громаді, є державною власністю.

Діяльність підприємств міського електротранспорту проводиться на підставі Законів України «Про підприємство», «Про транспорт», «Про дорожній рух», «Про міський електричний транспорт» та інших [3–6].

Підприємства міського електротранспорту несуть відповідальність згідно з чинним законодавством за забезпечення обсягів і якості пасажироперевезень,

у тому числі за:

- безпеку транспортних засобів міського електротранспорту, які вони експлуатують;
- усунення причин виробничого травматизму;
- охорону навколишнього середовища від шкідливого впливу транспорту.

Технічні засоби міського електротранспорту підлягають контролю (державному технічному огляду) з боку уповноважених на це державних органів у порядку, що визначається Кабінетом Міністрів.

Підприємства електротранспорту мають право:

- визначати термін і графік перевезень;
- запроваджувати регулярні й додаткові рейси і маршрути перевезень;
- пропонувати рівень комфорту на вибір пасажирів;
- вимагати від пасажирів виконання вимог нормативних актів, що регулюють відносини між ними і підприємством.

1.2 Основні функції підприємств з експлуатації рухомого складу міського електротранспорту

Підприємства, які здійснюють експлуатацію рухомого складу міського електротранспорту:

- реєструють і ведуть облік роботи транспортних засобів;
- забезпечують експлуатацію транспортних засобів відповідно до вимог чинних державних стандартів, правил та інших нормативно-технічних документів;
- здійснюють постійний аналіз роботи транспортних засобів, вносять пропозиції щодо підвищення їх якості й надійності;
- вивчають умови безпеки руху на маршрутах міського електротранспорту і в межах своєї компетенції вживають заходи щодо усунення недоліків та перешкод для руху;
- проводять модернізацію (удосконалення конструкції) технічних засобів за документацією (з дозволу) заводів-виробників рухомого складу та його складових частин;
- розробляють, закуповують і впроваджують технологічне обладнання для технічного обслуговування рухомого складу;
- укомплектовують штати керівників структурних підрозділів і спеціалістів, готують робітників необхідних професій та кваліфікацій;
- вносять пропозиції щодо зміни чинних правил з метою удосконалення експлуатації, організації та технології технічного обслуговування і ремонту рухомого складу.

1.3 Основні функції підприємств з ремонту рухомого складу міського електротранспорту

Підприємства з ремонту рухомого складу міського електротранспорту (заводи, ремонтно-експлуатаційні депо, майстерні, конструкторські й технологічні бюро):

- здійснюють середні й капітальні ремонти рухомого складу, інших технічних засобів, у тому числі обладнання інфраструктури;
- виготовляють і постачають запасні частини та комплектуючі вироби для задоволення потреб експлуатаційних підприємств;
- забезпечують потреби експлуатаційних підприємств у виробах для комплектації нових трамвайних і тролейбусних ліній, а також ремонту наявних;
- забезпечують виконання відповідних вимог законодавства у сфері дорожнього руху;
- здійснюють модернізацію рухомого складу та інших технічних засобів за документацією заводів-виробників;
- розробляють і виготовляють за замовленням експлуатаційних підприємств нестандартне технологічне обладнання і спеціальний рухомий склад;
- розробляють і забезпечують експлуатаційні підприємства (за їх замовленням) необхідною ремонтною документацією.

1.4 Правові й організаційні засади технічної експлуатації рухомого складу

Відповідно до призначення рухомий склад міського електротранспорту поділяється на пасажирський і спеціальний. Пасажирський рухомий склад виконує перевезення пасажирів, спеціальний призначений для виконання вантажних перевезень, механізації робіт з технічного обслуговування контактної мережі, рейкової колії, навчання персоналу та інших функцій, що забезпечують діяльність підприємств міського електротранспорту.

Правові засади технічної експлуатації рухомого складу включають таку законодавчу регламентацію:

- порядку реєстрації рухомого складу;
- порядку переоснащення рухомого складу;
- вимог до технічного стану рухомого складу;
- порядку допуску до експлуатації нового рухомого складу;
- вимог до технічного обслуговування та ремонту рухомого складу;
- вимог до виробничо-технічного обліку;
- вимог до інформаційного забезпечення рухомого складу;
- списання рухомого складу.

1.5 Введення в експлуатацію нового рухомого складу

Новий рухомий склад під час надходження його до експлуатаційного підприємства від підприємства-виробника повинен бути прийнятий комісією, призначеною керівником підприємства міського електротранспорту, із складанням відповідного акта. На рухомому складі, що приймається, повинно перевірятися функціонування всього обладнання, надійність його кріплення і проводитися пробна обкатка на лінії без пасажирів не менше 50 км. При початку експлуатації нового рухомого складу (моделі, типу), який раніше на даному підприємстві не застосовувався, має бути організовано навчання водіїв і ремонтного персоналу. Кожному новому трамвайному вагону або тролейбусу повинен бути присвоєний інвентарний номер. Інвентарні номери тролейбусів і трамвайних вагонів повинні дозволяти визначати їх приналежність до конкретного транспортного підприємства і не повторюватися у межах міста.

1.6 Рухомий склад, що відпрацював встановлений строк експлуатації

Рухомий склад, що відпрацював встановлений строк експлуатації, підлягає списанню з оформленням акта відповідної форми, який підписується начальниками відділу технічного контролю (ВТК), виробничо-технічного відділу (ВТВ), головним бухгалтером, головним інженером підприємства і затверджується власником транспортних засобів.

Строк служби може бути продовжений за висновком комісії, призначеної керівником підприємства, і узгодженням Держтехінспекції міського електротранспорту. Агрегати, машини, вузли й деталі, що демонтуються із списаного рухомого складу й придатні для подальшого використання, повинні оприбутковуватися для поповнення оборотного фонду.

1.7 Персонал підприємств з технічної експлуатації і ремонту рухомого складу

Кожний працівник підприємств міського електротранспорту зобов'язаний дотримуватись законів України, правил дорожнього руху, нормативних документів з питань міськелектротранспорту, затверджених центральними та місцевими органами виконавчої влади в межах їх компетенції, правил експлуатації трамвая і тролейбуса [1,7], посадових інструкцій, вимог експлуатаційної документації підприємств-виробників рухомого складу, інших нормативно-технологічних документів. Виконання обов'язків контролюється відповідними посадовими особами.

Кваліфікація і стан здоров'я працівників міського електротранспорту повинні відповідати чинним вимогам до працівників підприємств підвищеної

небезпеки. До робіт, пов'язаних з рухом електротранспорту, наявністю високої електричної напруги, перебуванням на висоті, на проїжджій частині вулиць та трамвайних колій, допускаються особи, які мають спеціальну підготовку, набуту в навчально-курсних комбінатах, вищих і середніх спеціальних навчальних закладах, і відповідні посвідчення. До роботи приймаються особи віком не молодше 18 років, які попередньо пройшли медкомісію і не мають її протипоказань. Водії трамвая, тролейбуса та інших саморухомих транспортних засобів повинні мати відповідні посвідчення.

Персонал, який виконує технічне обслуговування і ремонт рухомого складу, повинен мати відповідну кваліфікацію, а робочі місця укомплектовані стандартним і нестандартним устаткуванням, інструментом, комплектуючими виробами й матеріалами, необхідними за технологічними картами.

Робітники міського електричного транспорту, безпосередньо пов'язані з експлуатацією, технічним обслуговуванням і ремонтом електроустановок (тягових підстанцій, контактних і кабельних мереж, обладнань сигналізацій, управління рухом, зв'язку, електрифікованого технологічного устаткування заводів (майстерень) з ремонту рухомого складу та ін.), допускаються до роботи тільки після вивчення Правил експлуатації трамвая і тролейбуса, інших чинних нормативних документів щодо улаштування і експлуатації електроустановок, техніки безпеки при експлуатації електроустановок та присвоєння відповідної кваліфікаційної групи. Права, обов'язки й відповідальність працівників міського електротранспорту викладаються в посадових інструкціях, затверджених керівником підприємства міського електротранспорту.

Новоприйняті працівники перед допуском до роботи повинні пройти загальний інструктаж та інструктаж на робочому місці з оформленням відповідних записів у журналах інструктажів. Чергові й сезонні інструктажі водіїв повинні проводитися за графіком, затвердженим наказом керівника підприємства міського електротранспорту.

Поновлення і закріплення знань з охорони праці працівниками міського електротранспорту проводяться на інструктажах кожні півроку. Перевірка знань правил експлуатації трамвая і тролейбуса проводиться щорічно комісією, призначеною наказом керівника підприємства.

Навчання, атестація і перевірка знань робітників, які обслуговують об'єкти, підконтрольні органам державного нагляду, повинні проводитися за програмами і в порядку, встановленому цими органами. Всі працівники міського електротранспорту зобов'язані підвищувати свою кваліфікацію й професійну майстерність. З цією метою на підприємствах створюються навчальні приміщення, обладнуються спеціальні трамвайні вагони і тролейбуси, залучаються кваліфіковані кадри.

1.8 Реєстрація і облік трамвайні вагонів і тролейбусів

Реєстрація і облік виконуються згідно з порядком, який встановлюється центральним виконавчим органом державної влади. Кожний трамвайний вагон і тролейбус реєструється не пізніше 10 діб після їх придбання, отримання або виникнення інших обставин, що потребують змін у реєстраційних документах. Реєстрації підлягає рухомий склад, що виготовляється в Україні або ввозиться на її територію і має сертифікат, який підтверджує його відповідність обов'язковим вимогам нормативних документів, чинних в Україні. Порядок сертифікації рухомого складу, його складових частин та комплектуючих виробів встановлює Закон України «Про підтвердження відповідності». Згідно з цим Законом обов'язковій сертифікації підлягають вироби, на які є затверджений Кабінетом Міністрів України технічний регламент.

1.9 Переоснащення (переобладнання) рухомого складу

Заміна основних параметрів конструкції трамвайних вагонів і тролейбусів, які перебувають в експлуатації, шляхом переобладнання кабіни, кузова або їх деталей, установлення обладнання і номерних агрегатів, не передбачених нормативно-технічною документацією, повинна відповідати правилам, нормативам і стандартам України.

Під час переобладнання не дозволяється без погодження з підприємством-виробником рухомого складу виконувати переобладнання, що призводить до зміни повної маси та її розподілу по осях, розташування центру ваги, типу двигуна, його ваги й потужності, колісної бази та колісної формули, гальмівних систем, рульового управління і трансмісії.

Переоснащення (переобладнання), яке призвело до зміни основних техніко-експлуатаційних показників рухомого складу, повинно відображатися в реєстраційних документах.

1.10 Інформаційне спорядження рухомого складу

Інформаційне опорядження здійснюється з метою ознайомлення пасажирів з порядком та умовами перевезень. Інформаційне забезпечення рухомого складу поділяється на звукове й візуальне. Звукову інформацію передає водій рухомого складу або автоінформатор, повідомляючи про назви пунктів зупинок, порядок оплати проїзду, можливі пересадки і т. ін. Візуальна інформація міститься на покажчиках, схемах маршрутів та інформаційних табличках.

Покажчики маршрутів рухомого складу повинні інформувати про номери маршрутів, назви початкових, кінцевих і основних проміжних пунктів зупинок.

Передні й бокові показчики рухомого складу повинні містити дані про номер маршруту й назви початкового і кінцевого пунктів зупинок. Дозволяється наносити тільки номер маршруту, якщо конструкція ніші не дозволяє розмістити всю інформацію. На задніх показниках зазначають тільки номери маршруту. Маршрутні показчики в темний час доби повинні освітлюватися. Як правило, показчики маршрутів повинні виготовлятися на заводах-виробниках рухомого складу й входити до комплексу поставки. Дозволяється виготовлення бокових показників транспортними підприємствами або іншими організаціями. Назви пунктів зупинок на передніх і бокових показниках наносяться українською мовою. Допускається дублювання іншими мовами, прийнятними для населення. Освітлення переднього й заднього показників маршрутів, а також розміри інформаційних написів повинні забезпечити їх читання у світлий і темний час доби на відстані не менше 15 м, бокового показника - не менше 3 м, інвентарних номерів - до 30 м. Читаність інформації визначається візуально.

Схеми маршрутів призначені для інформування пасажирів про послідовність проходження усіх пунктів зупинок маршруту. Вони повинні встановлюватися у салонах рухомого складу в місцях, зручних для огляду пасажирів.

Інформаційні таблички в салоні обов'язково повинні містити інформацію про:

- інвентарний номер рухомого складу;
- номер телефону підприємства міського електротранспорту;
- місця для пасажирів з дітьми та інвалідів (для міських маршрутів);
- місце розташування вогнегасника;
- місце розташування кнопок екстреної зупинки та аварійного відкривання дверей;
- місце розташування аптечки;
- правила користування рухомим складом;
- вхід і вихід;
- місця аварійних виходів (через вікна, двері, люки) із зазначенням способу відкривання.

1.11 Виробничо-технічний облік

Вимоги до обліку встановлюються Правилами експлуатації трамвая і тролейбуса. Облік повинен забезпечувати [1,7]:

- вчасне отримання інформації про умови праці, пробіг і технічний стан парку рухомого складу в цілому і кожної одиниці зокрема (готовність до випуску на лінію, необхідність проведення і перебування на технічному обслуговуванні або ремонті тощо);

– реєстрацію робіт з технічного обслуговування та ремонту кожної одиниці рухомого складу, виконаних за весь строк служби, а також кількості витрачених агрегатів, вузлів, деталей і матеріалів;

– проведення поточного аналізу діяльності структурних підрозділів;

– персональну відповідальність робітників за якість виконання технічного обслуговування і ремонту рухомого складу;

– можливості ручної та механізованої обробки інформації з використанням єдиних форм обліку.

Кожне трамвайне депо повинно мати такі книги (журнали):

– книгу ремонтів – для обліку технічного обслуговування і ремонтів трамвайних вагонів;

– книгу заявок і книгу повторних заявок водіїв про несправності вагонів;

– журнал щомісячного заміру бандажів колісних пар;

– журнал обліку замірів питомого опору руху;

– журнал обліку замірів акумуляторних батарей.

Кожне тролейбусне депо повинно мати такі книги (журнали):

– книгу ремонтів – для обліку технічного обслуговування і ремонтів тролейбусів;

– книгу заявок і книгу повторних заявок водіїв про несправності тролейбуса;

– журнал заміру тиску в шинах;

– журнал обліку шин;

– журнал заміру опору електричної ізоляції і струмів витікання;

– журнал обліку замірів питомого опору руху;

– журнал обліку замірів акумуляторних батарей.

На кожний трамвайний вагон і тролейбус повинні бути заведені технічні журнали, технічні паспорти й ремонтні формуляри встановленої форми, а також формуляри на основні агрегати: тягові двигуни, мотор-компресор, високовольтні допоміжні двигуни, колісні пари, задні мости, шини, тягово-зчіпні прилади.

Форма і ведення технічного журналу трамвайного вагона або тролейбуса повинні відповідати Положенню, затвердженому Держжитлокомунгосп України. Технічний журнал повинен бути прошнурований і пронумерований.

У ньому повинні відображатися всі несправності, виявлені у процесі експлуатації, а також дані про проведені під час технічного обслуговування роботи та про готовність рухомого складу до випуску на лінію. Технічний журнал трамвайного вагону або тролейбуса із завіреними відмітками про виконання технічного обслуговування, усунення несправностей, в тому числі за заявками водіїв, та готовність до випуску повинен передаватися диспетчеру депо з випуску.

Водій трамвайного вагона або тролейбуса перед виїздом на лінію отримує технічні журнали на кожний трамвайний вагон або тролейбус у диспетчера і повертає їх після прибуття в депо приймальнику (черговому майстру).

У разі наявності в технічному журналі трамвайного вагона або тролейбуса повторних заявок на технічні несправності випуск їх на лінію дозволяється тільки після усунення несправностей, підтвердженого підписом начальника цеху технічного обслуговування або головного інженера депо.

Водій перед виїздом на лінію повинен перевірити технічний стан трамвайного вагона або тролейбуса на відповідність вимогам цих Правил і засвідчити його придатність до експлуатації особистим підписом у технічному журналі.

Не рідше одного разу на місяць технічний журнал трамвайного вагона або тролейбуса повинен перевірятися головним інженером депо з оформленням відповідних записів. Технічний журнал трамвайного вагона або тролейбуса зберігається протягом трьох років від дня останнього запису.

Обробку інформації про експлуатацію рухомого складу на лінії, технічне обслуговування, планові й непланові ремонти, прогнозування ресурсу та планування роботи рухомого складу рекомендується проводити з використанням обчислювальної техніки на автоматизованих робочих місцях.

Контрольні запитання

1. Основні вимоги до працівників міського електротранспорту.
2. Назвати основні функції підприємств, що експлуатують технічні засоби міського електротранспорту.
3. Які основні функції підприємств з ремонту технічних засобів міського електротранспорту?
4. Який порядок реєстрації, обліку і переоснащення (переобладнання) рухомого складу?
5. Що включає інформаційне забезпечення рухомого складу.
6. Які вимоги до виробничо-технічного обліку? Основні форми первинного обліку в депо.
7. Що включає екіпіровка рухомого складу перед випуском на лінію?

ЛЕКЦІЯ 2

ВИПУСК, РОБОТА НА ЛІНІЇ ТА ПОВЕРНЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ

План

- 2.1 Вимоги до технічного стану трамвайних вагонів і тролейбусів.
- 2.2 Випуск рухомого складу на лінію.
- 2.3 Приймання рухомого складу після роботи на лінії.
- 2.4 Підстави для заборони експлуатації.
- 2.5 Усунення несправностей на лінії.
- 2.6 Зберігання рухомого складу.

2.1 Вимоги до технічного стану трамвайних вагонів і тролейбусів

Вимоги до транспортних засобів, що перебувають в експлуатації, в частині, яка стосується безпеки пасажирів, безпеки дорожнього руху і охорони навколишнього середовища, встановлюється Правилами експлуатації трамвая і тролейбуса (ПЕТТ), Державними стандартами України (ДСТУ), Державними нормативними актами з охорони праці (ДНАОП), галузевими стандартами (ГСТУ), галузевими комунальними нормами (ГКН), місцевими комунальними нормами (МКН) та іншими нормативними документами України, що затверджені у встановленому порядку.

Обов'язки забезпечення належного технічного стану рухомого складу покладаються на керівників підприємств міського електротранспорту і керівників підрозділів, які здійснюють технічне обслуговування, ремонт та експлуатацію трамвайних вагонів і тролейбусів.

Важливим питанням організації експлуатації рухомого складу є регламентація підстав для заборони його експлуатації. Як правило, ці підстави визначаються Правилами експлуатації трамвая і тролейбуса, які регламентують таку заборону в разі:

- відсутності затверджених в установленому порядку технічних умов;
- відсутності сертифіката якості рухомого складу, ввезеного на територію України;
- невідповідності конструкції затвердженій технічній документації підприємств-виробників;
- переобладнання транспортних засобів з порушенням вимог правил експлуатації трамвая і тролейбуса;
- невідповідності реєстраційних даних записам у документах про реєстрацію (технічному паспорті, технічному або реєстраційному талоні);

- порушення вимог чинних стандартів та інших нормативних актів під час виготовлення обладнання систем, що забезпечують безпеку руху, технічного обслуговування і ремонтів;
- відсутності інвентарних номерів;
- відсутності завірених записів у технічних журналах трамвайних вагонів і тролейбусів про проведення відповідного технічного обслуговування, ремонту та усунення несправностей за заявками водіїв;
- досягнення граничного пробігу (граничного строку служби), якщо спеціальною комісією, призначеною керівником підприємства міського електротранспорту, не зроблено висновків про придатність до експлуатації з пасажирями;
- повної або часткової відсутності екіпірування, передбаченого правилами експлуатації трамвая і тролейбуса.

2.2 Випуск рухомого складу на лінію

Підготовлений до випуску на лінію трамвайний вагон повинен бути екіпірований:

- вуглекислотним (порошковим) вогнегасником або ящиком (мішечком) із сухим піском;
- лобовими, задніми й боковими маршрутними покажчиками;
- правилами користування трамваєм;
- гучномовною установкою, кабінним устаткуванням АСДУ-Е, якщо це передбачено конструкцією;
- противідкочувальним упором;
- знаком аварійної зупинки;
- буксирною зчіпкою;
- піском у пісочницях;
- ломом для перевodu стрілок.

Водій трамвайного вагона повинен мати:

- ручку реверса, якщо це передбачено конструкцією;
- необхідний інструмент;
- комплект плавких запобіжників;
- діелектричні рукавиці;
- комбіновані рукавиці;
- дорожній лист;
- розклад руху;
- технічний журнал кожного трамвайного вагона;
- оранжевий сигнальний жилет.

Підготовлений до випуску на лінію тролейбус повинен бути екіпований:

- вуглекислотним (порошковим) вогнегасником або ящиком (мішечком) із сухим піском;
- лобовими, задніми та боковими маршрутними покажчиками;
- правилами користування тролейбусом;
- гучномовною установкою, кабінним устаткуванням АСДУ-Е, якщо це передбачено конструкцією;
- протидіючавальним упором;
- знаком аварійної зупинки.

Водій тролейбуса повинен мати:

- ручку реверса, якщо це передбачено конструкцією;
- необхідний інструмент;
- комплект плавких запобіжників та запасні вставки головки струмоприймачів;
- діелектричні рукавиці;
- комбіновані рукавиці;
- дорожній лист;
- розклад руху;
- технічний журнал тролейбуса;
- оранжевий сигнальний жилет.

Комплект інструментів та запобіжників для кожного типу рухомого складу затверджується головним інженером підприємства міського електротранспорту.

Призначений за нарядом водій зобов'язаний:

- прибути у встановлений час до диспетчера з випуску;
- пред'явити документи на право управління трамвайним вагоном або тролейбусом, звірити годинник;
- отримати дорожній лист, технічний журнал кожного трамвайного вагона або тролейбуса, розклад руху, радіоустановку, комплект запобіжників та інструментів;
- ознайомитися з наказами, розпорядженнями щодо змін руху на маршрутах, стану погоди та місць проведення ремонтних робіт на трамвайній колії чи на контактній мережі;
- перевірити в технічному журналі наявність штампа про виконане технічне обслуговування, підписів двох майстрів із зазначенням дати, які засвідчують придатність поїзда до експлуатації, а також наявність підпису майстра, що засвідчує усунення несправностей, в тому числі за заявками водіїв.

При наявності повторної заявки усунення несправності повинно бути підтверджено, крім підпису майстра, підписом начальника цеху технічного обслуговування депо або іншої особи, уповноваженої на це наказом керівника

депо. У разі невідповідності оформлення технічного журналу вказаним вимогам виїзд на лінію трамвайного вагона або тролейбуса не дозволяється.

Перед випуском на лінію водій повинен перевірити візуально і за приладами технічний стан, комплектність, зовнішній вигляд трамвайного вагона або тролейбуса.

У процесі візуального огляду перевіряється:

- стан контактних вставок та мотузок струмоприймачів;
- стан та кріплення коліс;
- чистота і зовнішній вигляд кузова, салону, кабіни, люків підлоги, кришок і захисних щитків;
- екіпіровка;
- дзеркала заднього огляду;
- скло вікон, розсіювачів ліхтарів.

За допомогою контрольно-вимірювальних приладів у кабіні водій повинен перевірити стан акумуляторних батарей та функціонування низьковольтної системи живлення. Дозволяється виїзд на лінію, якщо напруга акумуляторної батареї під навантаженням до $1,5\text{ кВт}$ для усіх типів рухомого складу не менше 21 В (для трамвайних вагонів ліній швидкісного трамвая не менше 22 В). У разі вмикання приводу генератора (зарядного пристрою) напруга в низьковольтній мережі повинна зрости, струм заряду акумуляторної батареї за час приймання рухомого складу зменшитися. Тиск повітря та герметичність пневмосистем (падіння тиску) повинні відповідати вимогам п. 3.3.6 Правил експлуатації трамвая і тролейбуса.

Після візуального огляду й контролю стану за приладами перевіряється випробуванням [1,7]:

- функціонування гальмівних систем;
- справність рульового управління;
- справність штанговловлювачів;
- справність гідропідсилювача;
- стан і надійність кріплення зчіпних пристроїв;
- справність звукової і світлової сигналізації;
- чіткість фіксації автоматичних вимикачів силових кіл;
- робота дверей.

До посадки пасажирів на спеціальних дільницях повинні бути перевірені функціонування гальмівних систем, рульового управління, електро- та гідроустаткування.

Умови й порядок проведення перевірок повинні регламентуватися інструкціями, затвердженими керівником підприємства міського електричного транспорту.

Після перевірки технічного стану в разі відповідності його вимогам чинних правил водій повинен підтвердити це особистим підписом у поїзному журналі.

2.3 Приймання рухомого складу після роботи на лінії

Метою приймання рухомого складу після роботи на лінії є визначення наявності пошкоджень кузова трамвайного вагона або тролейбуса внаслідок незначних і нереєстрованих дорожньо-транспортних пригод. Крім того, на цьому етапі контролюється наявність струму витоку, який перевищує нормативне значення, встановлене правилами експлуатації трамвая і тролейбуса.

Водій під час приймання повинен записати до технічного журналу заявки на виконання ремонту рухомого складу внаслідок пошкоджень, що не призвели до втрати працездатності рухомого складу. Повний обсяг вимог до дій водія під час приймання рухомого складу, як правило, встановлюється інструкцією, що затверджується керівником підприємства.

2.4 Підстави для заборони експлуатації

Правилами експлуатації трамвая і тролейбуса визначено, що експлуатація трамвая і тролейбуса має бути негайно припинена у разі виникнення технічних несправностей і (або) умов, що можуть спричинити до аварійних ситуацій. Перелік підстав для заборони експлуатації наведено у таблиці 2.4.1.

Таблиця 2.4.1 – Підстави для заборони експлуатації

<i>Назва системи або складової частини рухомого складу</i>	<i>Перелік підстав</i>
Гальмівні системи	<ul style="list-style-type: none">· змінена конструкція гальмівних систем, використані вузли або деталі, що не відповідають технічним умовам підприємства-виробника;· гальмівний шлях, визначений як у ході перевірки функціонування гальмівних систем, так і у процесі експлуатації, більший нормативного, а саме:<ul style="list-style-type: none">=> гальмівний шлях трамвайного вагона (поїзда) при початковій швидкості 20 км/год на чистих сухих рейках за умов службового гальмування не повинен перевищувати 12 м, у разі екстреного гальмування – 5,5 м;=> гальмівний шлях тролейбуса при початковій швидкості 20 км/год на рівній сухій дорозі з асфальто (цементно)-бетонним покриттям не повинен перевищувати 4,5 м;

Назва системи або складової частини рухомого складу	Перелік підстав
	<p>=> за цих же умов, але з початковою швидкістю для тролейбуса 30 км/год гальмівний шлях не повинен перевищувати 11 м, а для трамвайних вагонів з швидкістю 40 км/год відповідно – 45 та 21 м;</p> <p>· порушена герметичність пневматичного (або пневмо-гідравлічного) гальмівного приводу, що призводить до падіння тиску повітря при непрацюючому компресорі більш ніж на 0,05 мПа/5 Н/см кв.; 0,5 кгс/см кв./за 15 хв. при увімкненій гальмівній системі;</p> <ul style="list-style-type: none"> – · не працює манометр гальмівної системи; – · не фіксується важіль (педаль, рукоятка) гальмівної системи у робочому положенні; – · не діє хоча б один з видів гальм; – · несправний хоча б один з приводів механічних гальм; – · не діє хоча б один з рейкових електромагнітних гальм (на трамваях).
Колеса, шини та колісні пари	<ul style="list-style-type: none"> · залишкова висота рисунка протектора в центрі бігової доріжки менше 2,0 мм на довжині більше четвертої частини поверхні шини; · мають місце місцеві пошкодження (порізи, розриви тощо), які оголюють корд, а також розшарування каркаса, відшарування протектора та боковин; · на одній осі встановлено діагональні шини разом з радіальними, а також шини, які мають різний рисунок протектора; · зламана, ослаблена або відсутня хоча б одна шпилька чи гайка кріплення колеса або є тріщини дисків і ободів коліс; · на передніх колесах встановлені шини, відновлені за другою групою ремонту; · тиск у шинах не відповідає встановленим нормам; · несправні замкові кільця або ослаблене їх кріплення на ободі.
Рульове управління	<ul style="list-style-type: none"> · окружний люфт рульового колеса перевищує 25 у положенні керованих коліс відповідно до прямолінійного руху; · утруднене обертання рульового колеса; · несправний гідропідсилювач рульового управління; · ослаблено або зіпсовано кріплення рульового механізму; · просмоктується мастило з картера рульового механізму.
Підвіска	<ul style="list-style-type: none"> · зруйновано корінний лист або центральний болт ресори, пружини; · не працює регулятор рівня положення кузова (при пневмопідвісках).
Кузов	<ul style="list-style-type: none"> · перекошений кузов. · немає передбаченого конструкцією бампера або заднього захисного обладнання, грязезахисних фартухів та брызговикив; · у салоні немає передбачених конструкцією поручнів; · порушено міцність підніжок і поручнів;

Назва системи або складової частини рухомого складу	Перелік підстав
	<ul style="list-style-type: none"> · пошкоджено ізоляційне покриття поручнів, підніжок або доріжок на покрівлі; · порушено міцність дверей, люків підлоги; · протікає покрівля; · розбито скло (салону, дверей або кабіни водія); · є тріщини та інші пошкодження на передньому склі й дзеркалах заднього огляду; · до скла прикріплено речі або на скло нанесено покриття, які обмежують огляд водія та погіршують прозорість скла; · несправні замок дверей кабіни, механізм регулювання положення сидіння водія, приводи управління дверима, спідометр (тахограф), обладнання для обігрівання та обдування скла; · немає піску у пісочницях або він непридатний до використання; · немає клейма на пристроях зчеплення.
Пневматичне обладнання	<ul style="list-style-type: none"> · час наповнення пневматичної системи стиснутим повітрям від нульового до робочого тиску перевищує встановлену норму; · не забезпечується автоматичне підтримування тиску в заданому діапазоні; · порушено герметичність пневмосистеми, що спричинює падіння тиску понад $0,05 \text{ МПа} / 5 \text{ Н/см}^2$ за 15 хв. за умови п.3.3.6.2.1 Правил експлуатації трамвая та тролейбуса; · несправні апарати пневмосистеми (кран водія, гальмівний кран, запобіжний кран, манометр, привод дверей, пісочниці, склоочисник та ін.); · запобіжний клапан не має пломби.
Електричне обладнання	<ul style="list-style-type: none"> · величина струму витікання перевищує 3 мА (для тролейбусів); · порушено функціонування пускорегулюючої та захисної апаратури, допоміжних електричних кіл; · у разі включення двигунів спрацьовують автоматичні вимикачі або перегорають запобіжники силових кіл чи кіл управління; · деформовано струмоприймачі або тиск їх на контактний провід не відповідає нормативному; · «заїдають» шарніри або струмоприймач не фіксується в опущеному положенні; · порушено цілість мотузки (тросу) опускання струмоприймача (знос більше 20%); · не працюють приводи дверей, склоочисників, пісочниць, світлова та звукова сигналізація; · встановлено некалібровані запобіжники; · не працюють контрольно-вимірювальні прилади; · кількість, тип, колір, розміщення та режим роботи зовнішніх світлових приладів не відповідають вимогам документації;

<i>Назва системи або складової частини рухомого складу</i>	<i>Перелік підстав</i>
	<ul style="list-style-type: none"> · порушено регулювання фар; · не горить ліва фара в режимі ближнього світла; · на світлових приладах немає розсіювачів або використовуються розсіювачі й лампи, які не відповідають типу даного світлового приладу.
Трансмсія	<ul style="list-style-type: none"> · ослаблено кріплення і посадки фланців на валах тягового двигуна та редуктора; · підвищена вібрація, відчутний стук чи шум; · зламалися або ослаблені хоча б одна шпилька картера, кріплення кришок фланця
Колісні пари трамвайних вагонів	<ul style="list-style-type: none"> · висота реборди бандажа менше 13 мм і товщина менше 8 мм (висота реборди вимірюється від точки на поверхні катання бандажа на відстані 33 мм від бокової грані бандажа зі сторони реборди, товщина реборди на висоті, віддаленій на 5 мм від верхнього канта реборди); · є викришені місця на реборді бандажу; · послаблений бандаж; · товщина бандажу менше 25 мм (товщина вимірюється на відстані 33 мм від внутрішньої грані);
Колісні пари трамвайних вагонів швидкісних ліній	<ul style="list-style-type: none"> · є тріщини на бандажі або колісному центрі; · ослаблено центральну гайку; · ослаблено або зрушено маточину; · ослаблено або обірвано болт кріплення амортизаторів коліс; · є видимі дефекти гумових амортизаторів; · пошкоджено понад 25 % площі перетину шунта з гумовою прокладкою колеса. · висота реборди менше 15 мм; · товщина реборди менше 10 мм; · товщина бандажа менше 30 мм.

У разі виникнення хоча б однієї з перелічених несправностей, наведених у таблиці 2.4.1, під час експлуатації рухомого складу на лінії водій повинен вжити заходи до їх усунення, а якщо це зробити неможливо - рухатися без пасажирів в депо або до місця стоянки чи ремонту, дотримуючись необхідних застережних заходів та ввімкнувши аварійну світлову сигналізацію.

Правилами експлуатації трамвая і тролейбуса передбачена заборона самостійного руху транспортних засобів до депо з несправностями гальмівної системи, рульового управління, тягово-зчіпного обладнання поїзда, при струмові витікання більше 3 мА (на тролейбусах), а в темний час доби на дорогах без штучного освітлення або в умовах недостатньої видимості – з несправними фарами й задніми габаритними вогнями, в дощ або снігопад – у разі несправності

склоочисників з боку водія. У цьому разі транспортний засіб, який не може самостійно рухатися в депо, повинен очікувати прибуття аварійної бригади, при цьому на ньому повинна бути ввімкнена аварійна сигналізація, а в разі її відсутності або несправності встановлений знак аварійної зупинки або миготливий червоний ліхтар на відстані не менше 20 м від транспортного засобу в населених пунктах і 40 м поза ними.

2.5 Усунення несправностей на лінії

Для усунення незначних несправностей повинні бути організовані лінійні ремонтні пункти, що забезпечуються необхідними інструментами, пристроями, приладами й запасними частинами. Їх перелік та порядок застосування затверджено головним інженером депо.

Лінійні ремонтні пункти комплектуються кваліфікованими слюсарями з ремонту рухомого складу, які добре обізнані з усіма видами обладнання та ремонтних робіт, а також правилами охорони праці при проведенні цих робіт. Лінійний ремонтний персонал перебуває в оперативному підпорядкуванні диспетчера служби руху.

Виконання ремонтних робіт на рухомому складі водієм або лінійним слюсарем має бути засвідчене відповідним записом у книзі поїзда та особистим підписом.

Для швидкої ліквідації затримок руху через несправності рухомого складу на лінії або через дорожньо-транспортні пригоди повинна бути організована служба швидкої технічної допомоги.

Швидка технічна допомога, як правило, надається спеціальними ремонтними бригадами депо згідно з оперативними вказівками старшого (центрального) диспетчера.

Бригади швидкої технічної допомоги забезпечуються транспортними засобами й перебувають у стані постійної готовності.

Транспортні засоби швидкої технічної допомоги оснащуються підйомними механізмами, приладами, необхідними інструментами та запасними частинами, пристроями для виконання безпечної роботи, засобами огороження та сигналізації.

Відповідні підрозділи депо або служби повинні контролювати передачі змін та поповнення мінімального запасу запчастин (інструментів, матеріалів тощо).

Транспортні засоби бригад швидкої технічної допомоги повинні бути обладнані двостороннім радіозв'язком.

Керівництво роботою бригад швидкої технічної допомоги здійснює бригадир (майстер), який прибув на місце пошкодження першим, або працівник

з інженерно-технічного персоналу, який прибув спеціально для керівництва роботою.

Усі працівники підприємства міського електротранспорту зобов'язані сприяти бригадам швидкої технічної допомоги в оперативній ліквідації затримки руху. Бригади швидкої допомоги повинні щоденно представляти своєму безпосередньому керівникові інформацію про несправності рухомого складу, виконані роботи для їх усунення та затратений на це час.

2.6 Зберігання рухомого складу

Зберігання рухомого складу виконується під час очікування випуску на лінію або ремонту (обслуговування).

Рухомий склад, що очікує випуску, зберігається на майданчиках, де він, як правило, виставляється згідно з номерами випусків по кожному маршруту. Операції встановлення рухомого складу на майданчику зберігання виконуються маневровими водіями, згідно за планом з випуску. Принциповим питанням щодо збереження є забезпечення вимог безпеки технологічного циклу експлуатації рухомого складу. Серед головних вимог безпеки є:

- виключення усіх споживачів електричної енергії на рухомому складі (виключення вимикачів) і від'єднання струмоприймачів (пантографа) від контактної мережі та приведення їх у фіксоване положення;
- приведення в дію стоянкової гальмівної системи тролейбуса і трамвайного вагона;
- зачинення всіх дверей.

Розміщення рухомого складу на майданчику зберігання виконується з урахуванням вимог пожежної безпеки, які передбачають наявність нормованих відстаней між рухомим складом, а саме [1,7]:

- пожежний проїзд шириною 3,5 м через кожні 100 м довжини ряду рухомого складу;
- відстань між передньою і задньою частинами двох рухомих одиниць, які стоять один за одним, 0,5–1 м;
- відстань між боковими частинами рухомого складу двох рядів не менше 3,5 м;
- наявність проїзду між рядами тролейбусів, що стоять під однією контактної мережею, не менше 1,5 м.

Кожен майданчик зберігання повинен бути обладнаний засобами вогнегасіння.

Очікування обслуговування або ремонту рухомого складу, як правило, виконується на накопичувальних майданчиках цеху технічного обслуговування

або ремонту. Слід окремо підкреслити, що не кожне депо має такі накопичувальні майданчики або їх місткість не забезпечує потреб технологічного процесу. У цьому разі очікування ремонту або обслуговування виконується на майданчиках зберігання.

Контрольні запитання до теми 1

1. Вимоги до технічного стану рухомого складу. Назвати основні несправності рухомого складу, з якими забороняється експлуатація трамвая і тролейбуса.

2. Який порядок введення в експлуатацію нового рухомого складу?

3. Чи може бути подовжено строк експлуатації рухомого складу, що відпрацював встановлений термін?

4. Призначення та організація роботи швидкої технічної допомоги.

5. Якими способами встановлюється зв'язок водія з центральним диспетчером?

6. Кому підпорядковується водій під час роботи на лінії?

7. Те ж при буксируванні несправної одиниці в депо?

Тема 2 РУХОМИЙ СКЛАД ЯК ОБ'ЄКТ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

ЛЕКЦІЯ 3 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ВИЗНАЧЕННЯ. ЗМІНИ СТАНІВ РУХОМИХ ОДИНИЦЬ

План

- 3.1 Рухомі одиниці як системи.
- 3.2 Внутрішні взаємодії елементів та систем рухомої одиниці.
- 3.3 Стани, у яких може перебувати рухома одиниця.
- 3.4 Відмови і пошкодження рухомих одиниць.
- 3.5 Показники стану рухомої одиниці.
- 3.6 Узагальнені показники властивостей рухомих одиниць.
- 3.7 Забезпечення справності рухомих одиниць.
- 3.8 Зміни станів рухомих одиниць. Життєвий цикл рухомої одиниці.
- 3.9 Зв'язок змін стану з якістю виготовлення.
- 3.10 Зв'язок змін стану з показниками зовнішніх впливів.

3.1 Рухомі одиниці як системи

Головною функцією рухомого складу є виконання роботи з перевезення пасажирів за умови дотримання графіку і безпеки руху. При цьому всі технічні параметри складових частин рухомих одиниць повинні знаходитися в межах визначених нормативною документацією допусків. Наприклад, повинні підтримуватися у встановлених межах тиск в шинах тролейбусів, струмові уставки в системах керування, сили натискання колодок у механічних гальмах тощо.

З найбільш загальних позицій кожна рухома одиниця являє собою набір систем, що складається з конструктивно і функціонально об'єднаних сукупностей елементів [8–11]. Елементи, як частини систем, не мають самостійного (поза системами) експлуатаційного призначення і виконують у них задані функції.

Для будь-яких матеріальних систем істотне значення має їхнє визначення як об'єктів відновлюваних і невідновлюваних, ремонтпридатних і ремонтнепридатних, що цілком визначає рішення, яке приймається при відмові об'єкта. Відновлюваним у певній ситуації вважається об'єкт, працездатність якого може бути відновлена. При цьому важливо оцінити можливість або неможливість відновлення працездатності – багатьох випадках складові частини рухомого складу, несправності й відмови яких легко усуваються в умовах депо, виявляються невідновлюваними під час роботи на маршруті через обмеженість

часу на відновлення (що більш характерно для трамвайних вагонів) та відсутністю необхідних технічних засобів і умов.

Існують певні складові частини рухомого складу (бандажі колісних пар, гальмівні барабани та ін.), що втрачають властивість відновлення при досягненні деякого напрацювання, коли їхні розміри виходять за припустимі межі. Однак більшість складових частин рухомого складу можна визначити однозначно як відновлювані або невідновлювані за весь термін служби до граничного стану. Наприклад, елементи електроніки напівпровідникової техніки систем керування тяговим двигуном, підшипники кочення, осі колісних пар, лампи освітлювальні й сигнальні, фільтруючі елементи, різні пружини (за наявності тріщин) є невідновлюваними об'єктами в будь-якій експлуатаційній ситуації. Для умов депо або ремонтного заводу багато складових частин рухомого складу, такі як компресор, електричні машини й апарати, редуктори та ін. - є відновлюваними об'єктами.

Отже, при аналізі, дослідженні й розробці заходів для підвищення надійності необхідно оцінювати й визначати ситуації, в яких можливе або неможливе відновлення працездатності об'єкта. Поняття ремонтпридатний або ремонтнепридатний об'єкти стосовно рухомого складу так, як і в загальних випадках, характеризують пристосованість об'єктів до проведення ремонтів і технічного обслуговування. Ремонтпридатність – це пристосованість об'єкта до попередження і виявлення причин виникнення його відмов, пошкоджень і усунення їх наслідків шляхом проведення ремонтів і технічного обслуговування.

Можна підкреслити лише те, що навіть якщо вузол не можна відремонтувати в умовах даного депо, він все-таки є ремонтпридатним об'єктом, оскільки його ремонт можна виконати в інших умовах, наприклад, на заводі. Таким чином, якщо об'єкт є ремонтпридатним, то відновлення його працездатності завжди можливе.

Представлення рухомого складу як системи елементів дозволяє конкретизувати завдання забезпечення працездатності й розробляти заходи для її підвищення. З цього також випливає, що повинно розглядати не тільки рухомий склад в цілому, а й окремі елементи, і належна працездатність має забезпечуватися на стадіях проектування, виготовлення, експлуатації, ремонту і випробувань.

3.2 Внутрішні взаємодії елементів та систем рухомої одиниці

Як окремі елементи, так і системи рухомої одиниці взаємодіють між собою, що може бути відображене певними схемами. Проте схеми взаємозв'язків систем і елементів недостатні для визначення залежностей і кількісних

характеристик надійності, оскільки вони відбивають тільки конструктивні й функціональні зв'язки. Дослідженню надійності більше відповідають структурні, логічні блок-схеми, в яких елементи з'єднані послідовно й паралельно, з точки зору їхнього якісного і кількісного впливу на надійність системи. Зокрема, при послідовному з'єднанні стан елемента визначає надійність системи, в яку він входить. При паралельному з'єднанні відмова одного з елементів може і не привести до відмови всього пристрою.

Описи і характеристики одиниць рухомого складу як об'єктів, працездатність яких підлягає дослідженню, доцільно починати з подання їх у вигляді деякої системи елементів. Тут, як і для будь-яких технічних пристроїв, дуже важливий рівень розгляду. На рисунку 3.1 наведений зразок структурної схеми трамвая як системи, що складається з елементів, для декількох можливих рівнів розгляду.

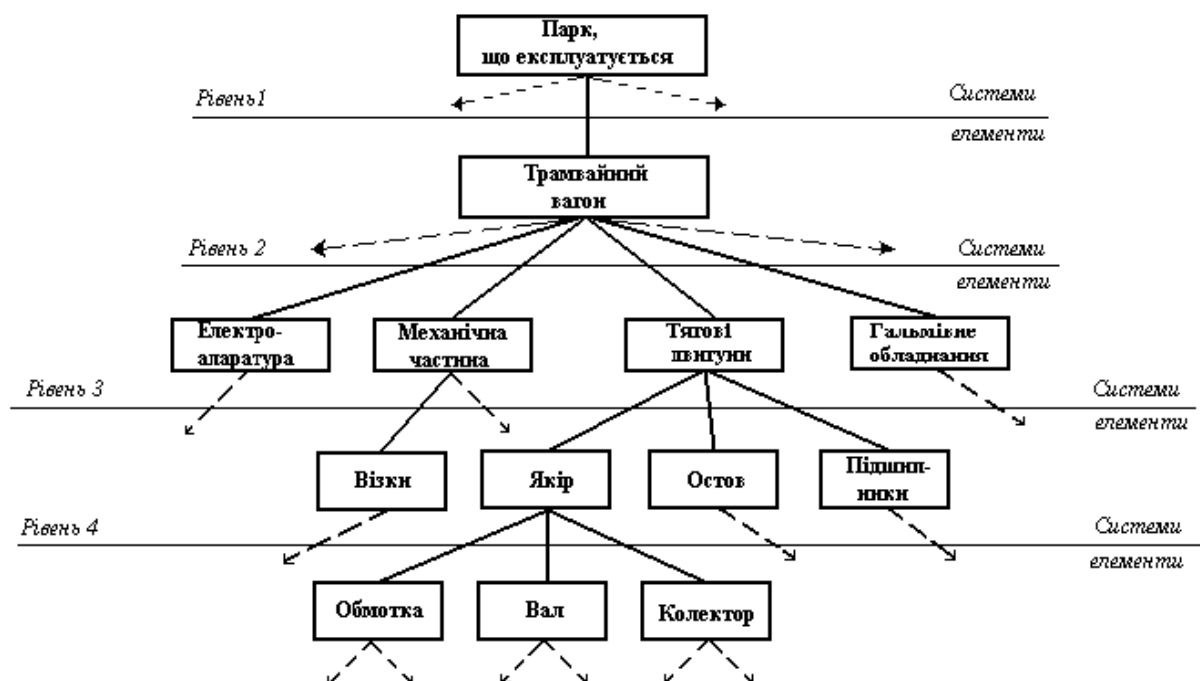


Рисунок 3.1 – Приблизна схема зв'язків систем і елементів для аналізу надійності трамвая

Вагони можна розглядати як окремі елементи системи – трамвайного депо чий рівень працездатності очевидно визначається кількістю працездатних на даний момент вагонів. На другому рівні розгляду системою вважається вагон в цілому, а електроапаратура, механічна частина, двигуни тощо відіграють роль елементів, працездатність яких визначає працездатність рухомої одиниці.

На третьому рівні вагон деталізується більш глибоко – виокремлюються певні сукупності, призначені для виконання певних функцій, що мають сенс систем, а частини, що входять до цих сукупностей, розглядаються як їхні

елементи. Наприклад, елементами системи тягового електродвигуна є якір, остов, підшипники і т. д.

Йдучи далі, на четвертому рівні елементами вважаються окремі деталі і вузли складальних одиниць, що стать таким чином системами. У тому ж прикладі в системі якоря елементами є обмотка, вал, колектор тощо. Більш глибока деталізація зрештою призводить до окремих деталей, у яких елементами є фізико-механічні та фізико-хімічні показники матеріалів, геометричні розміри, ступінь втомленості і т. д. Зазначена схема, безумовно, не претендує на універсальність і залежно від завдань аналізу може бути змінена.

3.3 Стани, у яких може перебувати рухома одиниця

Стан, в якому може знаходитися об'єкт, визначається залежно від вимог, що встановлені нормативними документами (наприклад, Настанова з середнього (капітального) ремонту). Так, справним є такий стан об'єкта, при якому він відповідає усім вимогам, встановленим нормативно-технічною документацією. Якщо хоча б одна з таких вимог не виконується, то об'єкт переходить у несправний стан, тобто виникає його несправність.

Якщо об'єкт при порушенні справності здатний виконувати задані функції, зберігаючи задані параметри в межах, встановлених нормативно - технічною документацією, то він знаходиться у працездатному стані, тобто зберігає свою працездатність. У непрацездатному стані об'єкт перебуває, якщо від не спроможний виконувати покладені на нього функції або їх виконання загрожує безпеці пасажирських перевезень.

Таким чином, поняття справності ширше, ніж працездатність. Працездатний об'єкт може бути несправним, але несправність при цьому не може бути істотною і не може порушувати нормального функціонування об'єкта.

Граничним є такий стан об'єкта, при якому його подальша експлуатація повинна бути припинена або стає неможливою. Ознаки (критерії) такого стану об'єкта повинні бути встановлені його нормативно-технічною документацією. Ремонтнепридатний об'єкт досягає граничного стану при виникненні відмови або при досягненні заздалегідь встановленого граничного терміну служби чи сумарного напрацювання.

Для ремонтнепридатних об'єктів граничний стан настає в момент, коли подальша експлуатація стає неможливою або недоцільною з наступних причин:

- порушення вимог безпеки, безвідмовності або зниження ефективності;
- зношення і (чи) старіння до такого стану, за якого ремонт вимагає неприпустимо великих витрат або не забезпечує необхідного ступеня відновлення працездатності й справності.

Для складальних одиниць рухомого складу момент досягнення граничного стану найчастіше визначається умовами забезпечення безпеки руху, неприпустимим зниженням ефективності використання і безвідмовності, неможливістю відновлення працездатності без великих витрат.

Таким чином, у процесі свого існування об'єкти можуть знаходитися в одному із зазначених станів і переходити з одного стану в інший. Такі переходи є подіями, що розрізняються залежно від того, чи порушується справність або працездатність. Серед термінів, що відбивають специфіку надійності рухомого складу, найбільш важливими є поняття відмови та пошкодження.

3.4 Відмови і пошкодження рухомих одиниць

Відмова рухомого складу – це подія, що полягає в порушенні працездатності рухомого складу, внаслідок чого необхідне відновлення або заміна складової частини, чи регулювання її характеристики у період між плановими видами технічного обслуговування чи ремонтів. Відмова настає, якщо відновлення (заміна, регулювання) не входить в обсяг обов'язкових робіт з технічного обслуговування і якщо необхідний для їхнього виконання час або трудомісткість перевищує встановлені норми.

Пошкодження – подія, що полягає в порушенні справності об'єкта. Для рухомого складу велике значення має розмежування і співвідношення понять відмови й пошкодження в різних умовах і ситуаціях. Пошкодження рухомого складу може бути істотним і несуттєвим залежно від наслідків переходу від справного стану до несправного. Якщо при такому переході виявляється порушення працездатності, то відбулося істотне пошкодження, тобто відмова. Перехід у несправний стан при збереженні працездатності є несуттєвим пошкодженням.

При несуттєвому пошкодженні не повинно бути прояву жодної з ознак відмови. Експлуатація рухомого складу може бути продовжена до найближчого технічного обслуговування або планового ремонту, на яких це пошкодження усувається без перевищення планового обсягу робіт. В експлуатації РС можливі випадки, коли несуттєві пошкодження окремих деталей можуть перейти в категорію істотних. Наприклад, поверхневе пошкодження ізоляції електричної машини або апарата протягом деякого часу може не відбиватися на їхній працездатності, але надалі може призвести до пробою ізоляції і до відмови не тільки цієї машини, але й рухомого складу в цілому.

Ознакою відмови або віднесення пошкодження до відмови, що впливає з визначення, є необхідність проведення будь-якого ремонту чи виду робіт із заміни складової частини рухомого складу. При цьому визначальним для

класифікації події у вигляді відмови рухомого складу є неможливість її випуску на маршрут через наявність істотного пошкодження: пошкодження, виявлене при виконанні планового технічного обслуговування або ремонту складової частини рухомого складу, що призводить до перевищення обсягу робіт, вважається прихованою відмовою цієї складової частини. Якщо ж це пошкодження призводить до збільшення трудомісткості чи простою в ремонті рухомого складу проти встановлених норм, то воно вважається прихованою відмовою рухомого складу в цілому. Критеріями відмови, за допомогою яких встановлюється подія – порушення працездатності рухомого складу, є наступні прояви:

- невиконання показників графіка руху;
- факт відновлення працездатності рухомого складу водієм під час роботи на маршруті без порушення графіка руху;
- випадок виконання непланового ремонту;
- перевищення встановленого обсягу робіт з відновлення, заміни, регулювання будь-якої складової частини рухомого складу на плановому технічному обслуговуванні або ремонті, що викликає при цьому збільшення часу простою, трудомісткості ремонту рухомого складу в порівнянні з нормами, встановленими технічною нормативною документацією.

Слід відмітити, що треба розрізняти відмову рухомого складу в цілому і відмову складової частини. Якщо відмова складової частини не викликає наслідків у вигляді зазначених критеріїв відмов, то це не означає відмову рухомого складу. Якщо в результаті відмови складової частини проявився хоча б один з критеріїв відмови, має місце одночасно і відмова рухомого складу в цілому. Особливе місце займає випадок порушення працездатності рухомого складу, хоча жодна з її складальних одиниць не відмовила (сходження з рейок, зіткнення, дорожньо-транспортна подія).

Дослідження, аналіз, оцінка надійності рухомого складу та його складальних одиниць не можливі без ретельного документального обліку факторів порушення працездатності. Такий облік вимагає використання окремих критеріїв, якісних характеристик відмов і пошкоджень, тобто визначення характеру, причин, наслідків і вжитих заходів щодо їх усунення.

Практикою експлуатації і теоретичними узагальненнями встановлено, що причинами відмов можуть бути недоліки конструкції, низька якість виготовлення, порушення правил обслуговування і ремонтів, вплив підвищених навантажень і вплив метеорологічних факторів, руйнування допоміжних і сполучених елементів систем, природні процеси зношування і старіння.

При оцінці надійності об'єктів рекомендується враховувати тільки ті відмови, що не виявилися наслідком порушення правил і норм експлуатації, але

специфічні умови виготовлення та експлуатації рухомого складу визначають необхідність окремого обліку подібних відмов.

Встановлена типова класифікація відмов з наступних причин:

- конструкційна і виробнича – відмови, викликані порушенням правил і (чи) норм конструювання, процесу виготовлення;
- експлуатаційна і ремонтна – відмови, що виникають в результаті порушення встановлених правил експлуатації і (чи) технічного обслуговування і ремонту в депо;
- ремонтна – відмова через порушення встановлених правил і (чи) норм конструювання, процесу чи виконання ремонту на ремонтних заводах.

3.5 Показники стану рухомої одиниці

Показник надійності – це кількісна характеристика одного чи декількох властивостей, що обумовлюють здатність об'єкта виконувати свої функції. Чисельне значення показників може виражатися розмірними чи безрозмірними величинами, воно може змінюватися залежно від умов експлуатації й етапів існування об'єкта. Формулювання показника, звичайно, відображає і спосіб визначення його чисельного значення розрахунковим чи дослідним шляхом. Багато показників надійності є параметрами розподілу випадкової величини. У цьому розділі розглянуті лише основні визначення термінів показників надійності, методи розрахунку кількісних значень будуть наведені в наступних розділах.

Для кількісної характеристики тільки однієї властивості надійності об'єкта служить одиничний показник. Комплексний показник відноситься до декількох властивостей, що складають надійність.

При визначенні показників широко використовується поняття напрацювання – тривалість або обсяг роботи об'єкта. Напрацювання вимірюється залежно від виду роботи об'єкта в одиницях часу, довжини, площі, об'єму, маси та інших одиниць. Загальне поняття напрацювання стосовно рухомого складу може бути конкретизовано (години роботи, кілометри пробігу, пасажиро-кілометри виконаної роботи). Залежно від умов експлуатації і цілей аналізу розрізняють добове, місячне напрацювання, напрацювання до першої відмови, напрацювання між відмовами. Якщо об'єкт працює з перервами, то враховується сумарне напрацювання. Окремо може враховуватися напрацювання у тому чи іншому режимі.

Напрацювання від початку експлуатації об'єкта до настання граничного стану є технічним ресурсом. Ресурс може також відраховуватися від моменту поновлення експлуатації після середнього чи капітального ремонту до граничного стану.

Поняття термін служби визначає календарну тривалість експлуатації від початку або поновлення експлуатації об'єкта після середнього або капітального ремонту до граничного стану [9–15].

Термін зберігання – це календарна тривалість збереження і (чи) транспортування об'єкта в заданих умовах. Протягом цього терміну і після нього в об'єкта зберігаються задані показники у встановлених припустимих межах.

Розглянемо терміни, що визначають ряд основних одиничних показників надійності рухомого складу.

Імовірність безвідмовної роботи – це статистичний показник. Він використовується для характеристики безвідмовності рухомого складу і його складальних одиниць за першими відмовами, який розглянутий в інтервалі напрацювання і визначається як імовірність того, що в межах цього інтервалу відмова об'єкта не виникне.

Статистично імовірність безвідмовної роботи $P(t)$ визначається відношенням числа об'єктів $N(t)$, що безвідмовно проробили протягом напрацювання t , до числа об'єктів N , які працездатні до початкового моменту $t = 0$, тобто

$$P(t) = \frac{N(t)}{N}$$

Середнє напрацювання до відмови - показник, що також характеризує властивість безвідмовності об'єктів. Визначається він як математичне сподівання напрацювання об'єкта до відмови в ремонтоне придатних виробках або до першої відмови в ремонтоне придатних виробках, тобто $t_{cp} = M[t]$.

Інтенсивність відмов визначає властивість безвідмовності ремонтоне придатних об'єктів. Звичайно цей показник позначається як $\lambda(t)$ і являє собою умовну щільність імовірності виникнення відмови невідновлюваного об'єкта, яка зумовлена для розглянутого моменту часу (напрацювання) t за умови, що до цього моменту відмова не виникла. Якщо щільність імовірності відмов позначити через $f(t)$, а імовірність безвідмовної роботи через $P(t)$, то, враховуючи вираження імовірності безвідмовної роботи через функцію відмов $F(t)$:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)}.$$

Для рухомого складу і їх ремонтоне придатних складальних одиниць подібною характеристикою безвідмовності є параметр потоку відмов - щільність імовірності виникнення відмови відновлюваного об'єкта, обумовлена для розглянутого моменту часу. Модель експлуатації сукупності відновлюваних виробів можна описати в такий спосіб. Після деякого напрацювання в кожного з

виробів може відбутися відмова. Після відновлення об'єкт продовжує свою роботу. Час відновлення не враховується. Моменти відмов в таких умовах створюють деякий потік відмов. Найчастіше цей потік є ординарним без післядії [10, 16, 17]. У такому потоці дуже мала імовірність появи одночасно більше однієї відмови, а імовірність появи відмови виробу не залежить від відмов, що раніше мали місце. Як характеристику такого потоку відмов використовують математичне сподівання числа відмов M об'єкта за час t :

$$M[r(t)] = \int_0^t \omega(x) d(x),$$

де $\omega(x)$ – параметр потоку відмов, який визначає собою інтенсивність цього потоку.

Середнє напрацювання до відмови як показник безвідмовності впливає з розглянутої моделі експлуатації ремонтпридатних виробів і є відношенням сумарного напрацювання однотипних об'єктів до математичного сподівання загального числа їх відмов протягом цього напрацювання.

Для характеристики безвідмовності ремонтпридатних, довговічності ремонтнепридатних об'єктів використовують показник гама-відсоткового напрацювання. Якщо γ – обумовлений відсоток об'єктів, то $t\gamma$ – гама-відсоткове напрацювання, протягом якого не відмовлять (чи не досягнуть граничного стану) γ відсотків об'єктів даного типу. Очевидно, що

$$P(t_\gamma) = \frac{\gamma}{100}$$

Показниками довговічності рухомого складу і їхніх складальних одиниць є різного типу середні ресурси і терміни служби, за допомогою яких також характеризують міжремонтні періоди.

Середній ресурс (термін служби) визначається як математичне сподівання ресурсу (терміну служби) деякої оцінюваної сукупності рухомого складу. Якщо вказується призначений ресурс, то він визначає міжремонтний період, тобто нормоване сумарне напрацювання, при досягненні якого повинен виконуватися один із встановлених типів технічного обслуговування чи ремонту. Розрізняють середні ресурси залежно від того, який ремонт потрібний для їх часткового чи повного відновлення. Може бути, наприклад, середній ресурс до середнього чи капітального ремонтів. Якщо при досягненні граничного стану об'єкт не підлягає відновленню, то говорять про середній ресурс до списання. Аналогічно розрізняють середні терміни служби.

Одиничні показники ремонтпридатності – це імовірність відновлення в заданий час і середній час відновлення.

У поняття «час відновлення» включають час, що затрачується на виявлення, пошук причини відмови й усунення її наслідків. Імовірність відновлення розглядають, як імовірність того, що фактичний час відновлення не перевищить заданий. Середній час відновлення оцінюється математичним сподіванням часу відновлення працездатності об'єкта.

γ – відсотковий термін зберігання, оцінюваний як термін, що досягається із заданою імовірністю відсотків, і середній термін зберігання, що є математичним сподіванням цього терміну, представляють одиничні показники збереження.

Показник коефіцієнт відмов – K_v – застосовують для класифікації груп відмов за типами устаткування, причин, наслідків та інших ознак.

$$K_v = \frac{m_k}{m},$$

де m_k – число відмов з даною ознакою;

m – загальна кількість відмов в аналізованій вибірці.

Комплексні показники надійності рухомого складу у більшості випадків характеризують безвідмовність і ремонтпридатність одночасно і можуть бути виражені у відносному вигляді, в питомих і реальних трудових, матеріальних і грошових витратах.

Коефіцієнт готовності K_2 – важливий комплексний показник, його величина залежить, крім інших факторів, від числа відмов і часу відновлення. Він оцінюється як частка сумарного часу перебування деякої сукупності рухомого складу у працездатному стані стосовно суми цього часу і загального часу відновлення працездатності рухомого складу після відмов, якщо вони відбулися за аналізований період.

У загальний час відновлення входять:

- простій рухомого складу на маршруті, викликаний його відмовою;
- час транспортування до депо чи пункту, де виконується відновлення;
- час відновлення працездатності.

Час очікування відновлення не враховується.

Коефіцієнт технічного використання K_{mv} – також комплексний показник.

Він враховує не тільки число відмов і час відновлення, але і технічне оснащення ремонтного виробництва, якість технології обслуговування і ремонту, кваліфікацію ремонтного персоналу. Визначається цей показник відношенням сумарного часу перебування деякої сукупності рухомого складу у працездатному стані за аналізований період до суми цього часу і сумарного часу простоїв рухомого складу цієї сукупності у всіх видах технічного обслуговування, ремонту, а також часу відновлення їхньої працездатності після відмов.

Очевидно, що скорочення простою рухомого складу у планових і непланових видах технічного обслуговування і ремонтів може підвищити коефіцієнт $K_{тв}$, на що істотно впливає й відпрацювання технологічних процесів у депо . До комплексних показників відносять середні, а також питомі сумарні трудомісткості (вартості) технічного обслуговування чи ремонтів, оцінювані як математичні сподівання відповідних трудомісткостей або вартостей технічних обслуговувань усіх видів ремонтів рухомого складу за певний період експлуатації.

Питомі сумарні трудомісткості є відношенням середніх сумарних трудовитрат або вартостей до математичного сподівання сумарного напрацювання об'єкта за той самий період експлуатації. Повнота переліку показників визначається цілями і завданнями аналізу надійності.

3.6 Узагальнені показники властивостей рухомих одиниць

Показники надійності рухомого складу та його складових частин визначають узагальнені характеристики як показники ефективності витрачених на його придбання коштів та зусиль персоналу сфери технічної експлуатації – безвідмовність, довговічність та збереженість. Безвідмовність – це властивість об'єкта безперервно зберігати працездатність протягом деякого часу або деякого напрацювання. Властивістю безвідмовності об'єкт володіє як у період його використання, так і в періоди збереження і транспортування.

Довговічність – властивість об'єкта зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту.

Збереженість – властивість об'єкта безперервно зберігати справний і працездатний стан протягом (і після) терміну збереження і (чи) транспортування, тобто до початку експлуатації.

Безвідмовність, довговічність і збереженість рухомого складу в експлуатації повинна бути забезпечена системою своєчасних ремонтно-профілактичних заходів.

3.7 Забезпечення справності рухомих одиниць

Справність рухомого складу забезпечується системою цілеспрямованих дій з технічного обслуговування і ремонту. Технічне обслуговування – це комплекс робіт для підтримки справності й працездатності об'єкта при підготовці й використанні за призначенням, а також під час збереження і транспортування. Для рухомого складу встановлено три види технічного обслуговування: ЩО, ТО-1, ТО-2 які відрізняються обсягом робіт, тобто

переліком операцій з огляду за складовими одиницями. Різні для цих видів обслуговування і час простою, і терміни їх виконання.

До вжитих заходів з усунення відмови (пошкодження) відносять виконання однієї з наступних робіт: відновлення (ремонт), заміна новим, регулювання, модернізація об'єкта. При визначенні характеру відмови і наслідків дуже важливим є об'єктивне і повне викладення усіх відомостей і даних. Терміни і визначення для кількісних характеристик розглядають, звичайно, в зв'язку з властивостями і видом об'єктів.

Ремонт визначається як комплекс робіт для підтримки і відновлення справності або працездатності об'єктів. Розрізняють плановий ремонт, коли певний комплекс робіт виконується з періодичністю, встановленою технічною документацією, і неплановий ремонт – комплекс робіт, призначений для відновлення працездатності об'єкта після відмови його складової частини що виникла в міжремонтний період. Види ремонтів рухомого складу визначені наказом центрального органу виконавчої влади. До них відносяться: поточні, середній і капітальний ремонти.

Поточні ремонти необхідні в процесі експлуатації для відновлення працездатності рухомого складу після відмови його складової частини і виконуються позапланово.

При середньому ремонті відновлюють експлуатаційні характеристики об'єкта і частково ресурс ремонтном або заміною тільки зношених чи пошкоджених складальних одиниць. При цьому обов'язково перевіряють технічний стан усіх складальних одиниць і виявлені відхилення від встановлених нормативів усувають. Норми допусків відхилень параметрів для складових одиниць при середньому ремонті більш жорсткі, ніж при поточному ремонті.

При капітальному ремонті відновлюється не тільки повна справність, але і ресурс рухомого складу. Складові частини підлягають відновленню, заміні й регулюванню.

3.8 Зміни станів рухомих одиниць. Життєвий цикл рухомої одиниці

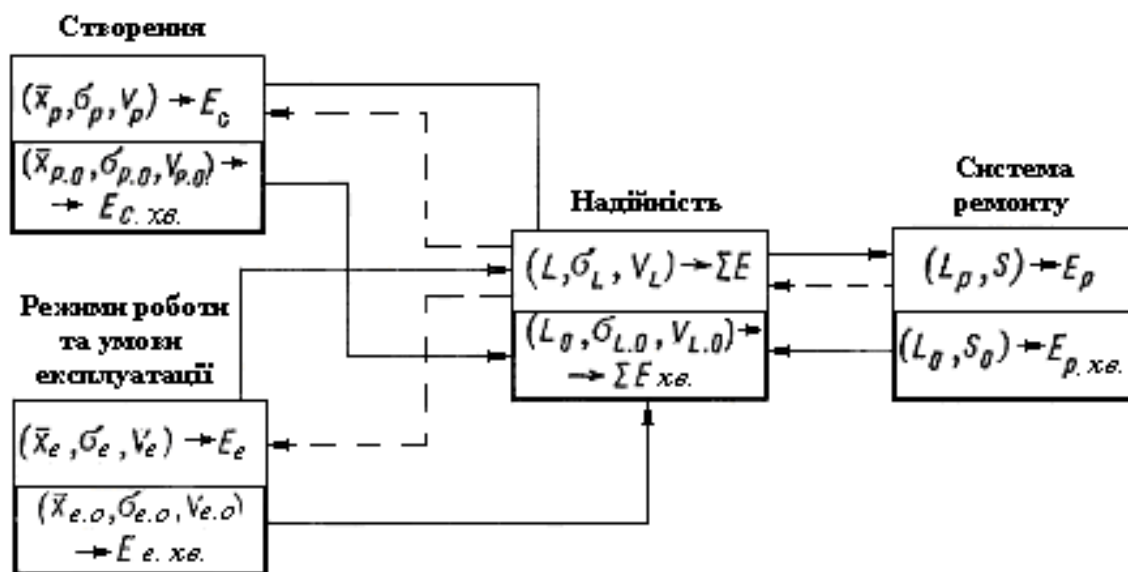
Під життєвим циклом рухомої одиниці слід розуміти період часу від моменту початку наукових досліджень, що мають своєю метою одержання необхідних даних для проектування, до моменту виключення з інвентарю. Структура циклу створення і використання рухомого складу містить у собі ряд періодів (стадій). Період створення поєднує стадії науково-дослідних розробок, проектування, виготовлення дослідних зразків, їхніх випробувань і доведення та організації серійного виробництва. Період використання складається з часу експлуатації (робота, ремонт, технічне обслуговування) і перебування в запасі у працездатному стані. На всіх стадіях цього циклу діють фактори, що приводять

до розкиду технологічних, конструктивних і експлуатаційних показників і параметрів робочих властивостей, які характеризують рухомий склад (якість, потужність, економічність) і здатність зберігати їх, тобто надійність.

Цими факторами не тільки пояснюється розкид величин, що характеризують надійність в експлуатації, але й намітити шляхи визначення надійності на основі вивчення розподілень робочих властивостей на стадії створення рухомого складу і умов, в яких вони будуть працювати, тобто прогнозувати надійність створюваних типів рухомого складу.

Реалізований у конкретних умовах рівень надійності рухомого складу припускає наявність певної системи їх ремонтного обслуговування, що характеризується деякими її параметрами (види і циклічність ремонтів, міжремонтні пробіги, обсяг відновлювальних робіт на ремонтах, технічна оснащеність та ін.). Таким чином, між надійністю рухомого складу і системою ремонтного обслуговування існує як прямий, так і зворотний зв'язок (рис. 3.2).

Зворотні зв'язки (штрихові лінії на рис. 3.2) існують між процесом створення рухомого складу і їх надійністю, а також між режимами роботи і надійністю рухомого складу.



Тонкими лініями показані існуючі параметри, жирними лініями – оптимальні параметри.

Рисунок 3.2 – Модель зв'язків надійності рухомого складу

Наявність зв'язків дає змогу оптимізувати процес створення зразків тягового рухомого складу так, щоб загальні витрати на їхнє створення, експлуатацію і ремонтне обслуговування були мінімальними. На стадії створення залежно від витрат забезпечуються ті чи інші робочі характеристики і відповідний рівень надійності. На стадії використання під впливом умов експлуатації і режимів роботи, що характеризуються навантаженнями, а також системи ремонту, що характеризується сукупністю її параметрів, реалізуються

деякий рівень експлуатаційної надійності і витрат на експлуатацію та ремонт .

Оптимальним слід вважати такий рівень надійності, що забезпечує мінімум сумарної функції народногосподарських витрат (метод сумарної функції). Тільки комплексний підхід до оптимізації процесів створення, використання обслуговування і ремонту рухомого складу як єдиного циклу дасть можливість вирішити проблему підвищення ефективності рухомого складу відповідно до сучасних вимог.

3.9 Зв'язок змін стану з якістю виготовлення

Основою для подолання труднощів створення надійних рухомих одиниць є детальне моделювання фізико-технічних процесів виготовлення, ефектів від ремонтів і виникнення несправностей їхніх складальних одиниць. Необхідне ретельне інженерне обґрунтування достовірного опису цих процесів, його ув'язування з електротехнічними, теплотехнічними розрахунками та розрахунками на міцність і коригування результатів з обліком шкідливих експлуатаційних впливів. Для однакового представлення всіх стадій виготовлення і експлуатації рухомого складу в основу розрахунку надійності їх складальних одиниць можуть бути покладені взаємодії випадкових процесів діючого або припустимого навантаження, тобто навантажень та властивостей, що характеризують міцність [11]. На стадії виготовлення закладаються робочі характеристики $X_{pi}(i=1, 2, \dots, n)$ складальних одиниць за рахунок відповідних технологічних прийомів і застосування необхідних матеріалів. Це забезпечує реалізацію призначеного ресурсу або терміну служби деталей при розрахункових навантаженнях в експлуатації. Але практика показує, що незважаючи на удавану стабільність технології і застосування тих самих матеріалів для виготовлення однотипних об'єктів, замість конкретного детермінованого значення робочої властивості X_p , ми змушені мати справу з його розподілом з відповідною щільністю $f_{pi}(x)$. Виготовлення елементів з більш високими початковими властивостями, звичайно, вимагає збільшення витрат у процесі створення. Ці витрати є деякою функцією початкових характеристик робочих властивостей.

Розкид робочих властивостей визначається не тільки допусками на параметри елементів, але і відхиленнями від допусків, що виникають під час порушення технології виготовлення і низькій якості вихідного контролю.

Дослідження проф. І. П. Ісаєва показали, наприклад, що відхилення частоти обертання тягових двигунів в основному залежать від точності дотримання повітряного зазору під головними полюсами [12]. Експлуатація і

дослідження тягових двигунів виявили значний вплив відхилень геометрії магнітної системи і колекторно-щіткового вузла на комутацію.

3.10 Зв'язок змін стану з показниками зовнішніх впливів

Надійність рухомого складу в експлуатації багато в чому визначається частотою і тривалістю використання тих чи інших режимів. Зокрема практика показує, що надійність ізоляції і колекторів тягових двигунів рухомого складу у тих самих кліматичних зонах залежить від показників, що характеризують режим їхнього навантаження. Так, часта зміна режимів тяги, вибігу, гальмування більш несприятливо відбивається на ізоляції, ніж тривала робота з постійним режимом тяги.

Умови експлуатації і режими роботи рухомого складу з часом випадково змінюються. Це призводить до того, що замість постійних розрахункових навантажень на кожну деталь впливає їхнє розподілу із щільністю імовірності $f(x)$.

Закладена на стадії виготовлення надійність реалізується у конкретних умовах експлуатації. При цьому на надійність рухомого складу впливають параметри як зовнішнього середовища, так і режимів роботи. Вплив навколишнього середовища на складальні одиниці рухомого складу - апаратуру, двигуни, елементи механічної частини та ін. призводить до порушення їхньої працездатності, зміни робочих параметрів і характеристик. Щоб забезпечити їхню безвідмовну роботу в різних умовах, необхідно знати, як саме впливають на них фактори зовнішнього середовища.

У відношенні окремих елементів (апарати, візки, двигуни) це завдання вирішується за допомогою випробувань, що імітують експлуатаційні впливи середовища. Однак в цілому рухомий склад будується в основному в одному виконанні для всіх експлуатаційних підприємств України без диференційованого обліку всіх різноманітних експлуатаційних факторів, що спостерігаються в різних містах України.

Залежність надійності рухомого складу від параметрів навколишнього середовища можна встановити, принаймні, двома шляхами [11, 13]. Перший полягає у використанні залежностей зношування (старіння) об'єкта від параметра зовнішнього середовища і його розподілу. Для цього визначають середню швидкість $S_{хср}$ зміни робочого параметра X (зазор, міцність ізоляції, розмір деталі і т. п.) при наявності впливу зовнішнього середовища (температура, вологість, запиленість) з урахуванням прояву розкиду даного впливу.

Задавши допуск δ_x на зміну робочого параметра, знайдемо середню тривалість роботи до його граничного значення

$$L_{cp} = \frac{\sigma_x}{C_{xcp}}$$

Другий шлях полягає у встановленні кореляційних залежностей середньої тривалості роботи до відмови від числових характеристик розподілу параметрів навколишнього середовища (середнє значення, середнє квадратичне відхилення). Вихідними даними для кореляційного аналізу повинна бути статистична інформація, одержана шляхом проведення експерименту в різних кліматичних умовах.

Для встановлення цих залежностей треба зібрати й переробити величезний статистичний матеріал у різних кліматичних зонах, з огляду на те, що вплив зовнішніх умов виявляється не миттєво, а з певним зміщенням у часі. Для виявлення ступеня впливу різних діючих факторів зовнішніх впливів успішно може бути використаний багатофакторний аналіз. Оцінка впливу зовнішніх умов дослідним шляхом вимагає знання кількісної характеристики кліматичних умов, виявлення основних факторів зовнішнього середовища і характеру їхнього впливу на працездатність та надійність рухомого складу та його елементів. Вплив зовнішнього середовища на різні елементи рухомого складу може бути обумовлений як природними так і штучними факторами, що створюються у закритих системах трамвайного вагона чи тролейбуса. Штучні фактори формують мікроклімат тієї чи іншої деталі, вузла. Причому на параметри мікроклімату в значній мірі впливають природні фактори.

Особливо важливими параметрами зовнішнього середовища є:

- температура навколишнього повітря (розрізняють середню, мінімальну, максимальну, добову, місячну, квартальну, річну);
- швидкість і напрямок вітру;
- вологість (види і кількість опадів у різні періоди року);
- барометричний тиск;
- перепади температур за деякий період часу.

На рисунку 3.3 показана схема впливу параметрів навколишнього середовища на працездатність рухомого складу. Подібним же чином навколишнє середовище впливає і на надійність електрообладнання рухомого складу. Для електрообладнання особливо помітний прояв впливу високих і низьких температур, температурних перепадів, вологості й запиленості на стан ізоляції тягових двигунів, апаратів і перетворювачів.

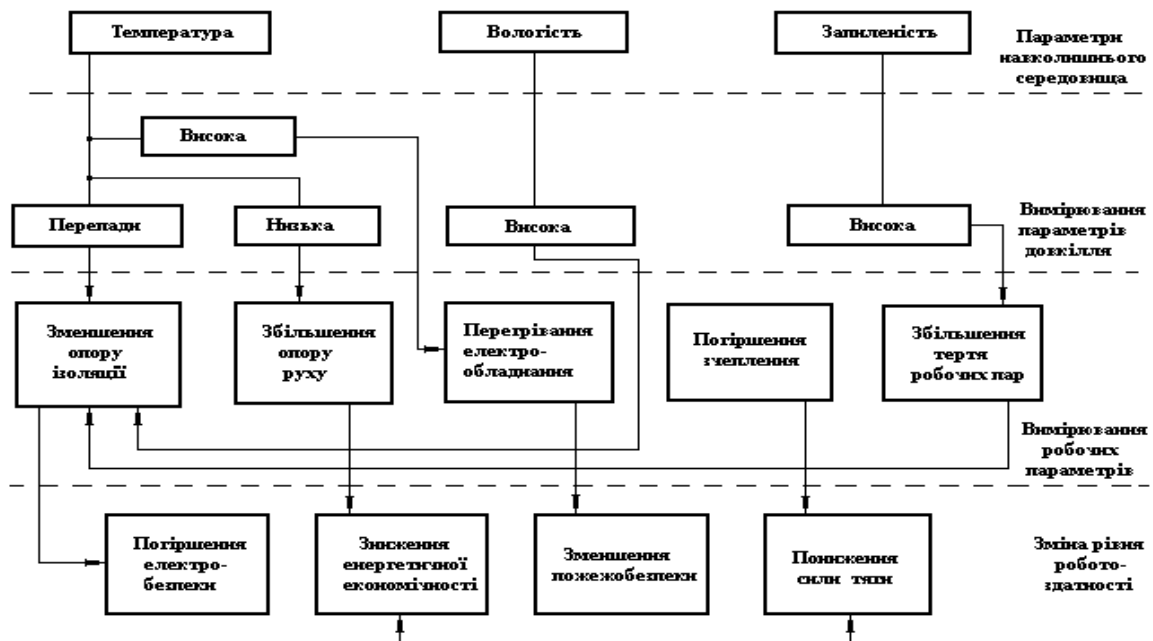


Рисунок 3.3 – Схема впливу параметрів навколишнього середовища на працездатність виробу

Наявність розподілень робочих властивостей, показників умов експлуатації і режимів роботи приводить до неминучого розкиду тривалості роботи L складальних одиниць і рухомого складу у цілому до відмови. Це цілком природно, тому що тривалість роботи до відмови L є функцією робочих властивостей X_p і умов експлуатації.

Аналогічний вплив розподілень робочих властивостей і умов експлуатації має місце і на такі показники надійності рухомого складу в експлуатації, як середній час відновлення, середні й питомі витрати трудових і матеріальних ресурсів на ремонт.

ЛЕКЦІЯ 4

ВИДИ ВІДМОВ РУХОМОГО СКЛАДУ

План

- 4.1 Загальна фізична схема виникнення відмов.
- 4.2 Миттєві пошкодження.
- 4.3 Пошкодження, що накопичуються.

4.1 Загальна фізична схема виникнення відмов

Відмова елемента викликається тим чи іншим фізичним процесом, що розвивається в часі або відбувається практично миттєво. Логічно припустити, що кожному виду такого процесу відповідає свій закон розподілу тривалості роботи до відмови. Виявлення і використання цього зв'язку на практиці часто ускладнено через одночасну дію декількох фізичних факторів чи процесів, неточних даних про їхній характер.

Перш ніж перейти до викладу математичних форм такого зв'язку, розглянемо основні види фізичних схем розвитку процесу виникнення несправностей (відмов). Відмова як подія – це перехід з працездатного стану в непрацездатний, може відбуватися внаслідок зміни параметрів об'єктів стрибкоподібно або поступово (раптові й поступові відмови) з різних причин.

Конструкційні відмови є в більшості випадків результатом неврахування «пікових» навантажень або будь-яких впливів із загального їхнього комплексу. Імовірність виникнення такого виду відмов однакова у всіх об'єктів одного типу (серії). Порушення технології виготовлення виявляється звичайно у вигляді варіацій якості окремих об'єктів або окремих їхніх груп у загальній масі. Якщо відхилення в технології незначні, то це може і не позначитися помітно на показниках надійності й на законі розподілу напрацювання до відмови. Але різкі й істотні відхилення параметрів виробів внаслідок порушень технології призводять до відмов окремих об'єктів. У такий же спосіб виявляється і вплив умов експлуатації. Звичайно, це відноситься тільки до частини виробів, що експлуатуються із загальної сукупності.

Виведена узагальнена форма закону розподілу є основою для математичного опису імовірнісних характеристик ідеалізованих схем розвитку фізичних процесів виникнення відмов, тобто моделей відмов. В усіх цих схемах не враховується розкид початкових робочих властивостей і рівнів навантаження, які призводять до виробничих і експлуатаційних відмов, що і визначає ідеальність моделей. Незважаючи на це, слід розглянути такі моделі, оскільки при вказаних припущеннях вони досить добре можуть бути застосовані для характеристик процесів розвитку пошкоджень багатьох об'єктів.

4.2 Миттєві пошкодження

Цей вид характеризується такими вихідними положеннями й умовами: всі однотипні об'єкти в експлуатації здатні витримати деяке гранично припустиме навантаження S_n . Ця здатність об'єктів вважається незмінною протягом усього часу експлуатації, тобто $S_n = \text{const}$. Інакше кажучи, попереднє використання кожного об'єкта не впливає на властивості об'єкта в його наступній експлуатації. Діюче на об'єкт навантаження безперервно, відносно плавно і випадково змінюється, як це зображено на рисунку 4.1. Нехай ця зміна характеризується властивостями асимптотичної незалежності й стаціонарності.

Властивістю асимптотичної незалежності навантаження $S(t)$ володіє об'єкт у тому випадку, якщо $S(t_2)$ не залежить від $S(t_1)$ при досить великій тривалості часу між моментами t_2 і t_1 , тобто при великій різниці $(t_2 - t_1)$, але $S(t_2)$ явно зв'язана з $S(t_1)$ при малих різницях $(t_2 - t_1)$. Це означає, що моменти «пікових» навантажень не можуть бути передбачені заздалегідь.

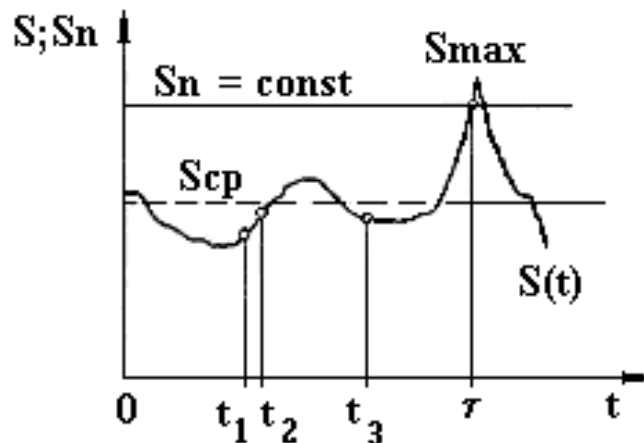


Рисунок 4.1 – Модель виникнення відмов у схемі миттєвого пошкодження

Відсутність спрямованості зміни навантаження $S(t)$ в міру наростання часу роботи є властивістю стаціонарності. Середній рівень навантаження S_{cp} не змінюється з часом і залишається постійним для всіх об'єктів, що знаходяться в експлуатації. У цих умовах навантаження можливий випадок, коли навантаження в одному з «піків» перевищують припустимий рівень S_n і при $S(t=\tau) > S_n$ наступить відмова об'єкта. Очевидно, що час до першого перетинання τ буде величиною випадковою, і тому τ – це час безвідмовної роботи об'єкта.

Так, об'єкти можуть відповідати цій моделі не протягом усього терміну служби, а протягом періоду часу після закінчення припрацювання t_1 до моменту початку процесу старіння t_2 . Якщо такі об'єкти встановлюють для експлуатації

в деякій системі після припрацювання і використовують протягом часу (t_2-t_1) , тобто замінюють їх після напрацювання t_2 то час безвідмовної роботи таких об'єктів при експлуатації системи буде іншим. Наприклад, у електромагнітних контакторів постійного струму модель миттєвих пошкоджень у вигляді пошкоджень електричною дугою має місце після припрацювання до пробігу 400–500 тис. км. Це вказує на появу екстремальних умов дугогасіння, за яких можлива відмова апарата.

У практиці експлуатації поширена ситуація, коли властивості об'єктів змінюються, тобто рівень припустимого навантаження S_n знижується в міру зростання t . Нехай первісні властивості навантаження такі, що в інтервалі $(0-t_0)$ навантаження $S_n=S_{n0} \gg S(t)_{max}$, тобто імовірність відмови в цьому інтервалі досить мала. Після моменту t_0 за малий інтервал (t_0-t_1) властивості навантаження погіршуються до рівня $S_n=S_{n1}$, при якому стає відчутна імовірність пошкодження об'єктів піками $S(t)_{max}$. Прикладом такого процесу може бути раптове прискорення погіршення властивостей ізоляції апаратів, викликане зволоженням.

Підводячи підсумок розглянутої моделі миттєвого пошкодження, слід зазначити, що така схема формування потоку відмов в ідеальному випадку заперечує необхідність виконання профілактичних замін елементів та їх періодичного ремонту. Оскільки причиною відмови є зовнішній випадковий вплив, а властивості елементів незмінні, то заміна старого елемента на новий не змінює моменту настання відмови під час піку навантаження. Підвищення надійності в цьому разі можна досягнути поліпшенням конструкції, тобто збільшенням рівня властивостей виробу S_n або зниженням рівня піків зовнішніх впливів $S(t)_{max}$.

4.3 Пошкодження, що накопичуються

У вихідних положеннях цієї моделі основне місце займає зношування, оскільки всі елементи реально існуючих систем зазнають протягом періоду експлуатації необоротних змін. Розрізняють багато видів зношування від зовнішнього тертя залежно від видів мікропроцесів: механічне, корозійно-механічне, зношування від втоми, ерозійне, абразивне, кавітаційне та ін. У загальному випадку під зношенням розуміють результат зношування, тобто залишкові зміни фізичного стану об'єктів не тільки від тертя, але і з інших причин (наприклад, старіння ізоляції). Стан об'єктів може бути оцінений за конфігурацією, ступінню чистоти поверхні та інших показників, а також за

хімічним складом, фізичним властивостям, напругою та іншими параметрам.

Важливою характеристикою є реалізація зношування, тобто вид залежності показника X_p , що характеризує робочі властивості виробу, від часу або напрацювання. Ця деяка випадкова функція $X_p(t)$, у загальному випадку має нелінійний характер. У найпростішому випадку реалізація зношування має лінійний вигляд:

$$X_p(t) = a \cdot t + b,$$

Якщо $b = x_p(t=0)$ – початковий стан об'єкта, $a = dx_p(t)/dt$ – швидкість зміни $X_p(t)$, яка випадково змінюється від об'єкта до об'єкта, то τ_i — час безвідмовної роботи i -го об'єкта є величина випадкова і обумовлена моментом досягнення граничного стану $x_p(\tau) = M\tau$, тобто $\tau_i = (M\tau - b)/di$.

У реальних умовах спостерігаються більш складні залежності $X_p(t)$, в яких:

- початкові властивості можуть бути різними, $b_1 \neq b_2$;
- середня швидкість зношування не однакова для різних об'єктів $a_{1cp} \neq a_{2cp}$. (можливий і випадок, коли $a_{icp} \neq \text{const}$);
- швидкість зношування в одного об'єкта випадково змінюється у процесі роботи, тобто $a = a(t)$.

Спільним для всіх цих випадків є те, що на відміну від миттєвих пошкоджень інтенсивність відмов від зношування не залишається постійною в часі, хоч в середньому є незмінною. Певна група елементів характеризується моделлю, що відповідає схемі зношення об'єктів при наступних особливостях:

- середня швидкість зношування об'єктів постійна;
- початкова якість об'єктів досить однорідна;
- швидкість наростання зношення піддається випадковим варіаціям.

Схема придатна для випадку, коли процеси припрацювання об'єктів забирають незначний час. У процесі роботи об'єкта відбуваються одиничні пошкодження Δh , кожний з яких не призводить до відмови, а нагромадження деякої їхньої величини викликає в кінцевому результаті відмову.

Наприклад, деякий цикл роботи пари щітка - колектор призводить до зношування щітки на величину Δh . Відмова – граничне зношування і заміна щітки настане, коли зношування досягне і перевищить припустиму величину $[h]$ після r циклів роботи, тобто при $r\Delta h \geq [h]$. Досягнення цього граничного розміру залежить від кількості циклів і випадкового розміру навантаження в циклі, при якому накопичується зношування Δh . Менше навантаження збільшує тривалість одного такого циклу, більше – скорочує.

Буває так, що до часу $t = 0$ «гинуть» екземпляри з високою швидкістю зношування, а зношування тих, що залишилися в роботі, наростає повільніше. У цілому така поведінка всієї системи виражає її здатність «приспосовуватися» до умов навантаження, тобто система має властивість тренування або припрацювання. Відомо, що накатка шийок валів і осей, поверхні колекторів збільшує їхню здатність протистояти зношуванню, тобто відбувається їхнє зміцнення. Процес зміцнення є теж своєрідним тренуванням матеріалу, коли за рахунок первісних деформацій зменшується зношування у наступній експлуатації. Подібні процеси можуть відбуватися і з об'єктами, тобто зменшення швидкості наростання зношування об'єктів системи можливе не обов'язково за рахунок «загибелі» слабких, а саме за рахунок поліпшення властивостей у процесі припрацювання.

При експлуатації колекторних тягових двигунів спостерігається таке явище, як «затягування» міжламельних проміжків міддю. Дослідження показали, що затягування особливо інтенсивне в початковий період експлуатації колектора або після обточування.

Розглянуті моделі не охоплюють усіх різновидів можливих схем розвитку процесів відмов. Можна вказати на такі важливі види, як релаксаційні моделі, накладання різних моделей. При цьому кожна модель може бути описана своїм законом розподілу часу безвідмовної роботи (напрацювання до відмови). Знання таких законів необхідне для вирішення багатьох практичних задач надійності рухомого складу.

Контрольні запитання до теми 2

1. Що є кінцевим результатом роботи підприємств електротранспорту?
2. Поняття «Технічна система і її елементи».
3. Поняття «Технічне обслуговування» і «Ремонт».
4. Поняття «Відмова рухомого складу та його елементів».
5. Види технічного стану об'єктів електротранспорту.
6. Пояснити фізичну природу зв'язків одних властивостей, що характеризують надійність рухомого складу, з іншими: довговічності з ремонтпридатністю, безвідмовності зі збереженістю, ремонтпридатності з безвідмовністю.
7. Забезпечення яких властивостей, що характеризують рухомий склад, має забезпечуватися при технічній експлуатації?

Тема 3 РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

ЛЕКЦІЯ 5

ЕНЕРГЕТИЧНІ Й МАТЕРІАЛЬНІ РЕСУРСИ. ТРУДОВІ РЕСУРСИ

План

- 5.1 Призначення і види ресурсів
- 5.2 Електроенергетичні ресурси
- 5.3 Забезпечення запчастинами та іншими виробами
- 5.4 Чисельність працівників в сфері технічної експлуатації
- 5.5 Шляхи зменшення витрат трудових ресурсів

5.1 Призначення і види ресурсів

Забезпечення виконання головної функції рухомого складу міського електротранспорту – перевезення пасажирів – неможливе без наявності ресурсів різного призначення. Так, без наявності електроенергії зовсім неможливий рух рухомого складу, а також робота технологічного обладнання, яке використовується під час технічного обслуговування та ремонту рухомого складу. Виконання операцій з відновлення працездатності рухомого складу та його обслуговування виконується технічним персоналом, за відсутності якого неможлива надійна робота рухомого складу. Відсутність запасних частин, мастил і матеріалів унеможливорює відновлення працездатності рухомого складу. Окремо можна відзначити необхідність утримання резервного рухомого складу, за допомогою якого відновлюється графік руху рухомого складу на маршруті, за умов втрати працездатності однієї або декількох рухомих одиниць під час їх роботи на маршруті.

Таким чином, можна чітко виділити декілька головних видів ресурсів, які забезпечують технічну експлуатацію рухомого складу. Основні види ресурсів та їх призначення наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Види ресурсів

№ п/п	Найменування ресурсу	Призначення ресурсу
1	Електрична енергія	1. Живлення рухомого складу під час його роботи на маршруті
		2. Живлення технологічного обладнання, яке використовується під час ремонту та обслуговування рухомого складу
		3. Живлення технічних засобів, що забезпечують комфортні умови праці робітників, які виконують технічне обслуговування та ремонт (наприклад, освітлення)

№ п/п	Найменування ресурсу	Призначення ресурсу
2	Резерв рухомого складу	Відновлення графіка руху
3	Трудові	Виконання обслуговування і ремонту рухомого складу, управління виробництвом, керування рухомих складом
4	Мастило	Подовження строку служби складових частин рухомого складу
5	Запасні частини	Відновлення працездатності рухомого складу

Наявність оптимального обсягу ресурсів, які наведені в табл. 5.1, забезпечує найбільшу ефективність технічної експлуатації рухомого складу і мінімізує витрати підприємств міського електротранспорту.

5.2 Електроенергетичні ресурси

Кількість електроенергії, яка використовується в процесі експлуатації рухомого складу, може бути поділена на дві складові: ту, що витрачається на перевезення пасажирів і ту, що витрачається на забезпечення підтримання рухомого складу в справному стані і виконання інших технологічних операцій організації технічної експлуатації рухомого складу.

Перша і друга складові залежать від обсягу транспортної роботи. Якщо відомі значення витрат електроенергії на пасажирські перевезення W_p , то витрати електроенергії на технологічні потреби забезпечення експлуатації рухомого складу можна розрахувати як відсоток від витрат W_p . Тобто загальні витрати електроенергії можна розрахувати за формулою :

$$W = W_p + k \cdot W_p = W_p(1 + k),$$

де k – відсоток витрат електроенергії від її обсягу на пасажироперевезення.

Існує декілька підходів до розрахунку витрат електроенергії на пасажирські перевезення. Усі методи базуються на використанні питомих витрат електроенергії на одиницю транспортної роботи або на одиницю наданих транспортних послуг з урахуванням особливостей конкретних типів рухомого складу та умов руху. За наочністю базового показника питомих витрат електроенергії для кожного міста України необхідно встановити коригувальні коефіцієнти, які б враховували місцеві умови руху. Визначення коригувальних коефіцієнтів потребує значного часу і обсягів об'єктивного статистичного матеріалу щодо умов руху. Інший підхід, який дозволяє з придатною точністю встановити залежність витрат електроенергії від транспортної роботи, є

статистична інформація за декілька років роботи транспортного підприємства. А саме: пробіг тролейбусів (X_1), пробіг трамвайних вагонів (X_2), кількість перевезених пасажирів тролейбусами (X_3), кількість пасажирів, перевезених трамвайними вагонами (X_4). Незалежно від вигляду рівняння, яке буде прийнято за математичну модель, яка пов'язує витрати електроенергії з показниками що впливають на її витрати (X_1, X_2, X_3, X_4), можна вимагати, щоб вона давала мінімальну похибку між фактичними і розрахунковими витратами електроенергії. Ця вимога завжди виконується при застосуванні методу найменших квадратів, який дозволяє визначити коефіцієнти математичної моделі таким чином, щоб сума квадратів відхилень розрахункових витрат електроенергії від фактичних була мінімальною, тобто

$$Z = \sum_m (Y_p - Y_\phi)^2 \rightarrow \min,$$

де Y_p – витрати електроенергії, розраховані за математичною моделлю;

Y_ϕ – фактичні витрати електроенергії;

m – кількість даних.

Мінімальне значення Z можна отримати, розв'язавши систему рівнянь, яка в загальному випадку має вигляд

$$\sum_{j=1}^n \frac{dZ}{da_j} = 0,$$

де $\frac{dZ}{da}$ – часткова похідна за коефіцієнтом рівняння;

n – кількість факторів, що входять до рівняння;

a_j – коефіцієнти рівняння.

Найбільш поширеним є визначення витрат електроенергії на одиницю пробігу та на одного перевезеного пасажирів, так що витрати енергії на експлуатацію встановлюється згідно з рівнянням:

$$A_p = a_0 + \sum_{j=1}^{j=n} a_j X_j,$$

де a_0 – сталий коефіцієнт, що враховує вплив місцевих умов руху на витрати електроенергії;

a_j – коефіцієнти впливу факторів на витрати електроенергії відповідно до тих чи інших вимірювачів цих факторів;

n – загальна кількість факторів, що впливають на витрати електроенергії.

За допомогою таких моделей можливо відслідковувати тенденції змін енергоспоживання та оцінювати вплив на витрати енергії впроваджених організаційно-технічних заходів.

5.3 Забезпечення запчастинами та іншими виробами

У зальному вигляді кількість запасних частин, яка буде витрачена на технічну експлуатацію, визначається обсягами замін під час проведення робіт із забезпечення справності. Очевидно, що на підприємстві повинен бути певний запас запчастин та інших виробів, що складає так званий оборотний фонд. Оборотний фонд створюється за рахунок постачань нових і відновлених агрегатів, вузлів, деталей та інших виробів.

З практики відомо, що іноді на складах депо відсутні запасні частини та інші вироби одних найменувань і в той же час є надлишки деталей інших найменувань. У разі відсутності необхідних запасних частин при настанні несправності рухомого стану має місце примусовий простій, що приводить до збитків. Якщо ж є зайві запасні частини, то це також пов'язано із збитками внаслідок «замороження» фінансових коштів і витрат на збереження.

5.4 Чисельність працівників в сфері технічної експлуатації

Загалом персонал будь-якого підприємства міського електротранспорту поділяється на:

- працівників основного виробництва, які безпосередньо здійснюють технічну експлуатацію, до них відносяться слюсарі з ремонту рухомого складу, слюсарі-електрики з ремонту електрообладнання, токарі, фрезерувальники, зварювальники, малярі, тобто ті працівники, які беруть безпосередню участь в технологічних операціях з обслуговування та ремонту рухомого складу;
- допоміжні працівники, до яких відносяться працівники, які не беруть участі безпосередньо в технологічних операціях, а саме прибиральники, транспортні робітники, сторожі, налагоджувальники технологічного обладнання;
- інженерно-технічні працівники і молодший обслуговуючий персонал.

Кількість працівників основного виробництва визначається як результат від ділення річного обсягу робіт на річний фонд робочого часу.

Відрізняють списковий і явочний склад робітників. Списковий – це повний склад робітників, який включає робітників, що вийшли на роботу, робітників, які знаходяться у відпустці, і відсутні з поважних причин. Явочний склад робітників – це кількість робітників, які вийшли на роботу.

Спискова і явочна кількість робочих визначають за формулами:

$$X_{cn} = \frac{T_z}{T_{fd}}; \quad X_{яв} = \frac{T_z}{T_{fn}},$$

де T_z – річний обсяг робіт, *люд.год*;

T_{fd} – дійсний річний фонд робочого часу робітника, *год.*;

T_{fn} – нормативний фонд робочого часу, *год.*

Спискова кількість робітників може бути визначена не тільки для підприємства в цілому, а й для окремих ділянок, де річний обсяг робіт визначається в людино-годинах. Для інших ділянок, як правило, кількість обслуговуючого персоналу визначається за кількістю обладнання, яке ними обслуговується. У цьому випадку спершу визначається явочна кількість робочих, за яким в подальшому визначається їх спискова чисельність. Виняток складають види робіт на обладнанні, яке обслуговується одним робітником. Спискова кількість робітників у середньому на 10 %–12 % перевищує явочну кількість.

Під час виконання розрахунків за даними технологічного процесу є можливість з великою диференціацією вказувати трудомісткості за окремими видами робіт і на підставі даних операційних карт у відомостях розрахунку річних обсягів роботи і кількості робітників, вказувати також технологічне обладнання та інструмент, які необхідні для виконання робіт.

Кількість допоміжних робітників на ділянках основного виробництва приймається у відсотках від загальної кількості робочих. Як правило, цей відсоток становить 25 %–35 %.

Кількість інженерно-технічних працівників і молодшого обслуговуючого персоналу також визначається у відсотковому відношенні до загальної кількості основних і допоміжних робочих. Як правило, ці відсотки дорівнюють:

- інженерно-технічні працівники (ІТП) – 17 %–19 %;
- молодших обслуговуючий персонал (МОП) – 1 %.

При визначенні кількості ІТП безпосередньо на виробництві необхідно встановлювати, що на кожного майстра повинно приходиться 20–25 робітників. На трьох майстрів повинен бути один старший майстер. Загальну кількість ІТП і МОП, які працюють безпосередньо на виробництві, приймають у наступних межах:

- ІТП – не більше 18 % від кількості робітників у цеху;
- МОП – 1 % від кількості робітників у цеху.

Коли на підприємстві відсутня цехова структура, то приймають:

- ІТП – не більше 6 % від кількості робітників на ділянці;
- МОП – 1 % від кількості робітників на ділянці.

5.5 Шляхи зменшення витрат трудових ресурсів

При визначенні чисельності робітників типовим є завдання визначення оптимальної чисельності робочих, які обслуговують декілька робочих місць. Якщо один або кілька робітників будуть обслуговувати більше робочих місць, то збільшується продуктивність праці, а витрати на заробітну плату в розрахунку на одиницю продукції зменшаться. З іншої сторони, умовно сталі витрати на одиницю продукції, що включають затрати на утримання обладнання, збільшаться, тому що продуктивність обладнання зменшиться внаслідок збільшення простою обладнання. Оптимальною кількістю обладнання, яке обслуговується одним або кількома робітниками, буде таке, за яким сума витрат на одиницю продукції буде мінімальною.

Критерієм оптимальності може бути величина витрат S на одне робоче місце,:

$$S = \frac{(N \cdot C_e + M \cdot C_p)}{Q},$$

де C_e – умовно сталі витрати на одне робоче місце за одиницю часу;

C_p – заробітна плата з нарахуваннями на одного робітника, що обслуговує кілька робочих місць в одиницю часу;

Q – кількість діючих робочих місць;

N – кількість робочих місць, що обслуговуються;

M – кількість робітників, які зайняті обслуговуванням N робочих місць.

Щоб забезпечити оптимальну чисельність робітників, треба врахувати обмеження за обсягом існуючих виробничих ресурсів, наприклад за чисельністю робітників різних професій, кількістю обладнання, встановленою програмою випуску продукції. При цьому можливі значення M і N вибирають тільки в межах встановлених обмежень. Кожна одиниця обладнання може працювати, обслуговуватися або очікувати обслуговування, тобто із загальної кількості N робочих місць, які обслуговуються, працює Q , кількість H обслуговуються і L очікують обслуговування:

$$N = Q + H + L.$$

Для вибору з кількості варіантів обслуговування, які розглядаються, оптимально необхідно для кожної пари значень робочих місць N і кількості робітників M визначити величини Q , H та L . Для цього використовують теорію масового обслуговування.

Для вибору моделі процесу насамперед треба визначити, з якою кількістю вимог на обслуговування маємо справу. Як правило, в теорії масового

обслуговування розглядаються дві принципові ситуації щодо кількості вимог на обслуговування:

- необмежена кількість вимог в джерелі живлення - „розімкнена система масового обслуговування”, яка характеризується тим, що потік вимог на обслуговування не залежить від вихідного потоку з обслуговування;
- обмежена кількість вимог у джерелі живлення – «замкнута система», яка характеризується тим, що інтенсивність надходження вимоги на обслуговування залежить від кількості вимог, які повернулися в джерело живлення.

Для замкнутої системи масового обслуговування інтенсивність потоку кожен раз змінюється стрибком при надходженні нової вимоги на обслуговування від джерела та закінченні обслуговування.

Числові характеристики такої системи масового обслуговування визначають за наступними формулами.

1. Імовірність того, що всі робітники, здатні працювати на кількох робочих місцях, вільні:

$$P_0 = \frac{I}{\sum_{k=0}^M \frac{N!}{k!(N-k)!} \rho^k + \sum_{k=M+1}^N \frac{N!}{M^{k-M} M!(N-k)!} \rho^k},$$

де $\rho = \lambda/\mu$; λ – середня частота виникнення потреб у одному робочому місці в одиницю часу;

μ – кількість вимог, яке може обслужити один робітник за одиницю часу при безперервному обслуговуванні, $\mu = I/T_p$;

T_p – середня тривалість обслуговування однієї вимоги.

2. Імовірність того, що в системі знаходиться k вимог ($M \leq k \leq N$)

$$P_k = \frac{N!}{M^{k-M} M!(N-k)!} \rho^k P_0.$$

3. Середня кількість зайнятих робочих місць:

$$Q = \sum_{k=0}^N (N-k) P_k.$$

4. Середня кількість робочих місць, які очікують обслуговування:

$$L = \sum_{k=M+1}^N (k-M) P_k.$$

$$\% = 100(Y - Y_p) Y.$$

Як видно з таблиці, максимальне значення похибки не перевищує 5,76%.

ЛЕКЦІЯ 6

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

План

- 6.1 Інформаційні технології і системи.
- 6.2 Автоматизовані робочі місця.
- 6.3 Розробка структури бази даних та програмне забезпечення.

6.1 Інформаційні технології і системи

Інформаційні технології включають в себе сукупність способів збору, зберігання, обробки та передачі інформації на основі застосування засобів обчислювальної техніки.

Мета інформаційної технології – одержання інформації для її аналізу людиною та прийняття рішення по виконанню будь-якої дії.

Кожна інформаційна технологія (ІТ) реалізовується в рамках конкретної інформаційної системи.

В наш час широко застосовують наступні ІТ:

- ІТ обробки даних;
- ІТ автоматизованого офісу;
- ІТ обробки текстових даних;
- ІТ обробки графічних і табличних даних та ін.

Інформаційні системи призначені для зберігання, пошуку, обробки та видачі інформації по запитах користувачів.

Комплекс автоматизованої інформаційної системи (системи, яка базується на використанні засобів обчислювальної техніки і програмного забезпечення) включає:

- обчислювальне та комутаційне обладнання;
- програмне забезпечення;
- лінгвістичні засоби;
- інформаційні ресурси;
- системний персонал.

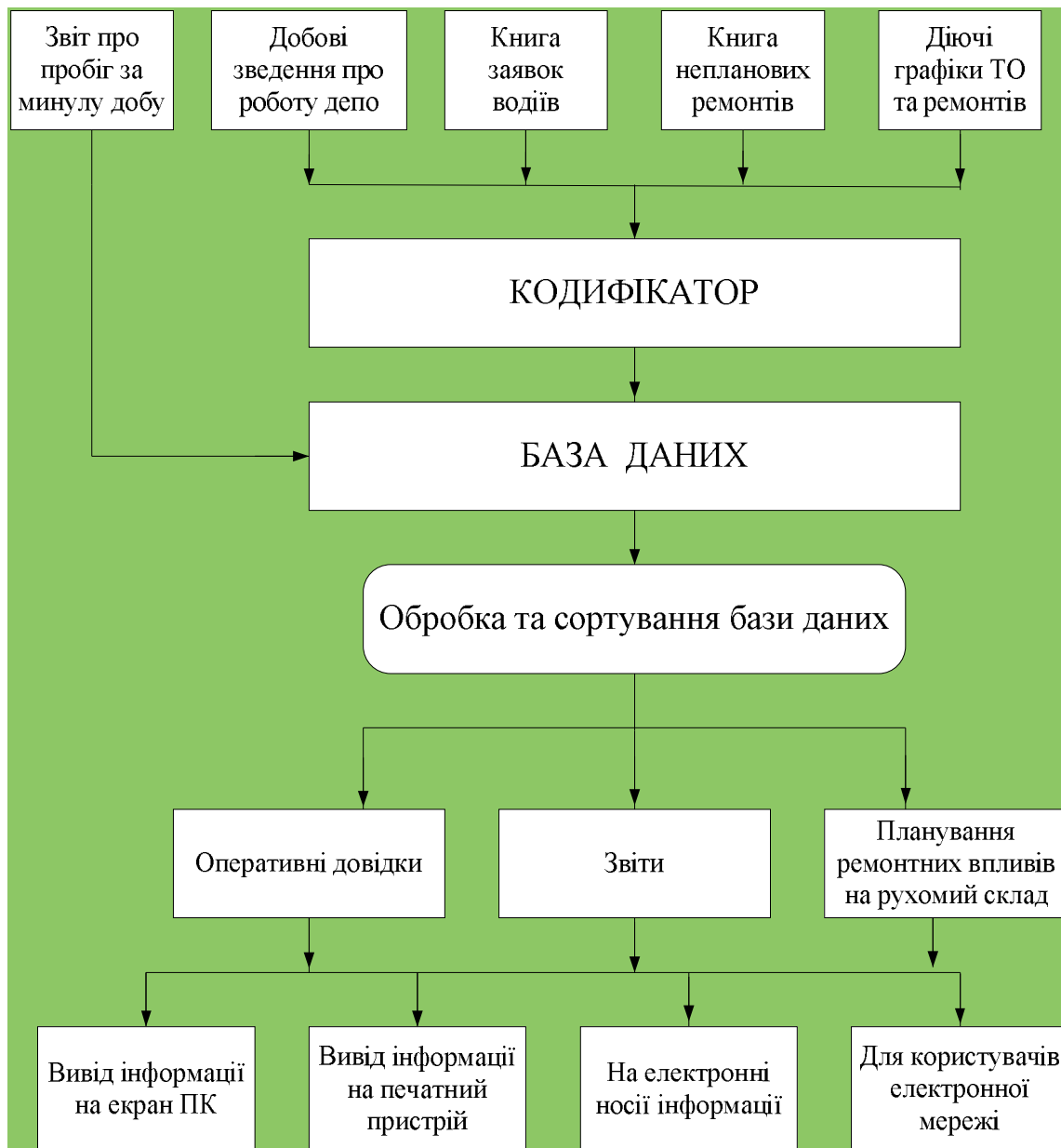


Рисунок 6.1 – Алгоритм побудови АРМу інженера-технолога виробничо-технічного відділу

Інтегровані системи управління (ІСУ) на основі АРМ і програмно-функціональних модулів наступних типів:

- Локальний модуль розглядається як елементарна первинна ланка структури ІСУ, забезпечує скорочення обсягів переданої інформації та збереження можливості автономного управління окремими об'єктами (при відмові структур управління вищого рівня, або мереж передачі даних);

- Моделюючий модуль призначений для виконання процедур моделювання багатопараметричних складних об'єктів – з одержанням еталонних моделей і їхньою наступною адаптацією до стану об'єкта, що змінюється;

- Оптимізаційний модуль здійснює вибір оптимальних режимів роботи відповідних об'єктів;
- Діагностичний модуль робить процедури діагностування стану контролюваного об'єкта – на основі інформації, одержуваної від локального модуля, а також поточних і еталонних моделей, формованих у моделюючому модулі.



Рисунок 6.2 – Структура системи управління процесами прийняття рішень на підприємствах транспорту

Задачі, для вирішення яких необхідні спеціалізовані технічні засоби інформаційної підтримки оператора:

1. Підготовка інформації;
2. Оперативне управління;
3. Вироблення рішень і рекомендацій з організації процесу управління готовністю підприємств МЕТ;
4. Представлення особі, що приймає рішення відповідних рекомендацій.

Планування та виконання проектів технічного обслуговування і ремонту.

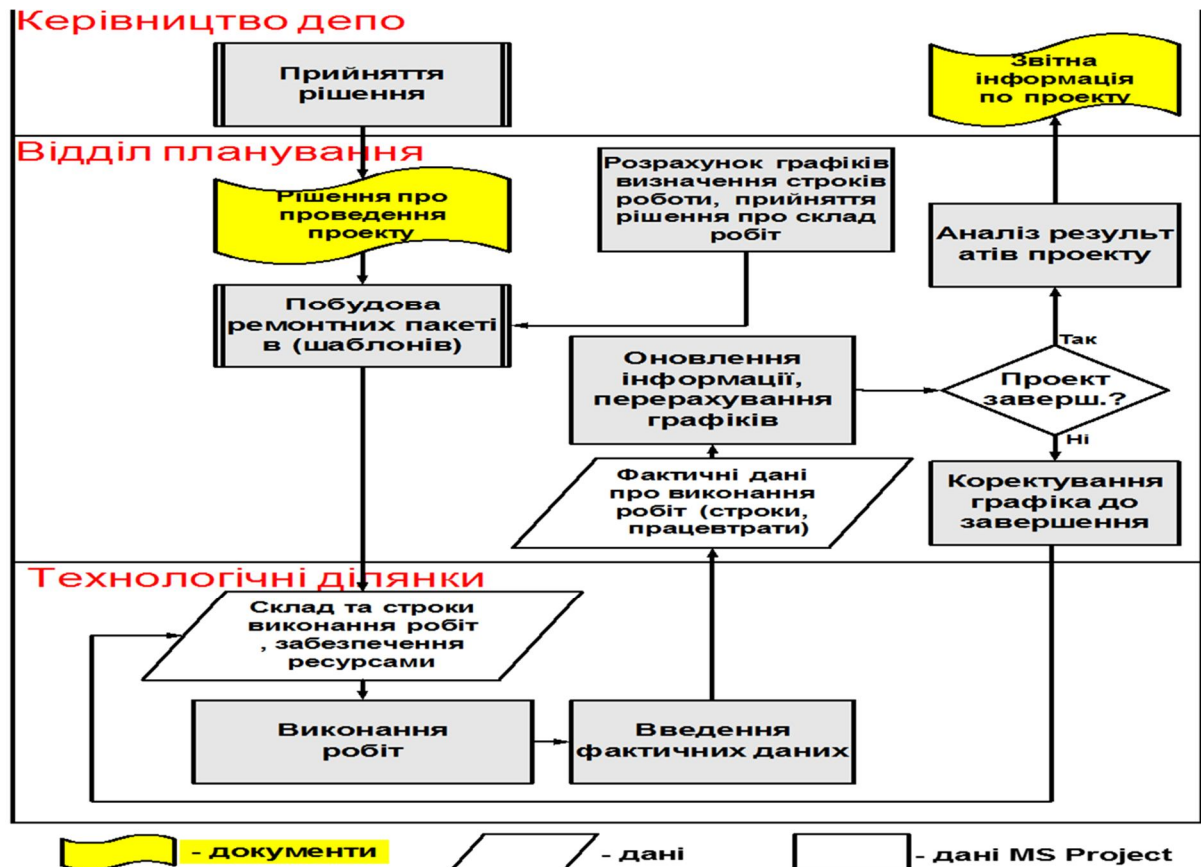


Рисунок 6.3 – Формування бази даних для підприємств МЕТ

База даних для підприємств МЕТ формується на основі функціонування структурних підрозділів і складається з таких частин.

Маршрутна система з об'єктами, що безпосередньо відносяться до маршруту, або групи маршрутів – тягові підстанції, контактна мережа, трамвайні колії, технічні засоби управління рухом;

Депо, рухомий склад.

Маршрутна система містить деталізовану інформацію про всі об'єкти маршрутної системи.

Депо представляє собою комплекс споруд, що забезпечують зберігання та технічне обслуговування рухомого складу.

База даних ресурсів може включати:

1. Матеріальні ресурси:

а) основні фонди:

- об'єкти, споруди, технологічне обладнання, рухомий склад та ін.;
- засоби обробки інформації, що включають інформаційні технології, які базуються на сучасних програмних засобах (ПЕОМ та їх мережі);

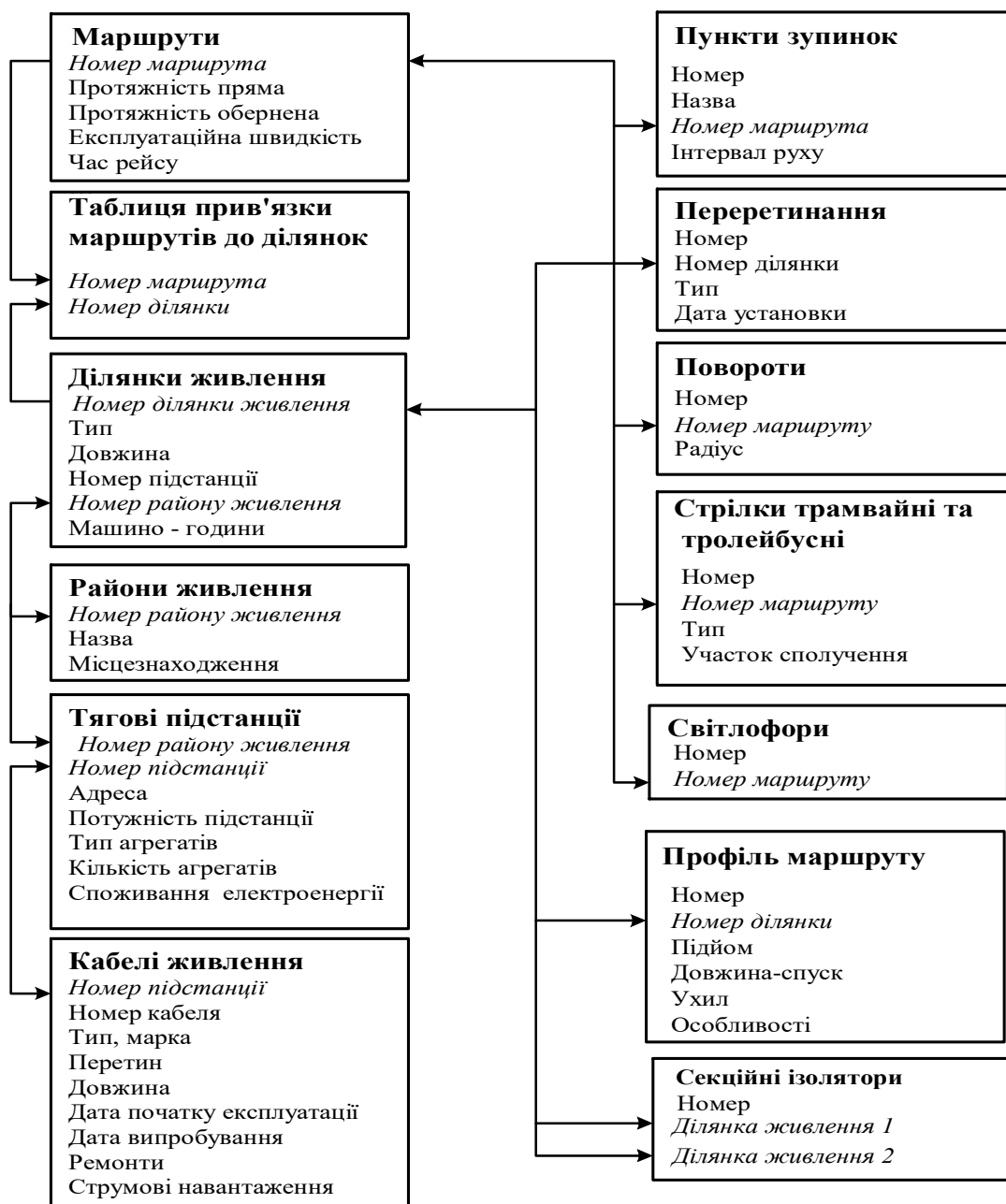


Рисунок 6.4 – Структура та взаємозв'язок бази даних «Маршрутна система»

– засоби комунікації, орієнтовані на забезпечення своєчасного збору, генерації, розподілу і збереження необхідної проектної інформації і її передачі, що базуються на сучасних засобах зв'язку і передачі даних;

б) оборотні фонди:

– сировина, основні й допоміжні матеріали, куповані напівфабрикати, тара й тарні матеріали, запасні частини, малоцінні та швидкозношувані предмети, незавершене виробництво та ін.

2. Енергетичні ресурси:

– електрична енергія;

- дизельне паливо та бензин для технологічного транспорту та спеціальної техніки;
- природний газ для технологічних цілей та опалення;
- вугілля для ковальських ділянок та опалення.

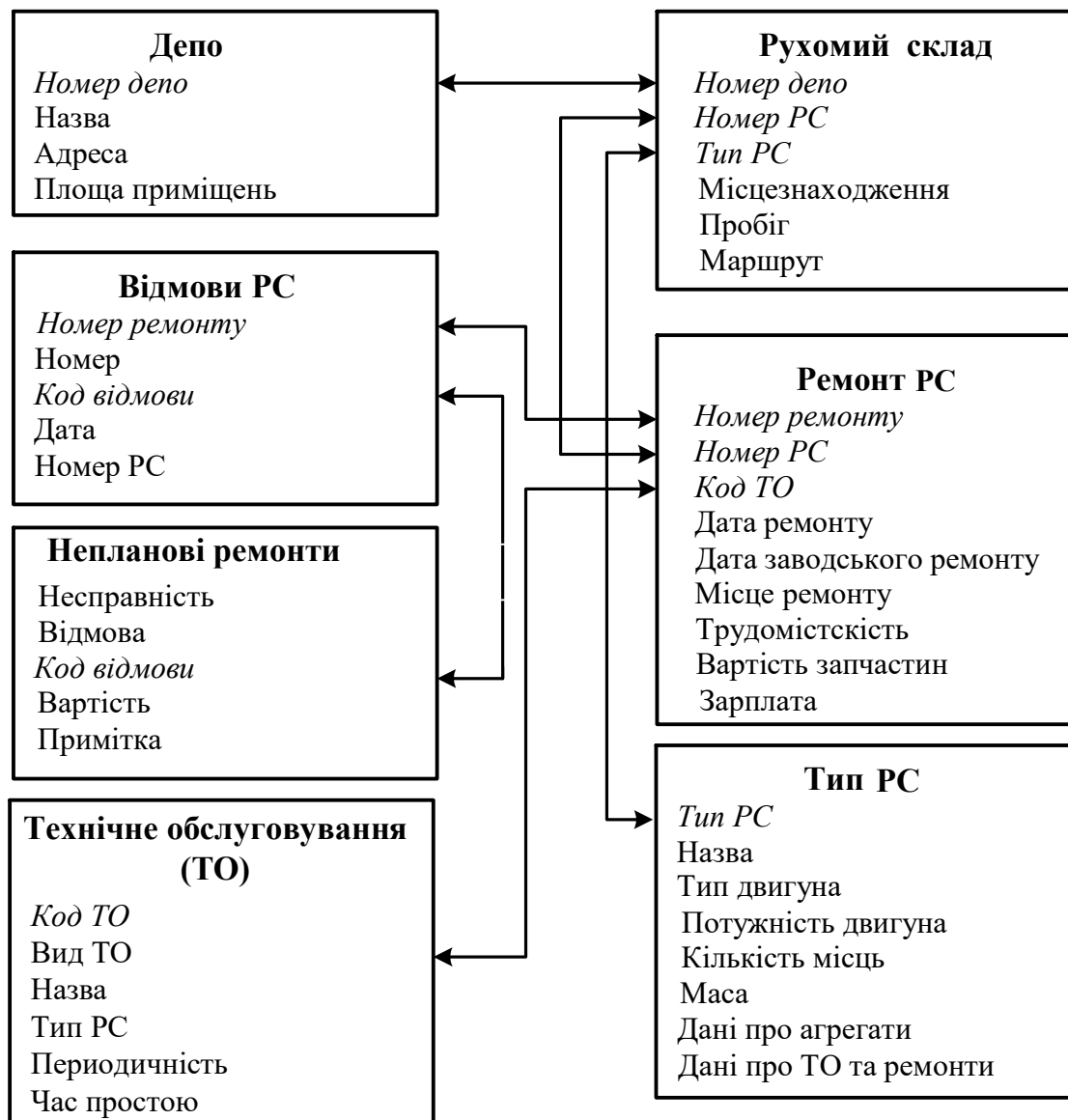


Рисунок 6.5 – Структура та взаємозв'язок бази даних «депо – рухомий склад»

– норми витрат, фактичні витрати, тариф або ціна за одиницю виміру, витрати на ресурси, питомі витрати: на машино(вагоно) кілометр, на транспортну послугу, на транспортний засіб. на час роботи та ін.

3. Трудові ресурси:

а) категорії працюючих: основні виробничі кваліфіковані робітники; допоміжні виробничі кваліфіковані робітники; підсобні робітники; молодший обслуговуючий персонал; службовці; інженерно-технічний персонал.

б) форми оплати праці: підрядна; погодинна, оклади та ін.; види доплат та форми преміювання і ін.

в) соціальне забезпечення: навчання та підвищення кваліфікації; кадровий резерв: ротація кадрів; поліпшення умов праці, відпочинку, проживання та ін.

г) кваліфікація працюючих (робочі розряди, категорії та ін.), облікова і явочна чисельність працівників підприємства і його внутрішніх підрозділів, за окремими категоріями і групами на визначену дату.

4. Інформаційні ресурси:

– інформація проекту, тобто зібрані, оброблені і розподілені дані, що включають як вихідні дані, так і одержані в результаті прямих розрахунків, аналітичної обробки, експертних оцінок і ін.

– статистичні дані та результати їх обробки про пасажирські перевезення, обсяги транспортної роботи, виконання розкладу руху, види та обсяги технічного обслуговування і ремонтів, дані про використання матеріальних, енергетичних, трудових, інформаційних та фінансових ресурсів;

– інформація, що передбачена для реєстрації при функціонуванні міського електротранспорту форми статистичної звітності та ін.);

– бази даних та програмне забезпечення засобів обробки інформації і засобів комунікацій.

Пакет прикладних програм по обліку роботи рухомого складу складається з трьох частин:

1. Облік пробігів і ремонтів рухомого складу;
2. Облік відмов, несправностей, вибувань рухомого складу;
3. Облік роботи покришок на рухомому складі (може використовуватися і для ведення обліку роботи і інших вузлів рухомого складу, що мають індивідуальні номери, система обліку яких аналогічна системі обліку роботи покришок).



Рисунок 6.6 – Фрагмент діаграми Гантта для щоденного обслуговування

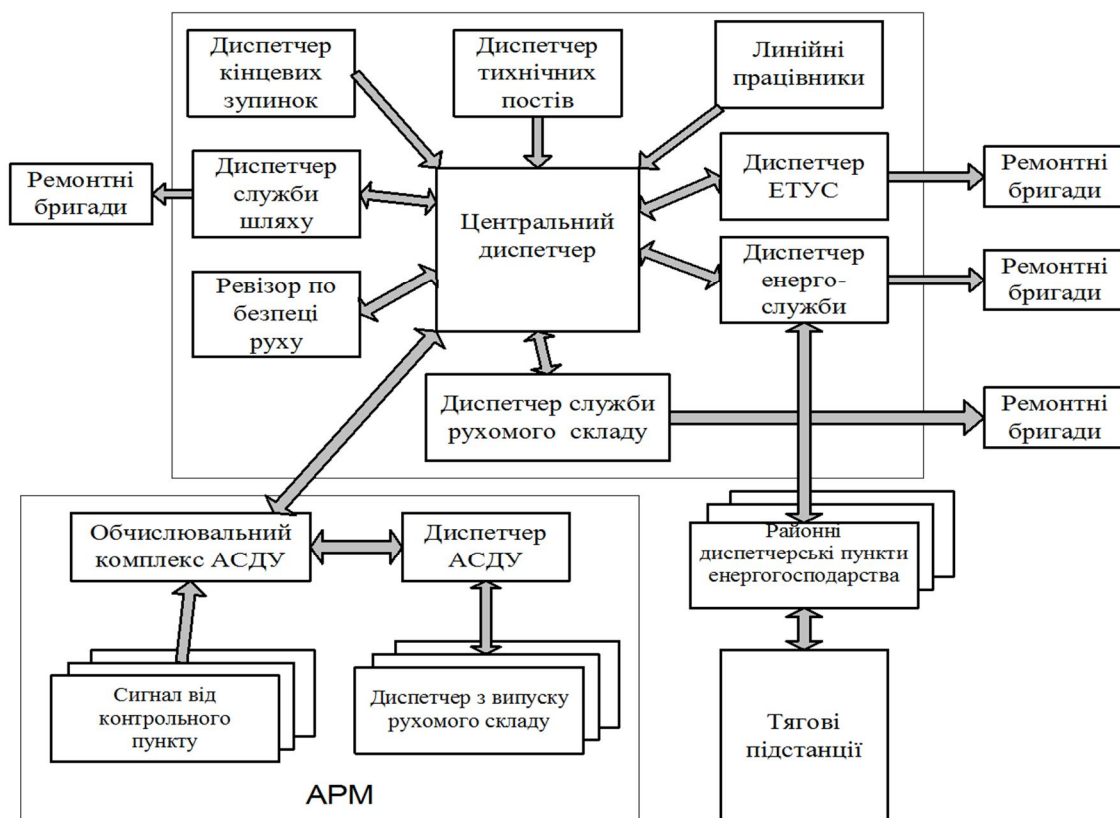


Рисунок 6.7 – Структура диспетчерського центру управління підприємства МЕТ

Облік даної інформації дає можливість:

- складати графік планових ремонтів;
- прогнозувати ремонти на черговий рік;
- одержувати різні довідки про пробіги рухомого складу;
- одержувати довідки про простій в планових і непланових ремонтах
- аналізувати причини постановок в непланові ремонти.

Контрольні запитання до теми 3

1. Розкрити сутність протиріччя між необхідністю збільшення оборотного фонду запчастин, збитками від простоїв і витратами на придбання, транспортування і утримання цього фонду.
2. Перелічити споживачів електроенергії постійного струму, що використовується на технологічні потреби.
3. Пояснити порядок визначення чисельності працюючих за даними технологічних карт, де зазначені трудомісткості операцій.
4. Інформаційні технології і системи.
5. Автоматизовані робочі місця.
6. Розробка структури бази даних та програмне забезпечення.

ТЕМА 7 ОТРИМАННЯ І ОБРОБКА ЧИСЛОВИХ ДАНИХ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ

ЛЕКЦІЯ 7 ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ

План

- 7.1 Попередні відомості.
- 7.2 Основні поняття та визначення.
- 7.3 Основні поняття математичної статистики.

7.1 Попередні відомості

Технічна експлуатація рухомого складу (далі – РС) базується на теорії надійності – науки, що вивчає закономірності змін технічного стану, відмов систем і елементів технічних пристроїв та причин їх виникнення [11, 13]. Теорія надійності має відповідний математичний апарат, що поєднує моделі й методи, за допомогою яких вирішуються проблеми оцінки, прогнозування, оптимізації різних показників надійності. Найчастіше при цьому мають справу з імовірнісними і статистичними характеристиками, що забезпечують можливість кількісної оцінки якісних категорій об'єктів. Слід підкреслити, що мова не йде про просте застосування імовірнісно-статистичних методів. У теорії надійності вони мають свою специфіку, вимагають спеціального вивчення.

При аналізі й розрахунку надійності технічних пристроїв доводиться оперувати випадковими величинами. Це зумовлено тим, що відмова будь-якої деталі викликається факторами, більшість з яких має випадковий характер (якість матеріалу, виготовлення і зборка, режими роботи, умови експлуатації та ін.), отже і тривалість роботи деталі до моменту відмови також буде випадковою величиною. Практично важко зберегти сталість умов виробництва й експлуатації. Неминучі коливання умов експлуатації призводять до розкиду якості й властивостей РС. Неможливо передбачити строк служби кожного трамвайного вагона чи тролейбуса, в тому числі їхніх складових частин, можна лише говорити про ймовірність збереження тієї чи іншої його властивості. Усе це визначає необхідність використання імовірнісно-статистичних методів при вирішенні теоретичних і практичних задач експлуатації рухомого складу міського електротранспорту.

7.2 Основні поняття та визначення

Теорія ймовірностей – це математична наука, що вивчає закономірності випадкових явищ і розподілу випадкових величин. Вона є не тільки

обчислювальним апаратом теорії надійності, але і її методологічною базою, тому що дозволяє більш повно описати процеси створення і використання виробів. Коли йдеться про застосування методів теорії ймовірностей, іноді приходится чути заяви про те, що ці методи нібито узаконюють наявність браку і навіть аварій у роботі. Насправді мова йде про методи аналізу накопиченого матеріалу і розробку на цій основі практичних заходів щодо максимального зниження кількості відмов і аварій. У теорії надійності використовуються такі основні поняття, як подія, ймовірність, сума і добуток подій, випадкові величини. Багато положень і висновки про надійність систем базуються на застосуванні основних теорем теорії ймовірностей: про додавання і множення ймовірностей, про повторення дослідів, інтегральної теореми Лапласа та ін. На основі формул Бернуллі, Лапласа, Пуассона та інших складені таблиці з розрахунку надійності [14, 15]. Велика увага в теорії надійності приділяється використанню законів розподілень випадкових величин, тобто таких величин, що в результаті експерименту можуть прийняти ряд можливих значень.

Законом розподілу випадкової величини називається будь-яке співвідношення, що встановлює зв'язок між можливими значеннями випадкової величини і відповідними ймовірностями. Закон розподілу може мати різні форми.

Рядом розподілу дискретної випадкової величини X називається таблиця, де перелічені можливі значення цієї випадкової величини $x_1, x_2, \dots, x_s, \dots, x_n$ з відповідними до них ймовірностями $p_1, p_2, \dots, p_s, \dots, p_n$, де $p_i = P(X = x_i)$ і обов'язково виконується умова $\sum_{i=1}^n p_i = 1$. Графічне зображення ряду розподілу показано на рисунку 7.1 і називається полігоном розподілу.

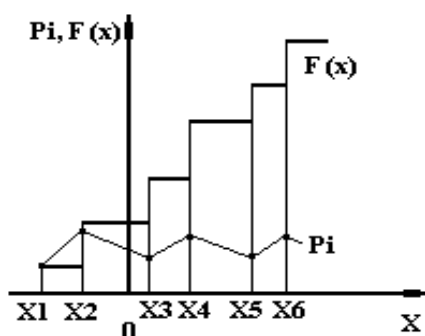


Рисунок 7.1 – Полігон і функція розподілу дискретної випадкової величини

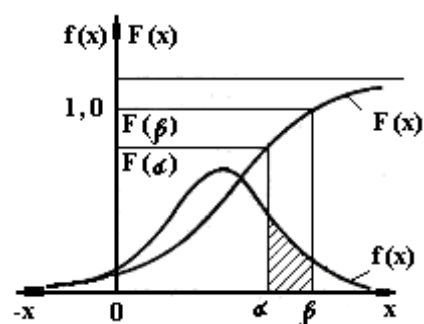


Рисунок 7.2 – Щільність ймовірностей $f(x)$ і функція розподілу $F(x)$ неперервної випадкової величини

Функцією розподілу випадкової величини X називається функція $F(x)$, що виражає імовірність того, що X прийме значення, менше ніж x :

$$F(x) = P(X < x).$$

Функцією розподілу є неспадна функція, що має наступні властивості:

$$F(-\infty) = 0; F(+\infty) = 1; F(x_1) \leq F(x_2),$$

за умови

$$x_1 \leq x_2; P(\alpha < X < \beta) = F(\beta) - F(\alpha).$$

Для дискретних випадкових величин функція розподілу є розривною ступінчастою функцією, а для неперервних випадкових величин вона є неперервною і диференційованою.

Щільністю розподілу неперервної випадкової величини називається функція

$$f(x) = F'(x).$$

Щільність розподілу будь-якої випадкової величини має властивості:

$$f(x) \geq 0;$$

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

$$P(\alpha < X < \beta) = \int_{\alpha}^{\beta} f(x) dx.$$

Функцію розподілу $F(x)$ і щільність розподілу $f(x)$ часто називають законом розподілу в інтегральній і диференціальній формах відповідно. Графічне зображення їх показане на рисунку 7.2.

Числовими характеристиками випадкових величин є так звані моменти розподілу, з яких найбільше застосовуються наступні.

Математичним сподіванням випадкової величини є середнє значення, що обчислюється за формулами:

для дискретної випадкової величини

$$\nu_1 = M[X] = \sum_{i=1}^n x_i p_i,$$

для безперервної випадкової величини

$$\nu_2 = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx.$$

Дисперсія – це центральний момент другого порядку, обчислюється за формулою:

для дискретної випадкової величини

$$\mu_2 = D[X] = \sum_{i=1}^n (x_i - M[X])^2 p_i,$$

для безперервної випадкової величини

$$\mu_2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - M[X])^2 f(x) d(x).$$

Якщо центрованою випадковою величиною називається різниця між випадковою величиною X і її математичним сподіванням $M[X]$

$$X = X - M[X],$$

то дисперсія випадкової величини X є математичним сподіванням квадрату центрованої величини

$$D[X] = M[X^2].$$

Дисперсія характеризує ступінь розсіювання випадкової величини відносно її математичного сподівання. Найчастіше для характеристики ступеня розсіювання випадкової величини застосовують середнє квадратичне відхилення або стандартне відхилення (стандарт):

$$\sigma_x = \sqrt{D[X]},$$

і коефіцієнт варіації

$$V_x = \frac{\sigma_x}{M[X]}.$$

Більше використовують закони розподілень дискретних і безперервних випадкових величин, що наведені у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Закони розподілень випадкових величин і їх характеристики

Закон розподілу	Визначальний	Діапазон можливих значень X	Щільність розподілу, $f(x)$	Функція розподілу, $F(x)$	Математичне сподівання, $M[X]$	Середньо-квдратичне відхилення, σ_x	Коефіцієнт варіації, V_x
Дискретні випадкові величини							
Біномінальне	$n; p$	$X=0, 1, 2, \dots, n$	$P_{x,n} = C_n^x p^x (1-p)^{n-x}$	$\sum_{i=0}^x C_n^i p^i (1-p)^{n-i}$	np	$\sqrt{np(1-p)}$	$\sqrt{\frac{1-p}{np}}$
Пуассона	λ	$X=0, 1, 2, \dots$	$P_x = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda}$	$\sum_{k=0}^x \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$	λ	$\sqrt{\lambda}$	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$
Безперервні випадкові величини							
Рівномірний	$a; \beta$	$(a-\beta) \leq x \leq (a+\beta)$	$\frac{1}{2\beta}$	$\frac{1}{2\beta}(x + \beta - a)$	a	$\frac{\beta}{\sqrt{3}}$	$\frac{\beta}{a\sqrt{3}}$
Експоненціальний	λ	$0 \leq x \leq +\infty$	$\lambda e^{-\lambda x}$	$1 - e^{-\lambda x}$	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{1}{\lambda}$	1
Ерланга	a	$0 \leq x \leq +\infty$	$\frac{4}{a^2} x e^{-\frac{2x}{a}}$	$1 - \left(1 + \frac{2x}{a}\right) e^{-\frac{2x}{a}}$	a	$\frac{a}{\sqrt{2}} = 0,707a$	$0,707$
Релея	a	$0 \leq x < +\infty$	$\frac{\pi}{2a^2} x e^{-\frac{\pi x^2}{4a^2}}$	$e^{-\frac{\pi x^2}{4a^2}}$	a	$a \sqrt{\frac{4-\pi}{\pi}}$	$0,524$
Вейбула - Гнеденко	$a_e; b$	$0 \leq x < +\infty$	$\frac{b}{a_e} \left(\frac{x}{a_e}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{x}{a_e}\right)^b}$	$1 - e^{-\left(\frac{x}{a_e}\right)^b}$	$a_e \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right)$	$\frac{a_e \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right)} - \left(\frac{a_e}{b}\right)^{\frac{1}{b}}}{\sqrt{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{b}\right) - \left(\frac{a_e}{b}\right)^{\frac{2}{b}}}}$	$\frac{\sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right)}}{\sqrt{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{b}\right) - \left(\frac{a_e}{b}\right)^{\frac{2}{b}}}} - 1$
Нормальний	$a; \sigma$	$-\infty < x < +\infty$	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}$	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \Phi(t)$	a	σ	$\frac{\sigma}{a}$
Логарифмічно-нормальний	$a_y; \sigma$	$0 < y < +\infty$ $y = \lg x$	$\frac{M}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-a_y)^2}{2\sigma^2}}$	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{t_l} dt_l = \Phi(t_l)$	$e^{\left(\frac{a_y}{M} + \frac{\sigma_y^2}{2M}\right)}$	$e^{\left(\frac{\sigma_y^2}{M^2} + \frac{\sigma^2}{2M^2}\right)}$	$\sqrt{e^{\frac{\sigma^2}{M^2}} - 1}$

7.3 Основні поняття математичної статистики

Математична статистика розробляє методи обробки даних спостережень або експериментів з метою одержання обґрунтованих висновків про масові явища і процеси. В результаті застосування таких методів стає можливим визначити загальні імовірнісні характеристики процесів, що спостерігаються: імовірності, закони розподілень, математичні сподівання, дисперсії та ін.

Якщо є визначена конкретна (часто обмежена за обсягом) інформація про напрацювання до відмови групи об'єктів, можна на підставі застосування статистичних методів зробити більш загальні висновки щодо показників надійності для всіх об'єктів цього типу, а також про технологію їхнього виготовлення. Слід знати, що отримані за результатами спостережень за групою об'єктів висновки й оцінки відбивають випадковий склад об'єктів групи, тому є наближеними. Застосовуючи методи математичної статистики, наприклад, вибірковий метод, можна найкращим способом використовувати наявну інформацію і на підставі дослідження вибіркової або сукупності вибірки з генеральної сукупності одержати досить достовірні оцінки показників, вказуючи і ступінь її вірогідності. У цьому й полягає наукова цінність статистичних методів і їх практична значущість. Поняття про вибірку та її характеристики є одним з головних у математичній статистиці. Якщо є деяка генеральна сукупність випадкової величини X і ця величина діє за законом розподілу $F(x)$, то кажуть, що генеральна сукупність також розподілена за законом $F(x)$.

Виконаємо випадковим і незалежним чином відбір n значень величини X з генеральної сукупності і одержимо вибіркову послідовність x_1, x_2, \dots, x_n , яка є сукупністю n однаково розподілених незалежних величин X_1, X_2, \dots, X_n . У цьому разі вважається, що вибірка x_1, x_2, \dots, x_n взята з генеральної сукупності величини X . Генеральна сукупність у загальному випадку може бути нескінченно великою за обсягом N (тобто за числом об'єктів або ознак) і кінцевою. Чим більше обсяг n вибірки, тим більше обґрунтоване судження можна висловити щодо властивості генеральної сукупності. Нехай на осі X взята деяка точка x , n_x – число значень вибірки, розташованих лівіше x , а n – загальне число значень X у вибірці (обсяг). Тоді відношення $\frac{n_x}{n}$ – це частота значень $X < x$ і залежить функціонально від x . Позначимо цю частоту $W_n(x)$ і назовемо її функцією розподілу вибірки або емпіричною функцією розподілу: $W_n(x) = \frac{n_x}{n}$.

$W_n(x)$ є оцінкою імовірності нерівності $X < x$ і, отже, оцінкою теоретичної функції розподілу $F(x) = P(X < x)$ величини X , тобто функції розподілу генеральної сукупності. Для розподілу вибірки можна одержати вибіркові характеристики, що будуть оцінками параметрів характеристик (математичного сподівання, дисперсії, асиметрії та ін.) теоретичного розподілу. Отримані точкові значення оцінок можуть відрізнятися від оцінюваних параметрів при малому обсязі вибірки, тому на практиці користуються довірчим інтервалом, що покриває невідомий оцінюваний параметр із заданою імовірністю β .

ЛЕКЦІЯ 8

ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ДАНИМИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

План

- 8.1 Вимоги до інформації про технічний стан.
- 8.2 Плани спостережень.
- 8.3 Вибіркові дані.
- 8.4 Групування даних.
- 8.5 Обчислення оцінок за методом максимуму правдоподібності.
- 8.6 Обчислення оцінок за методом моментів.
- 8.7 Визначення закону розподілу та його параметрів.

8.1 Вимоги до інформації про технічний стан

Збір і обробка інформації про технічний стан рухомого складу повинна забезпечити вирішення наступних завдань [16]:

- визначення і оцінка показників стану РС та його складових частин;
- виявлення конструктивних і технологічних недоліків РС, що знижують його надійність;
- виявлення складових частин, що обмежують надійність РС;
- оцінку причин виникнення відмов;
- оцінку впливу якості технічного обслуговування і ремонту на технічний стан;
- виявлення впливу умов і режимів експлуатації на надійність РС.

Зібрана інформація повинна бути достовірною. Первинну інформацію слід одержувати від одних і тих самих, грамотних та досвідчених працівників тому, що поява відмови – явище випадкове і внесення суб'єктивних похибок, пов'язаних з недостатньою кваліфікацією працівників, не дозволить виявити які-небудь закономірності в появі тієї чи іншої відмови, або обробка такої інформації може призвести до неправильних висновків щодо фактичної надійності РС чи його складових частин. Тому для формування первинної інформації вдаються до комісійного методу оцінки несправностей із складанням відповідних документів (актів).

Інформація повинна бути повною для одержання правильних висновків і рішень. При аналізі надійності РС інформацію збирають за фактом відмови у міжремонтний період (неплановий ремонт) і за фактом відмов, що викликають збільшення обсягу ремонту або простою на планових ремонтах (надплановий ремонт). Це неповна інформація, тому що вона не враховує планової зміни деталей і складальних одиниць. Оскільки сам момент планового ремонту є випадковим, визначеним вольовим способом, тобто заміна тієї чи іншої деталі

або складальної одиниці на РС не підкріплена якими-небудь об'єктивними причинами. У цьому разі значна частина інформації в розрахунках не враховується, що вносить великі похибки у визначення показників надійності. Власне, тут перевіряються обрані заздалегідь міжремонтні терміни, наскільки вони вдало задані, а наявна інформація дає можливість приблизно визначити лише деякі показники надійності (імовірність безвідмовної роботи, збереженість, ремонтпридатність та деякі інші) і не дозволяє прогнозувати надійність.

Інформація має бути оперативною. В умовах інтенсивних перевезень особливого значення набуває забезпечення інженерного складу підприємств міського електротранспорту на різних рівнях своєчасною інформацією про зміни кількості відмов. При цьому необхідна інформація як про якісні, так і про кількісні характеристики відмов. У РС робота всіх складових частин взаємозалежна, тому несвоєчасне виявлення відмови навіть будь-якої малозначної деталі може призвести до порушення графіка або, що гірше, безпеки руху.

Це особливо серйозно для деталей і складальних одиниць, які безпосередньо забезпечують безпеку руху. Разом з тим інформація повинна безупинно і постійно накопичуватися для обґрунтування обсягів робіт, виконуваних на планових ремонтах, а також для оптимізації всієї системи технічного обслуговування РС.

Інформація повинна легко оброблятися, бути короткою й інформативно місткою. Для виконання цієї вимоги, як правило, розробляють системи кодування і передачі інформації з використанням сучасних засобів передачі й обробки. Ці засоби дозволяють автоматизувати облік і звітність. Форми обліку даних про відмови повинні бути короткими і містити чіткі й достатні відомості, які дозволяють виявити причини й наслідки відмови. У загальному випадку облікова інформація повинна містити такі відомості:

- паспортні дані трамвайного вагона чи тролейбуса;
- номери маршрутів, де експлуатується РС;
- дати всіх планових і непланових ремонтів і технічного обслуговування;
- характер пошкодження (відмови) і можливі причини;
- напрацювання до відмови від початку експлуатації і від усіх видів ремонту і технічного обслуговування.

Система передачі інформації повинна мати зворотний зв'язок. У даний час практично всі експлуатаційні підприємства мають персональні комп'ютери, що дозволяє оперативно обробляти інформацію і результати обробки доводити до керівників підрозділів, які забезпечують технічне обслуговування і ремонт, а також дозволяє оперативно вживати організаційні заходи, спрямовані на найшвидше виявлення і усунення причин, які викликають ті чи інші відмови або

несправності. Оброблена інформація, крім того, повинна передаватися заводам - виробникам РС, для того щоб спільними зусиллями підвищити надійність трамвайних вагонів і тролейбусів.

8.2 Плани спостережень

Показники технічного стану РС є випадковими величинами, їх визначення базується на використанні статистичних експлуатаційних даних. Для цього застосовують розглянуті статистичні методи розрахунку, точкових і інтервальних оцінок показників на основі вибірових даних, отриманих у результаті спостережень за роботою об'єктів генеральної сукупності.

У більшості випадків безвідмовність РС і його складових одиниць є високою і для одержання якісної вихідної інформації потрібна велика тривалість спостережень або великий обсяг вибірки. Розрахунок оцінок показників надійності в зв'язку з цим багато в чому визначається видами плану спостережень (випробувань) і закону розподілу напрацювання до відмови.

Залежно від конкретних умов і поставлених завдань застосовують наступні плани:

$$[N, U, N]; [N, U, T]; [N, U, r]; [N, R, T]; [N, R, r],$$

де N – кількість виробів, поставлених під спостереження, в нашому випадку - число одиниць РС у контрольній партії;

U – позначення планів, в яких вироби, які відмовили, не замінюються новими;

T – установлене напрацювання або тривалість спостережень;

R – позначення планів, у яких об'єкти, що відмовили, замінюються новими чи відремонтованими;

r – число відмов або граничних станів виробів, до виникнення яких ведуться спостереження.

Звичайно для промислових виробів напрацювання до відмови оцінюється в годинах (наприклад, моторесурс дизеля). На міському електротранспорті для оцінки надійності рухомого складу здебільшого використовується пробіг, тобто відстань, пройдена трамвайним вагоном чи тролейбусом у робочому стані. Тому в планах випробувань на надійність РС для оцінки тривалості спостережень користуються пробігом L_0 . Таким чином, плани спостережень за надійністю РС можуть бути подані у вигляді

$$[N, U, N]; [N, U, L_0]; [N, U, r]; [N, R, L_0]; [N, R, r].$$

Розглянемо кожний з них стосовно умов експлуатації РС.

План спостережень $[N, U, N]$ чи повний план означає, що під спостереження взята контрольна партія з N одиниць РС чи його складальні одиниці і що випробування проводяться до відмови всіх об'єктів і вироби не замінюються новими.

Таким чином, при повному плані визначають напрацювання до відмови ремонтоне придатних виробів. Якщо об'єкти ремонтпридатні, то при такому плані виявляють напрацювання тільки до першої відмови, потім їх виключають з дослідів. Інформацію про подальші напрацювання до відмови цих об'єктів можуть бути враховані як додаткова інформація про роботу N_1 об'єктів (більше N).

Модель експлуатації $N = 5$ при плані $[N, U, N]$ наведена на рисунку 8.1. Кількість контрольованих об'єктів визначають відповідно до вимог до обсягу вибірки. У зв'язку з використанням для РС системи планово-попереджувальних ремонтів широке застосування, очевидно, матиме план з фіксованим напрацюванням L_0 , тобто $[N, U, L_0]$, L_0 у загальному випадку - встановлений пробіг, після якого виконується відновлення працездатності об'єкта або він замінюється новим.

Для РС і його складових вибір L_0 залежить від виду об'єкта і характеру відмови. Наприклад, для ізоляції тягових двигунів L_0 може бути визначено як пробіг між заводськими ремонтами або від заводського ремонту (виготовлення) до ТО-2, якщо на ньому відновлюються властивості ізоляції. Для інших вузлів L_0 може бути пробігом між КР і СР.

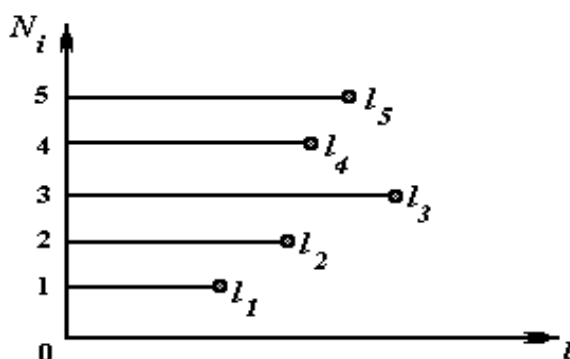


Рисунок 8.1 – Модель плану спостережень $[N, U, N]$

При плані $[N, U, L_0]$, модель якого зображена на рисунку 8.2, спостерігається стан всіх N об'єктів протягом пробігу L_0 . При першій відмові i -го об'єкта з напрацюванням $l_i < L_0$ подальше спостереження за об'єктом припиняється. Крім того, у дані про результати спостережень не включається

інформація про об'єкти, що не відмовили за пробіг L_0 або були поставлені на ремонт.

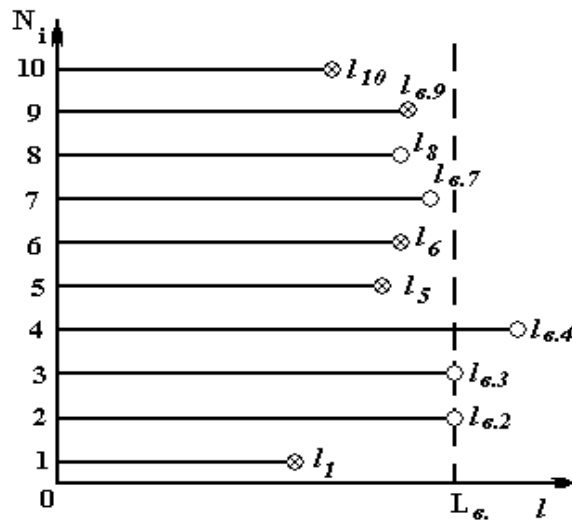


Рисунок 8.2 – Модель плану спостережень $[N, U, L_0]$;

\diamond – відмова, \circ – ремонт плановий

Так, згідно з рисунку 8.2 можна прийняти до врахування дані про пробіги до відмови l_1, l_5, l_6, l_8 і l_{10} . Об'єкти 7 і 9 зі спостережень виключені, тому що вони були поставлені на плановий ремонт з пробігом менше L_0 . Дані про пробіги об'єктів 2, 3 і 4 можуть бути використані як додаткова інформація для визначення параметрів усіченої вибірки, а саме

$$L_0(i) \geq L_0 \quad (i=2;3;4).$$

Таким чином, при плані $[N, U, L_0]$ частина інформації втрачається, що знижує точність визначення показників надійності. Більш достовірні дані можна одержати, якщо відомий вид закону розподілу напрацювання до відмови. Перевага цього плану полягає в меншому терміні спостережень, оскільки відпадає необхідність очікувати досягнення відмов всіх N об'єктів. Саме тому цей план широко використовується у практиці визначення показників надійності, особливо якщо чисельність об'єктів N досить велика, а імовірність відмови мала. План $[N, U, L_0]$ може бути використаний як для ремонтпридатних об'єктів, так і для ремонтнепридатних. Відмінність полягає в тому, що відремонтований після першої відмови об'єкт надалі зі спостережень виключається.

План $[N, U, r]$ можна охарактеризувати наступною моделлю: під спостереження поставлено N об'єктів, що відмовили, вироби новими не замінюються, спостереження продовжують до накопичення даних про відмови або до деяких граничних станів.

Схема моделі подана на рисунку 8.3, де напрацювання розташовані в порядку зростання. Як тільки в об'єкта $N_{i=r}$ відбудеться відмова, спостереження припиняють, хоча $N-r$ об'єктів ще не мали відмов і продовжують працювати. Наступний після першої відмови напрацювання кожного з r об'єктів, що відмовили, до $l < L_r$ об'єктів не враховується, навіть якщо вони після ремонту знову використовуються в експлуатації. У загальному випадку ці дані можуть вивчатися незалежно від використаних у плані $[N, U, r]$. У практиці розрахунків показників надійності РС цей план використовується рідко.

Те саме можна сказати і про план $[N, R, r]$, коли взяті під спостереження N об'єктів після відмови замінюються новими (чи ремонтуються за досить короткий час), а спостереження ведуть до одержання r відмов. Якщо час ремонту великий, використовують план U . У цьому разі одержуємо ряд реалізацій напрацювання, що дає неповну чи усічену вибірку.

Заслугує на увагу план $[N, R, L_0]$, який особливо важливий для визначення показників відновлюваних виробів. При цьому плані спостережень (рис. 8.4) вироби, що відмовили, замінюють новими чи відремонтованими. Час відновлення працездатності об'єкта (ремонт, заміна) повинен бути малим, щоб не вплинути на результати визначення оцінок показників надійності. У протилежному разі варто відмовитися від плану R і використовувати план U .

З розгляду моделі плану спостережень $[N, R, L_0]$, згідно з рисунку 4.10.4, випливає, що статистична інформація про напрацювання при цьому плані може бути трьох видів:

- 1) напрацювання i -го об'єкта до першої відмови (наприклад, $l_{1.1}, l_{2.1}, l_{N1}$);
- 2) напрацювання i -го об'єкта до відмови після відновлення працездатності або заміни, наприклад $l_{1.2}, l_{N.2}$;
- 3) напрацювання до відмови після початку роботи або після ремонту невідомий, але вона або не менше L_0 (напрацювання $l_{3.1}$), або менше L_0 (напрацювання $l_{1.3}, l_{2.2}, l_{N.3}$).

Для розрахунку параметрів закону розподілу до відмови можуть бути використані рівною мірою напрацювання перших двох видів, якщо вироби замінюються новими, а також при повному відновленні всіх робочих параметрів після ремонту.

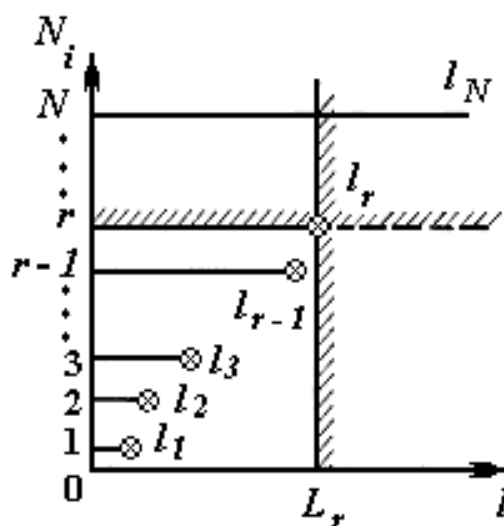


Рисунок 8.3 – Модель плану спостережень $[N, U, r]$:
⊗ – відмова

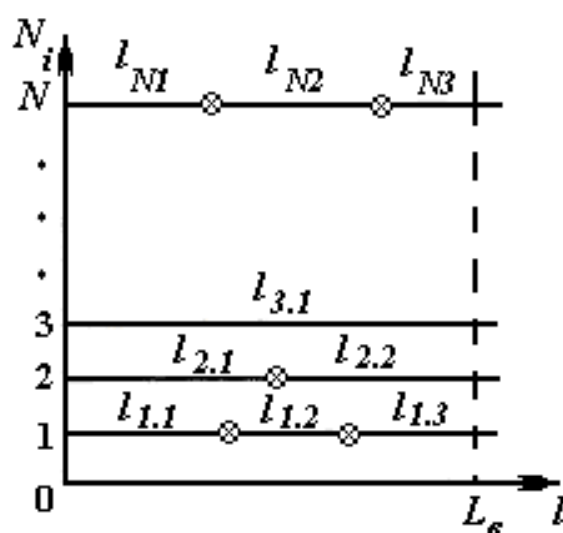


Рисунок 8.4 – Модель плану спостережень $[N, R, L_0]$:
⊗ – відмова

Інформація про напрацювання третього виду також може бути частково використана. Нехай, наприклад, які-небудь з напрацювань третього виду, а $l_{1.3}$, $l_{2.2}$, $l_{N.3}$ виявляться більше, ніж найбільший з відомих напрацювань виду 1 і 2. Вони можуть бути враховані разом з наробітком $l_{3.1} > L_0$. Для визначення параметрів за усіченою вибіркою як напрацювання, за яким можна сказати, що він більше від максимально відомого. Такий план дає змогу визначати ряд показників безвідмовності ремонтпридатних об'єктів.

Вивчення показників ремонтпридатності можливо на основі будь-якого плану спостережень з використанням даних про відновлення об'єктів, що відмовили. Вибір того чи іншого плану спостереження залежить від багатьох факторів: виду об'єктів, номенклатури показників, що підлягають оцінці за результатами спостереження, умов експлуатації та ін.

Важливо забезпечити достатній обсяг первинної інформації, її об'єктивність, повноту і точність даних.

8.3 Вибіркові дані

Найбільш об'єктивні відомості про надійність виробів можна одержати на основі використання статистичних даних про несправності й відмови, отримані під час спостережень за експлуатацією генеральної сукупності, що являє собою деяку повну множину однорідних об'єктів, які можуть нас зацікавити. Прикладом генеральної сукупності можуть служити всі тролейбуси або трамвайні вагони одного типу, що експлуатуються в одному місті України. У

більшості випадків неможливо одержати відомості про всі елементи множини, що складає генеральну сукупність. Тому звичайно використовують випадкову вибірку, тобто частину генеральної сукупності, що складається з елементів, відібраних ненавмисно, випадковим чином. Вибірка повинна бути репрезентативною (представницькою), тобто пропорції її об'єктів різних підвидів у середньому повинні відповідати пропорціям, що присутні в генеральній сукупності.

Параметри, які вичерпно характеризують генеральну сукупність, можуть бути отримані тільки на підставі використання повністю всіх даних про неї. Якщо використовуються дані випадкової вибірки, то одержують статистичні оцінки параметрів генеральної сукупності. Дані вибірки характеризують за допомогою частки (відносної частки) випадкової події, що визначається як відношення фактичного числа m появ даної події A до загального числа дослідів n , у яких подія A могла з'явитися, тобто $W_n(A) = m/n$.

При $n \rightarrow \infty$ частка наближається до імовірності випадкової події (статистичне визначення)

$$\lim_{n \rightarrow \infty} W_n(A) = P(A)$$

Якщо сукупність n значень випадкової величини розташувати в порядку зростання (або спадання) $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ то одержимо варіаційний ряд n реалізацій випадкових величин. Розмахом цього ряду буде величина $\Delta X = x_n - x_1$. У розділі 1 було дано визначення емпіричної функції розподілу як статистичної оцінки теоретичної функції розподілу $P(x) = P(X < x)$. Графічне зображення цієї функції називають гістограмою.

5

8.4 Групування даних

Для статистичної обробки дані вибіркової сукупності поєднують в інтервали групування. Весь розмах ΔX можна розбити на k інтервалів $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ у загальному випадку нерівної довжини. В інтервал попадають тільки ті m_i значень x з варіаційного ряду, що не виходять за межі i -го інтервалу.

Для математичного сподівання $M[X]$ найбільш придатною оцінкою є вибіркове середнє значення (середнє арифметичне реалізацій) випадкової величини.

$$x_{cp} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n. \quad (8.1)$$

Середнє значення в різних вибірках з однієї генеральної сукупності величини X може мінятися і, отже, також буде величиною випадковою. Її різні

вибіркові значення X_{cpi} мають те ж розподілу і ті ж вибіркові характеристики, що і X . Доведено, що вибіркове середнє є оцінкою математичного сподівання.

Як оцінку характеристики розсіювання значень генеральної сукупності, тобто дисперсії $D[X]$, застосовують вибіркову характеристику

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{cp})^2, \quad (8.2)$$

тобто середнє арифметичне квадратів відхилень. Величину $\sigma \sqrt{S^2}$ називають середнім квадратичним (стандартним) відхиленням.

При $n > 30$ застосовують також формулу

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{cp})^2.$$

Формули для одержання точкових оцінок параметрів можуть бути знайдені різними методами [17–19].

8.5 Обчислення оцінок за методом максимуму правдоподібності

Нехай випадкова величина X розподілена за законом, щільність імовірностей якого $f(x, a)$, де a – деякий параметр закону. Тоді як функцію правдоподібності L використовують деяку функцію, що залежить від n вибірових значень X і оцінки параметра a ,

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n, a) = \prod_{k=1}^n f(x_k, a).$$

Функція L досягає свого максимуму за деяким значенням a , що і буде оцінкою максимальної правдоподібності. Замість максимуму L зручніше шукати максимум $\ln L$, оскільки для них екстремум досягається при тому самому значенні a , яке знаходять, вирішуючи відносно a рівняння

$$d \ln L / da = 0.$$

Наприклад, якщо $f(x, \lambda) = \lambda e^{-\lambda x}$, тобто розглядається експоненціальний закон розподілу, то:

$$L = \prod_{k=1}^n \lambda e^{-\lambda x_k} = \lambda^n e^{-\lambda \sum_{k=1}^n x_k},$$

$$\ln L = n \ln \lambda - \lambda \sum_{k=1}^n x_k; \quad \frac{d \ln L}{d \lambda} = n \frac{1}{\lambda} - \sum_{k=1}^n x_k = 0,$$

звідки

$$\lambda = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k} = \frac{1}{x_k},$$

тобто оцінкою λ буде величина, обернена середньому значенню X .

8.6 Обчислення оцінок за методом моментів

Сутність методу моментів полягає в тому, що початкові або центральні моменти розподілу, які залежать від невідомих параметрів, прирівнюються до емпіричних моментів. Число рівнянь, а отже, і порядок моментів залежать від числа невідомих параметрів. Наприклад, відомо, що для нормального закону перший теоретичний початковий момент ν_1 (математичне сподівання) є параметр a , а другий теоретичний центральний момент (дисперсія) μ_2 – параметр σ^2 . Виконавши заміну теоретичних моментів емпіричними $\nu_1 = x_{cp}$; $\mu_2 = S^2$, одержимо на підставі формул (8.1) і (8.2)

$$a = x_{cp} \text{ та } \sigma^2 = S^2. \quad (8.3)$$

Збільшення обсягу вибірки (числа спостережень) відіграє важливу роль в одержанні вірогідності результатів. Існують статистичні методи розрахунку мінімального числа об'єктів спостережень: параметричний, коли вид закону розподілу досліджуваної випадкової величини відомий і непараметричний, коли вид закону невідомий. Практичні прийоми виконання розрахунків за цими методами наведені в поясненнях до довідкових таблиць 8.1 і 8.2.

Для визначення обсягу випробувань або числа об'єктів N за допомогою параметричного методу задаються відносною помилкою δ середнього значення (наприклад, напрацювання t_{cp}), довірчою імовірністю β і очікуваним коефіцієнтом варіації (для експоненціального закону $V = 1$),

Відносна помилка визначається співвідношенням

$$\delta = (t_{\beta} - t_{cp}) / t_{cp},$$

де t_{β} – верхня однобічна довірна границя значення. Рекомендуються приймати

$$\delta = 0,05; 0,10; 0,15; 0,2;$$

$$\beta = 0,8; 0,9; 0,95; 0,99.$$

При непараметричному методі мінімальне число N об'єктів спостережень для перевірки необхідної імовірності $P(t)$ безвідмовної роботи протягом напрацювання t з довірчою імовірністю β визначається за умов відсутності

відмов за час t . У випадку, якщо під час реалізації плану спостереження відбулася хоча б одна відмова, треба провести додаткові спостереження, тому що необхідне значення $P(t)$ не підтвердилося.

Наведені співвідношення дозволяють вирішувати й обернені задачі оцінки δ і β за фактично наявними обсягами або вибірками об'єктів.

8.7 Визначення закону розподілу та його параметрів

При дослідженні надійності РС та його складових частин, вузлів часто виникає необхідність визначення виду і формули закону розподілу тривалості роботи (напрацювання) до відмови за статистичними даними, наприклад, для встановлення моделі відмови, розрахунку показників і прогнозуванні надійності, оптимізації систем ремонтного обслуговування та ін.

При раптовій відмові можлива тільки фіксація тривалості роботи об'єкта до відмови t_i . Якщо ж відмова має поступовий характер, то можна простежити за зміною характеристик зразка (наприклад, вимірювати зношування через визначені інтервали) і вилучати з експлуатації зразки, в яких характеристики вийшли за межі допусків. Цей момент і буде вважатися відмовою, а час (чи пробіг) до його настання – напрацюванням до відмови. Стосовно до РС поняття напрацювання t частіше розуміють як пробіг l , що і буде переважно використано надалі у викладі матеріалу.

Характерною рисою складальних одиниць РС є те, що їхні відмови можуть викликатися не однією, а декількома одночасно діючими причинами. Залежно від того, який з процесів розвивається інтенсивніше, відбудеться відмова того чи іншого виду. У такій ситуації сумарний j розподіл тривалості роботи до відмовлення об'єктів являє собою суміш, суперпозицію.

Обробка статистичних даних про тривалість роботи до відмови багатьох вузлів РС, особливо тягових електродвигунів (ТЕД) показала, що для них має місце суперпозиція нормального й експоненціального законів. Ізоляція тягових двигунів може бути пошкоджена внаслідок впливу піків перенапруг, старіння, зволоження, механічних пошкоджень і нагрівання.

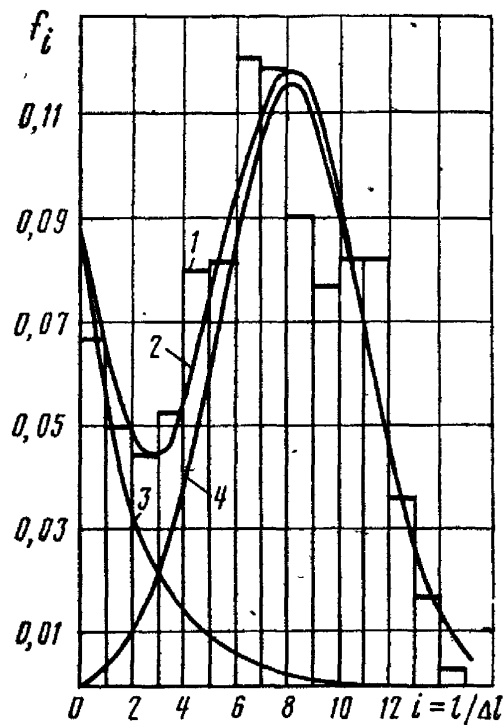


Рисунок 8.5 – Гістограма (1) і суперпозиція (2), експоненціального (3) і нормального (4) законів розподілу напрацювання тягового двигуна до відмови ($\Delta l = 100 \cdot 10^3$ км)

На рисунку 8.5 показана гістограма розподілу пробігу до відмови ТЕД, що підтверджує наявність саме такої суперпозиції. У цьому разі щільність розподілу описується формулою

$$f(l) = C_1 f_1(l) + C_2 f_2(l),$$

де C_1 C_2 – частки відмов, розподілених за експоненціальним і нормальним законами відповідно;

$f_1(l)$; $f_2(l)$ – щільність розподілень при експоненціальному і нормальному законах. Щільності розподілень

$$f_1(l) = \frac{1}{L_{cp1}} \exp\left(-\frac{l}{L_{cp1}}\right); \quad (8.4)$$

$$f_2(l) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_2} \exp\left(-\frac{(l - L_{cp2})^2}{2\sigma_2^2}\right). \quad (8.5)$$

Параметри C_1 , C_2 , L_{cp1} , L_{cp2} , що входять у вирази (8.4) і (8.5), можна визначити за статистичними даними, тобто по оцінках параметрів сумарного розподілу $f(l)$. Для їхнього визначення слід скласти систему п'яти рівнянь, одне з яких – умова нормування $C_1 + C_2 = l$. Чотири інших рівняння одержують, прирівнюючи перший початковий, другий, третій і четвертий центральні статистичні моменти відповідним теоретичним. Вирішення отриманої системи доцільно шукати чисельними способами з використанням методів ітерацій. У ряді випадків процедуру визначення параметрів можна спростити, використовуючи властивості й особливості реальних відомостей про емпіричний розподіл і фізичні передумови моделей відмов.

Контрольні запитання до теми 4

1. Назвіть основні вимоги до інформації про надійність.
2. Основні задачі збору і обробки інформації про надійність рухомого складу.
3. В чому особливість різних планів спостережень за роботою об'єктів для визначення показників їх надійності?
4. Пояснити зв'язок точності визначення емпіричних законів і відповідних параметрів розподілу з плановими витратами на технічне обслуговування.
5. Чим можна пояснити двомодальність розподілу напрацювання до відмови деяких агрегатів?
6. Сутність методу максимуму правдоподібності для визначення оцінок параметрів.
7. Сутність методу моментів визначення параметрів.
8. В чому сутність методу поділяючих розбивок?
9. Назвіть критерії оцінки перевірки гіпотез вибору закону розподілу випадкових подій.

Тема 5 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ

ЛЕКЦІЯ 9

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ НАДІЙНОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ

План

9.1 Технічний стан як результат поєднання властивостей рухомого складу із зовнішніми навантаженнями.

9.2 Вплив відхилень робочих властивостей і навантажень на розподіл тривалості роботи до відмови.

9.1 Технічний стан як результат поєднання властивостей рухомого складу із зовнішніми навантаженнями

У реальних умовах завжди спостерігаються розкид початкових якостей об'єктів, їхня зміна (зношення) в експлуатації, що протікає в загальному випадку неоднаково в різних об'єктів, з різною швидкістю в різні періоди. Можливі також випадкові відхилення фактичних навантажень від розрахункових. Усе це враховується при проектуванні технічних пристроїв за рахунок запасу міцності (механічної, електричної і т.п.).

Розрахунки за умов самих несприятливих сполучень властивостей матеріалів і навантажень без урахування ймовірностей таких сполучень призводять до непотрібного обтяження деталей. Тому при виборі запасу міцності необхідно застосовувати статистичні дані, що враховують розподіли робочих властивостей X_p об'єктів і навантажень X_e , що дає змогу найбільш повно врахувати всі імовірні сполучення X_p і X_e , які можуть зустрітися на практиці.

Нехай маємо наступні вихідні ситуації:

- робочі властивості сукупності однотипних елементів розподілені відповідно до деякого закону $f_p(x)$. На елементи діє разове навантаження, розподілене за законом $f_e(x)$;

- робочі властивості однотипних елементів у сукупності розподілені за деяким законом $f_p(x)$, на кожний з елементів діє змінне ступінчасте або безперевне в часі навантаження. При цьому імовірність $f(x)dx$ появи навантаження в інтервалі $(x; x + dx)$ пропорційна частці часу прикладення навантаження в зазначеному інтервалі;

- навантаження і робочі властивості статистично незалежні.

Треба визначити q_0 – імовірність відмови елемента за термін служби, протягом якого на нього діє весь спектр навантажень. Коли прийняти, що види функцій робочих властивостей X_p і навантаження X_e не змінюються з часом, то взаємодію випадкових процесів $X_p(t)$ і $X_e(t)$ можна замінити сполученням двох розподілів із щільностями імовірностей $f_p(x)$ і $f_e(x)$. Маючи на увазі, що детермінована величина є частковим видом випадкової величини, можливі наступні їх сполучення (рис. 9.1).

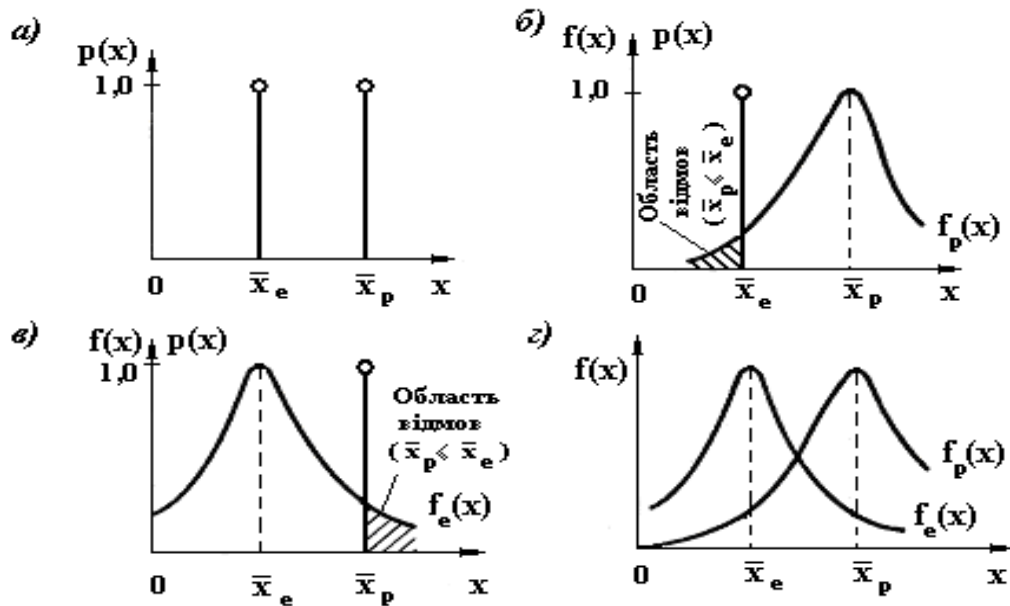


Рисунок 9.1 – Співвідношення розподілу робочих властивостей об'єктів X_p і навантажень X_e :

а – робочі властивості і навантаження детерміновані і дорівнюють відповідно \bar{x}_e і \bar{x}_p ;

б – навантаження детерміноване і дорівнює \bar{x}_e , робочі властивості мають розподіл із щільністю імовірностей $f_p(x)$;

в – робочі властивості детерміновані і рівні \bar{x}_p , навантаження розподілено і має щільність імовірностей $f_e(x)$;

г – робочі властивості і навантаження випадкові і мають щільності імовірностей відповідно $f_p(x)$ і $f_e(x)$.

Якщо вважати X_p і X_e строго детермінованими (рис. 9.1, а)) і задатися їх значеннями $X_p = \bar{x}_p$, $X_e = \bar{x}_e$ за умови $\bar{x}_p > \bar{x}_e$, то імовірність відмови буде дорівнювати нулю, тобто

$$q_0 = P(X_p \leq X_e) = 0.$$

Припустимо, що навантаження об'єкта, який випробується в експлуатації, детерміноване $X_e = \overline{x_e}$, а робочі властивості X_p мають деякий розкид, тобто є випадковими і розподілені із щільністю імовірності $f_p(x)$ (рис. 9.1, б). У цьому разі імовірність відмови виробу не дорівнює нулю і визначиться з вираження:

$$q_0 = P(X_p \leq X_e) = P(X_p \leq \overline{x_e}) = \int_0^{\overline{x_{ek}}} f_p(x) dx.$$

В окремому випадку, коли робочі властивості розподілені згідно з нормальним законом, імовірність відмови

$$q_0 = P(X_p \leq \overline{x_e}) = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{1}{V_p \sqrt{2}} \right) - \Phi \left(\frac{K-1}{KV_p \sqrt{2}} \right) \right], \quad (9.1)$$

де $\Phi(t)$ – визначається у довідкових таблицях.

У виразі (9.2) введені наступні позначення:

$V_p = \frac{\sigma_p}{\overline{x_p}}$ – коефіцієнт варіації;

$\overline{x_p}$ і σ_p – середнє значення і середнє квадратичне відхилення робочих властивостей відповідно;

$K = \frac{\overline{x_p}}{\overline{x_e}}$ – статистичний коефіцієнт запасу міцності.

Коефіцієнт запасу міцності визначається як добуток коефіцієнтів

$$N = n_1 n_2 n_3, \quad (9.2)$$

де n_1 – вірогідність визначення розрахункових навантажень і напружень ($n_1 = 1-1,5$);

n_2 – неоднорідність механічних властивостей матеріалів ($n_2 = 1,2-1,5$);

n_3 – специфічні вимоги безпеки ($n_3 = 1-1,5$).

У розглянутому випадку коефіцієнт K враховує можливий розкид властивостей елементів і за своїм змістом може бути прирівняний до коефіцієнта n_2 у формулі (9.2).

Якщо ж робочі властивості детерміновані ($X_p = \overline{x_p}$), а навантаження X_e випадкове (рис. 9.1, в)) і описується щільністю розподілу $f_e(x)$, то імовірність відмови

$$q_0 = P(\overline{X_p} \leq X_e) = \int_0^{\infty} f_e(x) dx. \quad (9.3)$$

При нормальному законі розподілу навантажень формула (9.3) має вигляд

$$2q_0 = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\frac{K-1}{V_p \sqrt{2}} \right) \right],$$

де $V_p = \frac{\sigma_e}{x_e}$ – коефіцієнт варіації (тут $\overline{X_e}$ – середнє значення навантажень в експлуатації;

σ_e – середнє квадратичне відхилення навантажень).

У даному разі коефіцієнт запасу K враховує можливий розкид навантажень і за своїм змістом аналогічний коефіцієнту n_1 у формулі (9.2).

Більш загальний, який часто зустрічається на практиці, випадок, коли і робочі властивості X_p , і навантаження X_e випадкові у певному діапазоні (рис. 9.1, з)). Умовою відмови буде нерівність

$$X_p \leq X_e \text{ чи } X_e - X_p = \Delta X \geq 0. \quad (9.4)$$

Розподіл випадкової величини ΔX може бути знайдений, коли відомі закони розподілу випадкових величин X_p і X_e , що входять у композицію. Якщо X_p і X_e розподілені нормально, то розподіл ΔX буде також нормальним з параметрами

$$\Delta \overline{X} = \overline{X_e} - \overline{X_p}; \quad \sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_e^2 + \sigma_p^2}.$$

Згідно з умовою (5.12.4) імовірність

$$q_0 = P(\Delta X > 0) = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\frac{K-1}{\sqrt{2(V_e^2 + KV_p^2)}} \right) \right]. \quad (9.5)$$

Таблиця 9.1 – Вирази для імовірності відмови q_0

Варіант	Закон розподілу навантаження	Закон розподілу робочої властивості	Імовірність відмови
1	Детерміноване навантаження	Експоненціальний	$1 - \exp(-1/k)$
2	Детерміноване навантаження	Нормальний	$\frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\frac{K - 1}{KV_p \sqrt{2}} \right) \right]$
3	Експоненціальний Нормальний	Детермінована робоча властивість	$\frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\frac{K - 1}{V_p \sqrt{2}} \right) \right]$
4		Детермінована робоча властивість	
5	Експоненціальний	Експоненціальний	$1/(1+k)$
6	Експоненціальний	Нормальний	$\exp \left[-K \left(1 - \frac{1}{2} KV_p^2 \right) \right]$
7	Нормальний	Експоненціальний	$1 - \exp \left[-\frac{2K - V_3^2}{4 + 2\pi p^2 K^2} \right]$

Коефіцієнт запасу міцності K , що входить у вираз (9.5), враховує спільний вплив розкиду робочих властивостей і навантажень і має такий самий зміст, що і добуток $n_1 n_2$ у формулі (9.2). Для врахування специфічних умов роботи елементів замість введення n_e у формулу (9.2) досить накладати у виразі (9.5) відповідні обмеження на імовірність відмов q_0 .

Становлять інтерес різні комбінації законів розподілу навантаження в експлуатації і X_e і робочих властивостей X_p . Вирази для імовірності відмови q_0 при різних сполученнях розподілів навантажень і робочих властивостей, частково наведені в таблиці 9.1. Аналіз отриманих формул показує, що збільшення коефіцієнта K зменшує, а більший розкид навантажень і робочих властивостей (тобто збільшення коефіцієнтів варіації V_e і V_p) збільшує імовірність відмови.

Отримані залежності імовірності відмови елементів від параметрів, що характеризують розподіл робочих властивостей і навантажень, дають можливість вирішити наступні практичні завдання:

- оцінити безвідмовність елементів при відомих початкових характеристиках і умовах навантаження в експлуатації;
- визначити необхідний статистичний коефіцієнт запасу міцності при заданій безвідмовності;
- встановити припустимі межі навантажень в експлуатації.

9.2 Вплив відхилень робочих властивостей і навантажень на розподіл тривалості роботи до відмови

Випадкові відхилення початкових робочих параметрів об'єктів, їхньої зміни в процесі наростання наробітку, варіації експлуатаційних навантажень неминуче впливають і на розподіл тривалості роботи складових частин рухомого складу до відмови.

Якщо робочі властивості об'єктів незмінні протягом усього терміну служби, то розподіл тривалості їхньої роботи до відмови залежить від виду навантаження. При розрахунку на статистичну міцність пропонується класифікувати навантаження в такий спосіб: разові; багаторазові, дискретні в часі; безупинні, що змінюються за типами стаціонарних випадкових процесів.

При багаторазовому навантаженні імовірність відмови

$$q(m) = 1 - (1 - q_0)^m,$$

де q_0 – імовірність відмови під час одного навантаження, яке визначене за формулою (9.3);

m – кількість навантажень, що виступають як оцінка тривалості роботи до відмови.

На підставі теореми про повторення дослідів при незмінних умовах розподілу числа перевищень навантаження над міцністю, тобто кількості відмов при m навантаженнях

$$F(m) = 1 - e^{-\lambda m}, \quad (9.6)$$

де λ – середня інтенсивність відмов, що залежить від розподілу навантажень і робочих властивостей.

Для випадку, коли зміна навантаження являє собою нормальний стаціонарний процес, розподіл напрацювання до відмови буде експоненціальним

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (9.7)$$

У формулах (9.6) і (9.7) середня інтенсивність відмов може бути визначена дослідним шляхом за середнім числом дискретних навантажень, що перевищують припустимий рівень або перетину цього рівня кривою навантаження $X_e(t)$ в одиницю часу [11].

У реальних умовах об'єкти з часом змінюють свої початкові робочі властивості внаслідок старіння, зношування. Інтенсивність цих процесів залежить від умов експлуатації і режимів роботи. При поступовій зміні робочих властивостей одна з характеристик моделей формування відмов заснована на використанні схеми «міцність – навантаження» і полягає в тому, що параметр, який характеризує міцність (механічну, електричну та ін.), у початковий момент $t = 0$ має розподілу $f_p(x_p; 0)$ з математичним сподіванням $\overline{x_{po}}$ і середнім квадратичним відхиленням σ_{po} . З часом ці характеристики розподілу змінюються за деяким законом $\overline{x_p(t)}, \sigma_{x_p(t)}$, залежним від протікання випадкового процесу $X_p(t)$. У результаті цього можливі зміни робочих властивостей обмежуються смугою з верхньою $x_{p.y(t)}$ і нижньою $x_{p.n(t)}$ границями, як показано на рисунку 9.2.

Навантаження являє собою стаціонарний випадковий процес, що характеризується максимальними значеннями $\overline{x_{e..m}}$, не змінюється з часом і має високу частоту прикладення.

цей вплив, тим інтенсивніше змінюється робочий параметр \overline{X}_p . Коливання зовнішніх впливів збільшують розкид параметрів з ростом напруцювання, тобто величину σ_{xp} .

ЛЕКЦІЯ 10

МОДЕЛІ ВІДМОВ РУХОМОГО СКЛАДУ

План

- 10.1 Розподіл тривалості перебування у справності.
- 10.2 Модель відмови з-за миттєвого пошкодження.
- 10.3 Моделі відмов з-за пошкоджень, що накопичуються.
- 10.4 Методи визначення закону розподілу відмов.
- 10.5 Перевірка адекватності закону розподілу.

10.1 Розподіл тривалості перебування у справності

При дослідженні надійності РС, системи його ремонту основним є метод статистичного аналізу випадкових величин. Більшість параметрів, що характеризують експлуатаційну роботу, ремонт, технічне обслуговування і надійність РС в результаті дії на них великого числа факторів, що мають випадковий характер, не є строго детермінованими, а мають розкид значень у певних діапазонах. Для їхнього повного опису потрібно знати не тільки середнє значення і ступінь розкиду, але і закон розподілу.

Найбільш важливою характеристикою, що впливає на надійність і систему ремонтів РС, є напруцювання або тривалість роботи до відмови його складових частин. При розробці моделей функціонування, оптимальних стратегій відновлення РС необхідне знання закону розподілу тривалості безвідмовної роботи елемента, що задається щільністю $f(t)$ чи функцією розподілу $F(t)$. Для оцінки надійності елемента за статистичними даними, накопиченими у процесі експлуатації, використовується також розподіл тривалості його роботи до відмови. При цьому в першу чергу необхідно встановити тип закону розподілу, що найчастіше пов'язано з труднощами, викликаними малим обсягом статистичних даних і накладенням специфічних умов експлуатації і ремонту.

Відмова елемента викликається тим чи іншим фізичним процесом, що розвивається в часі або відбувається практично миттєво. Логічно припустити, що кожному виду такого процесу відповідає свій закон розподілу тривалості роботи до відмови. Виявлення і використання на практиці зв'язку між видом відмови та параметрами розподілу часто ускладнено через одночасну дію декількох

фізичних факторів чи процесів, неточних даних про їхній характер. У результаті приймається не той закон розподілу, що відповідає фізиці відмов, який може призвести до неправильних висновків.

Наразі прийняті такі основні ідеалізовані схеми моделі відмов: миттєвих пошкоджень; пошкоджень, що накопичуються, і релаксації. Можлива й одночасна дія декількох незалежних причин відмов, що найбільш типово. Кожній схемі (моделі) відповідає цілком певний закон розподілу напрацювання до відмови. Мається на увазі і деяка узагальнена форма закону.

Очевидно, що будь-яке розподілу часу безвідмовної роботи може бути формально записано в наступному вигляді [15]:

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \int_0^t \varphi(t) d(t) \right]. \quad (10.1)$$

Це є інтегральна форма закону розподілу в загальному випадку. Маючи на увазі, що щільність розподілу $f(t)=F(t)/dt$, одержимо закон в диференціальній формі:

$$f(t) = \varphi(t) e^{- \int_0^t \varphi(t) dt}. \quad (10.2)$$

У виразі (10.2) функція $\varphi(t)$ має зміст інтенсивності відмов. Залежно від виду функції $\varphi(t)$, що визначається властивостями елементів і умовами експлуатації, згідно виразами (10.1) і (10.2) можна одержати той чи інший закон розподілу тривалості роботи до відмови.

Наведена узагальнена форма закону розподілу є основою для математичного опису імовірнісних характеристик ідеалізованих схем розвитку фізичних процесів виникнення відмов, тобто моделей відмов. В усіх цих схемах не враховуються розкид початкових робочих властивостей і рівнів навантаження, які призводять до виробничих і експлуатаційних відмов, що і визначає ідеальність моделей. Незважаючи на це, слід розглянути такі моделі, оскільки при вказаних припущеннях вони досить добре можуть бути застосовані для характеристик процесів розвитку пошкоджень багатьох об'єктів.

10.2 Модель відмови з-за миттєвого пошкодження

Зміна технічного стану такого роду характеризується властивостями асимптотичної незалежності й стаціонарності. Властивість асимптотичної незалежності навантаження $S(t)$ має місце у тому випадку, якщо $S(t_2)$ не залежить

від $S(t_1)$ при досить великій тривалості часу між моментами t_2 і t_1 , тобто при великій різниці $(t_2 - t_1)$, але $S(t_2)$ явно зв'язана з $S(t_1)$ при малих різницях $(t_2 - t_1)$. Це означає, що моменти «пікових» навантажень не можуть бути передбачені заздалегідь.

Якщо середній рівень навантаження S_{cp} не змінюється з часом і залишається постійним для всіх об'єктів, що знаходяться в експлуатації, то у цих умовах навантаження можливий випадок, коли навантаження в одному з «піків» перевищують припустимий рівень S_n і при $S(t=\tau) > S_n$ наступить відмова об'єкта. Очевидно, що час до першого перетинання τ буде величиною випадковою внаслідок зазначених властивостей асимптотичної незалежності і стаціонарності навантаження. У цьому випадку τ - це час безвідмовної роботи об'єкта, а розподілу цього часу в даному разі характеризується експоненціальним законом.

Дійсно, з вихідних положень незмінності властивостей виробу впливає, що в даному випадку функція $\varphi(t) = \text{const}$, тобто інтенсивність відмов не залежить від часу. Підставляючи $\varphi(t) = \lambda$ у формули (10.1), (10.2) загального вигляду закону, одержимо диференціальну й інтегральну форми експоненціального закону розподілу:

$$F(t) = 1 - \exp[-\lambda(t)],$$

$$f(t) = \lambda e^{-\int_0^t \lambda dt} = \lambda e^{-\lambda(t)}.$$

У таблиці 10.1 наведені формули зв'язку математичного сподівання і дисперсії розподілу з параметром λ , а на рисунках 10.1 і 10.2 представлені графіки щільності імовірностей та інтегрального закону.

Модель миттєвих пошкоджень і отримані форми її математичного імовірнісного опису відповідають деяким ідеалізованим уявленням про умови експлуатації і властивості об'єктів. У теорії надійності [13] зазначені й інші, більш реальні схеми, що добре описуються законом експоненціального розподілу.

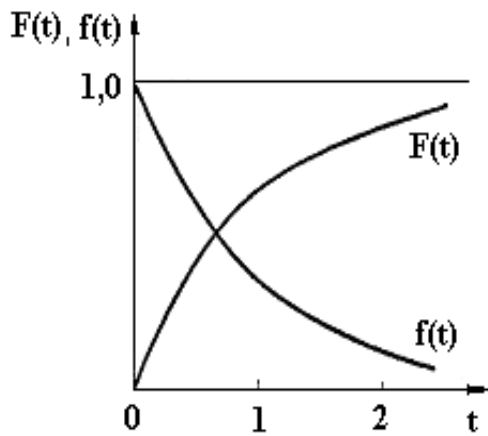


Рисунок 10.1 – Графік експоненціального закону розподілу при $\lambda=1$

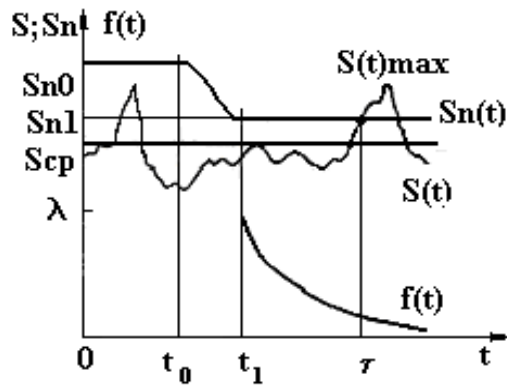


Рисунок 10.2 – Модель миттєвого пошкодження з порогом чутливості

Так, об'єкти можуть мати залежність $\varphi(t)=\lambda=\text{const}$ не протягом усього терміну служби, а протягом періоду часу після закінчення припрацювання t_1 до моменту початку процесу старіння t_2 . Якщо такі об'єкти встановлюють для експлуатації в деякій системі після припрацювання і використовують протягом часу (t_2-t_1) , тобто замінюють їх після напрацювання t_2 то час безвідмовної роботи таких об'єктів при експлуатації системи буде розподілений за експоненціальним законом. Разом з тим, закон розподілу напрацювання до відмови таких об'єктів, визначений за даними за повний термін їхньої служби, уже не буде експоненціальним.

У практиці експлуатації більш поширена ситуація, коли властивості об'єктів змінюються, тобто рівень припустимого навантаження S_n знижується в міру зростання t . Якщо таке зниження настає досить швидко після моменту $t_0 \ll M(\tau)$, то закон розподілу за формою змінюється.

Нехай первісні властивості навантаження такі, що в інтервалі $(0-t_0)$ навантаження $S_n=S_{n0} \gg S(t)_{\max}$, тобто імовірність відмови в цьому інтервалі досить мала. Після моменту t_0 за малий інтервал (t_0-t_1) властивості навантаження погіршуються до рівня $S_n=S_{n1}$, при якому стає відчутна імовірність пошкодження об'єктів піками $S(t)_{\max}$, як показано на рисунку 10.2.

Закон розподілу, що відповідає такій моделі, можна записати у вигляді

$$f(t) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda(t-t_1)}, & t \geq t_1 \\ 0, & t < t_1 \end{cases}.$$

Розподілу буде двопараметричним (λ, t_1) , вигляд кривої щільності імовірностей показаний на рисунку 10.2. Цей закон називається експоненціальним з порогом чутливості, оскільки параметр t_1 характеризує деякий «порог», до якого об'єкт «не відчуває» навантаження.

У теорії надійності також зазначається, що експоненціальне розподілу є граничною статистичною моделлю часу безвідмовної роботи системи з великим числом послідовно з'єднаних у структурній схемі надійності елементів. Кожний з елементів не повинен істотно впливати на імовірність відмови системи і не обов'язково повинен мати експоненціальне розподілу часу безвідмовної роботи.

Розглянуті моделі характерні для конструкційних відмов, коли можна припустити, що всі зразки досить однорідні за своїми властивостями. Порушення технології виготовлення в більшості випадків погіршує якість окремих об'єктів або їх окремих груп. Очевидно, що інтенсивність відмов кожної з груп, які утворилися, буде різною: виготовлених за нормальною технологією λ_1 , коли частка їх у загальній масі ε , а виготовлених з порушеннями технології λ_2 при $(1-\varepsilon)$.

Щільність розподілу часу безвідмовної роботи для всіх об'єктів буде визначатися формулою $f(t) = \varepsilon \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + (1-\varepsilon) \lambda_2 e^{-\lambda_2 t}$, виведеною на підставі зазначених припущень і оцінки імовірності відмов груп.

10.3 Моделі відмов з-за пошкоджень, що накопичуються

У вихідних положеннях цієї моделі основне місце займає зношування, оскільки всі елементи реально існуючих систем зазнають протягом періоду експлуатації необоротних змін

Спільним для всіх цих випадків є те, що на відміну від миттєвих пошкоджень, що приводять до закону експоненціального розподілу при $\varphi(t) = \lambda = \text{const}$, інтенсивність відмов від зношування не залишається постійною в часі. Вид реалізації зношування окремих елементів не визначає найпростішим чином виду залежності $\varphi(t)$, оскільки інтенсивність відмов виражає в кінцевому результаті ймовірності зв'язку всього процесу роботи всіх об'єктів. Але в цілому функція $\varphi(t)$, безумовно, залежить від класу реалізації зношування, властивого тим чи іншим об'єктам.

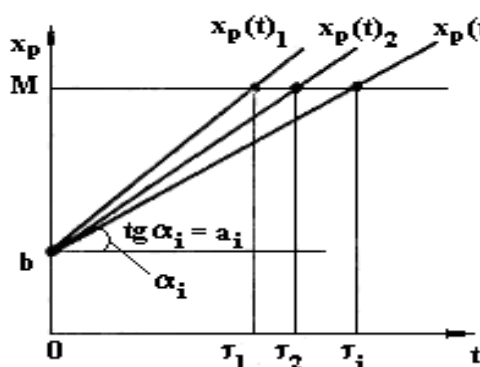


Рисунок 10.3 – Лінійні реалізації зношування, що характеризують властивості розподілень

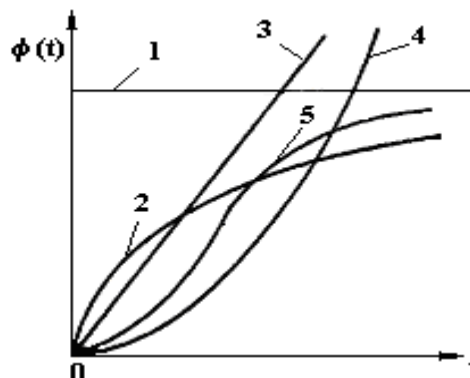


Рисунок 10.4 – Види функцій інтенсивності відмов для різних законів розподілу

Згідно з формулами (10.1) та (10.2), задаючи тим чи іншим виглядом функції $\varphi(t)$, можна одержати математичні вирази законів розподілу часу безвідмовної роботи для різних випадків зношування. Зміни інтенсивності відмов для найбільш характерних моделей наведені на рис. 10.4, а формули $\varphi(t)$ і відповідні закони – у таблиці 10.1.

Таблиця 10.1 – Зміни інтенсивності відмов для найбільш характерних моделей відповідно рисунку 10.4 та формули $\varphi(t)$ і відповідні закони

Інтенсивність відмов згідно з рис. 10.4	Функція $\varphi(t)$	Тип закону розподілу
1	$\lambda = \text{const}$	Експоненціальний
2	$\frac{\lambda^2 t}{1 + \lambda t}$	Ерланга
3	λt	Релея
4	λt^r	Вейбулла-Гнеденко при $\lambda > 1, r > 0$
5	$\frac{\lambda^r t^{r-1}}{\sum_{k=0}^{r-1} \frac{r-1}{k!} (\lambda t^k)}$	Гамма-розподіл (k -ціле число)

Якщо інтенсивність збільшується пропорційно часу, тобто $\varphi(t) = \lambda t$, то розподілу напрацювання до відмови в таких об'єктів описується законом Релея. Зношування об'єктів посилюється в міру наростання напрацювання.

Коли інтенсивність відмов елементів зростає з часом, але є деяка межа, то виходить закон розподілу Ерланга.

Якщо інтенсивність відмов пов'язана з напрацюванням нелінійно за деякою ступеневою залежністю, то має місце закон розподілу напрацювання до відмови в більш загальному вигляді - закон Вейбулла-Гнеденка (див. табл. 10.1), з якого при $r=1$ можна одержати закон Релея, $r=0$ – експоненціальний закон. Коли $r<0$, функція інтенсивності відмов виявляється спадною. У теорії надійності цей закон застосовується досить часто, тому що може бути використаний для опису розподілу часу безвідмовної роботи багатьох реальних систем. Особливістю таких систем є наявність великого числа однакових чи близьких за конструкцією елементів, що знаходяться в однакових умовах експлуатації. Відмова кожного з цих елементів призводить до відмови системи. Закон розподілу Вейбулла-Гнеденка добре описує розподілу часу безвідмовної роботи багатьох елементів радіоелектронної апаратури, кулькових підшипників, релейних систем [11, 13].

Схему пошкоджень, що накопичуються, описують гамма-розподілом часу безвідмовної роботи:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(r)} \lambda^r t^{r-1} e^{-\lambda t}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases},$$

де r і λ – параметри розподілу;

$\Gamma(r)$ – гамма-функція, значення якої надаються в математичних таблицях (Гамма-функція $\Gamma(r) = \int_0^\infty x^{r-1} e^{-x} dx$; $\Gamma(r) = (r-1)!$ при цілих r).

Інтенсивність відмов для гамма-розподілу - монотонно зростаюча функція, що має деяку межу (рис. 10.4 і табл. 10.1). Вид функції щільності імовірності (несиметрична крива) наведений на рисунку 10.5.

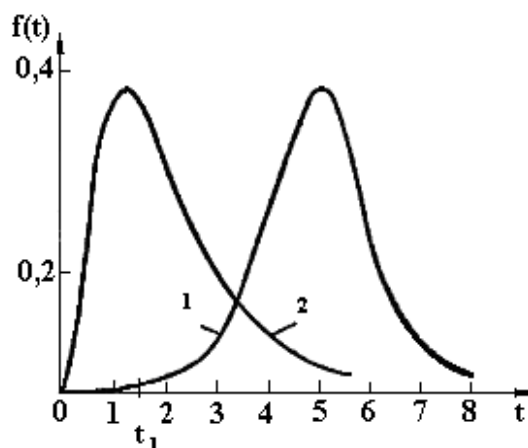


Рисунок 10.5 – Щільності імовірностей нормального закону (1) ($a=5$, $\sigma=1$) і гамма-розподілу (2) ($r=3$, $\lambda=3$)

Збільшення параметра λ гамма-розподілу розташовує симетрично графік його щільності імовірності відносно ординати, що проходить через математичне сподівання $M[t]=a$. Диференціальний закон розподілу наближається до вигляду

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{\frac{r}{\lambda^2}}} e^{-\frac{\left(r - \frac{r}{\lambda}\right)^2}{2\frac{r}{\lambda^2}}}.$$

У загальному вигляді це формула відомого закону нормального розподілу:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{(r-\sigma)^2}{2\sigma^2}},$$

який широко використовується при аналізі випадкових величин і в теорії ймовірностей. Теоретична крива щільності нормального розподілу має відгалуження, що симетрично розходяться від $t=a$ до $t=+\infty$ і $t=-\infty$. Оскільки в теорії надійності $t>0$, то застосування закону нормального розподілу доцільне в тих випадках, коли імовірність негативних значень буде нескінченно малою і не знизить точність розрахунків, тобто

$$P(t < 0) = \int_{-\infty}^0 f(t) dt \cong 0.$$

Це можливо при $a/\sigma \geq 3,5$ або $r \geq 12$.

Нормальний закон описує модель пошкоджень, що накопичуються, при однорідній якості об'єктів, сталості середньої швидкості зношування і «переплетенні» реалізації зношення.

Інтенсивність відмов при нормальному розподіленні - зростаюча функція. Значення інтенсивності відмов і щільності імовірностей при $a/\sigma \geq 3,5$ дуже малі на досить великому інтервалі $(0-t_1)$. Імовірність відмови в цьому інтервалі також мала (рис. 10.5), що свідчить про важливість профілактичних заходів (замін, ремонтів) на невеликих рівнях зношування (порівняйте з експоненціальним законом).

З інших моделей відмов з-за зношування доцільно зупинитися на схемі, що описується логарифмічно-нормальним розподілом. Щільність розподілу дорівнює

$$f(t) = \begin{cases} \frac{M}{t\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t(\lg t - \sigma_y)^2}{2\sigma_y^2}}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases},$$

де $M = lge = 0,4343$; $y = \lg t$.

Інтенсивність відмов такого розподілу виражається складною функцією і характерна тим, що при малих t після зростання спостерігається її максимум при $t=0$, а при $t>0$ – зниження.

Падіння інтенсивності відмов пояснюється тим, що до часу $t=0$ «гинуть» екземпляри з високою швидкістю зношування, а зношування тих, що залишилися в роботі, наростає повільніше. У цілому така поведінка всієї системи виражає її здатність «пристосовуватися» до умов навантаження, тобто система має властивість тренування або припрацювання. Відомо, що накатка шийок валів і осей, поверхні колекторів збільшує їхню здатність протистояти зношуванню, тобто відбувається їхнє зміцнення. Процес зміцнення є теж своєрідним тренуванням матеріалу, коли за рахунок первісних деформацій зменшується зношення у наступній експлуатації. Подібні процеси можуть відбуватися і з об'єктами, тобто зменшення швидкості наростання зношення об'єктів системи можливе не обов'язково за рахунок «загибелі» слабких, а саме за рахунок поліпшення властивостей у процесі припрацювання.

Розглянуті моделі не охоплюють усіх різновидів можливих схем розвитку процесів, відмов. Можна вказати на такі важливі види, як релаксаційні моделі, накладання різних моделей, що приводять до суперпозиції розподілень. Математичні вирази і фізичні обґрунтування цих моделей більш складні, ніж у розглянутих випадках. Крім моделей, що приводять до безперервних розподілень, є ряд схем, що дають розподілу дискретних випадкових величин (табл. 10.1).

Очевидно, що існує можливість визначення причини відмови, якщо вдається за експлуатаційними даними встановити вид закону розподілу. Але розглянуті ідеалізовані схеми в «чистому» вигляді зустрічаються, на жаль, рідко, а при недостатності вихідних даних можна зробити неправильні висновки і прийняти неправильну стратегію ремонтного обслуговування. Наприклад, логарифмічно-нормальне розподілу, і розподілу Вейбулла-Гнеденка в ряді

випадків можуть з достатньою точністю описати деяке емпіричне розподілу. Якщо прийняти логарифмічно-нормальний закон, то з нього випливає висновок щодо нераціональності профілактичних заходів після деякого напрацювання, оскільки інтенсивність далі повинна спадати. Якщо ж реальна модель відповідає закону Вейбулла-Гнеденка, то зроблений висновок буде суперечити дійсній необхідності проведення профілактичних заходів, оскільки інтенсивність відмов виявиться зростаючою.

10.4 Методи визначення закону розподілу відмов

При дослідженні надійності РС та його складових частин, вузлів виникає необхідність визначення виду і формули закону розподілу тривалості роботи (напрацювання) до відмови за статистичними даними. Маючи ці дані, можна визначити теоретичний закон розподілу пробігу до відмови, який найбільш точно відповідатиме зібраним статистичним даним. Для цього [11, 13, 19] використовують кілька способів визначення виду законів розподілу і розрахунку оцінок їхніх параметрів на підставі даних про відмови:

- метод моментів;
- метод поділяючих розбивок;
- графічний метод (із застосуванням імовірнісних паперів) та ін.

Метод моментів застосовується у випадку, якщо відомі реалізації l_1, l_2, \dots, l_n напрацювання до відмови n зразків. Розташувавши їх у порядку зростання, одержують варіаційний ряд. Далі діапазон пробігів $l_n - l_1$ поділяють на k інтервалів Δl (бажано однакової величини), де

$$\Delta l \cong \frac{l_n - l_1}{1 + 3,3 \lg n}.$$

Підраховують кількість випадків потрапляння пробігу до відмови m у кожний інтервал. Для полегшення розрахунків доцільно ввести умовну одиницю пробігу $x_i = l_i / \Delta l$ (l_i — значення l для середини i -го інтервалу).

За формулою $W(x_i) = m_i / n$ визначають частку відмов у кожному інтервалі пробігу $\Delta x = l$. Побудувавши багатокутник розподілу або гістограму часток, а формою якої можна висунути гіпотезу про те, який з відомих теоретичних законів розподілу ближче всього за формою підходить до емпіричних даних.

Параметри, що входять в аналітичний вираз закону розподілу, визначають шляхом прирівнювання моментів теоретичного розподілу відповідних моментів статистичного розподілу. Для однопараметричних законів (експоненціальний, Ерланга, Релея) прирівнюють математичне сподівання; для двопараметричних

законів (нормальний, логарифмічно-нормальний, Вейбулла-Гнеденка, гамма-розподілу та ін.), крім цього, прирівнюють дисперсії або середньоквадратичне відхилення.

З отриманих у такий спосіб рівнянь знаходять оцінки невідомих параметрів, які передбачаються законом розподілу. Ступінь відповідності теоретичного закону розподілу статистичному розподіленню перевіряють за допомогою критеріїв погодження (Колмогорова, Пірсона та ін.).

Метод поділяючих розбивок [17–19] зручно застосовувати в тих випадках, коли n елементів, включених у роботу, піддаються перевірці через деякий пробіг L_n (наприклад, до планового ремонту). Коли виявляється, що за цей пробіг стали несправними m_1 елементів, то відношення m_1/n є функція розподілу $F(l=L_n)$. Для двохпараметричного закону розподілу необхідно ще знати число m_2 елементів, що відмовили, за пробіг $2L_n$. Значення функції розподілу обчислюють за формулами

$$\left. \begin{aligned} F(L_n) &= m_1/n \\ F(2L_n) &= \frac{m_1}{n} + \frac{m_2}{n - m_1} \left(1 - \frac{m_1}{n} \right) \end{aligned} \right\}. \quad (10.1)$$

Дорівнюючи вираження функції теоретичного розподілу для $l=L_n$ та $l_2=2L_n$ відповідно значенням, обчисленим за формулою (10.1), можна визначити параметри закону розподілу. Цей метод застосовується в тих випадках, коли заздалегідь відомий вид закону розподілу.

У разі поступових відмов (при зношуванні, старінні) закон розподілу пробігу до моменту досягнення граничного стану може бути визначений за даними про реалізацію зношування за час збільшення пробігу. У цьому випадку збирають статистичні дані про зношування через рівні інтервали пробігу і шляхом їхньої обробки визначають параметри гамма-розподілу.

Графічні методи визначення закону розподілу і його параметрів, як правило, припускають застосування так званого імовірнісного паперу [17, 18]. Імовірнісні папери розробляють для кожного виду закону розподілу, вони являють собою координатну сітку з особливими масштабами обох осей, що забезпечують випрямлення графіка функції розподілу випадкової величини в пряму лінію. *Нормальний розподіл.* Перейдемо до оцінок параметрів нормального закону, виражених в одиницях напрацювання, використовуючи рівняння (10.1, 10.2):

$$\begin{aligned} a &= 450 \cdot 10^3 + 100 \cdot 10^3 \cdot 0,31 = 481 \cdot 10^3 \text{ км}; \\ \sigma &= \sigma_x \Delta l = 1,925 \cdot 100 \cdot 10^3 = 192,5 \cdot 10^3 \text{ км}. \end{aligned}$$

Отже теоретична функція нормального закону розподілу в диференціальній формі може бути виражена наступною формулою:

$$f(l) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 192,5 \cdot 10^3} \exp \left[-\frac{(l - 481 \cdot 10^3)^2}{2(192,5 \cdot 10^3)^2} \right]. \quad (10.2)$$

Визначимо довірчі інтервали отриманих оцінок параметрів для довірчої імовірності $\beta=0,95$. Довірчі межі оцінки a знайдемо з формул, що наведені у роботі [14], на підставі використання закону розподілу Ст'юдента:

$$\text{нижня} - a_n = a - t_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}};$$

$$\text{верхня} - a_v = a + t_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

де t_α визначається з таблиці 3.3 роботи [14] залежно від $\alpha=\beta=0,95$ при $k=n-1=200-1=199$. Маємо $t_\alpha=1,972$; $a_n=454,15 \cdot 10^3$ км; $a_v=507,84 \cdot 10^3$ км. Відносна помилка оцінки для параметра a за формулою

$$\delta=(a_v-a)/a=10^3 \cdot (507684-481)/(481 \cdot 10^3)=0,06,$$

що цілком припустимо.

Довірчі межі для σ знайдемо з формул роботи [15]:

$$\text{нижня} - \sigma_n = K_1 \sigma;$$

$$\text{верхня} - \sigma_v = K_2 \sigma,$$

де K_1 і K_2 — коефіцієнти, визначені згідно з таблиці 3.3 роботи [14] також при $\alpha=\beta=0,95$ і $n-1=199$. На підставі цього маємо $K_1=0,897$ і $K_2=1,13$.

Тоді:

$$\sigma_n=172,6 \cdot 10^3 \text{ км};$$

$$\sigma_v=21765 \cdot 10^3 \text{ км}.$$

За формулою закону розподілу (5.14.2), використовуючи статистичні таблиці [14, 15, 17], можна побудувати графік щільності імовірностей $f(l)$. При цьому для можливості порівняння полігону $W(x_i)$ і графіка $f(l)$ значення щільності імовірностей, розраховані з формули (10.2), помножені на Δl , а величини x_i і l по осі абсцис узгоджені згідно з таблицею 3.3.

Порівняння $W(x_i)$ і графіка $f(l)$ на рисунку 10.6 показує, що теоретична крива задовільно відображає дані спостережень. Для того, щоб більш впевнено вважати, що статистичні вибіркові дані свідчать про нормальний розподіл

напрацювання до відмови, користуються критеріями погодження, відомості про застосування яких будуть наведені далі.

Крім того, для оцінки асиметрії розподілу щодо його моди і характеристики більшої чи меншої гостровершинності порівнюють фактичні показники асиметрії і ексцесу з теоретичними. Для цього використовують центральні моменти третього і четвертого порядку [14].

Нарешті, слід підкреслити, що наведені формули і методика розрахунків застосовуються тільки для випадку, коли відомі напрацювання до відмови всіх n членів випадкової вибірки. Якщо ж в експлуатації взяті відомості тільки з напрацювання n_x елементів, що відмовили, тоді як інші $n - n_x$, продовжують працювати, то отримані згідно з формулами методу моментів оцінки будуть помилковими. У цьому разі варто застосовувати формули для усіченої або не цілком визначеної вибірки, що наводяться в довідковій літературі [17, 18].

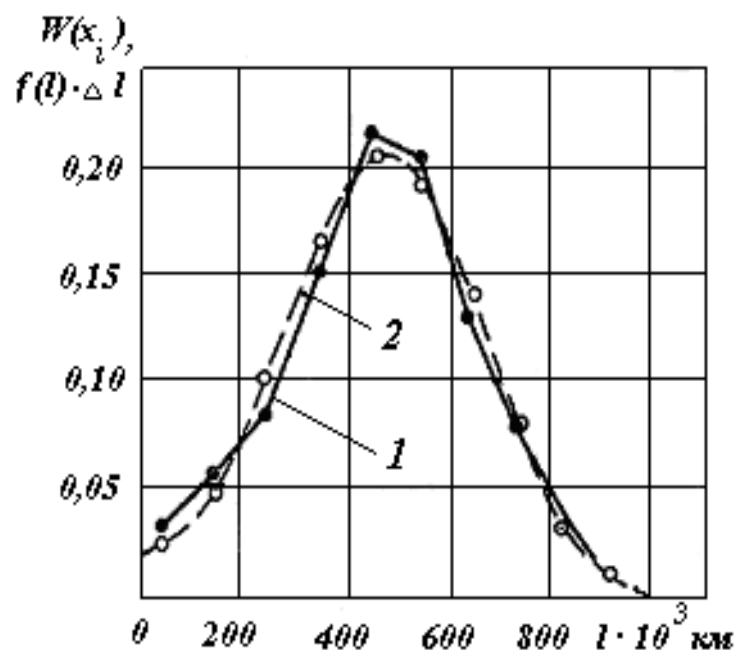


Рисунок 10.6 – Полігон емпіричного (1) і щільність імовірностей (2) теоретичного розподілів

Проілюструємо застосування графічного методу на прикладі визначення параметрів закону розподілу Вейбулла-Гнеденка за допомогою спеціального імовірнісного паперу [17]. Формула щільності імовірностей цього закону наведена в таблиці 4.9.1. Вид формули цілком визначається, коли відомі параметри a і b .

Для цього закону встановлено, що коли по осі ординат відкласти значення $lg|lnP(l)|$, а по осі абсцис $lg l$, то залежність $P(l)$ матиме вигляд прямої лінії, нахиленої до осі абсцис під кутом φ , причому $tg\varphi=b$. Для визначення a_e користаються співвідношеннями для імовірності безвідмовної роботи $P(l)$ і отриманими при $l=a_e$:

$$P(l = a_e) = \exp\left[-\left(\frac{l}{a_e}\right)^b\right] = e^{-1} = 0,368.$$

Оскільки шкала за осі ординат спадна в міру збільшення $P(l)$, зручніше проградувати її по імовірності відмови $Q(l)=1-P(l)$, тоді параметр a_e можна знайти при

$$Q(a)=1-P(a_e)=0,632.$$

На підставі викладеного пропонується наступний порядок графічного визначення закону розподілу тривалості роботи до відмови і оцінок його параметрів.

Зібрані дані про напрацювання до відмови при роботі зразків елементів розташовують у порядку зростання напрацювання у варіаційний ряд $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$. Очевидно, відмова кожного із зразків елементів відповідає збільшенню імовірності відмови $Q(l)$ чи зменшенню імовірності безвідмовної роботи $P(l)$ на величину $1/n$. Відмові i -го зразка відповідатиме імовірність відмови

$$Q_i(l_i)=1/n.$$

Далі, як показано на рис. 10.7, в осях $lg|lnP(l)|$, $lg l$, проградуєваних як $Q(l)$; l , наносять точки з координатами l_i та $Q_i(l_i)$, що апроксимується прямою лінією. По φ – куту нахилу отриманої прямої, визначають параметр закону розподілу $b=lg\varphi$. Точка перетину апроксимуючої прямої з лінією $Q(l) = 0,632$ дає значення $l = a_e$.

Викладений метод дозволяє визначити параметри закону розподілу і у випадку, коли не всі з n зразків досягли відмови. Це може значно скоротити час, необхідний для збору інформації.

Розглянемо сутність методу аналізу реалізації зношування на прикладі встановлення формули закону розподілу напрацювання до заміни щіток тягових двигунів через причину досягнення граничного зносу. Прийmemo, що при поступовому зношуванні маємо гамма-розподілу.

При спостереженнях заміряли Δh_{ij} – знос i -ї щітки за j -й інтервал напрацювання між спостереженнями. Як інтервал напрацювання взятий пробіг між черговими технічними обслуговуваннями ТО-2. Інтервал змінювався незначно (не більш 10 %) у процесі дослідів і склав у середньому $\Delta l = 6,52 \cdot 10^3$ км. Обсяг контрольної партії щіток $n = 30$, число вимірів зносу кожної щітки (інтервалів) $k=8$, тобто $1 \leq i \leq 30; 1 \leq j \leq 8$.

За даними вимірів визначені:

Δh_i – середнє збільшення зносу за один інтервал пробігу i -ї щітки:

$$\Delta h_i = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \Delta h_{ij}$$

Δh – середнє збільшення зносу за інтервал для всіх зразків:

$$\Delta h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta h_i$$

За результатами розрахунків одержимо $\Delta h = 0,95$ мм.

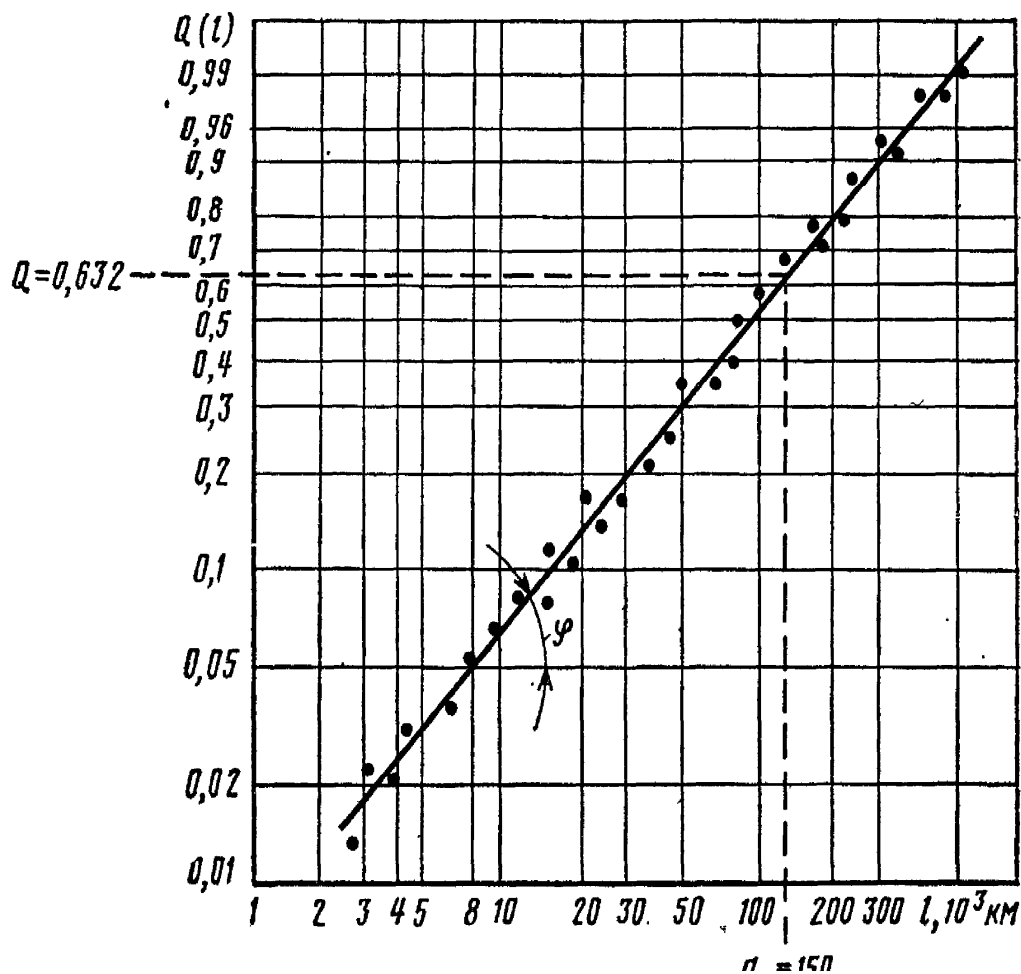


Рисунок 10.7 – Графічне визначення параметрів закону розподілу Вейбула-Гнеденка

Далі на підставі отриманих для кожного i -го зразка розраховані дисперсії, за якими знайдена загальна дисперсія для всіх зразків [17]:

$$S^2 = \frac{k-1}{k} \sum_{i=1}^n S_i^2 + \frac{k}{k-1} \sum_{i=1}^n (\Delta h_i - \Delta h)^2.$$

Отримано $S^2 = 0,214 \text{ мм}^2$. Величина елементарного стрибка зносу

$$y = S^2 / \Delta h = 0,214 / 0,95 = 0,225 \text{ мм}.$$

Згідно з припустимим зносом $h = 30 \text{ мм}$ для цього типу щіток визначимо число елементарних стрибків зносу:

$$r = h / y = 30 / 0,225 = 133,$$

де r – оцінка одного з параметрів закону гамма-розподілу. Оцінку другого параметра λ знайдемо з рівняння, що наведено в роботі [17]:

$$1/\lambda = \Delta l \cdot S^2 / \Delta h = 6,52 \cdot 10^2 (0,214 / 0,95^2) = 1546 \text{ км}.$$

Отриманий великий параметр $r \gg 12$ свідчить про доцільність використання закону нормального розподілу замість незручного для розрахунків гамма-розподілу. Оцінку параметрів нормального закону a та σ знайдемо за параметрами r і λ і таблаблиці 4.9.1:

– середнє напрацювання щітки до відмови:

$$a = L_{cp} = r(1/\lambda) = 133 \cdot 1546 = 205,6 \cdot 10^3 \text{ км};$$

– середнє квадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{r} \frac{1}{\lambda} = \sqrt{133} \cdot 1546 = 17,83 \cdot 10^3 \text{ км}$$

– коефіцієнт варіації $V = \sigma/a = 17,83 \cdot 10^3 / 205,6 \cdot 10^3 = 0,087$;

– середня швидкість зносу $C = y/\lambda = 0,225(1/1546) = 0,146 \text{ мм}/(10^3 \text{ км})$.

Формула закону розподілу в диференціальній формі (y тис. км):

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} 17,83} \exp \left[-\frac{(t - 205,6)^2}{2 \cdot 17,83^2} \right].$$

При виконанні аналізу впливу зносу необхідно переконатися в тому, що наявні вихідні дані (у даному разі набір Δh_{ij}) не суперечать припущенню про однорідність початкової якості об'єктів. Для цієї мети використовують спеціальні критерії для перевірки гіпотез про рівність дисперсій (критерій Бартлетта [14]) і істотності розбіжності середніх (за величиною F – критерію), порядок використання яких наведений у роботі [17].

Характерною рисою складальних одиниць РС є те, що їхні відмови можуть викликатися не однією, а декількома одночасно діючими причинами. Залежно від того, який з процесів розвивається інтенсивніше, відбудеться відмова того чи іншого виду. У такій ситуації сумарне j розподілу тривалості роботи до відмовлення об'єктів являє собою суміш, суперпозицію.

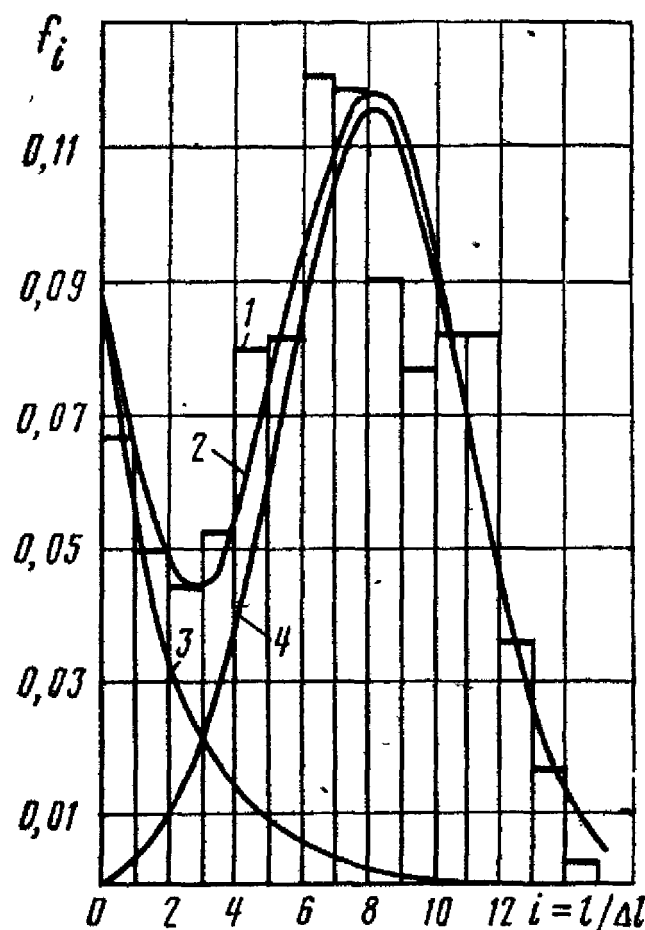


Рисунок 10.8 – Гістограма (1) і суперпозиція (2), експоненціального (3) і нормального (4) законів розподілу напрацювання тягового двигуна до відмови ($\Delta l = 100 \cdot 10^3$ км)

Обробка статистичних даних про тривалість роботи до відмови багатьох вузлів РС, особливо тягових електродвигунів (ТЕД) показала, що для них має

місце суперпозиція нормального й експоненціального законів. Ізоляція тягових двигунів може бути пошкоджена внаслідок впливу піків перенапруг, старіння, зволоження, механічних пошкоджень і нагрівання. На рис. 10.8 показана гістограма-розподілу пробігу до відмови ТЕД, що підтверджує наявність саме такої суперпозиції. У цьому разі щільність розподілу описується формулою

$$f(l) = C_1 f_1(l) + C_2 f_2(l), \quad (10.3)$$

де: C_1, C_2 – частки відмов, розподілених за експоненціальним і нормальним законами відповідно;

$f_1(l), f_2(l)$ – щільності розподілів при експоненціальному і нормальному законах. Щільності розподілів

$$f_1(l) = \frac{1}{L_{cp1}} \exp\left(-\frac{l}{L_{cp1}}\right) \quad (10.4)$$

$$f_2(l) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_2} \exp\left(-\frac{(l - L_{cp2})^2}{2\sigma_2^2}\right). \quad (10.5)$$

Параметри $C_1, C_2, L_{cp1}, L_{cp2}$, що входять у вирази (10.3), (10.4) і (10.5), можна визначити за статистичними даними, тобто по оцінках параметрів сумарного розподілу $f(l)$. Для їхнього визначення слід скласти систему п'яти рівнянь, одне з яких – умова нормування $C_1 + C_2 = 1$. Чотири інших рівняння одержують, прирівнюючи перший початковий, другий, третій і четвертий центральні статистичні моменти відповідним теоретичним. Вирішення отриманої системи доцільно шукати чисельними способами з використанням методів ітерацій. У ряді випадків процедуру визначення параметрів можна спростити, використовуючи властивості й особливості реальних відомостей про емпіричний розподіл і фізичні передумови моделей відмов.

10.5 Перевірка адекватності закону розподілу

У багатьох випадках вид закону є невідомим і гіпотеза про форму закону має потребу в перевірці за правилами математичної статистики. Зіставлення полігону частот з функцією щільності імовірностей, результати графічного вирівнювання статистичних даних на імовірнісному паперу дають тільки орієнтоване, якісне і суб'єктивне судження про близькість емпіричного і теоретичного розподілів. Очевидно, тільки кількісні критерії дають змогу

виконати об'єктивну перевірку гіпотези про те, що величина X дійсно розподілена за законом $F(x)$, параметри якого визначені за даними вибірки. Такі критерії відповідності засновані на виборі міри розбіжності між теоретичним і емпіричним розподілами. Величина цієї міри не повинна перевищувати деяку межу при заданому рівні значущості q , що характеризує імовірність неприйняття гіпотези, коли вона правильна (імовірність помилки першого роду). Рекомендовані значення $q=0,05; 0,02; 0,01\dots$ відповідає практично неможливим подіям (з часткою ризику, що характеризує імовірність помилки другого роду).

Найбільш розповсюдженим є критерій χ^2 (К. Пірсона) [14]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i},$$

де $i=1, 2, 3, \dots, k$ – інтервали групування випадкової величини у вибірковій сукупності обсягом n значень;

m_i – частота влучення випадкової величини в i -й інтервал, $\sum_{i=1}^k m_i = n$;

p_i – теоретична накопичена імовірність влучення в i -й інтервал.

При розрахунку критерію χ^2 використовують емпіричні вибіркові дані m_i і накопичені теоретичні частоти np_i , знайдені згідно з теоретичною формулою закону. Кількість інтервалів групування визначає число ступенів свободи $r=k-c-1$, де c – число невідомих параметрів закону. Згідно з величиною та рівнем значущості q знаходять за таблицями робіт [14, 15, 17] величини χ_q . Якщо гіпотеза правильна, то при досить великому n

$$P(\chi^2 > \chi_q^2) = q,$$

і оскільки величина q досить мала, то практично не повинно бути події $\chi^2 > \chi_q^2$. Отже, якщо знайдена за дослідними даними величина при обраному рівні значущості $\chi^2 < \chi_q^2$, то гіпотеза про закон розподілу не суперечить дослідним даним.

Правила перевірки узгодження дослідного розподілу з теоретичним, як правило, визначені стандартом. На підставі цього стандарту повинні встановлюватися види розподілень показників якості продукції і техніко-економічних показників, що включаються в нормативно-технічні документи.

Для критерію χ^2 стандарт встановлює дуже жорсткі умови застосування: $n > 200$ і $np > 18$. Якщо $np < 10$, то поєднують дані розташованих поряд інтервалів,

щоб сумарна накопичена частота в інтервалі була не менше 10.

Застосовують також більш потужний критерій ω^2 . Він рекомендується у випадках, коли результати перевірки за іншими критеріями не дозволяють зробити безумовний висновок. Цей критерій вимагає більшого обсягу обчислень.

Контрольні запитання до теми 5

1. Пояснити зв'язок точності визначення емпіричних законів і відповідних параметрів розподілень з плановими витратами на технічне обслуговування.
2. Чим можна пояснити двомодальність розподілу напрацювання до відмови деяких агрегатів?
3. Сутність методу максимуму правдоподібності для визначення оцінок параметрів.
4. Сутність методу моментів визначення параметрів.
5. В чому сутність методу поділяючих розбивок?
6. Назвіть критерії оцінки перевірки гіпотез вибору закону розподілу випадкових подій.
7. Розподіл тривалості перебування у справності.
8. Модель відмови з-за миттєвого пошкодження.
9. Моделі відмов з-за пошкоджень, що накопичуються.
10. Методи визначення закону розподілу відмов.
11. Перевірка адекватності закону розподілу.

Тема 6 СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ

ЛЕКЦІЯ 11 ПЛАНОВО-ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНИЙ ПРИНЦИП ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПРАВНОСТІ

План

11.1 Основні поняття та визначення.

11.2 Види обслуговувань і ремонтів.

11.1 Основні поняття та визначення

Сучасні машини складаються з окремих складальних одиниць і агрегатів, які мають різні технічні ресурси, що обумовлюється їхнім призначенням, властивостями матеріалів і різними умовами експлуатації. Іноді думають, що варто проектувати машину, яка має деталі з однаковими термінами служби, завдяки чому і буде оцінюватися її довговічність. Така ідеальна машина не вимагала б ніякого ремонту і її після зношування деталей доцільно було б замінити новою. Але виготовлення машин з однаковою міцністю деталей у найближчому майбутньому малоймовірне й економічно недоцільне, отже, зберігається необхідність в їхньому ремонті.

За рахунок ремонту досягається найбільш повне використання технічних ресурсів деталей, складальних одиниць і агрегатів машини, що обумовлює його економічну доцільність. Навіть в умовах неспеціалізованих заводів відновлена деталь коштує менше нової. На міському електротранспорті розроблена і впроваджена система планово-попереджувальних ремонтів, яка, відбиваючи специфіку експлуатації міського електротранспорту, є найважливішим прогресивним заходом, що сприяє підвищенню довговічності устаткування. Система технічного обслуговування і ремонту (система ТО і Р) показала переваги над іншими системами ремонту: післяоглядовою, стандартною та інші [20–22].

Найважливішою перевагою системи ТО і Р є те, що вона передбачає комплекс профілактичних заходів, які виключають виникнення катастрофічного зношування складових частин рухомого складу, зменшують ймовірність несподіваного виходу з ладу устаткування. Під системою технічного обслуговування і ремонту рухомого складу слід розуміти сукупність дій, що визначають утримання трамвайних вагонів і тролейбусів у працездатному стані і регламентують наступні параметри: номенклатуру обслуговувань і ремонтів (види оглядів і ремонтів); циклічність (чергування) оглядів і ремонтів, тобто

структуру ремонтного циклу; періодичність обслуговувань і ремонтів (міжремонтні пробіги і терміни роботи); глибину відновлень (характеристики оглядів і ремонтів, обсяги ремонтних та контрольно-профілактичних робіт).

Відповідно до цих параметрів розробляють положення, які визначають організацію і технологію ТО і Р. Вони є вхідними, керованими і впливають на вихідні показники ефективності системи ТО і Р.

Під відновлюваною роботою слід розуміти деякий одноразовий вплив на технічну систему (трамвай чи тролейбус), метою якого є визначення стану системи і ліквідація відмови (якщо вона має місце), або поліпшення характеристик безвідмовності, працездатності й економічності. Кожна відновлювальна робота може бути охарактеризована трьома особливостями, які впливають на її тривалість чи на втрати, викликані її проведенням.

По-перше, відновлювальна робота (ремонт) проводиться в деякий випадковий момент (наприклад, при відмові рухомого складу між плановими ремонтами) або в заздалегідь призначений час (планове обслуговування і ремонти). Ремонт у випадковий, заздалегідь невідомий момент може потребувати додаткового часу на організацію ремонтної бригади, підготовку робочого місця, що збільшує час відновлення і витрати. До цього необхідно додати соціальний збиток, який наноситься пасажирам через зрив графіка руху.

По-друге, система (трамвайний вагон чи тролейбус, окремий вузол) на початку відновлювальної роботи може знаходитися в працездатному або непрацездатному станах. У першому випадку необхідно затратити додатковий час на пошук елемента, що відмовив, і ліквідацію наслідків відмови.

По-третє, глибина відновлення може бути різною. Вона характеризується тим, яка частина системи обновляється і до якого рівня в результаті проведення даного ремонту. Залежно від глибини відновлювання змінюються характеристики безвідмовності РС при подальшій роботі. При класифікації відновлювальних робіт можна виділити наступні випадки глибини відновлювання: ніякого відновлення в РС не проводиться; після відновлювальної роботи РС повністю поновлюється, тобто всі робочі параметри і характеристики кожного вузла і деталі відновлюються до рівня, передбаченого технічними умовами на виготовлення; після відновлювальної роботи поновлюється частина елементів РС.

Слід зазначити, що відновлювальна робота, яка не поновлює жодного елемента, проводиться тільки в працездатній системі. У цьому випадку вона відбувається для визначення стану системи, тобто є діагностичною. В інших випадках відновлювальна робота може виконуватися як із працездатною системою, так і з тією, що відмовила.

Між цими групами робіт можуть існувати різні співвідношення залежно від прийнятого критерію оптимальності і стратегії у проведенні технічного обслуговування. Але в будь-якому випадку основна вимога, яка поставлена до системи ТО і Р, полягає в тому, щоб забезпечити максимальну імовірність того, що в деякий довільний момент часу РС виявиться справною і виконає своє завдання, а затрати праці, часу і засобів для підтримки його в справному стані будуть мінімальні. Залежно від складності РС профілактичні роботи можуть виконуватися при досягненні: визначеного напрацювання (профілактика за напрацюванням), припустимих значень робочих параметрів (профілактика за станом); обох названих показників (комбінована профілактика).

11.2 Види обслуговувань і ремонтів

Номенклатура видів ремонтів і обслуговувань, що входять у ремонтний цикл, зокрема визначається тим, на скільки груп елементів, що мають однакову довговічність, можна розділити трамвай чи тролейбус.

Застосовувані в різних галузях промисловості системи ТО і Р передбачають для однотипного устаткування неоднакове число видів технічного обслуговування і ремонтів у циклі (від 4 до 12) з різноманітною структурою ремонтного циклу (порядок чергування ремонтів), різні співвідношення між обсягами відновлювальних робіт для окремих видів ремонту.

На міському електричному транспорті діє система технічного обслуговування і ремонту, що є планово-попереджувальною [23]. Згідно з ДЕРЖСТАНДАРТ 18322 «Система технічного обслуговування і ремонту техніки. Терміни і визначення» стосовно міського електричного транспорту містить наступні види ТО і Р.

Періодичне технічне обслуговування (ТО) – технічне обслуговування, яке виконується через встановлені в експлуатаційній документації значення напрацювання, інтервали часу. Сезонне технічне обслуговування (З) – технічне обслуговування, що виконується для підготовки для використання в осінньо-зимових чи весняно-літніх умовах. Поточний ремонт (ПР) – ремонт, що виконується для забезпечення відновлення працездатності рухомої одиниці і полягає в заміні й (чи) відновленні окремих частин. Середній ремонт (СР) – ремонт, що виконується для відновлення справності й часткового ресурсу рухомої одиниці. Капітальний ремонт (КР) – ремонт, що виконується для відновлення справності й повного чи близького до повного відновлення ресурсу рухомої одиниці.

Як правило, капітальний і середній ремонти є плановими ремонтами, постановка РС на які здійснюється відповідно до вимог нормативно-технічної документації. Поточний ремонт завжди є *неплановим ремонтом*, однак іноді і

середній, і капітальний ремонти можуть виконуватися в неплановому порядку, особливо тоді, коли порушення працездатності РС відбулося через ДТП.

ЛЕКЦІЯ 12

ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЬНИХ І РЕМОНТНО-ПРОФІЛАКТИЧНИХ ЗАХОДІВ

План

- 12.1 Принципи складання графіків контрольних і ремонтно-профілактичних заходів.
- 12.2 Технічне обслуговування і непланові ремонти.
- 12.3 Структура робіт на ТО.
- 12.4 Визначення кількості постів.
- 12.5 Технічне обслуговування рухомого складу у блоці ТО і НР.
- 12.6 Розрахунок кількостей ремонтно-профілактичних заходів.

12.1 Принципи складання графіків контрольних і ремонтно-профілактичних заходів

Вибір часу для виконання контролю стану і ремонтно-обслуговуючих впливів на рухомий склад МЕТ і тривалості його роботи на лінії є дуже відповідальним моментом. З погляду найбільш ефективного використання рухомого складу необхідно прагнути до того, щоб максимальний обсяг відновлювальних і контрольних робіт виконувався в години, коли РС не бере участі в процесі перевезення пасажирів. При цьому буде досягнутий максимальний коефіцієнт використання машин і створена передумова для високої якості обслуговування пасажирів.

Потреба в РС на лінії тісно зв'язана з розподілом інтенсивності пасажиропотоків. Хоча останній на кожному маршруті того чи іншого міста має свої особливості, що впливають з його структури, розташування житлових масивів, розташування промислових зон та інших умов, можна виділити загальні моменти в характері пасажиропотоків маршрутів громадського транспорту переважної більшості міст України (крім окремих курортних). Пасажиропотік у робочі дні тижня відрізняється крайньою нерівномірністю (рис. 12.1, крива 1). Найбільша інтенсивність потоків має місце в години ранкового і вечірнього піку зі спадом у міжпикові години. Вечірній пік менш інтенсивний, але більш тривалий.

З економічних міркувань при складанні розкладу руху прагнуть передбачити число тролейбусів на лінії, пропорційне пасажиропотоку,

допускаючи, однак, що в години пік наповнюваність машин більша, ніж в ранкові, вечірні й міжпікові години. У ранні ранкові й пізні вечірні години число машин на маршруті визначають не пасажиропотоком, а максимально припустимим інтервалом руху.

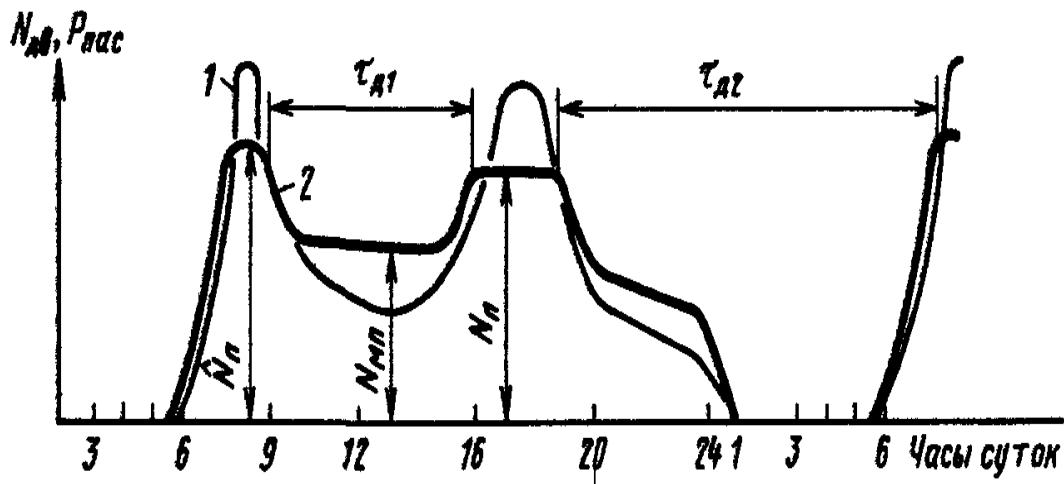


Рисунок 12.1 – Характер зміни пасажиропотоку (крива 1) і випуску рухомого складу (крива 2) за годинами доби

Крива виходу з депо і заходу в нього машини або вагону (рис. 12.1, крива 2) описує в загальному випадку всі характерні моменти кривої зміни пасажиропотоків. Ця крива розширюється в години пік на час руху машин або вагонів із депо до маршруту і заїзду з маршруту в депо.

Режим зайнятості рухомого складу на маршрутах у робочі дні може бути охарактеризований важливими з позиції організації процесів ТО і Р показниками (рис. 12.1):

$\tau_{д1}$ – часом між ранковим і вечірнім піками випуску рухомих одиниць;

$\tau_{д2}$ – часом між вечірнім і ранковим піками випуску одиниць;

ε_{∂} – коефіцієнтом глибини знімання одиниць у міжпікові години;

ψ_{∂} – коефіцієнтом нерівномірності випуску за час пік;

V_p^3 – інтенсивність заходу РС після ранкового піку;

V_B^B – інтенсивністю заходу одиниць відповідно після часів ранкового і вечірнього піків.

У свою чергу, коефіцієнт глибини знімання рухомих одиниць у міжпікові години

$$\varepsilon_{\partial} = N_{min} / N_{max}, \quad (12.1)$$

де N_{min} – найменше число машин на лінії в міжпікові години;

N_{max} – число машин у русі в години найбільш інтенсивного піку.

Коефіцієнт нерівномірності випуску машин в години пік можна представити як

$$\psi_0 = N_n / N_{max}, \quad (12.2)$$

де N_n – число машин у русі в години менш інтенсивного піку.

Як правило, РС, що не бере участь у русі між годинами пік, заходить у депо на відстій. У суботу й неділю пасажиропотік не має різкого коливання протягом дня, а його максимальна інтенсивність звичайно нижче на 25–35 % проти такої ж у будень. Випуск машин у святкові дні також нижче на 25–30 %.

Таким чином, за кількістю РС, що знаходиться в інвентарі депо, найбільш прийнятним часом для ТО і Р без зняття машин з руху є нічний час з тривалістю τ_{02} і денний час з тривалістю τ_{01} , а також вихідні дні. При цьому в нічний час ремонтно-обслуговуючі роботи можуть виконуватися на всіх без винятку машинах, а в денний час (у робочі дні) – від 22 до 34 % машин. У вихідні дні в депо залишається близько 25 % рухомого складу.

За числом машин і тривалістю їхнього перебування в депо на перший погляд здається більш прийнятним з організаційної точки зору використання нічного часу для відновлювальних і контрольно-діагностичних робіт. Але робота в нічний час має істотні недоліки. Насамперед, трудовим законодавством [24, 25] тривалість нічної зміни встановлена на 1 год. коротше від денної, внаслідок чого місячний баланс робочого часу працівників, зайнятих на нічних змінах, у середньому на 22 год менше. Крім того, вночі спостерігається невисока продуктивність праці, знижується якість роботи; праця в нічний час соціально неприваблива. Ці та інші недоліки організації роботи в нічний час змушують створювати таку систему ремонтно-обслуговуючих робіт, при якій максимально використовувався б саме денний міжпіковий час.

Таке рішення виправдане з економічної і соціальної точок зору, однак створює чимало організаційних труднощів насамперед тому, що період перебування машин у депо в міжпіковий час на 1,5–2 год менше тривалості робочої зміни ремонтного персоналу (з урахуванням обідньої перерви).

Друге важливе обмеження часу для проведення ТО і Р – це виконання максимального обсягу робіт у будні дні при п'ятиденному робочому тижні, хоча шестиденна дозволила б зменшити розрив між тривалістю робочої зміни і часом перебування машин у парку в міжпіковий період і, безумовно, дала б істотні організаційні переваги.

Однак за відомими соціальними перевагами п'ятиденного робочого тижня, а також за умовами закріплення кадрів у депо слід прагнути до такої організації робіт, при якій максимальне число персоналу мало б п'ятиденний робочий тиждень.

Таким чином, при створенні системи ТО і Р стоїть завдання використовувати найбільш ефективно, в першу чергу період денного міжпікового часу. У нічний час доцільно виконувати тільки ті роботи, потреба в яких виникає щодоби (мийка, прибирання), а також вкрай невідкладні для забезпечення випуску на ранкових годинах піку (усунення відмов і несправностей, виявлених водіями, чи в процесі діагностування $D_{\text{щод.}}$).

У майбутньому нічний час може бути використаний для виконання контрольних операцій цілком автоматизованими пристроями (чи із залученням мінімального числа операторів). Це дозволить застосовувати інформацію про технічний стан машин для високоефективної організації відновлювальних впливів у денний час. Доцільно також у нічний час виконання окремих відновлювальних робіт за допомогою роботів і маніпуляторів.

Розглянемо більш докладно період перебування РС у депо в денний час, тому що від його характеристики істотно залежить організація процесів ТО і Р в денну зміну.

Виконані дослідження графіків виходу з депо і заходу в нього РС по 54 тролейбусних парках, розташованих у різних регіонах країни, показали, що коефіцієнт глибини знімання машин у міжпіковий час коливається від 0,66 до 0,78, тобто від 22 до 34 % машин вилучають з руху між годинами пік.

Це дозволяє зробити висновок, що у всіх обстежених містах можлива, в принципі, за числом машин, що заходять, організація ТО з дуже високою частотою – через 3–5 днів. Таким чином, у цьому разі не існує практичних обмежень для вибору періодичності ТО, принаймні, мінімальна періодичність в один тиждень забезпечується у всіх містах без порушення процесу пасажироперевезень.

Інша картина з тривалістю перебування машин у парку в міжпіковий період – $\tau_{\partial I}$, аналіз якого показує, що ця величина має істотне коливання в різних містах. Нижче наведені значення $\tau_{\partial I}$ по 54 тролейбусним депо різних міст країни; $\tau_{\partial I}$ коливається від 6 до 8 год. (370–470 хв).

Число депо	6	7	7	13	10	11
$\tau_{\partial I}$	370	390	410	430	450	470

Величина $\tau_{\partial I}$ менше в містах з розвинутою гірничо-металургійною та хімічною промисловістю, де в основному скорочена робоча зміна, і в містах з великим розривом часу початку роботи підприємств і організацій.

Слід зазначити, що час $\tau_{\partial I}$ у всіх випадках менше тривалості робочої зміни персоналу технічної служби депо, що складає з урахуванням обідньої перерви 525–555 хв. Це є важливим моментом для організації процесів ТО і Р,

тому що повне завантаження ремонтного персоналу в цих умовах можуть бути здійснені введенням резервних машин або перерозподілом видів ремонтно-обслуговуючих робіт, що виконується кожним робітником протягом зміни.

Дуже важливою характеристикою міжпікового часу є інтенсивність заходу РС після ранкового піку V_p^3 , тому що вона повинна впливати на ритм роботи ліній ТО. Дослідженнями графіків руху встановлено, що V_p^3 перевищує в 2 рази інтенсивність заходу машин на лінії ТО. Це дозволяє в розрахунках режимів роботи комплексів ТО та інших ділянок технічної служби не брати до уваги характер кривої заходу і виходу машин, а оперувати тільки міжпіковим періодом – часом τ_{dl} . Винятки складають розрахунки накопичувально-відстійних майданчиків, де швидкість заходу тролейбусів після ранкового і вечірнього піку має істотне значення.

Важливим показником характеру використання машин на лінії є коефіцієнт ψ_d нерівномірності навантажень у години ранкового і вечірнього піку. У випадку, коли $\psi_d < 1$, стає можливим застосувати для ТО частину машин у період менш інтенсивного піку без збитку для коефіцієнта випуску машин. Практично скрізь кількість машин, що випускаються, на вечірній пік менша, ніж на ранковий, а коефіцієнт ψ_d у різних містах коливається від 0,94 до 0,97.

12.2 Технічне обслуговування і непланові ремонти

З метою використання найбільш продуктивного часу доби більшість контрольно-діагностичних і ремонтно-відновлювальних робіт ТО, ПР, СР здійснюють у денний час. Вночі виконують тільки процеси ЩО з таким супутнім мінімальним обсягом ремонтних робіт, який необхідний для забезпечення випуску на ранковий час пік.

Обсяг робіт ЩО (крім мийних і прибиральних), а виходить, і число необхідних для ЩО в нічний час працівників менше числа працівників, необхідних для цих же робіт у денний час.

Тому при розробці планувальних рішень тролейбусних депо можливі первинні розрахунки і вибір оптимальних планувальних структур для ТО, ПР, СР, НР з наступними «накладенням» робіт нічної зміни й уточненням компонування павільйонів і відстійно-накопичувальних майданчиків парку в цілому.

Для зручності техніко-економічного обґрунтування систему забезпечення справності рухомих одиниць представимо у вигляді чотирьох технологічних блоків: ЩО; ТО і НР; Д; ПР і СР (КР) з наступним уточненням зв'язків блоків.

Деякі пояснення необхідні щодо блоку ТО і НР - у ньому, крім процесів ТО, виконують всі види непланових ремонтів машин, що відмовили, протягом денної зміни, а також у попередній період (не відновлених до початку роботи блоку ТО і НР).

Найбільшу складність в організаційному плані представляє виробничий процес у блоці ТО і НР внаслідок великого числа одиниць, що проходять планові й непланові відновлення протягом дня, строго обмеженого часу для підготовки їх до випуску, випадкового характеру обсягів відновлювальних робіт.

Як відомо, саме при виконанні ТО і НР в існуючих депо спостерігають найнижчі в технічній службі коефіцієнти використання робочого часу, персоналу і площ. Ефективністю роботи цього підрозділу багато в чому визначені й коефіцієнт випуску рухомого складу, і рівень запізнень машин на вечірній пік. Тому організаційно-планувальна структура депо повинна формуватися з урахуванням оптимізації в першу чергу блоку ТО і НР.

Розглянемо найбільш поширену організацію робіт при виконанні ТО. Його здійснюють поточним методом, на кожній поточній лінії передбачено (не враховуючи постів мийки і прибирання) три пости, за кожним з яких закріплені деякі робочі спеціальності. Планом передбачається простій машини на кожному посту близько 20 хв. За цей час на тролейбусі виконують обов'язковий обсяг обслуговуючих і контрольних робіт (звичайно візуальним методом), а також відновлювальні роботи за результатами контролю.

У разі виявлення на машині або вагоні несправності, що вимагає значного простою, їх подають практично через відстійний майданчик на так звану заявочну стрічку. Остання представляє в більшості випадків три послідовно розташованих машино-місця. Аналіз організації робіт при виконанні ТО в деяких депо показує, що передачу одиниць на заявочну лінію роблять тільки у виняткових випадках, коли це пов'язано з трудомісткою заміною агрегатів (мостів, ресор, тягових двигунів і т.п.). У більшості випадків бригада прагне закінчити весь обсяг контрольних і відновлювальних робіт на постах лінії ТО, що при випадковому обсязі цих робіт, які виконуються за результатами контролю, призводить до постійного порушення роботи лінії ТО.

Значне розсіювання трудомісткості ремонтно-відновлювальних робіт з кожної машини чи агрегату пояснюється об'єктивними причинами - впливом випадкових факторів на технічний стан РС: навантаження, режиму водіння, «віку» машини і її агрегатів, якості попереднього ремонту і т.д. У цих умовах плановий чіткий ритм пересування на практиці не витримується. Пересування починається тільки після закінчення роботи всіма виконавцями, внаслідок чого є значні втрати робочого часу через вимушений простій робітників і в очікуванні переміщень.

На рисунку 12.2 наведені гістограми і функції розподілу імовірностей тривалості обслуговування тролейбусів на двох постах лінії ТО, отримані за результатами експериментальних досліджень процесів ТО в тролейбусному депо. З рисунку видно істотне відхилення фактичного простою машини на постах від планового, що дорівнює 20 хв.

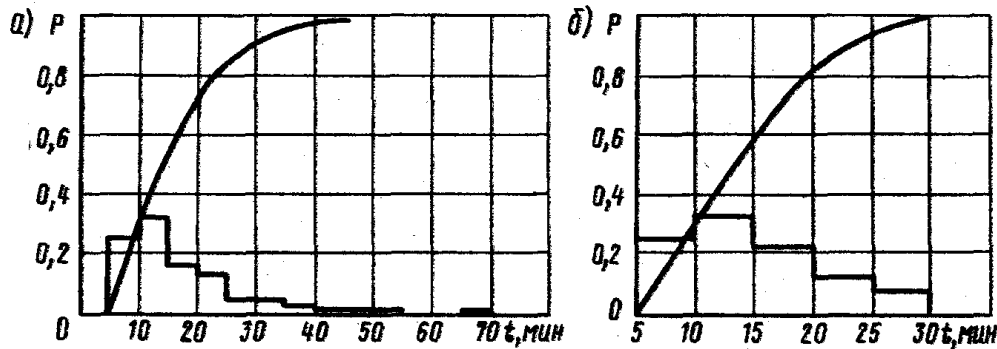


Рисунок 12.2 – Гістограми і функції розподілу тривалості обслуговування тролейбусів на посту механічного (а) і електричного (б) обладнання

Крім втрат, пов'язаних з невиправданими витратами на утримання ремонтного персоналу, мають місце втрати в зв'язку з незадовільним використанням виробничих площ. Простоювання виконавців пов'язане з тим, що після закінчення робіт на своєму посту на конкретній одиниці остання не може бути пересунута на наступний пост, якщо там не закінчені роботи всіма виконавцями. А це значить, що певний час той або інший пост зайнятий РС, на якому не виконують ніяких робіт, тобто пост, власне кажучи, простоє. Типовою є також ситуація, коли на машині якийсь час працює тільки частина виконавців чи навіть один, тобто пост використовують частково.

Аналіз показує, що призначену для усунення цього недоліку заявочну лінію для вирівнювання такту лінії ТО не застосовують головним чином через планувальні рішення існуючих депо. По перше, переїзд на заявочну лінію з ліній ТО в існуючих депо здійснюють практично повсюдно з так званим зовнішнім маневром, тобто через відстійно-накопичувальний майданчик. Це пов'язано з додатковим обсягом маневрових робіт, а також з погіршенням умов роботи в зимовий час.

По друге, послідовне розташування трьох постів на заявочній лінії, випадковий характер обсягів робіт приводять до вкрай низького коефіцієнта використання поста заявочної лінії, тривалого простою уже відремонтованого РС в очікуванні можливості виїзду при зайнятих інших постах, що знаходяться попереду.

Одночасно по заявочній лінії пропускають не тільки РС з ліній ТО, але і одиниці, які відмовили на лінії, для непланового ремонту. У випадку великої

непланової роботи, наприклад заміни ведучого моста, заявочна стрічка «перекривається» практично на цілу зміну.

12.3 Структура робіт на ТО

Розглянемо структуру робіт на прикладі тролейбусів, що проходять ТО. Ці роботи можна поділити на три групи:

перша – контроль технічного стану за допомогою стаціонарних, мобільних і вбудованих засобів діагностування, а також суб'єктивними методами; визначення необхідних відновлювальних впливів за станом;

друга – примусове, без попереднього контролю виконання обслуговуючих впливів (змащення, чищення, підтяжка і т.д.);

третя – здійснення відновлювальних впливів за результатами контролю технічного стану.

Як показує аналіз, трудомісткість виконання операцій першої і другої груп практично стабільна з несуттєвим розсіюванням. Обсяги і трудомісткість же виконання операцій третьої групи є величиною випадковою зі значною варіацією. Це видно з рисунку 12.3 на якому наведені фактичні трудовитрати виконання робіт третьої групи на 48 тролейбусах Тр-9, що проходять ТО. Аналогічний характер мають коливання обсягів ремонтних впливів у тролейбусів ЗіУ-9, Тр-14, ДАК-217.

У таких умовах коефіцієнт використання робочого часу персоналу ліній ТО буде тим вище, чим ближче ритм роботи лінії до тривалості стабільних обсягів впливів (першої і другої груп). Однак у міру зменшення такту роботи лінії ТО буде збільшуватися число машин, для яких не закінчене обслуговування на лінії ТО і необхідна перестановка їх на ремонтні пости. Це, в свою чергу, викликає збільшення обсягу маневрових робіт і при зовнішньому маневрі призведе до погіршення умов роботи персоналу.

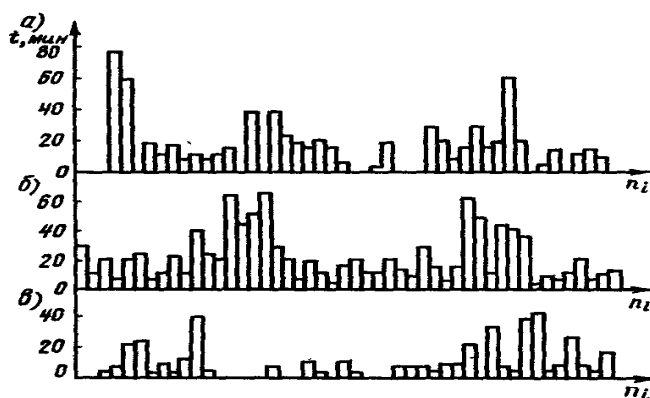


Рисунок 12.3 – Діаграма трудомісткості виконання ремонтів механічного (а), електричного (б) і пневматичного (в) обладнання при ТО: n_i – порядковий номер тролейбуса на лінії

12.4 Визначення кількості постів

Конкретизацію вимог до ремонтних постів, а саме до їхнього взаємного розташування, доцільно розглянути за результатами техніко-економічного порівняння трьох варіантів:

варіант 1 – дві лінії, на кожній з яких розташовано по три пости;

варіант 2 – три лінії, на кожній з яких розташовано по два пости;

варіант 3 – шість паралельних постів.

Таким чином, загальне число постів у всіх трьох варіантах однакове, у варіантах 1 і 2 виїзд з поста можливий після закінчення робіт на попередньому розташованому пості, у варіанті 3 виїзд і заїзд на пости незалежні.

Пропускна здатність зони при однаковому числі виконавців у всіх трьох варіантах визначали методом імітаційного моделювання на комп'ютері. У процесі моделювання імітувався ремонт тролейбусів з реальним масивом дефектів, при цьому малося на увазі, що на вході у зону ремонту завжди існує черга. Якщо прийняти пропускну здатність одного поста у варіанті 1 за одиницю, то пропускну здатність постів при другому варіанті буде 1,84, третьому – 2,86. Звідси очевидна перевага ремонтних постів з незалежним в'їздом і виїздом.

Таким чином, підвищення ефективності роботи комплексу ТО і Р може бути досягнуто тільки спільним рішенням організаційних моментів і планувальної структури, а саме:

- взаємним розташуванням ліній ТО і ремонтних постів, що дозволяють переїзд з перших на останні, головним чином маневром безпосередньо в цеху;

- таким розташуванням ремонтних постів, при якому є можливість незалежного виїзду з них на відстійну площадку і в'їзду, принаймні на частину постів з відстійної площадки;

- зниженням такту лінії ТО до такого значення, при якому досягався б мінімум сумарних втрат при виконанні ТО і НР.

На рисунку 12.4 зображена організаційно-планувальна структура блоку ТО і НР, що враховує наведені вимоги. У зображеному варіанті передбачена трипостова лінія ТО, але розглянутий нижче підхід дозволяє поширити його і на варіант з двопостовою лінією ТО.

12.5 Технічне обслуговування рухомого складу у блоці ТО і НР

Розглянемо процес обслуговування рухомих одиниць у блоці ТО і НР на прикладі тролейбусів (рис. 12.4). Технічному обслуговуванню підлягає $N_{ТО}$ машин, після проходження мийно-прибиральних робіт у комплексі ЩО останні

накопичуються на майданчику $П_1$. На майданчик $П_2$ надходять тролейбуси для непланового ремонту, що відмовили на лінії протягом денної зміни, N_{np1} .

Крім того, до початку роботи блоку ТО і НР на майданчику $П_2$ уже знаходяться машини, що очікують непланового ремонту, їх число N_{np2} . Ці тролейбуси вдалося відновити протягом найближчої нічної зміни чи в попередні дні. Машини $N_{ТО}$, N_{np1} , N_{np2} відновлюють у блоці ТО і НР, що складається з K_2 потокових ліній ТО і r_n ремонтних постів.

Кожна лінія ТО включає три пости:

- перший – пост діагностування за допомогою стаціонарних стендів;
- другий – пост контролю і обслуговування електричного обладнання ;
- третій – пост контролю і обслуговування механічного обладнання.

На першому роблять діагностичні і, при необхідності, регулювальні операції (регулювання гальмових систем, підкачування шин і т. д.); на другому і третьому – контрольно-діагностичні роботи за допомогою мобільних засобів діагностування і суб'єктивних методів; а також роботи з обслуговування з постійним обсягом (змащення, чищення, підтяжка), а також ремонтно-обслуговуючі впливи, необхідність в яких виникла за результатами діагностування, за умови, що їхня трудомісткість не перевищує заздалегідь заданого часу α .

Тролейбуси, для яких необхідне проведення ремонтно-обслуговуючих робіт в обсягах, що перевищують заздалегідь заданий час α , направляють у ремонтну зону. При цьому частина машин у кількості $N_{ТО}$ попадає на пости ремонтної зони внутрішнім маневром безпосередньо з ліній ТО, а частина в кількості $N_{ТОВ}$ – у ремонтну зону через відстійно-накопичувальний майданчик $П_2$.

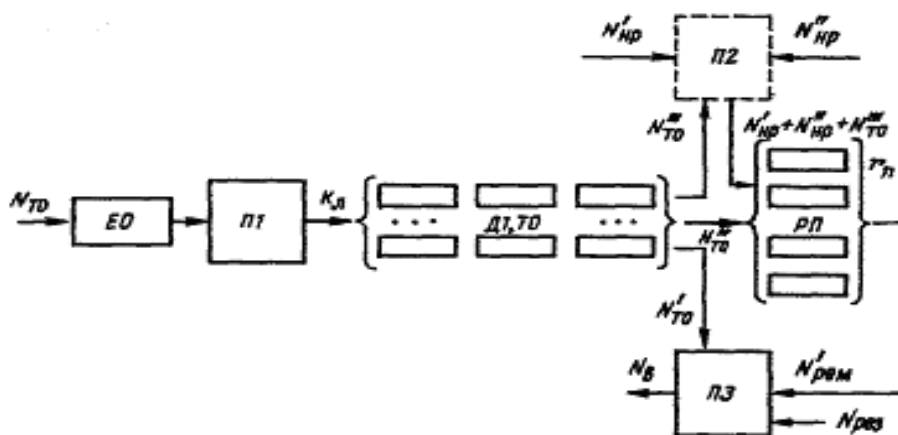


Рисунок 12.4 – Організаційно-планувальна структура блоків ТО і НР

Машини $N_{ТОА}$ направляють з ліній ТО на майданчик $П_2$ в тих випадках, коли в момент виходу з лінії ТО (при необхідності в додатковому ремонті) не було жодного вільного ремонтного поста.

На постах однієї лінії ТО зайнято відповідно n_e електриків і n_m механіків, кожний з яких закріплений за певною групою вузлів. Будемо вважати групу вузлів, за якою закріплений на посту ТО один виконавець, одним узагальненим.

Заходи з повного відновлення одного узагальненого вузла можна подати у вигляді робіт постійного (контрольно-діагностичні роботи, обслуговування по напрацювання) і змінного обсягів (ремонтно-обслуговуючі впливи за результатами контрольно-діагностичних робіт). Імовірність тривалості робіт для повного відновлення узагальненого вузла має вигляд, поданий на рисунку 12.5, де τ_n – тривалість робіт постійного обсягу, що виконуються з імовірністю одиниця.

Очевидно, мінімальним тактом потоку лінії ТО може бути час τ_{nmax} , який дорівнює найбільшій тривалості робіт постійного обсягу по одному з вузлів. Але може бути призначений і інший такт пересування тролейбусів, наприклад такт α , при якому $\alpha > \tau_{nmax}$. Тоді кожен виконавець у рамках часу α робить постійний обсяг заходів трудомісткістю τ_i а потім може виконати і роботу випадкового обсягу, необхідність в якій їм виявлена, якщо τ_{pi} задовольняє умові $\tau_{pi} < \alpha - \tau_i$.

Якщо ж виявлена робота має велику тривалість, тобто при $\tau_{pi} > \alpha - \tau_i$, то машину направляють після лінії ТО на один з вільних ремонтних постів, а у випадку зайнятості останніх на майданчик $П_2$ з наступним переміщенням на ремонтний пост, що звільнився. Машину, на якій по всіх узагальнених вузлах $\tau_{pi} < \alpha - \tau_i$, обслуговують на лінії ТО і подають на майданчик $П_3$ готових до випуску машин. Число таких машин $N_{ТОГ}$.

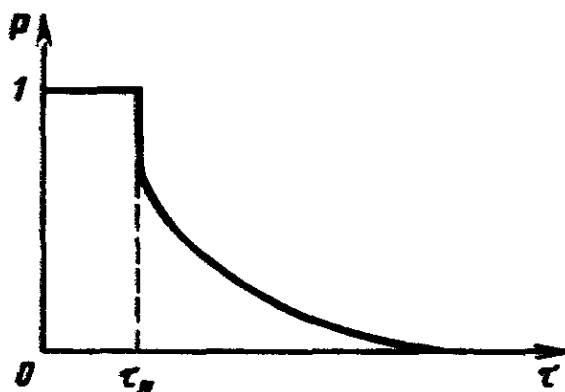


Рисунок 12.5 – Типова функція імовірності тривалості контролю, обслуговування і ремонту тролейбуса при ТО від часу τ

На ремонтні пости надходять чотири потоки машин: до моменту початку роботи блоку ТО і Р на пости ремонтної зони встановлюють машини $N_{ТО}$, а потім туди надходять безпосередньо тролейбуси з лінії ТО $N_{ТОА}$, а через майданчик $П_2$ – машини $N_{ТОА}$ і $N_{ТОВ}$.

Усі пости ремонтної зони уніфіковані, на кожному з них може здійснюватися ремонт і електричних, і механічних вузлів. На постах працює m_e електриків, зайнятих ремонтом електричного устаткування, і m_m , механіків, які виконують ремонт механічного, пневматичного і гідравлічного устаткування.

Виконавці не закріплені за постами і можуть відновлювати відповідний вузол на будь-якому посту. Відремонтовані тролейбуси $N_{рем}$ надходять на майданчик $П_3$ готових до випуску машин.

Заїзд частини з них на лінію діагностування при необхідності повторного контролю на рисунку 12.5 не показаний.

З позиції забезпечення планового випуску тролейбусів на лінію в роботі блоку ТО і НР є два відповідальних моменти:

- перший – це готовність машин до випуску на вечірній пік;
- другий – повне завершення відновлення всіх тролейбусів до кінця роботи блоку ТО і НР, що визначає готовність машин до випуску на ранковий пік наступного дня.

Момент повної готовності тролейбусів до випуску на вечірній пік настає до закінчення роботи блоку ТО і НР, тому що період часу між часами піків у багатьох містах на 2–2,5 год. менше тривалості денної робочої зміни. Це найбільш відповідальний момент, що впливає на такий важливий показник, як коефіцієнт випуску.

Якщо за умовами пасажироперевезень для випуску на вечірній пік потрібно N_v тролейбусів, а до цього моменту число обслугованих машин менше, то для безумовного забезпечення випуску необхідно мати в депо резерв справних машин.

За тих самих умов (надійності рухомого складу, програмі ТО, трудомісткості постійних і змінних робіт) величина резерву істотно залежатиме від основних параметрів блоку ТО і НР, а саме: числа K_l ліній ТО, r_n ремонтних постів, числа виконавців і прийнятого такту α потоку ліній ТО.

Так, збільшенням кількості ліній, ремонтних постів, робочих на цих постах число резервних машин може бути істотно зменшене чи навіть зведено до нуля. Однак, при цьому зростуть втрати в блоці ТО і НР за рахунок зниження коефіцієнтів завантаження персоналу, ліній і постів.

Як вказувалося, в окремих випадках, в умовах дефіциту тролейбусів, максимальне значення $N_{рез}$ може задаватися. Тоді оптимізація параметрів блоку ТО і Р зводиться до мінімізації втрат у блоці ТО і НР при заданому $N_{рез}$.

Однак, найбільшу зацікавленість становить спільна оптимізація і параметрів блоку ТО і Р, і числа резервних машин $N_{рез}$. Тільки в цьому разі можливий об'єктивний підхід - мінімізація втрат.

12.6 Розрахунок кількостей ремонтно-профілактичних заходів

Кількісною оцінкою виробничої діяльності підприємства міського електротранспорту є виробнича програма. Виробнича програма включає визначення річної кількості капітальних і середніх ремонтів а також щодобових обслуговувань, технічних обслуговувань № 1 і № 2, які передбачені чинною в Україні системою обслуговування та ремонту РС. Окремо підкреслимо важливість визначення кількості поточних (непланових) ремонтів, які суттєво впливають на ефективність роботи підприємства.

Потребу РС в капітальному ремонті можна розрахувати згідно з формулою

$$N_{kp} = \sum_{i=1}^M \frac{365n_iL_{ci}}{L_{kpi}}, \quad (12.3)$$

де N_{kp} – кількість транспортних засобів, які будуть направлені в капітальний ремонт протягом року;

n_i – інвентарна кількість транспортних засобів i -го типу на транспортному підприємстві;

L_{ci} – середньодобовий пробіг одного транспортного засобу i -го типу в транспортному підприємстві;

L_{kpi} – нормативний пробіг між капітальними ремонтами для транспортного засобу i -го типу;

M – кількість типів транспортних засобів.

Потребу РС в середньому ремонті можна розрахувати згідно з формулою

$$N_{cp} = \sum_{i=1}^M \frac{365n_iL_{ci}}{L_{cpi}} - N_{kp}, \quad (12.4)$$

де L_{cpi} – нормативний пробіг між середніми ремонтами для транспортного засобу i -го типу.

Аналогічно ремонтам розраховують кількість технічних обслуговувань № 2, періодичність виконання яких задана нормативним значенням пробігу:

$$N_{TO2} = \sum_{i=1}^M \frac{365n_i L_{ci}}{L_{TO2i}} - N_{kp} - N_{cp}, \quad (12.5)$$

де L_{TO2i} – нормативний пробіг між ТО-2 для транспортного засобу i -го типу.

У формулах (12.4) і (12.5) кількість середніх ремонтів і ТО-2 зменшується на кількість ремонтів більш високого рівня. Це обумовлено циклічністю системи ТО та Р, яка передбачає, що кожне п'яте ТО-2 замінюється на середній ремонт, а кожний третій СР замінюється на КР.

На жаль, на деяких транспортних підприємствах не ведеться облік пробігу за типами транспортних засобів. З цієї обставини можна прийняти, що середньодобовий пробіг є рівним для усіх типів рухомого складу і його можна визначити за формулою

$$L_{ci} = L_{ci+1} = L_{ci+2} = \dots = L_{cM} = \frac{L_g}{365N}, \quad (12.6)$$

де L_g – пробіг усього рухомого складу за рік, км;

N – інвентарна кількість рухомого складу.

Як правило, міжоглядовий період для РС встановлюється кількістю діб. Під час визначення кількості технічних оглядів треба враховувати, що РС, який знаходиться в КР, СР та ТО-2, тривалість яких дорівнює одній добу і більше, не будуть обслуговуватися.

За цієї умови кількість обслуговувань (ЩО та ТО-1) можна визначити за формулою

$$N_{TO} = \sum_{i=1}^M \frac{N_i 365}{T_{TOi}} - N_{TO2} - N_{cp} - N_{kp}, \quad (12.7)$$

де T_{TOi} – нормативне значення міжоглядового періоду для щоденного обслуговування (1 доба) або ТО-1 (7 діб) для кожного типу РС.

Якщо є розрахована річна виробнича програма обслуговувань і ремонтів, то місячна визначаються діленням річної кількості на 12 місяців, а добова – на кількість робочих днів у році (приймається 252 дні).

Найбільш складним питанням є визначення кількості поточних ремонтів, які виконується за фактом відмови рухомого складу. Оскільки відмова РС є подія, що має випадковий характер, то, як було показано у модулі 5, матимемо розподілу цієї кількості. Як правило, принципове значення для вирішення питань

організації відновлення РС на поточних ремонтах має їх добова кількість. За добовою кількістю визначається кількість постів, які треба мати для виконання поточних ремонтів.

Якщо прийняти, що інтервали часу між двома надходженнями у поточний ремонт мають експоненціальне розподілу, то щільність розподілу кількості поточних ремонтів за добу визначається відповідно до розподілу Пуассона.

Контрольні запитання до теми 6

1. Як формуються графіки виконання ТО і Р?
2. Які особливості графіку випусків рухомого складу визначає наявність в інвентарі рухомих одиниць збільшеної місткості?
3. Основні принципи планування зон щоденного обслуговування рухомого складу в депо.
4. Як забезпечується безпечне виконання робіт в зоні мийки рухомого складу?
5. Які основні заходи з механізації процесів заміни агрегатів?
6. Види технічного обслуговування та ремонту, їх призначення.
7. В чому особливості сезонної підготовки рухомого складу?
8. До якого моменту відповідальність за рухомих одиницю несе майстер ЩО?
9. На яких підставах формуються нормативи технічного обслуговування і ремонту, за якими складаються щомісячні графіки оглядів та ремонтів?

ТЕМА 7 ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА

ЛЕКЦІЯ 13

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ. ДІАГНОСТИЧНІ ПРОЦЕДУРИ ТА ОБЛАДНАННЯ

План

- 13.1 Головні положення технічної діагностики.
- 13.2 Взаємозв'язок діагностики з надійністю та якістю функціонування транспортних засобів автоматизації.
- 13.3 Тестове діагностування.
- 13.4 Функціональне діагностування.
- 13.5 Технічні засоби діагностики.

13.1 Головні положення технічної діагностики

Технічна діагностика – (technical diagnostics) визначається як галузь знань, що охоплює теорію, методи і засоби визначення стану технічних об'єктів, а також принципи побудови і організацію використання систем діагностування.

Технічне діагностування – процес визначення технічного стану об'єкту діагностування з певною точністю.

Технічним станом називають множину властивостей технічного об'єкта, які зазнають змін в часі, а перелік і зміст їх регламентується технічною документацією.

Об'єктом діагностування називають технічний об'єкт, стан якого визначають без його розбирання, або з частковим підрозбиранням. Ним може бути рухомий склад, його системи, агрегати, вузли, механізми.

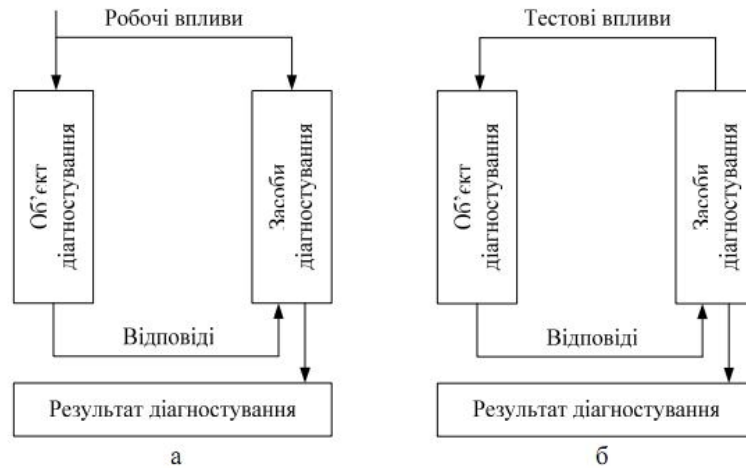
Системи діагностування (СД) – це сукупність об'єкту, способів і засобів діагностування, а також алгоритму діагностування і виконавця (діагноста).
Рисунок.

Системи діагностування призначені для перевірки справності, роботоздатності, функціонування і пошуку дефектів.

Розрізняють такі види системи діагностування:

- за характером взаємодії між об'єктом і засобом діагностування:
 - функціонального і тестового діагностування (у разі потреби можуть бути одночасно використані системи функціонального і тестового діагностування);
 - за використовуваними засобами діагностування: з універсальними і спеціалізованими, вмонтованими і зовнішніми засобами діагностування;

- за ступенем автоматизації діагностування: автоматичні, автоматизовані, ручні;
 - за ступенем охоплення виробу: локальні і загальні.
- Узагальнені функціональні схеми таких систем зображені на рисунку 13.1.



а – функціональний; б – тестовий

Рисунок 13.1 – Функціональні схеми систем діагностування

Головним показником якості систем діагностування є гарантуємі ними повнота виявлення та глибина пошуку дефектів.

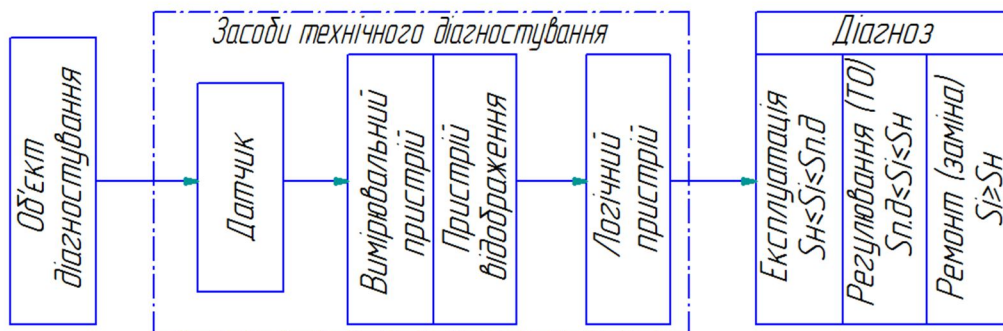


Рисунок 13.2 – Схема процесу діагностування

Діагностування сприяє:

- підвищенню надійності рухомого складу за рахунок своєчасного призначення дій ТО або ремонту і попередження виникнення відмов і несправностей;
- підвищенню довговічності агрегатів, вузлів за рахунок скорочення кількості часткових розбирань;
- зменшенню витрати запасних частин, експлуатаційних матеріалів і трудових витрат на ТО і ремонт.

Технічне діагностування застосовується:

- при прогнозуванні технічного стану транспортного засобу на якийсь період з метою підготовки виробництва до проведення планових технічних обслуговувань і поєднання з ними деяких, тепер уже відомих, поточних ремонтів;
- при визначенні потреби в регулювальних роботах при виконанні регламентних робіт на постах обслуговування;
- при визначенні режимів робіт з технічного обслуговування і поточного ремонту з метою їх типізації і тим самим якісної підготовки виробництва;
- при комплексному контролі технічного стану після виконання робіт технічного обслуговування і поточного ремонту. У зв'язку з цим технічна діагностика повинна бути присутньою на всіх етапах експлуатації і підготовки до експлуатації транспортних засобів. Невикористання приводить до погіршення технічної готовності рухомого складу. Перевірка технічного стану транспортного засобу - технологічний процес, який передбачає застосування діагностичного обладнання з метою визначення відповідності транспортного засобу, а саме його технічних і екологічних характеристик, вимогам законодавства у сфері безпеки дорожнього руху та охорони навколишнього середовища. Виробниче приміщення, у якому здійснюється перевірка технічного стану, обладнається окремими постами або лініями діагностичного устаткування.

Залежно від завдань, які вирішуються, розрізняють два види діагностування:

- перше – загальна діагностика (Д-1);
- друге – поглиблена діагностика (Д-2).

Під час Д-1, що, як правило, виконується перед ТО-1 і в процесі його визначають технічний стан агрегатів та вузлів, які забезпечують безпеку руху й придатність рухомого складу до експлуатації.

Під час Д-2, що здебільшого здійснюється перед ТО-2, оцінюють технічний стан агрегатів, вузлів і систем автомобіля, уточнюють обсяги робіт з ТО-2 та визначають необхідність ремонту.

За результатами діагностування приймають рішення про можливість подальшої експлуатації рухомого складу з призначенням ресурсом після проведення технічного обслуговування або про потребу ремонту.

Обсяг робіт, що підлягають виконанню при технічному обслуговуванні і ремонті, визначають на основі діагностування.

Діагностування дає змогу:

- оцінити технічний стан (справність та роботоздатність) рухомого складу в цілому й окремих його агрегатів і вузлів без розбирання;

- виявити дефекти, які порушили справність і (або) роботоздатність;
- прогнозувати залишковий ресурс або ймовірність безвідмовної роботи у міжконтрольний період.

Загальною метою технічної діагностики є підвищення надійності рухомого складу. Однією із найважливіших задач технічного діагностування стану об'єкта є пошук несправностей, тобто визначення місця та причин їх виникнення. Після усунення несправностей об'єкт може бути справним, роботоздатним або правильно функціонуючим.

Основне завдання діагностування – розпізнати технічний стан в умовах невизначеності з мінімальними матеріальними і енергетичними втратами.

Задачі діагностування – це задачі визначення технічного стану, в якому знаходиться об'єкт в даний момент часу; прогнозування технічного стану, в якому об'єкт опиниться в деякий майбутній момент часу. Задачі першого типу формально слід віднести до технічної діагностики, а другого типу – до технічної прогностики.

Є ще третій тип задач – визначення технічного стану об'єкта в деякий момент в минулому (задачі *технічної генетики*). Задачі технічної генетики виникають, наприклад, у зв'язку з розслідуванням аварій та їх причин, коли технічний стан об'єкта у розглядаємий час відрізняється від стану, в якому він був у минулому, у результаті появи першопричини, що викликали аварію. Основні задачі технічної діагностики наведено на рисунку 13.3.

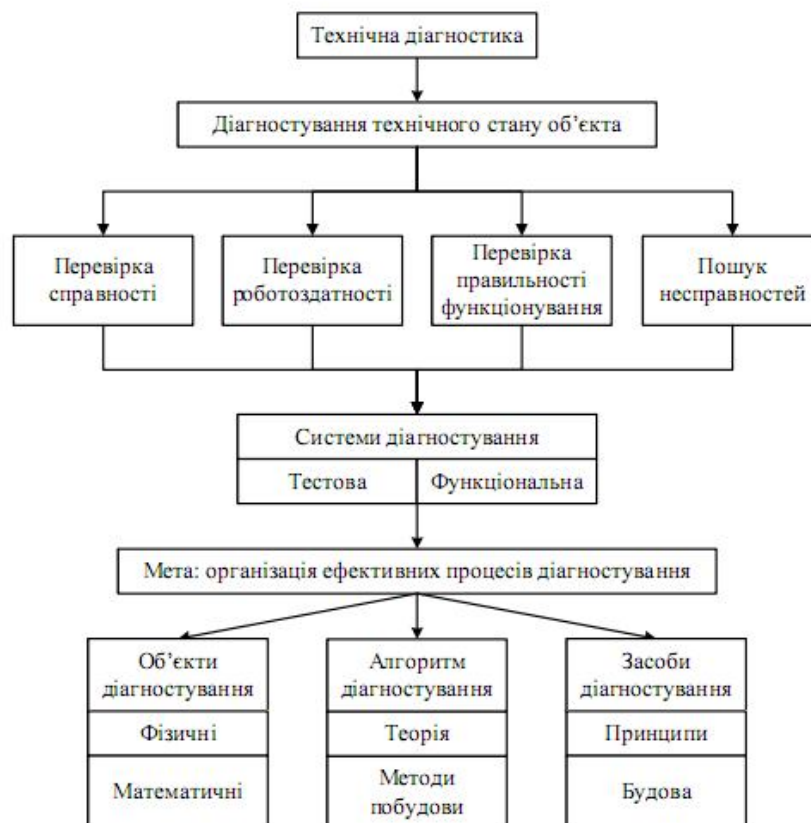


Рисунок 13.3 – Основні задачі технічної діагностики

13.2 Взаємозв'язок діагностики з надійністю та якістю функціонування транспортних засобів автоматизації

Якість системи автоматизації є сукупність її властивостей, що обумовлюють придатність системи задовольняти певні потреби відповідно до її призначення [6–8]. Одним з показників якості є показник надійності як безвідмовності, довговічності, зберігання, ремонтпридатності. Найважливішими принципами, методами та засобами забезпечення надійності є такі:

- вибір, удосконалення та створення нових матеріалів;
- пошук і реалізація нових фізичних принципів роботи систем автоматизації;
- реалізація нових видів енергії та способів її перетворення;
- створення захисних умов застосування систем в умовах важких зовнішніх впливів;
- удосконалення технологій виробництва;
- застосування різних видів резервування та надмірності;
- реалізація заходів, що підвищують ефективність отримання, обробки й використання інформації (застосування захисних і перешкодозахисних кодів, розробка якісного математичного забезпечення).

Необхідно відзначити, що заходи апаратурного й інформаційного напрямку з підвищення надійності мають на меті усунення дефектів, які призводять до неправильної роботи. Такі заходи «маскують» дефекти через апаратурну та інформаційну надмірності. Виявити дефекти при цьому вельми важко. Унаслідок збільшення кількості дефектів можливе відмовлення системи. При цьому безвідмовність системи буде нижче, ніж безвідмовність за відсутності надмірності. Водночас необхідно здійснювати пошук несправностей в умовах резервування системи з метою підтримки її захисних властивостей.

Резервування (від лат. *Reservo* – зберігаю) – метод підвищення надійності системи шляхом застосування структурної, функціональної, інформаційної та тимчасової надмірності стосовно мінімально необхідної та достатньої для виконання системою заданих функцій.

Надмірність – наявність у системи можливостей понад мінімально необхідних для нормального функціонування. Під час діагностики систем необхідно вирішити питання визначення технічного стану об'єкта шляхом визначення справності, працездатності, правильності функціонування й пошуку дефектів на всіх етапах виробництва й експлуатації систем.

Діагностичне забезпечення має закладатися на стадії проектування, забезпечуватися на стадії виробництва та підтримуватися на стадії експлуатації. Ідеальна повнота виявлення та глибина пошуку дефектів систем не завжди досяжні внаслідок неможливості отримати необхідну інформацію, або з техніко-

економічних міркувань. Особливо небажана безконтрольна неповнота виявлення дефектів, коли невідомо, які можливі дефекти не виявляються.

Сучасним засобом перевірки є моделювання поведінки системи як у справному стані, так і за наявності в ній дефектів. Таке моделювання називається діагностичним.

13.3 Тестове діагностування

Тест (англ. *test* – проба, випробування, дослідження) – завдання з відомим рішенням, призначене для перевірки якості системи. Завдання побудови тесту полягає в тому, щоб знайти таку сукупність і послідовність входних впливів, при подачі якої на об'єкт діагностування одержувані відповіді об'єкта в заданих контрольних точках дають змогу робити висновок про його технічний стан. Перевіряючі тести призначені для перевірки справності або працездатності об'єкта, а тести пошуку дефектів – для зазначення місця і, можливо, причин дефектів, що порушують справність і працездатність об'єкта діагностування.

Для дискретних об'єктів тести (їхні алгоритми) будуються або за структурними, або за функціональними моделями. Тести можуть бути як строго визначеними (детерменірованими) так і імовірнісними. Як тестові можна використати входні впливу, які є робочими у разі застосування системи за призначенням. Такі тести називають функціональними. Однак необхідно пам'ятати, що функціональні тести придатні тільки для перевірки працездатності об'єктів, оскільки повнота виявлення та глибина пошуку дефектів, що забезпечується ними недостатні для перевірки справності та пошуку дефектів.

Іншим аспектом тестового діагностування є завдання вибору й розробки засобів реалізації тестів. Засоби тестового діагностування містять дві головні частини – генератор тестових впливів і аналізатор відповідей об'єкта на тестові впливу. Зазвичай генератор і аналізатор функціонально та конструктивно виконують окремо один від одного. Генератор зберігає і створює (генерує) тести й подає їх на об'єкт діагностування. Аналізатор зберігає отримані відповіді, порівнює фактичні відповіді з очікуваними й видає результат – діагноз. Нерідко аналізатор становить сукупність еталона (справна копія об'єкта) і схему порівняння. Також нерідко частина функцій генератора й аналізатора покладається на людину.

13.4 Функціональне діагностування

Функціональне діагностування може здійснюватися як безперервно, так і періодично або епізодично. У разі функціонального діагностування необхідно чітко визначити:

- поняття справності, працездатності, правильності функціонування стосовно конкретних функцій і умови застосування об'єкта;

- типи й переліки дефектів, що підлягають виявленню та пошуку під час діагностування;
- розподіл завдань діагностики за періодами життєвого циклу об'єкта;
- алгоритм функціонального діагностування та його види;
- глибину функціонального діагностування;
- кошти (апаратурні, програмні, автоматичні або ручні, спеціалізовані або універсальні, зовнішні або вбудовані) функціональної діагностики.

Для формування алгоритмів систем функціонального діагностування (СДФ) використовуються математичні моделі як самого об'єкта, так і його несправностей. Установлюється зв'язок між ступенем розвитку несправностей і дефектів і поведінкою вимірюваних корисних властивостей. Зазвичай математичні моделі (ММ) елементів системи – це сукупність диференціальних і алгебраїчних рівнянь, емпіричні формули, таблиці, графіки, що описують елемент, а також зв'язку між внутрішніми та зовнішніми керувальними й збурювальними параметрами. Розрізняють ММ із закладеною в них інформацією про несправності, так і без неї.

13.5 Технічні засоби діагностики

Засоби, за допомогою яких здійснюється діагностування технічного стану об'єкта, називаються технічними засобами діагностування [7,8]. Кошти можуть бути апаратурними або програмними, зовнішніми або вбудованими, ручними, автоматизованими або автоматичними, спеціалізованими або універсальними.

Як засоби діагностування може виступати оператор – людина, контролер, наладчик. Вибір і розробка засобів тестового діагностування повинні здійснюватися з урахуванням багатьох факторів: наявності серійного випуску необхідних коштів, наявності відповідних коштів на заводі-виробнику, масовості випуску об'єкта та його складності, необхідних якостей коштів (точності, продуктивності, надійності тощо). Засоби функціональної діагностики є зазвичай вбудованими та створюються одночасно з об'єктом. Для складних об'єктів істотними стають проблеми підвищення контролепридатності.

Контролепридатність – властивість об'єкта, що характеризує його пристосованість до проведення контролю заданими засобами. Рівень контролепридатності об'єктів визначає ступінь ефективності вирішення завдань тестового діагностування їхнього технічного стану, впливає на продуктивність процесу їхнього виробництва та якість. У процесі експлуатації рівень контролепридатності визначає їхній коефіцієнт готовності й витрати, зумовлені ремонтом.

Коефіцієнт готовності – показник надійності ремонтіваних об'єктів, що характеризує ймовірність того, що об'єкт буде працездатний у довільно обраний

момент часу в проміжках між виконаннями планового технічного обслуговування.

$$K_2 = T/(T+T_{\text{в}}),$$

де T – напрацювання на відмову;

$T_{\text{в}}$ – середній час відновлення працездатності.

Водночас з тим додаткові технічні засоби діагностування роблять об'єкт дорожчим і менш надійним і теж повинні діагностуватися.

Контролепридатність забезпечується шляхом перетворення структури об'єкта, що перевіряється до вигляду, зручного для проведення діагностування. Для цього в об'єкт ще на етапі його проектування та конструювання вводять додаткові елементи (апаратуру) – вбудовані засоби тестового діагностування. До вбудованих засобів тестового діагностування можна віднести:

- додаткові контрольні точки;
- додаткові входи для блокування сигналів і завдання необхідних значень сигналів;
- апаратні засоби, які під час діагностики змінюють структуру об'єкта;
- апаратні засоби, які генерують тести й аналізують результати.

Технічні засоби для діагностики (ТЗД) складного автоматизованого технологічного обладнання залежно від призначення поділяються на вбудовані й зовнішні.

Зовнішні системи (кошти) діагностики зі свого боку можуть бути мобільними та стаціонарними.

Мобільні засоби призначені для контролю параметрів і діагностування об'єктів під час приймально-здавальних випробувань, під час експлуатації та ремонту.

Стаціонарні (стенди) використовуються переважно для дослідження та випробування об'єктів у процесі їх створення. Під час розробки та використання технічних засобів діагностики (ТЗД) далі важливе значення має метрологічна підготовка та забезпечення метрологічного обслуговування засобів, що включають перевірки (атестацію), юстирування й ремонт цих засобів.

Юстування (від нім. *Justieren* – вивіряти, регулювати, від лат. *Justus* – правильний) – сукупність операцій із доведення похибок засобів вимірювань, приладів, механізмів до значень, що відповідають технічним вимогам. Отже, головна мета застосування ТЗД – забезпечення якості обладнання систем автоматизації під час його випуску й експлуатації шляхом своєчасного та достовірного контролю технічного стану, якості збірки, наладки та регулювання, якості виконання основних функцій під час експлуатації, а також виявлення, локалізація й подальше виправлення дефектних станів агрегатів, модулів, вузлів і елементів та встановлення причин їхньої появи.

Призначення ТЗД – визначення із заданою імовірністю, реєстрація та прийняття рішення про відповідність або невідповідність поточного технічного стану контрольованого обладнання номінальному. Найчастіше ТЗД використовуються для реалізації таких методів діагностування:

- метод тимчасових інтервалів;
- метод контрольних осцилограм;
- метод контролю параметрів.

Метод тимчасових інтервалів спрямований на контроль часу циклу роботи системи автоматизації, а також його окремих складників. Для діагностування складних систем автоматизації застосовують *метод контрольних (еталонних) осцилограм*. Метод заснований на використанні графіків функцій різних параметрів у часі, на підставі аналізу яких робиться висновок про працездатність і технічний стан системи та її окремих елементів. *Метод контролю параметрів* зводиться до визначення (виміру) тих чи інших параметрів, перебування яких у встановлених межах визначає працездатність системи або її окремих елементів.

Контрольні запитання до теми 7

1. Фізичні основи прогнозування технічного стану.
2. Який взаємозв'язок діагностики з надійністю та якістю функціонування транспортних засобів автоматизації?
3. Призначення технічних засобів діагностування.
4. Порівняйте тестове та функціональне діагностування.
5. Найчастіше ТЗД використовуються для реалізації яких методів діагностування?

ТЕМА 8 УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ

ЛЕКЦІЯ 14

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ

План

- 14.1 Автоматизоване робоче місце інженера технічного відділу.
- 14.2 Введення довідкових баз даних.
- 14.3 Налаштування пакета й обслуговування баз даних (сервіс).

14.1 Автоматизоване робоче місце інженера технічного відділу

Широке впровадження персональних комп'ютерів на підприємствах міського електротранспорту обумовило можливість автоматизації обліку й обробки інформації про технічний стан рухомого складу та його роботу[32]. Серед значної кількості програмних засобів, які призначені для ведення обліку і аналізу роботи та технічного стану рухомого складу, найбільше поширення набув пакет програм для автоматизованого робочого місця інженера технічного відділу депо «АРМ ТВД». Цей пакет призначений для застосування у технічному відділі трамвайного (тролейбусного) депо або службі рухомого складу і дозволяє інженеру оперативно отримувати оброблену інформацією про роботу і надійність рухомого складу [33].

Пакет прикладних програм з обліку роботи РС, який розроблений в Науково-дослідному та конструкторсько-технологічному інституті міського господарства, складається з трьох частин:

1. Облік пробігів і ремонтів рухомого складу;
2. Облік несправностей та відмов рухомого складу на лінії;
3. Облік роботи пневматичних шин (може використовуватися і для ведення обліку роботи інших агрегатів, машин та вузлів рухомого складу, яка мають індивідуальні номери, система обліку яких аналогічна системі обліку роботи пневматичних шин).

Програма «Облік пробігів і ремонтів РС». Даний пакет програм призначений для ведення обліку пробігу рухомого складу, формування графіків виконання планових і обліку непланових ремонтів. При повному освоєнні пакета програм витрати часу на ведення даної інформації будуть складати не більше 30 хв. в день при ручному введенні добового пробігу парку на 200 одиниць рухомого складу. При перезаписуванні добового пробігу з інших баз даних час ведення обліку не буде перевищувати 5 хв.

Пакет програм дозволяє одержувати різні довідки з приводу ремонтів і пробігів рухомого складу.

Програми згруповані за чотирма технологічними ознаками:

- введення довідкових баз даних;
- щоденне введення даних;
- одержання довідок і звітів;
- налаштування пакета й обслуговування баз даних (сервіс).

14.2 Введення довідкових баз даних

Під поняттям «довідкові бази даних» мається на увазі інформація, відносно якої здійснюються угруповання і аналіз основної інформації про роботу

рухомого складу. Довідкові бази даних включають різні кодифікатори інформації, серед яких:

- кодифікатор типів рухомого складу – як правило, містить перелік всіх типів рухомого складу, що експлуатується в Україні, і завданням користувача є поставити спеціальний знак (символ), який свідчить про те, що обраний ним тип рухомого складу присутній в депо;

- кодифікатор ремонтів – як правило, містить назву і відповідний цій назві код ремонту. Завданням користувача полягає в тому, щоб внести зміни в назву ремонту, якщо ця назва законодавчо змінена (наприклад, змінена система ТО і Р, що діє в Україні). Кодифікатор містить інформацію про типові міжремонтні пробіги, встановлені для кожного виду ремонту. Як і назву ремонту, є можливість змінити нормативне значення пробігу;

- причини непланових ремонтів. Кодифікатор використовується для проведення аналізу причин виконання непланових ремонтів. Виходячи з досвіду експлуатації рухомого складу, в кодифікатор вводять назви причин виконання непланових (заявочних) ремонтів і відповідні їм коди.

За допомогою кодифікаторів інформація про події кодується і заноситься в пам'ять ЕОМ у вигляді коду, що значно скорочує час на введення інформації і дозволяє робити різні сортування інформації баз даних при виконанні аналізу роботи рухомого складу.

До довідкових баз даних також відносяться :

- перелік інвентарних номерів РС, що експлуатуються в депо. Ця довідкова база даних містить також і код типу рухомого складу щодо кожного номера трамвайного вагона чи тролейбуса;

- номери маршрутів. Дана довідкова база даних дуже важлива, тому що дозволяє враховувати умови експлуатації РС. По кожному маршруту в базі даних зберігається інформація про середню експлуатаційну швидкість на маршруті і пробіг РС за один тур на маршруті. Наявність інформації про пробіг за тур чи середньої швидкості на маршруті дозволяє визначати напрацювання РС на маршруті за добу.

14.3 Настроювання пакета й обслуговування баз даних (сервіс)

На жаль, введення в експлуатацію пакета програм «АРМ ТВД» здійснюється завжди в умовах, коли тролейбусне чи трамвайне депо вже функціонує й відповідно до цього РС уже має пробіг від початку експлуатації, а також пройшов певні види ремонтів. Дані умови вимагають, щоб при запуску пакета в експлуатацію була внесена інформація про його попередню роботу.

Таку роль виконують кілька програм комплексу, серед яких:

– програма виконаних планових ремонтів призначена для введення даних про дати і пробіг РС від усіх видів планових ремонтів при початковому запуску пакета програм в експлуатацію. Крім того, програма може бути використана для виправлення помилок чи швидкого перегляду інформації про пробіги від ремонтів. Введення інформації про пробіги повинно здійснюватися тільки після введення даних про номери РС в «Довідкову інформацію». При першому запуску пакета після введення номерів РС в дані «Довідкової інформації» про номери РС будуть автоматично перезаписані в базу даних пробіги від ремонтів при першому ж виклику програми «Пробіги від ремонтів у сервісі». У процесі роботи пакета перезапис номерів РС в «Довідкову інформацію» здійснюється після першого введення інформації про пробіги в «Щоденному введенні даних».

Як правило, в депо ведуть облік пробігів від ремонтів за однією з двох методик:

А. Реєструють пробіг від початку експлуатації, при якій був виконаний плановий ремонт. Пробіг від будь-якого планового ремонту розраховують як різницю між поточним значенням пробігу від початку експлуатації і пробігом від початку експлуатації, при якій був виконаний ремонт.

Б. Щодобово підсумовують значення добового пробігу до пробігу від усіх видів планових ремонтів. При постановці в плановий ремонт РС його пробіг від цього ремонту записують рівним нулю, крім того рівним нулю записують і пробіги від ремонтів більш низької категорії.

Залежно від того, за якою методикою в парку ведеться облік пробігу від планових ремонтів, переміщенням курсору вибирають код варіанта обліку А чи Б. Після вибору варіанта введення пробігу на екран буде виведена таблиця, в якій необхідно записати по кожному виду ремонту його дату і пробіг. У таблицю заносять дату постановки РС на ремонт. Для варіанта А в кожен графу записують пробіг від початку експлуатації, при якій був виконаний розглянутий ремонт, а в разі його відсутності - пробіг від початку експлуатації для ремонту більш високої категорії.

Для варіанта Б вводиться пробіг від останнього ремонту розглянутого виду, а в разі його відсутності - пробіг від ремонту більш високої категорії. Для капітального ремонту, а в деяких випадках для середнього і ТО-2 (при їхній відсутності), пробіг від початку експлуатації повинен розглядатися як пробіг від ремонту більш високої категорії.

Після введення даних про пробіги треба набрати і дату, на яку був розрахований пробіг від початку експлуатації, введений у таблицю.

Щоденне введення даних

Щоденне введення даних здійснюють з метою поповнення баз даних про результати роботи рухомого складу. До програм введення даних відносяться :

- введення добового пробігу;

Програма «Введення добового пробігу» створює тимчасову базу даних, в яку записують значення добового пробігу, що вводяться, по кожній рухомій одиниці (РО). Після закінчення введення інформації пробіг по кожній РО перезаписують в основну базу добових пробігів і здійснюють його підсумовування до пробігів РО від усіх видів ремонтів. Як правило, програма дозволяє відпрацьовувати дві ситуації:

- необхідно скоригувати пробіг, введений раніше;
- необхідно ввести пробіг за чергову дату.

При коригуванні раніше введеного пробігу вводять дату і номер РО, по якому треба виправити раніше введений пробіг. Введене значення пробігу автоматично коригується у всіх базах даних, де використовується його значення.

Введення пробігу за чергову дату здійснюється по одному з варіантів введення пробігів:

- введення добових пробігів у порядку зростання номерів РО;
- введення добових пробігів у будь-якому порядку номерів РО;
- введення пробігів з розрахунком за числом турів;
- введення пробігів з розрахунком за середньою швидкістю на маршруті.

1 Введення пробігів у порядку зростання номерів РО

Доцільно використовувати, коли є документ, в якому пробіг за добу кожної РО записаний у порядку зростання їхніх бортових номерів. При виборі даного варіанта необхідно вказати номер РО, з якого буде вводиться пробіг за першу чи (і) другу зміну.

2 Введення пробігу в будь-якому порядку номерів РО

Доцільно використовувати, коли необхідно зробити введення добового пробігу, розрахованого вручну за шляховими листами або диспетчерськими звітами. У цьому разі вводиться номер РО та її пробіг за добу чи позмінно в сумі.

3 Введення пробігів з розрахунком за числом турів

Доцільно використовувати, коли необхідно зробити введення добового пробігу з розрахунком за числом турів і відомим нульовим пробігом. Як правило, для введення пробігів використовують інформацію зі шляхових листів або диспетчерських звітів. Розрахунок пробігу можливий тільки при наявності в базі даних «Маршрути» значень пробігів за один тур по маршруту.

4 Введення пробігу з розрахунком за середньою швидкістю

При виборі даного варіанта роботи необхідно вибрати варіант введення часу виїзду-заїзду в депо. Час може вводиться в годинах і хвилинах або в долях години.

Програма дозволяє працювати при наявності двох можливих варіантів наявності інформації про тривалість роботи РО на лінії – тривалість роботи РО на лінії в шляховому листі чи диспетчерському звіті вже розрахована чи її потрібно розрахувати.

Програма «Введення планових ремонтів» дозволяє записати інформацію про виконані планові ремонти. У базі даних, що створює програма, запам'ятовується номер РО, код ремонту, дата постановки і дата виходу РО з ремонту. Інша інформація, представлена в таблиці, автоматично переписується з інших баз даних. При завантаженні програми запитується дата, за яку будуть вводити номери РО, постановлені на ремонт. Спочатку на екран виводиться дата, за яку було зроблено підсумовування добового пробігу. Є можливість залишити цю дату без зміни, чи вказати більш пізню дату, коли інформація вводиться із запізненням. При введенні послідовно записують всі номери і коди ремонтів по РО, що були постановлені на ремонт за вказану дату.

Програма після закінчення введення автоматично коригує бази «Пробіги від ремонтів», записуючи в цю базу дату постановки РО на ремонт і обнуляє накопичений пробіг від цього ремонту, в тому числі накопичені пробіги від ремонтів більш низької категорії.

Програма «Введення непланових ремонтів» дозволяє записати інформацію про непланові ремонти. У базі даних, що створює програма, запам'ятовується номер РО, дата постановки і дата виходу РО з ремонту. При завантаженні програми запитується дата, за якою буде вводиться номери РО, поставлені на неплановий ремонт і коди причин виконання непланових ремонтів.

14.4 Одержання довідок і звітів

Програма «Рухомий склад» дозволяє одержати довідки про склад РО в парку, інформацію про кількість РО з розбивкою її за типами, а також інформацію про розподіл віку і пробігу. Усі види довідок РО розраховані в меню програми.

За допомогою програми «Пробіг від ремонтів» можна:

- скласти графік ремонтів РО на черговий місяць;
- одержати різноманітні довідки про пробіги РО від усіх видів ремонтів;
- одержати очікувані дати чергових ремонтів і залишок пробігу до очікуваного ремонту;
- одержати інформацію про пробіг РО від початку експлуатації, дату початку експлуатації;
- залишок пробігу до списання і очікувану дату списання.

За допомогою програми «Графік ремонтів» можна скласти графік ремонтів РО на черговий місяць. При завантаженні програми виводиться запит

про місяць, на який буде складатися графік ремонтів. Програма підключить раніше складений графік ремонтів і зробить запит про дозвіл на його видалення.

Рекомендується не видаляти старий графік ремонтів, щоб мати список машин, які планувалися на ремонт в минулому місяці. Після видалення старого графіка відбувається обробка даних про пробіг РО від усіх видів ремонту і розраховується середнє значення добового пробігу по кожній РО.

Після закінчення розрахунку середніх пробігів на екран виводиться меню з найменуванням ремонтів, для яких необхідно відібрати РС.

Після вибору виду ремонту на екран виводиться таблиця, в якій є наступні графи:

- номер рухомої одиниці;
- дата, коли РО повинна бути поставлена на ремонт (розрахована з урахуванням середнього значення пробігу РО, нормативного значення пробігу постановки на ремонт і залишком пробігу до нормативного значення);
- залишок пробігу до нормативного значення, який є в РО на кінець заданого місяця;
- три графи з кількістю виконаних ремонтів (кількість ТО-2 від останнього середнього чи іншого ремонту більш високої категорії і т. д.);
- тип РО;
- вид ремонту, на який планується поставити РО (як правило, порожня графа, яка буде заповнена в процесі відбору машин постановки на ремонт);
- запланована дата постановки на ремонт (як правило, порожня графа, що буде заповнена в процесі відбору машин постановки на ремонт);
- розрахунковий пробіг РО, при якому буде поставлена машина на ремонт, заповнюється автоматично після визначення дати постановки машини на ремонт).

Програма дозволяє відсортувати інформацію таким чином, що в першому рядку буде стояти машина, яка має найбільш ранню заплановану дату постановки на ремонт чи найбільший перепробіг від нормативного значення. Значення пробігу зі знаком (+) означає, що на кінець місяця тролейбус буде мати перепробіг відносно нормативного значення, а зі знаком (-), що тролейбус на кінець місяця не досягне нормативного значення на зазначену величину. Пріоритет у виборі постановки на ремонт мають ті РО, в яких є найбільший перепробіг (чи найменший недопробіг) від нормативного значення пробігу до ремонту. Користувачу залишається тільки натиснути клавішу підтвердження, що саме цю машину треба поставити на плановий ремонт. Рекомендується починати складання графіка ремонту з капітального ремонту.

Програма «Пробіг рухомого складу» дає можливість одержати наступну інформацію:

- звіт про річний пробіг;
- звіт про місячний пробіг;
- довідка про пробіг РО.

За допомогою програми «Довідка про виконані ремонти» можна одержати інформацію про проведені планові ремонти по будь-якій РО. Після завантаження програма виводить таблицю з наступними даними:

- номер РО;
- тип РО;
- вид ремонту;
- дата постановки на ремонт;
- дата виходу РО з ремонту;
- тривалість простою на ремонті;
- пробіг РО, при якому вона була поставлена на ремонт.

Програма дозволяє відібрати в таблиці обсяг інформації, обмежений користувачем, за наступними ознаками:

- номером (-ами) РО;
- датою (-ами) постановки на ремонт;
- датою (-ами) виходу з ремонту;
- кодом (-ами) ремонту;
- тривалістю ремонту.

За допомогою програми «Довідка про перебування в ремонтах» можна одержати інформацію про планові ремонти, що виконуються. Після завантаження програма виводить таблицю з наступними даними:

- номер РО;
- тип РО;
- вид ремонту;
- дата постановки на ремонт;
- тривалість простою на ремонті;
- пробіг РО, при якому вона була поставлена в ремонт.

Програма дозволяє відібрати з таблиці тільки потрібну інформацію за наступними позиціями:

- номером (-ами) РО;
- датою (-ами) постановки в ремонт;
- кодом (-ами) ремонту;
- тривалістю ремонту.

За допомогою програми «Довідка про перебування в непланових ремонтах» можна одержати інформацію про непланові ремонти, що

виконуються. Після завантаження програма виводить таблицю з наступними даними:

- номер РО;
- дата постановки в ремонт;
- дата виходу РО з ремонту;
- тривалість простою в ремонті;
- причина постановки в неплановий ремонт.

Програма дозволяє відібрати з таблиці тільки потрібну інформацію за наступними ознаками :

- дата (-ами) постановки в ремонт;
- тривалість ремонту;
- причина постановки на неплановий ремонт.

Програма «Прогноз ремонтів на рік» дозволяє скласти прогноз постановки РО на планові ремонти на чергові 18 місяців. На початку роботи програми є можливість задати значення середнього пробігу РО за добу по парку, що буде використовуватися програмою, коли за будь-якою РО неможливо розрахувати значення середнього пробігу.

Програма підготує всі вихідні дані для прогнозу і виведе їх на екран у вигляді таблиці. Графи таблиці містять таку інформацію:

Ном. РО – номер рухомої одиниці;

Тип РО – код типу рухомої одиниці;

Средн. пробіг – середній пробіг рухомої одиниці за добу;

Нормат. пробіг – нормативний пробіг між ТО-2;

Дата ремонту – дата виконання останнього планового ремонту, а при її відсутності, дата початку експлуатації;

Пробіг від ремонту – пробіг від останнього планового ремонту, а при його відсутності – від початку експлуатації;

Номери – номери останніх планових ремонтів (Т-техобслуговування, СР – середній ремонт, КР – капітальний ремонт);

Кількість – нормативна кількість планових ремонтів між ремонтами більш високої категорії.

Програма «Підсумок непланових ремонтів» дозволяє одержати інформацію про кількість виконаних непланових ремонтів по кожній з можливих причин відмов за певний період часу у вигляді таблиці.

Існує можливість побудувати гістограму розподілу причин виконання непланових ремонтів. Інформація, наведена в таблиці, може бути виведена на друк повністю чи за окремими рядками.

За допомогою програми «Кількість непланових ремонтів за номерами РО» можна одержати інформацію про проведені непланові ремонти за будь-якою РО.

Після завантаження програма виводить таблицю з наступними даними:

- номер РО;
- дата постановки в ремонт;
- дата виходу РО з ремонту;
- тривалість простою в ремонті;
- причина постановки в неплановий ремонт.

Програма дозволяє відібрати з таблиці тільки потрібну інформацію за такими позиціями:

- номером (-ами) РО;
- датою(-ами) постановки на ремонт;
- датою(-ами) виходу з ремонту;
- тривалістю ремонту;
- причиною постановки на неплановий ремонт.

Програма «Коефіцієнт використання» дозволяє одержати дані про коефіцієнт використання за кожний день місяця і за кожний місяць року. Дані можуть бути подані як в цілому по всіх РО парку, так і за типами РО.

Програма «Простої в депо» робить розрахунок кількості діб, протягом яких рухома одиниця не брала участь в русі, кількості діб, протягом яких рухома одиниця знаходилася на планових ремонтах, вік рухомої одиниці і її індивідуальний коефіцієнт використання.

Коефіцієнт використання рухомої одиниці дорівнює відношенню кількості днів простою в депо (за винятком днів простою у планових ремонтах) до кількості днів у місяці. Значення коефіцієнта використання, більші одиниці, означають, що в базах даних про виконані планові ремонти повторно записані РО. У виведеній на екран базі даних не представлені номери РО не мають простою в депо.

Програма «Облік відмов, несправностей, зняття з лінії». Цей пакет програм призначений для ведення обліку несправностей, відмов і вибуттів рухомого складу. За допомогою даного пакета можна робити аналіз надійності рухомого складу, його вузлів і деталей. При повному освоєнні пакета програм витрати Вашого часу на ведення даної інформації будуть складати не більше 30 хв в день для парку на 200 одиниць рухомого складу.

Пакет програм дозволяє одержувати різні довідки по відмовах устаткування, вузлів і деталей рухомого складу.

Програми згруповані за чотирма технологічними ознаками:

- ведення довідкових баз даних;
- щоденне введення даних;
- одержання довідок і звітів.

Довідкові бази даних. Як і в попередньому пакеті програм, робота і ефективність використання програми залежить від наявності й оригінальності кодування довідкової інформації, до якої відносяться:

- кодифікатор устаткування (все устаткування розподіляється на кілька видів. Кожному виду устаткування РО привласнюється окремий код. Програма створює типовий кодифікатор устаткування. Є можливість доповнити чи змінити запропонований кодифікатор. Наявність кодифікатора дозволяє одержувати довідки і звіти про надійність кожного виду устаткування);

- кодифікатор вузлів (після визначення видів устаткування рухомого складу необхідно зробити його розбивку на агрегати й вузли для того, щоб мати можливість вести облік відмов не тільки за видами устаткування, але й за агрегатами і вузлами. Кожному з агрегатів, які цікавлять користувача, привласнюється окремий код. Як правило, агрегати записують як: двигуни, візки, контакторні панелі, дахове устаткування, устаткування кабіни водія і т.д. Кодифікатор використовується для підготовки інформації про надійність агрегатів);

- кодифікатор деталей (щоб створити цей кодифікатор, необхідно з усіх деталей відібрати ті деталі, за якими треба вести облік відмов. Деталь може бути включена в кодифікатор, якщо вона може бути окремо заміненена на РО. Як деталь можна записати агрегат (вузол), якщо він може бути окремо замінений на РО. Додатково можливе введення коду місця деталі у разі наявності однакових деталей, а також коду виду відновлення деталі);

- коди відновлень (програма створює стандартний кодифікатор ремонтних робіт, в який можна ввести зміни. Кодифікатор використовується для контролю інформації, що вводиться, розрахунку трудовитрат і вартості робіт на усунення відмов, а також для підготовки довідок і звітів по кількості замін деталей. Крім того, є можливість вказати по кожному коду відновлення для кожної деталі трудовитрати і вартість відновлення);

- місця розташування вузлів (програма створює стандартний кодифікатор місць деталей, в який можна внести зміни. Кодифікатор використовується для контролю інформації, що вводиться, про відмови деталей (вузлів). Створення даного кодифікатора необхідно при наявності на РО вузлів (деталей) однакового найменування. Користувач може відмовитися від ведення обліку відмов деталей з фіксацією місця розташування деталі на РО. У цьому випадку в кодифікаторі записується тільки код 0 з найменуванням «Не визначено»);

- місця усунення (програма створює стандартний кодифікатор місць усунення дефектів, який можна змінити. Кодифікатор використовується для контролю інформації, що вводиться, про відмови вузлів і підготовки довідок та звітів про кількість відновлень РО, виконаних при ТО і Р);

– кодифікатор видів вибуттів (програма створює типовий кодифікатор вибуттів, у який можна внести зміни);

– кодифікатор причин відмов (створюється користувачем на підставі видів відмов, які трапляються на рухомому складі, що знаходиться в експлуатації в депо. Типовими видами відмов є: пробій ізоляції, механічне зношення, старіння, ослаблення кріплення, корозія і т. д. Кодифікатор використовується для підготовки довідок і звітів про причини відмов вузлів. Допускається як причину відмови записувати назву агрегату (вузла, деталі), з вини яких відбулася відмова);

– кодифікатор винуватців вибуттів (програма створює типовий кодифікатор винуватців вибуттів, який можна змінити. Кодифікатор використовується при підготовці інформації про кількість вибуттів по кожному винуватцю);

– список ремонтного персоналу (забезпечує можливість ведення обліку вибуттів рухомого складу з вини ремонтного персоналу чи розрахунку коефіцієнта трудової участі кожного фахівця бригади при виконанні робіт з усунення відмов рухомого складу. Програма дозволяє записати табельні номери слюсарів, які здійснюють ТО і Р рухомого складу. Таблиця має наступні графи: «Таб» – табельний номер – номер слюсара; «Розряд» – розряд слюсара; «Бригада» – номер бригади, до якої відноситься слюсар; «Дата ТБ» – дата чергового екзамену з техніки безпеки; «Прим» – оцінка про звільнення слюсара. «Звільнений» – дата звільнення слюсара. Табельний номер звільненого слюсара може зберігатися в будь-який час, однак для виключення випадкового запису його номера при введенні інформації про виконані ремонтні роботи необхідно встановити оцінку про звільнення. Список слюсарів заповнюється при необхідності вести облік виконаних робіт кожним слюсарем і для розрахунку коефіцієнта трудової участі);

– список водіїв (наявність табельних номерів водіїв дозволяє вести облік вибуттів рухомого складу не тільки через відмови деталей, але і з вини водіїв. Програма дозволяє записати: табельний номер водія; номер бригади, до якої відноситься водій; номер закріпленої за водієм РО; відмітку про звільнення водія; дату звільнення водія).

Щоденне введення даних

1. Меню опції «Щоденне введення даних» містить програми, які використовуються щодня для введення інформації в основні бази даних. Щоденне введення інформації необхідно робити в порядку проходження програм у меню опції.

2. Інші опції головного меню пакета використовують в міру необхідності. Кожна програма, що викликана з меню опцій, має інструкцію по роботі.

Інструкції по роботі з програмами викликаються після натискання клавіші F1.

Одержання довідок і звітів

Програма «Відмови рухомого складу» дозволяє одержати довідки про відмови деталей рухомого складу за визначеними користувачем умовами. У програмі передбачена можливість добору інформації за однією чи декількома умовами.

Найчастіше програма використовується для підготовки наступної інформації:

- які вибуття були в РО;
- хто останній виконував ремонт у РО, яка вибула з руху;
- в яких РО були зроблені заміни визначених вузлів;
- які РО проходили непланові ремонти.

Програма «Надійність рухомого складу» дозволяє одержати різноманітні довідки про надійність РО або окремої деталі (вузла) за заданий користувачем період часу у вигляді суми подій, що вибрана користувачем з меню.

Найчастіше програму використовують для визначення:

- номера РО з мінімальним наробітком на відмову в лінії чи на відновлення;
- групи РО, що мають незадовільний технічний стан;
- номер РО, в якій є найбільше число замін визначеного вузла чи деталі.

Програма «Надійність вузлів, деталей» дозволяє одержати різні довідки про надійність деталей РО за заданий користувачем період часу. Після введення дат періоду часу програма дає запит про тип рухомого складу, по якому буде здійснюватися підбір інформації. Є можливість одержати додатково розподіл суми відмов за вибуттями, видами робіт і т. д.

Найчастіше програма використовується для визначення найменш надійного вузла (деталі) РО.

Програма «Вибуття рухомого складу» дозволяє одержати різноманітні довідки про розподіл вибуттів як по винуватцях вибуттів, так і по РО, устаткуванню, агрегатах і т.д., за визначені користувачем періоди часу.

Програма «Аналіз замін вузлів, агрегатів» дозволяє підготувати різну інформацію в інтервалі дат про заміни вузлів, за якими ведеться індивідуальний облік замін. Після задання умов добору інформації на екран виводиться таблиця з відібраною інформацією.

Найчастіше програму використовують для одержання наступної інформації:

- пробіг вузла і номери РО, на яких він встановлювався;
- розподіл причин замін вузла;
- які роботи були виконані на вузлі на момент його останнього ремонту.

Програма «Коефіцієнт трудової участі» дозволяє одержати інформацію про трудову участь кожного фахівця бригади при проведенні ТО рухомого складу. Для розрахунку необхідно задати дати початку (ч/м/р) і кінця місяця, по який необхідно зробити розрахунок.

Програма «Порівняння двох періодів роботи» дозволяє одержати інформацію про роботу устаткування, агрегатів, деталей і самих РО за два періоди, з яких один приймається за базовий. Програма робить порівняння результатів роботи за поточний період з результатами роботи за базовий період.

Інформація про роботу за два періоди і їхнє порівняння виводяться на екран у вигляді таблиці, в якій:

Найменування – найменування інформації.

Усього – кількість подій (вибуттів чи відновлень).

% – відносна кількість подій відносно загальної суми подій.

> 1год – кількість вибуттів більше 1 години.

Час – сумарні втрати часу в русі через вибуття.

Наробіток – наробіток на відновлення чи вибуття (відмова РО).

Програма «Розподіл вибуттів за місяцями» розраховує кількість подій (вибуттів, відновлень і т. д.) за місяцями заданого року. Варіант розрахунку вибирають з меню, що виводиться на екран, після задання року, по якому необхідно зробити розрахунок.

Програма «Аналіз відновлень» дозволяє одержати інформацію про кількість відновлень рухомого складу, виконаних на будь-якому виді ТО і Р. При виклику програми на екран виводиться повідомлення про інтервал часу, за який є інформація в базі даних. Для одержання інформації необхідно:

1. Вказати інтервал у рамках зазначеного інтервалу часу, за який треба підготувати інформацію.

2. Вибрати вид ТО чи Р.

Після декількох секунд (можливо хвилин) на екран буде виведена таблиця з переліком агрегатів, по яких виконувалися відновлення на обраному виді ТО чи Р. Список агрегатів формується на основі кодифікатора агрегатів, за яким виключаються агрегати, по яких відновлення не проводилися.

ТЕМА 9 ПЕРСПЕКТИВИ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ФІРМОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

ЛЕКЦІЯ 15

ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ОРІЄНТОВАНЕ НА ЕЗВІДМОВНІСТЬ

План

- 15.1 Попередні відомості.
- 15.2 Еволюція розвитку фірмового обслуговування.
- 15.3 Економічні аспекти фірмового обслуговування.
- 15.4 Загальні положення.

15.1 Попередні відомості

Необхідність забезпечення високого рівня працездатності технічних засобів міського електротранспорту вимагає, щоб якомога більша частина відмов і несправностей була попереджена заздалегідь, тобто працездатність повинна бути відновлена ще до початку прояву несправності на лінії.

Попередження відмов потребує регламентації технічного обслуговування і ремонту – встановлення найвигіднішої періодичності, обґрунтування переліку робіт та їх тривалостей тощо – всього того комплексу взаємопов'язаних положень, що врешті утворюють систему технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р).

При цьому звичайно мається на увазі, що це є майже виключно справою сфери експлуатації, а участь підприємств – виробників у подальшій долі своєї продукції, крім постачання запасних частин, полягає у виданні інструкцій з експлуатації, де переважно містяться технічні описи, технічні умови на деякі покупні деталі та вузли, вимоги до технологічного обладнання, рекомендації з перевірок працездатності, граничні параметри тощо (рис. 15.1).

Але таке уявлення є правильним тільки для технічних засобів, що випускаються поодиночі або невеликими партіями. Для серійної продукції дуже швидко постало питання про економічну обґрунтованість відшкодування втрат від викликаних головно дефектами виробництва відмов на початку експлуатації придбаної техніки, коли рівень ремонтної бази експлуатаційного підприємства ще не міг суттєво впливати на надійність. Очевидно, що негативні наслідки від відмов на початку експлуатації повинно нести підприємство-виробник, тому набув розповсюдження порядок надання виробником гарантій безвідмовної роботи на початку експлуатації.

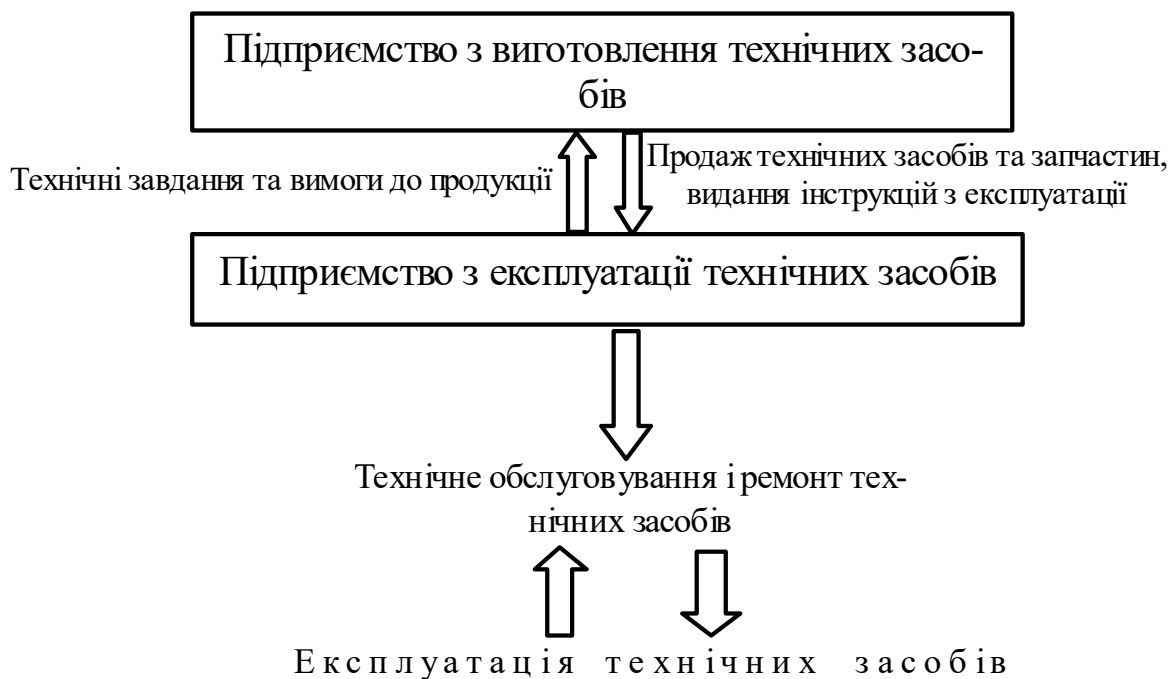


Рисунок 15.1 – Початкова форма взаємодії підприємства-споживача продукції експлуатаційного призначення

У подальший період, коли на усередненій кривій «тривалість експлуатації – інтенсивність відмов» реалізується ділянка приблизної сталості, вважалося, що відмови викликаються виключно експлуатаційними перевантаженнями, тобто з вини споживача, і претензії до підприємства-виробника вже нібито не мають підстав (рис. 15.2).

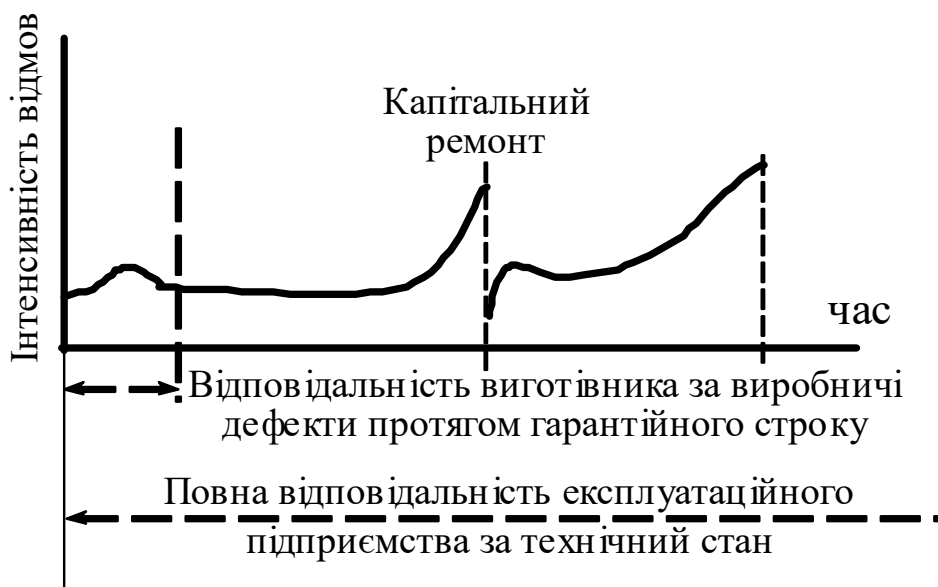


Рисунок 15.2 – Розмежування відповідальності за надійність технічних засобів між виробником та експлуатаційним підприємством за відносинами, що склалися

Однак, в міру вивчення фізики відмов, виникла і знайшла підтвердження точка зору, що й у другому періоді, крім руйнівної дії експлуатаційних перевантажень, також проявляються недоліки виготовлення, хоч і менш явні – несоосності отворів, непаралельності валів, недотримання чистоти обробки, зменшені радіуси галтелей тощо як незалежні від зовнішніх навантажень фактори передчасного руйнування. Недосконалість виготовлення впливає на надійність і на третьому етапі, коли проявляються відмови, обумовлені стомленням деталей. Отже швидкість витрачання ресурсу залежить, по перше, від експлуатаційного навантаження, по друге – від якості збирання, і по третє – від відхилень фактичних властивостей матеріалів від розрахункових. З цього об'єктивно випливає положення, за яким підприємство-виробник та експлуатаційне підприємство на якихось узгоджених, бажано науково обґрунтованих підставах, повинні ділити між собою відповідальність за надійність технічних засобів протягом усього життєвого циклу цих засобів.

15.2 Еволюція розвитку фірмового обслуговування

Слід зазначити, що цей сьогодні зрозумілий висновок став керівним поступово, через численні спроби пошуку найбільш ефективної моделі взаємодії виробника і споживача (експлуатаційника). Початком переосмислення ролі виробника у подальшій долі своєї продукції вважається так звана «війна гарантій», коли загострилося протиріччя між викликаним конкуренцією намаганням збільшити гарантійний строк зі збитками від зростання рекламацій. Наприклад, до початку цієї «війни» гарантії для масових автомобілів не перевищували трьох місяців при пробігу не більше 10 тисяч кілометрів. Але в 1964 р. фірма Крайслер прийняла формулу «5/50», тобто гарантувала безвідмовну роботу своїх автомобілів протягом 5 років при пробігу не більше 50 тисяч миль (приблизно 80 тисяч кілометрів). Цим заходом фірма Крайслер отримала суттєву перевагу перед конкурентами, змушуючи їх впроваджувати більш жорстку технологічну дисципліну, підвищувати вимогливість до субпідрядників, і врешті-решт почати цікавитися усіма аспектами надійності (зараз у це важко повірити, але слово «надійність» у науковому обігу почало використовуватися лише з початку 70 років минулого століття).

«Війна гарантій» призвела до розуміння необхідності більш глибокого вивчення структури причинно-наслідкових зв'язків настання несправностей, результатом чого стало принципове положення про необхідність диференціації гарантійних строків по групах агрегатів, вузлів та деталей. Зокрема, та ж фірма «Крайслер» запровадила практику, за якою в перші 12 місяців від початку експлуатації, або ж на перших 28,8 тис. км пробігу, всі дефектні деталі

замінювалися безплатно, але у подальшому, до гарантійного пробігу 80 тис. км на весь автомобіль, з гарантії вилучалися гальма, зчеплення, трансмісія тощо.

Починаючи з 70-х років 20 ст., було опрацьовано сотні різних варіантів диференційованих гарантій, аж поки не визрів висновок про необхідність звуження розбігу показників надійності по окремих групах агрегатів, вузлів та деталей та диференціації гарантій по цих групах виробів. При цьому приділялась велика увага досягненню рівнонадійності всіх елементів, що складають групу (рис. 15.3).

Дійсно, якщо, наприклад, надавати гарантію L_a на агрегати a , b , і гарантію L_b на агрегати b , c , то це призводить до недовикористання ресурсів елементів b , c , що вочевидь зменшує конкурентноздатність виробника із-за невиправданих витрат на досягнення підвищеної надійності агрегатів b , c , а гарантії L_b , L_c загрожують втратами від рекламаций на елементи a , b . Більше того, звуження розбігу показників надійності елементів-складових груп є корисним не тільки для виробника, а й для експлуатаційного підприємства, бо відкриває можливість перейти від ремонту до планової заміни після досягнення гарантійного строку (що й робиться в авіатехніці та на інших технічних засобах підвищеної відповідальності).

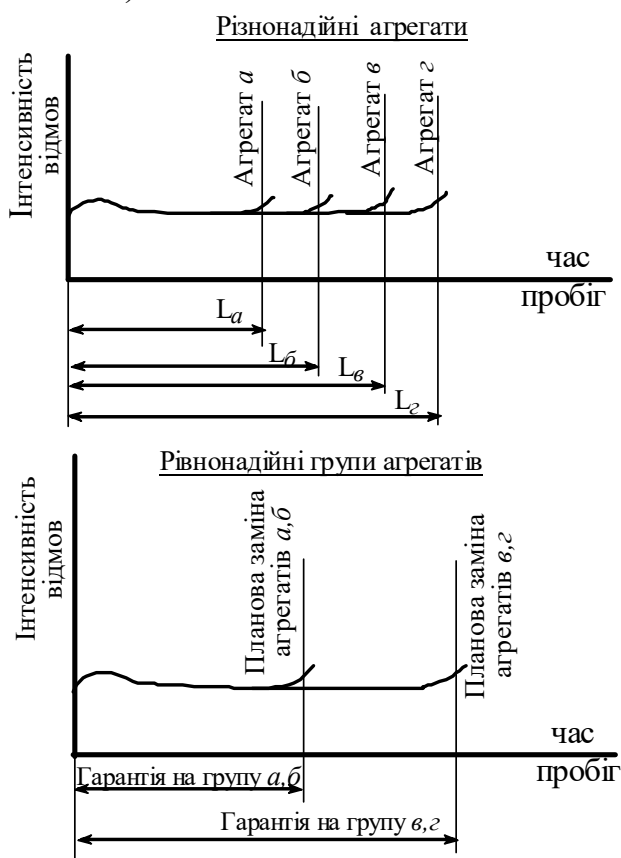


Рисунок 15.3 – Диференціація гарантійних строків при звуженні розбігу показників надійності по групах агрегатів, вузлів і деталей

Але як би не вдосконалювалися умови продажу виробником своєї продукції, це не вирішувало проблему поєднання технічного обслуговування, що за своєю природою не використовує технологій машинобудування (для рухомого складу міського електротранспорту – це підкачка шин, заміна швидкозношуваних елементів, санітарне очищення, підливання та заміна мастил, регулювання тощо), з роботами суто машинобудівного напрямку – формоутворення, керована зміна структури матеріалів, збирання і т. п. – при ремонті. Відомо, що поєднання в одному суб'єкті двох взаємовиключних напрямків діяльності – максимізації доходів від ефективної експлуатації технічних засобів, та мінімізації втрат з-за відмов шляхом удосконалення ремонту - є економічно протиприродним, оскільки збільшення уваги до ремонту вимагає більших коштів, що заробляє сфера експлуатації, та обумовлює зменшення часу перебування в експлуатації. Поєднати ці дві сторони якоюсь мірою вдається тільки при використанні примітивних дешевих технологій ремонту таких же примітивних дешевих технічних засобів. Таке положення мало місце до початку 60-х років 20 ст., коли міський електричний транспорт був прибутковою галуззю міського господарства, що якраз пояснювалося дешевизною ремонту – досить нагадати, що на один трамвайний вагон серії «Х» з осьовим компресором йшло тільки чотири шарикопідшипники на два тягових двигуна, що дах робився з дощок і вкривався просмоленим руберойдом тощо.

Але ситуація почала стрімко змінюватися вже під час першого технічного переозброєння, коли на вулицях з'явився більш потужний рухомий склад підвищеної місткості з автоматизованим керуванням, і витрати експлуатаційних підприємств на сферу ремонту стали співрозмірними з доходами від перевезень. По суті, поводження з технічними засобами поза їх експлуатацією поступово перетворилося на самодостатній сектор, який, хоч і став досить потужним, однак об'єктивно залишався певною мірою невластивим для ринку транспортних послуг. Тому для підприємств – виробників все більш принадною почала ставати перспектива перебирання на себе усього комплексу робіт з технічного обслуговування і ремонту технічних засобів, залишаючи для сфери експлуатації тільки їх утримання і власне експлуатацію.

Нова методологія взаємодії виробника зі споживачем передбачає можливість експлуатаційним підприємствам зосередитися виключно на досягненні найвищої прибутковості від продажу транспортних послуг, а для виробників це означає появу досі незайманого ринку надання послуг з технічного обслуговування та ремонту своєї продукції. Технічне обслуговування та ремонт раніше проданих технічних засобів, яке організовано фірмою – виробником через дистриб'юторів на місцях, називається фірмовим обслуговуванням.

15.3 Економічні аспекти фірмового обслуговування

Очевидно, що для міського електротранспорту, як і для інших галузей, повинні бути виконані умови, за яких перехід до фірмового обслуговування буде вигідним як для підприємства-виробника, так і для експлуатаційного підприємства. Оскільки прикладів фірмового обслуговування для підприємств міського електротранспорту України ще нема, можна лише вказати на досвід впровадження фірмового обслуговування на автомобільному транспорті, який, з певними застереженнями, може бути розповсюджений на міський електротранспорт. Головний принцип тут полягає у порівнянні прибутку (чи збитку) для обох підприємств при виконанні ТО і Р власними силами і при фірмовому обслуговуванні (рис. 15.4).

Відомо, що вартість технічного обслуговування та ремонту включає в себе так звані постійні витрати, які не залежать від обсягу робіт – це витрати на утримання виробничо-технічної бази, амортизація будівель, споруд та обладнання, заробітна плата невиробничого персоналу тощо, і змінні, що пропорційні обсягу діяльності.

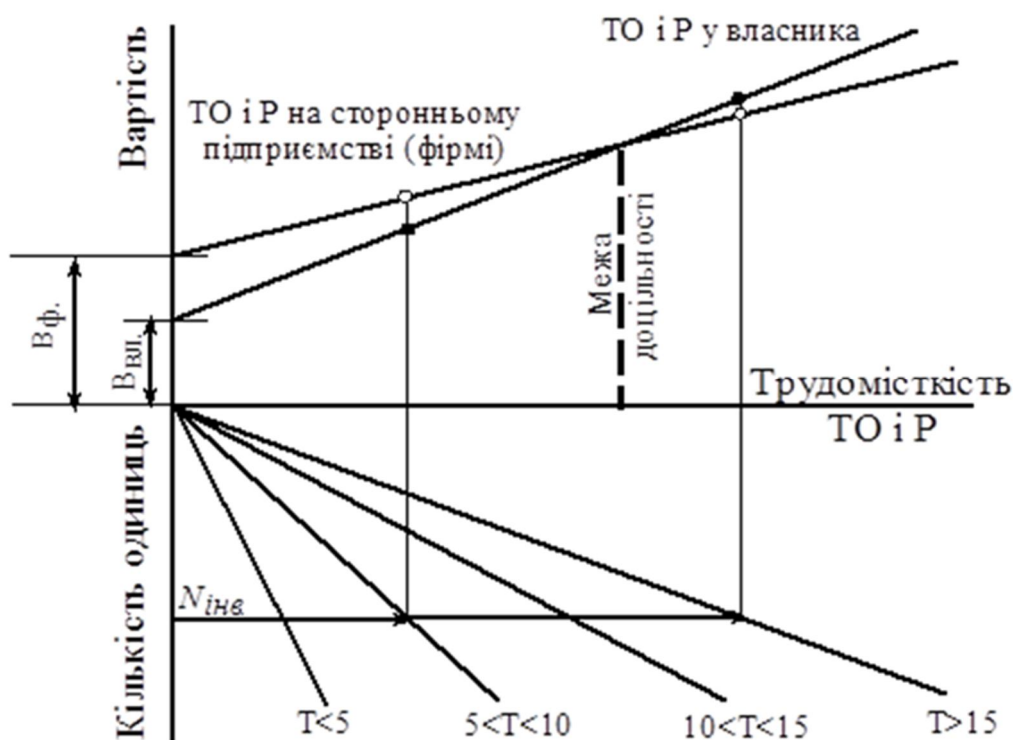


Рисунок 15.4 – Визначення доцільності впровадження фірмового обслуговування

Таким чином, наприклад, для підприємства, що практикує ТО і Р власними силами, витрати на цей вид діяльності складатимуть

$$B_{\text{вл.ТО,Р}} = B_{\text{вл.}} + N_{\text{інв.}} \cdot k_T \cdot k_{\text{вл.}},$$

де $N_{\text{інв.}}$ – середня інвентарна кількість рухомих одиниць за вказаний період;

$B_{\text{вл.}}$ – постійні витрати;

$k_{\text{вл.}}$ – одинична змінна вартість, тобто тангенс кута нахилу відрізка прямої, що визначає питомі змінні витрати на одиницю приведених втручань (вигляд формули для фірмового обслуговування аналогічний).

Обсяг трудовитрат на ремонтно-профілактичні втручання (трудомісткість) вважається залежною від чисельності рухомих одиниць і розраховується з таких міркувань. Для інвентарної кількості рухомих одиниць $N_{\text{інв.}}$ за вказаний період повинно бути здійснено $n_{\text{ТО1}}$ перших і $n_{\text{ТО2}}$ технічних обслуговувань, $n_{\text{РР}}$ ревізійних, $n_{\text{С}}$ та $n_{\text{КР}}$ середніх і капітальних ремонтів, тобто на одну рухому одиницю в середньому припадає

$$n_{\text{ТО,Р}} = \frac{1}{N_{\text{інв.}}} (n_{\text{ТО1}} + n_{\text{ТО2}} + n_{\text{РР}} + n_{\text{СР}} + n_{\text{КР}}).$$

Середня трудомісткість одного ремонтно-профілактичного втручання $q_{\text{С}}$, якщо позначити через q з відповідними індексами трудомісткості технічних обслуговувань та ремонтів, знайдеться, як

$$q_{\text{С}} = \frac{n_{\text{ТО1}} \cdot q_{\text{ТО1}} + n_{\text{ТО2}} \cdot q_{\text{ТО2}} + n_{\text{РР}} \cdot q_{\text{РР}} + n_{\text{СР}} \cdot q_{\text{СР}} + n_{\text{КР}} \cdot q_{\text{КР}}}{n_{\text{ТО1}} + n_{\text{ТО2}} + n_{\text{РР}} + n_{\text{СР}} + n_{\text{КР}}}.$$

Очевидно, що трудомісткість технічного обслуговування і ремонту за визначений період дорівнюватиме

$$Q_{\text{ТО,Р}} = N_{\text{інв.}} \cdot n_{\text{ТО,Р}} \cdot q_{\text{С}}.$$

Графічно це означає, що в нижньому квадранті по осі ординат треба відкласти відрізок, пропорційний $N_{\text{інв.}}$, і спроектувати його на похилий відрізок прямої, що йде від початку координат під кутом, тангенс якого дорівнює добутку $n_{\text{ТО,Р}} \cdot q_{\text{С}}$. Перпендикуляр від отриманої таким чином точки на абсцису і дає шукану трудомісткість, але оскільки для різного віку T (накопиченого пробігу) рухомого складу трудомісткість проведення одних і тих же ремонтно-профілактичних втручань, очевидно, є різною, замість одного похилого відрізка повинно бути декілька, залежно від прийнятої градації віку, з відповідними кутовими коефіцієнтами k_T .

Межею доцільності впровадження фірмового обслуговування є, очевидно, така ситуація, коли витрати на ТО і Р на підприємстві міського електротранспорту дорівнюватимуть сплатам за фірмове обслуговування:

$$N_{inv.} \cdot k_T = \frac{B_{\phi.} - B_{вл.}}{k_{вл.} - k_{\phi.}}.$$

Ясно, що ця межа визначається не тільки обсягом ремонтно-профілактичних втручань, а й загальним станом рухомого складу: наприклад, при середньому віці між п'ятьма й десятима роками для $N_{inv.}$ одиниць впроваджувати фірмове обслуговування для підприємства міського електротранспорту було б не вигідно, чого не можна сказати про доцільність при $T > 15$ років (рис. 15.4).

Розташування межі доцільності залежить також від співвідношення постійних і одиничних змінних вартостей технічного обслуговування і ремонту власними силами та на сторонньому підприємстві, але у всякому разі результат за наведеною вище формулою повинен бути позитивним, бо інакше фірмове обслуговування ні за яких умов вигідним не буде.

Для більшості підприємств міського електротранспорту фірмове обслуговування може бути впроваджено на існуючих виробничих площах ремонтно-експлуатаційних депо, що суттєво зменшить постійні витрати. Для підприємства-виробника перехід до фірмового обслуговування раніше проданої техніки дозволяє значно скоротити доведення техніки до належних показників і дає змогу запроваджувати власні системи ТО і Р, оскільки підприємство безпосередньо отримує інформацію про надійність своєї продукції в конкретних умовах експлуатації.

15.4 Загальні положення

Технічне обслуговування орієнтоване на надійність (далі - RCM) являє собою методологію виявлення і вибору політики попередження та / або попередження відмов (далі - політика управління відмовами), націленої на ефективне забезпечення необхідних безпеки, готовності та економічної експлуатації виробів. Політика управління відмовами може включати в себе дії з технічного обслуговування (ТО), зміни правил застосування, конструктивні доробки та інші дії, націлені на ослаблення наслідків відмов.

RCM являє собою процес вироблення і прийняття рішень, спрямованих на виявлення відповідних та ефективних вимог до системи та операцій попереджувального ТО, що відповідають наслідків виявлених відмов в частині їх впливу на безпеку, технічну ефективність і економічність експлуатації виробу і викликають зазначені відмови механізмів його деградації. Кінцевим

результатом застосування RCM є визначення необхідності тих чи інших дій по попереджувальному ТО, змін конструкції виробу чи інших дій по підвищенню його ефективності.

Основними етапами програми RCM є:

- а) ініціювання та планування;
- б) аналіз функціональних відмов;
- в) відбір задач;
- г) впровадження;
- д) безперервне вдосконалення.

Всі завдання повинні бути націлені на забезпечення безпеки виробів для персоналу і навколишнього середовища, а також на виконання вимог по ефективності і економічності їх експлуатації. Разом з тим слід зазначити, що критерії відбору повинні залежати від природи виробів і їх призначення. Наприклад, виробничі процеси повинні бути економічно життєздатними і відповідати суворим вимогам з охорони навколишнього середовища, в той час як вироби військового призначення повинні повністю відповідати оперативним вимогам, але при цьому до них можуть застосовуватися не настільки жорсткі вимоги з безпеки, економічності і екологічності.

15.5 Застосування RCM

Максимальну користь приносить проведення RCM-аналізу на стадії розробки виробів, коли його результати можуть безпосередньо вплинути на їх конструкцію. Разом з тим RCM-аналіз також корисний на етапах експлуатації, ТО виробів, коли можуть бути вдосконалені зміст і методи ТО, проведені конструктивні і інші доробки.

Успішне застосування RCM вимагає хорошого знання обладнання та систем, умов і контексту їх застосування, взаємопов'язаних з ними систем, а також можливих відмов та їх наслідків. Найбільша ефективність досягається у випадках, коли аналіз націлений на попередження та / або ослаблення наслідків відмов, що мають серйозні наслідки з точки зору безпеки, впливу на навколишнє середовище, економічності та ефективності застосування виробів.

На рисунку 15.5 показаний повний процес RCM з підрозділом його на етапи. Як впливає з представленої блок-схеми, RCM представляє собою комплексну програму, що включає в себе не тільки процес аналізу, але і попередні і подальші дії, необхідні для забезпечення потрібних результатів RCM. Процес RCM може бути застосований для систем всіх видів. У додатку В наведено керівництво по інтерпретації цього процесу для структур, механізми відмов яких і відповідні завдання ТО визначені більш чітко.

Основи методології

Методологія RCM заснована на наступних положеннях:

Метою технічного обслуговування є виявлення і попередження конкретних відомих або прогнозованих видів відмов виробу, системи чи іншого технічного об'єкта.

Ухвалення рішення про склад і терміни виконання робіт по ТО залежить від частоти розглянутих видів відмов і можливі наслідки таких відмов для безпеки, готовності і економічних показників використання даного об'єкту.

Методологія RCM пропонує схему інженерного аналізу і супутніх оцінок, що дозволяє формалізувати і спрямувати прийняття рішень по вибору складу і періодичності робіт по ТО, необхідних і достатніх для початку експлуатації новоствореного об'єкта технік, або скорегувати програму ТО і ремонту об'єкта, який вже знаходиться на стадії експлуатації. У процесі аналізу розглядаються такі аспекти:

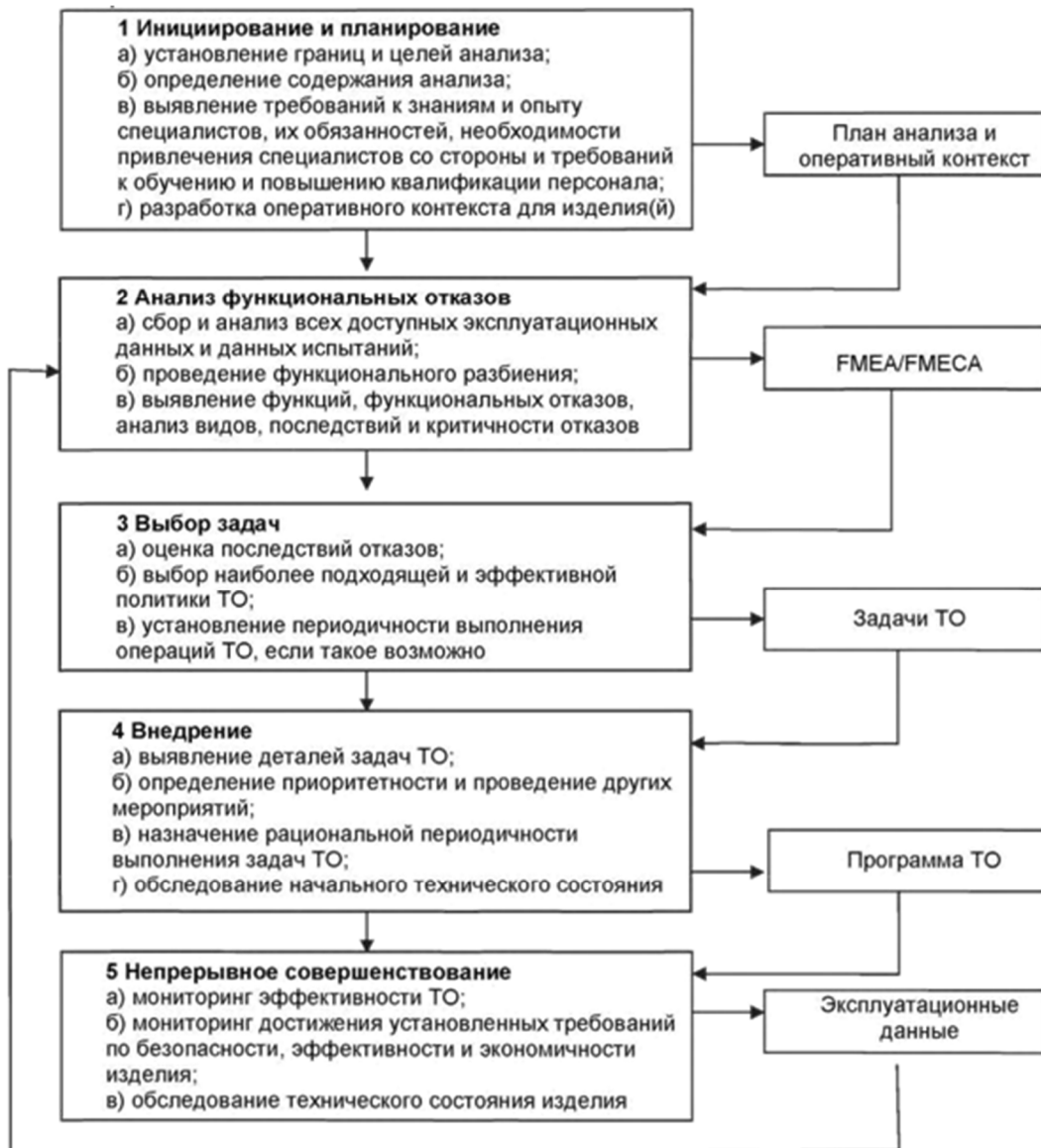


Рисунок 15.5 – Блок-схема повного процесу RCM з розділом його на етапи

Причини відмов систем, тобто відмови їх складових частин елементів або інші дії на системи, що призводять їх до відмови певного виду.

Функції об'єкта та їх характеристики. Функції об'єкта поділяються на первинні і на вторинні.

Наслідки відмов. Описи наслідків кожного виду відмови повинні охоплювати як рівень самого елемента, що відмовив, так і рівень системи, в якій відбулася відмова, і пов'язані технологічно або просторово інші системи. Ці наслідки можуть зачіпати безпеку, готовність об'єкта до застосування або можливість безпечного завершення вже розпочатого циклу застосування за призначенням, шкоди навколишньому середовищу, економічний або інший збиток для бізнесу. Деякі види відмов можуть не мати ніяких наслідків, крім вартості робіт з відновлення працездатності відмовив об'єкта.

Категорії значущості відмов відповідно до виду, вагою і ймовірністю виникнення їх наслідків.

Види порушення кінцевих функцій, тобто можливі або заздалегідь відомі види відмов основних систем об'єкта, повністю або частково виключають можливість використання об'єкта за призначенням.

Для ранжирування наслідків видів відмов можуть розроблятися різні критерії критичності спеціальні таблиці, матриці і т. п., що враховують серйозність кожного наслідку і ймовірність його виникнення.

Критичні місця конструкції в плані безпеки, готовності і т. п., що вимагають зміни для зниження ризиків внаслідок неможливості усунення негативних наслідків відмов шляхом проведення ТО.

Граничні стану виробів, характерні для кожного з розглянутих видів відмов. Види робіт по ТО, які можуть бути ефективні для попередження і виявлення кожного з аналізованих видів відмов з урахуванням конструктивного і схемного рішення об'єкта, його систем та елементів.

Впровадження

Процес впровадження RCM можна представити таким чином:

Аналіз досягнутих результатів і нових даних. Програма ТО, заснована на аналізі RCM може коригуватися з певною періодичністю наприклад, раз на рік у зв'язку зі змінами функцій об'єкта, вимог до стандартів продуктивності, виявленням не розглянутих непередбачених видів відмов, прийняттям нових вимог законодавства, технічних норм і т. п.

Оптимізація програми ТО. План ТО повинен бути оптимізований за термінами виконання, доступності ресурсів, можливості проведення робіт, мінімізації супутніх витрат. Також в обов'язковому порядку повинні враховуватися вимоги наглядових і регулюючих органів.

Планування RCM. Процес впровадження методології RCM повинен бути добре спланований і супроводжуватися всебічною і постійною підтримкою вищого керівництва. У процесі планування визначається, для якої частини фізичних активів устаткування підприємства буде застосовуватися RCM, терміни впровадження, методи організації даної роботи.

Здійснення програми ТО. Для успішності використання результатів RCM важливо відстежувати виконання і ефективність обраного складу робіт і термінів виконання ТО.

Аналіз видів відмов. Дана процедура в цілому відповідає процесу FMEA FMESA. Важливий момент - фіксування ходу аналізу і його результатів. Для цього зазвичай використовується або спеціальні програми, або прості таблиці Excel.

Вибір робіт по ТО. Методологія RCM встановлює порядок перевагу і послідовності вибору робіт по ТО відносно того чи іншого виду відмови, а також пропонує критерії для визначення застосовності і доцільності цих дій. Результати аналізу відмов і вибору робіт по ТО повинні бути належним чином задокументовані. В даний час пропонується чимало програмних рішень для застосування методології RCM.

Переваги застосування RCM

В результаті використання RCM:

- досягається найкраще співвідношення результативності ТО і його вартості;
- рекомендації щодо зміни робочих процесів і модернізації устаткування сприяють більш точному розподілу ресурсів, що спрямовуються на поліпшення;
- підвищується безпека людини і збереження навколишнього середовища;
- поліпшується інтеграція між інжинірингом, експлуатацією та технічним обслуговуванням;
- підвищуються експлуатаційні показники устаткування – готовність, ОЕО;
- створюється база даних для управління системою технічного обслуговування;
- завдяки участі в робочих групах RCM підвищується мотивація і рівень обізнаності персоналу про роботу устаткування;
- збільшується ресурс дорогого устаткування;
- підвищується загальна культура технічного обслуговування.
- накопичена база даних про можливі відмови обладнання і рекомендаціях щодо їх усунення та попередження сприяє подоланню негативних наслідків плинності персоналу. Первісна програма RCM може бути запущена після початку експлуатації виробів з метою оновлення та вдосконалення існуючої

програми ТО, складеної на підставі попереднього досвіду або рекомендацій виробника, але без використання стандартизованих підходів, таких як RCM.

Контрольні запитання до теми 9

1 Розкрити сутність протиріччя між необхідністю збільшення оборотного фонду запчастин, збитками від простоїв і витратами на придбання, транспортування і утримання цього фонду.

2 Призначення та програмне забезпечення автоматизованих робочих місць спеціалістів підприємств міського електротранспорту.

3 Запропонувати перелік додаткових відомостей про види випусків, маршрути, інші умови експлуатації для розширення і уточнення бази облікових даних.

4 Як організація фірмового обслуговування може сприяти підвищенню надійності на стадії проектування?

5 Як організація фірмового обслуговування позначається на фонді заробітної плати експлуатаційного підприємства?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технічна експлуатація електричного транспорту : навч. посібник / В. Х. Далека, В. Б. Будниченко, Е. І. Карпушин, В. І. Коваленко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2014. – 236 с.
2. Коссой Ю. М. Экономика и управление на городском электрическом транспорте / Ю. М. Коссой. – Москва : Мастерство, 2002. – 352 с.
3. Закон України «Про підприємство».
4. Закон України «Про транспорт».
5. Закон України «Про дорожній рух».
6. Закон України «Про міський електричний транспорт».
7. Правила експлуатації трамвая і тролейбуса з інформаційно-довідковими матеріалами / корп. «Укрелектротранс». – Харків : Золоті сторінки, 2020. – 256 с.
8. Сорока К. О. Основи теорії систем і системного аналізу : навч. посібник / К. О. Сорока. – Харків : Тимченко, 2005. – 288 с.
9. Системна ефективність на транспорті. Методи, моделі і стратегії / П. Р. Левковець та ін. ; за ред. П. Р. Левковця. – Київ : НТУ, ІЕБТ, 2002. – 216 с.
10. Гнеденко Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. – Москва : Наука, 1987. – 336 с.
11. Галкин В. Г. Надежность тягового подвижного состава / В. Г. Галкин, В. П. Парамзин, В. А. Четвергов. – Москва : Транспорт, 1981. – 184 с.
12. Исаев И. П. Допуски на характеристики электрических локомотивов / И. П. Исаев. – Москва : Трансжелдориздат, 1958. – 369 с.
13. Технічна експлуатація та надійність автомобілів : навч. посібник / Є. Ю. Форнальчик та ін. ; за ред. Є. Ю. Форнальчика. – Львів : Афіша, 2004. – 492 с.
14. Шор Я. Б. Таблицы для анализа и контроля надежности / Я. Б. Шор, Ф. И. Кузьмин. – Москва : Сов. Радио, 1968. – 288 с.
15. Козлов Б. А. Справочник по расчету надежности радиоэлектроники и автоматики / Б. А. Козлов, И. А. Ишаков. – Москва : Сов. Радио, 1975. – 472 с.
16. Бочков А. П. Модели и методы управления развитием технических систем : учеб. пособие / А. П. Бочков, Д. П. Гасюк, Е. А. Филюстин. – СПб. : изд-во «Союз», 2003. – 288 с.
17. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – Москва : Высш. шк., 1999. – 576 с.
18. Розанов Ю. А. Теория вероятностей, случайные процессы и математическая статистика / Ю. А. Розанов. – Москва : Наука, 1989. – 312 с.

19. Козлов М. В. Введение в математическую статистику / М. В. Козлов, А. В. Прохоров. – Москва : изд.-во МГУ, 1987. – 262 с.
20. Далека В. Х. Ремонт рухомого складу міського електричного транспорту : навч. посібник. частина 1 / В. Х. Далека, М. А. Голтв'янський. – Харків : ХНАМГ, 2004 – 308 с.
21. Левковец П. Р. Качество ремонта и технического обслуживания автомобилей в АТП / П. Р. Левковец, В. Н. Гордисккий, П. Я. Калита. – Київ : Техніка, 1990. – 92 с.
22. Техническая эксплуатация автомобилей. / под ред. Е. С. Кузнецова. – Москва : Транспорт, 1991. – 413 с.
23. Система технічного обслуговування і ремонтів рухомого складу. Наказ Держжитлокомунгоспу України №120 від 01.12.1991.
24. Правила охорони праці на міському електричному транспорті : НПАОП 60.2-1.01-06 МНС України, 2006. – 128 с.
25. Правила охорони праці на автомобільному транспорті : ДНАОП 0.00-1.28-97. – Київ : Держнаглядохоронпраці, 1997. – 336 с.
26. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов / В. Ф. Веклич. – Москва : Транспорт, 1990. – 295 с.
27. Диагностика и регулировка тепловозов / [А. З. Хомич и др.]. – Москва : Транспорт, 1977. – 222 с.
28. Практикум з технічної експлуатації міського електричного транспорту : навч. посібник / В. Х. Далека, В. Б. Будниченко, Е. І. Карпушин, В. І. Коваленко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2014. – 194 с.
29. Мирзохедов Ф. Математические модели и методы управления производством с учетом случайных факторов / Ф. Мирзохедов. – Київ : наук. думка, 1991. – 224 с.
30. Ферстер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Ферстер, Б. Ренц. – Москва : Финансы и статистика, 1983. – 302 с.
31. Управління ресурсами підприємства : навч. посібник / під ред. Ю. М. Воробйова, Б. І. Холода. – Київ : «Центр навчальної літератури», 2004. – 288 с.
32. Гужва В. М. Інформаційні системи і технології на підприємствах : навч. посібник / В. М. Гужва. – Київ : КНЕУ, 2001. – 400 с.
33. Автоматизовані робочі місця спеціалістів підприємств міського електротранспорту. Пакети прикладних програм, методичні вказівки для їх використання. – Харків : ХНАМГ, 2006. – 30 с.

Навчальне видання

ДАЛЕКА Василь Хомич,
ШАВКУН Вячеслав Михайлович,
КОЗЛОВА Ольга Сергіївна

ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ.

ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів усіх форм навчання
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка)*

Відповідальний за випуск *Ю. П. Бархаєв*

За авіторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2020, поз. 73 Л

Підп. до друку 01.10.2020. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 9,8.

Тираж 50 пр. Зам. № .

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.