

Є.Ю.ФОРНАЛЬЧИК, М.С.ОЛІСКЕВИЧ,
О.Л.МАСТИКАШ, Р.А.ПЕЛЬО

ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА НАДІЙНІСТЬ АВТОМОБІЛІВ

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних
закладів

Львів
“Афіша”
2004

ББК 39.33.08 я 73
УДК 629. 083 (075.8)

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів

Рецензенти:

Библюк Н.І., д-р техн. наук, професор
(Український лісотехнічний університет)
Левковець П.Р., д-р техн. наук, професор
(Національний транспортний університет)

ISBN 966-325-029-1

© Є. Ю. Формальчик, М. С. Оліскевич,
О. Л. Мاستикаш, Р. А. Пельо, 2004

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
ВСТУП	10
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ.	13
1.1 Загальні положення та зміст дисципліни	13
1.2 Тенденції розвитку конструкцій автомобілів та їх технічної експлуатації. Основні проблеми в галузі ТЕА та методи їх розв'язання.	18
1.3 Взаємообумовленість між робочими та руйнівними процесами в агрегатах автомобілів	31
1.4 Характеристика та аналіз причин втрати працездатності автомобілів	37
1.5 Тертя і зношування деталей машин як основа руйнівних процесів, що зумовлюють втрату їх працездатності.	53
1.6 Закономірності зношування деталей механізмів та систем АТЗ	80
2 ЕЛЕМЕНТИ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЇЇ У ВИЗНАЧЕННІ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ.	123
2.1 Одиничні та комплексні властивості надійності та методика визначення їх показників	123
2.2 Характеристика відмов автомобілів.	138
2.3 Основні поняття з теорії імовірностей та математичної статистики	143
2.4 Використання формули Байеса у визначенні найімовірніших причин втрати працездатності автомобілів	157
2.5 Методика визначення показників експлуатаційної надійності автомобілів	159
3 СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.	169
3.1 Основні положення та означення	169
3.2 Характеристика нормативно-технічних регламентів системи ..	172
3.3 Оптимізація періодичностей профілактичних РОД	178

3.4	Виробничий і технологічний процеси технічного обслуговування та ремонту АТЗ й місця їх реалізації	185
3.5	Перспектива розвитку системи технічного сервісу автомобілів	191
4	ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛІВ	198
4.1	Основні терміни та означення	196
4.2	Параметри технічного стану технічного атз	201
4.3	Інформаційно-нормативна база технічної діагностики.	213
4.4	Теоретичні основи технічної діагностики.	219
4.5	Методи діагностування автомобілів.	241
4.6	Перспективи розвитку технічної діагностики.	266
5	ТЕХНОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ.	272
5.1	Класифікація об'єктів виробничої бази ТО та ПР	272
5.2	Загальна характеристика змісту основних робіт з ТО і ПР.	284
5.3	Обладнання та технологічні процеси технічного обслуговування АТЗ	291
5.4	Обладнання та технологічні процеси поточного ремонту	329
5.5	Обладнання та технологічні процеси технічного діагностування	354
6	ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ	394
6.1	Організаційно-технологічні взаємодії між об'єктами виробничої бази ТЕА.	394
6.2	Основи технологічного проектування виробничої бази ТЕА . .	409
6.3	Організація виробничого процесу ТЕА на підприємстві	431
6.4	Визначення основних показників та параметрів виробничого процесу	445
6.5	Методи зберігання АТЗ та матеріально-технічних засобів	457
6.6	Оптимізація обсягів запасних частин та шин.	471
	ЗАГАЛЬНИЙ ПІДСУМОК	484
	ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ	486
	ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	489

ПЕРЕДМОВА

Якої б досконалої конструкції автомобіль не використовувався, впродовж терміну його служби, через проходження в матеріалах деталей, спряженнях та механізмах закономірних природних та патологічних руйнівних процесів, початкові експлуатаційні властивості погіршуються. Знижуються показники експлуатаційної надійності, про що засвідчують часті виходи з ладу з технічних причин його складальних одиниць. Очевидно, що ці негативні процеси можна сповільнити й у багатьох випадках попередити, застосовуючи відповідну систему технічного обслуговування та ремонту автотранспортних засобів (АТЗ). Ця система становить основу технічної експлуатації автомобілів (ТЕА). Остання – не лише реалізація технічних обслуговувань та ремонтів (ТО і Р) автомобілів, зберігання їх (це у якійсь мірі так, якщо ідеться про індивідуальний, власний автотранспортний засіб). Це також важлива для практичного застосування прикладна наука, яка пояснює на основі фундаментальних наук проходження надзвичайно складних руйнівних процесів як у матеріалах деталей АТЗ, так і в окремих агрегатах, механізмах та системах його. Вона досліджує і пояснює техніко-технологічні взаємозв'язки між ними та робочими процесами, вплив їх на експлуатаційні властивості АТЗ, на якість виконання ними перевізницьких функцій. Сукупність цих функцій становить основу іншої частини – основної, порівняно з технічною експлуатацією – комерційної експлуатації автомобілів (КЕА), у якій реалізуються перевізницькі функції АТЗ через виконання вантажних чи пасажирських транспортних процесів. Отже, технічна експлуатація покликана забезпечувати ефективну реалізацію КЕА, задля якої створені і використовуються автомобілі.

Очевидно, що майбутній інженер за фахом “Автомобілі та автомобільне господарство”, повинен досконало володіти цими питаннями. Адже це – власне його функції – досліджувати та вдосконалювати ТЕА: підвищувати експлуатаційну надійність АТЗ (в тому числі й за рахунок вдосконалення конструкцій окремих спряжень деталей агрегатів і систем, заміни чи модифікації технологічних рідин тощо під час ТО і Р з відповідними рекомендаціями заводо-виготівникам), здешевлювати застосуванням сучасних методів та засобів технічної діагностики їх технічний сервіс, в тому числі за рахунок скорочення споживання запасних частин, ремонтно-технологічних та експлуатаційних матеріалів, трудо-, матеріало- та енерговитрат, з одночасним забезпеченням необхідного рівня коефіцієнта випуску АТЗ на лінію, безпеки транспортного процесу. Тому такий фахівець, повинен володіти і добрими знаннями з матеріалознавства, елементів триботехніки, надійності машин, прикладним апаратом теорії імовірностей, математичної статистики, масового обслуговування, керування запасами тощо.

Щодо прерогативи знань у людській діяльності, здібностей людини, то французький філософ другої половини ХХ ст. Мішель Фуко, проаналізувавши різні способи, якими людство розвиває знання про себе, виділив чотири типи технологій здобуття знань взагалі: технології виробництва, які дають можливість виробляти, перетворювати речі і маніпулювати ними; технології знакових систем, які дозволяють вживати знаки, значення символи, системи позначення; технології влади, які визначають поведінку індивідів, підкоряють їх певним системам влади і об’єктивують суб’єктів; технології самого себе, за яких здійснюються певні дії над своїм тілом і душею, думками, поведінкою, способом життя і можливості перетворювати себе для досягнення щастя, мудрості та досконалості. На першому місці виділено технології виробництва, володіння якими дає змогу застосовувати їх для практичного використання у виробленні необхідних для життя матеріальних благ. До цього мають, очевидно, безпосереднє відношення і знання з технічної експлуатації автомобілів.

У непростих виробничих ситуаціях працівники технічної служби автотранспортних підприємств (АТП) повинні добре володіти знаннями й уміннями в царині виникнення та розвитку явищ, подій і процесів, пов'язаних з підтриманням та відновленням працездатності АТЗ. Оскільки ідеться не про один чи декілька автомобілів, а про групи їх (при цьому, переважно, різномарочні), які об'єднані в автотранспортні підприємства, і чисельність яких може сягати до 100-150 одиниць, тому інженер з ТЕА повинен так само добре володіти знаннями та навиками з досліджень масових процесів у складних технічних та технологічних системах з метою цілеспрямованого керування ними. Отже, важливим є також застосування апарату теорії імовірностей та математичної статистики. Тільки за таких умов він може грамотно обґрунтовувати та приймати відповідні рішення (наприклад, щодо коректування періодичності ремонтно-обслуговувальних дій (РОД), витрат ремонтно-експлуатаційних матеріалів, обсягів запасних частин чи обмінних фондів тощо), тобто поінженерному керувати технічною експлуатацією автомобілів. Це ж саме можна стверджувати щодо знань та умінь майбутнього фахівця з ТЕА в галузі технологій технічного сервісу автомобілів, організації виробничих та технологічних процесів, їх діагностики, технічного обслуговування та ремонту. Особливо в сучасних умовах розвитку приватного бізнесу в системі технічного сервісу автомобільної техніки, використання закордонних технологій і засобів діагностування, технічного обслуговування та ремонту. Конкуренція між підприємствами технічного сервісу автомобілів вимагає високого рівня професійної підготовки не лише фахівців середньої ланки, але й інженерного складу. Крім цього, вимагає належних знань у менеджменті та маркетингу, законах ринкової економіки, відповідної гнучкості під час прийняття відповідних оперативних управлінських та організаційно-технічних рішень.

Уміле та своєчасне застосування такої сукупності інженерних знань у практиці технічної експлуатації автомобілів є запорукою успішної роботи технічної служби підприємства, взаємодії його з іншими підрозділами транспортної інфраструктури з метою забезпе-

чення високоефективних транспортних процесів, якісного обслуговування замовників і отримання сподіваних доходів.

Структура посібника побудована таким чином, що провадить студента по усьому його матеріалу, умовно поділеного на дві частини – теоретичні та прикладні основи технічної експлуатації автомобілів з використанням загальноприйнятого методологічного підходу: окреслення проблем – аналіз причин, явищ, процесів, починаючи з мікро- і закінчуючи макрорівнями – синтез у напрямку застосування та перспективних методів, способів і засобів розв’язання цих проблем. Отже, спочатку розглядаються питання, пов’язані з особливостями технічної експлуатації АТЗ, взаємозв’язок її з комерційною експлуатацією, загальна характеристика руйнівних процесів, які призводять до погіршення технічного стану АТЗ, причини, що зумовлюють розвиток цих процесів. При цьому майбутній інженер повинен добре володіти матеріалом фізики явищ, яка лежить в основі руйнування твердих тіл: чи то поверхневого руйнування, чи об’ємного, корозійного, чи тертям, чи втомою тощо. Він повинен також уміти визначати об’єктивні та суб’єктивні процеси, прогнозувати їх розвиток через розгляд закономірностей руйнівних процесів.

Після цього, за логікою сприйняття навчального матеріалу, розглядаються особливості втрати працездатності АТЗ та їх конструктивних елементів, методика визначення показників їх експлуатаційної надійності з попереднім розглядом теоретичних та нормативних основ надійності машин. Для кращого засвоєння цього матеріалу доцільним буде конспективний розгляд тих елементів теорії ймовірностей та математичної статистики, які мають безпосереднє відношення до методики визначення числових характеристик надійності АТЗ. Досвід вказує на те, що виклад цих дисциплін здійснюється без докладної прив’язки до, зокрема, визначення показників надійності конкретних машин. Володіння інформацією про фактичні значення конкретних показників експлуатаційної надійності АТЗ дає можливість робити відповідні узагальнення щодо досконалості їх, умов та режимів експлуатації й підводить студента до необхідності застосування системи ТО і Р.

У прикладних основах технічної експлуатації автомобілів викладено матеріал, на підставі якого розглядаються елементи системи ТЕА, їх змістове наповнення, можливі місця реалізації виробничих і технологічних процесів діагностування, ТО і ремонту та необхідні для цього матеріальні і трудові витрати, особливості організації з елементами проектування і розробки умов забезпечення нормального функціонування цих процесів.

Розділи посібника написані авторами: передмова, вступ, розділи 1, 2, 3, загальний підсумок – д. т. н., професором Форнальчиком Є. Ю.; розділ 4 – к. т. н., доцентом Оліскевичем М. С.; розділ 5 – асистентом Мاستикашем О. Л.; розділ 6 – асистентом Пельо Р. А. Загальну редакцію посібника здійснив д. т. н., професор Форнальчик Є. Ю.

Відгуки, зауваження та пропозиції надсилати на адресу видавництва.

ВСТУП

Україна, будучи розвиненою державою світу, послуговується усіма видами транспорту. При цьому найбільша частка за загальними обсягами перевезень (до 80%) припадає на автомобільний транспорт. На кінець 2002 року у господарському комплексі та у приватному користуванні нараховувалось більше, ніж 12,0 млн. автомобілів різних типів, у тому числі понад 7,5 млн. легкових та 1,8 млн. вантажних загального призначення. У цьому ж році вітчизняна автомобільна промисловість виробила 10113 легкових, 8500 вантажних автомобілів та 3300 автобусів.

Використання АТЗ, так само як і будь-яких інших машин, приводить їх до часткової чи повної втрати можливостей виконувати свою основну функцію – перевезення. Незалежно від того, яким чином настає ця втрата (природним чи неприродним) автомобіль поступово перестає бути рентабельним через погіршення тягової та гальмової динамічностей, стійкості, паливної ощадливості, надійності й інших експлуатаційних властивостей. Він стає серйозним джерелом небезпеки для дорожнього руху та природного довкілля. Ця деградація, якщо не застосовувати відповідного комплексу інженерно-технічних заходів і якщо не уміти керувати ним, може перерости у державну проблему з дилемою – чи варто користуватися такими благами цивілізації.

Ще на початках зародження машинного виробництва (2-га половина 19-го століття), транспортної інфраструктури (2-га половина 20-го століття) та інших матеріально-технічних витворів людство усвідомило потребу паралельного розвитку відповідних обслуговувальних виробництв для підтримання і забезпечення працездатного стану машин. З часом – навчилось обґрунтовувати терміни служби, впродовж яких машини доцільно експлуатувати, порівнюючи початкову вартість їх та витрати матеріальних і трудових ресурсів на підтримання працездатного стану. Тобто застосовували вартісний

(економічний) критерій. Для інших машин, крім такого підходу, застосовують і критерії безвідмовності, які можуть істотно впливати на ріст експлуатаційних витрат, однак гарантують їх високоефективну та безпечну експлуатацію.

Очевидно, що не лише проектування і виготовлення АТЗ вимагають відповідних інтелектуальних зусиль та затрат, але й у не меншій мірі – їх експлуатація. Інколи вона ставить серйозніші (у взаємодії з природним довкіллям) проблеми. Експлуатаційні витрати ідуть не лише на забезпечення працездатного стану АТЗ через реалізацію відповідної системи технічного обслуговування і ремонту, але й на створення об'єктів інфраструктури технічного сервісу (продаж, обслуговування, ремонт та утилізація АТЗ), керування цією системою тощо. Обґрунтування відповідних витратних пропорцій у галузі машинобудування і технічного сервісу донині є предметом дискусій науковців та пильної уваги з боку фахівців відповідних державних установ.

Досвід індустриально розвинених країн показує, що багатократно та всесторонньо виправданим є збільшення вкладень на виготовлення надійних машин, ніж витрачання цих, як правило, більших коштів на експлуатацію дешевих ненадійних. Досвід цей переконливий, оскільки незначна економія на створення менш надійної моделі АТЗ помножується на експлуатаційні витрати цілої серії цієї моделі, доки продукуватиме її завод-виготівник. В результаті у програші залишається ціле суспільство. За вітчизняними даними десятирічної давності сукупні витрати на підтримання вантажних АТЗ у працездатному стані впродовж терміну їх служби у 8-10 разів перевищують витрати на їх виготовлення. З цих позицій зрозуміло, що перехід автомобілебудівної промисловості на випуск високонадійних моделей триватиме не одне десятиліття і господарський комплекс ще довго послугуватиметься колишніми дешевими моделями. Відповідно до цього існуватимуть суб'єктивні немалі витрати на ТО і Р автомобільної техніки. Суб'єктивізм у цьому посилений зараз і граничною зношеністю її через нестачу коштів на оновлення парків. Структура приросту автомобільного парку України виглядає на сьо-

годні так: з віком до 5 років – 30%; від 5 до 10 років – 35%; більше ніж 10 років – 35%.

Зміна економічної системи держави та перехід на принципи ринкової економіки потребують відповідних трансформацій у системі забезпечення працездатності АТЗ, керування матеріально-технічними ресурсами на транспорті. За оцінками фахівців середньорічні втрати, наприклад, у сфері постачання становлять близько 2-3 млрд. грн., а втрати транспортної роботи – 1,5-2,0 млрд. грн. Відомо також, що розвинені країни скоріше виходили з економічної скрути, ніж відсталі у цьому відношенні. Наша держава взяла курс на прискорений розвиток автомобілебудування. Уже зараз в Україні функціонує 125 спеціалізованих підприємств автомобільної промисловості, у тому числі чотири великих автомобільних заводи: АвтоКрАЗ, АвтоЗАЗ, ЛуАЗ, ЛАЗ. Перспектива розвитку автомобілебудування визначена “Концепцією розвитку національного автомобілебудування”. На автомобілізацію населення є у межах 91-101 легкових автомобілів на 1000 жителів (США, наприклад, – 611, Німеччина – 509, Франція – 493 одиниці).

Викладене підкреслює актуальні проблеми, які існують не лише в автомобілебудуванні, але й у системах забезпечення працездатності АТЗ, матеріально-технічного забезпечення сервісної галузі, вдосконалення інфраструктури суб’єктів автомобільного транспорту, підвищення якості та оперативності ТО і ремонту, транспортного обслуговування населення. Кількість сервісних служб та відповідних підприємств ТО і ремонту автомобілів зросла, порівняно із досягнутими рівнями на початок 90-х років, однак в основному за рахунок розукрупнення існуючих непомірно великих і приватизації їх. Лише невелика частка – 5% від загальної чисельності підрозділів технічного сервісу АТЗ заново створені й оснащені прогресивними засобами діагностування, ТО і Р, які визнані високоякісними і зараз вітчизняні заводи розпочали їх виготовлення. Очевидно, що у зв’язку з цим розвиваються та вдосконалюються організаційні і технологічні принципи технічної експлуатації автомобілів, її матеріально-технічного, кадрового і фінансового забезпечення.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ 1 ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ

1.1. Загальні положення та зміст дисципліни

Відомо, що без транспортних засобів неможливим є розвиток будь-яких галузей господарського комплексу країн світу, в тому числі України. Якщо вважати транспорт також за галузь, то це – одна з небагатьох, які не виробляють жодної матеріальної продукції, однак без неї не можуть обходитись інші – ані важка чи легка промисловості, гірничодобувна чи агропромисловий комплекс тощо. Галузь транспорту продукує лише послуги – на перевезення різноманітних вантажів, пасажирів. Транспорт нашої держави поділяється на такі види: автомобільний; залізничний; повітряний; водний (річковий, морський); трубопровідний; космічний.

Не вдаючись у характеристику інших видів транспорту, розглянемо автомобільний. Згідно з Законом України "Про транспорт" (Стаття 30), **автомобільний транспорт** – це підприємства автомобільного транспорту, які здійснюють перевезення пасажирів і вантажів, автомобільні і шиноремонтні підприємства, автотранспортні засоби, транспортно-експедиційні підприємства, а також автовокзали і автостанції, навчальні заклади відповідного профілю, ремонтно-будівельні організації та соціально-побутові заклади, інші підприємства та установи незалежно від форми власності, котрі забезпечують роботу автомобільного транспорту.

Очевидно, що визначальними суб'єктами автомобільного транспорту є автотранспортні засоби і мережа автомобільних доріг. При вивченні цієї дисципліни розглядатимемо докладно перший, тобто автотранспортні засоби – АТЗ, синонімом до яких є дорожні транспортні засоби (ДТЗ), рухомий склад (РС) автомобільного транспорту, автомобілі, автопоїзди (автомобілі з причепами або напівприче-

пами). Вживатимемо термін АТЗ. Тлумачення його дається як у ДСТУ 2984-95 (Засоби транспортні дорожні. Типи. Терміни та визначення), так і у Законі “Про транспорт”, Положенні про ТО і ремонт ДТЗ автомобільного транспорту, а також у багаточисельних відповідних підручниках і посібниках. Візьмемо за основу названий стандарт.

Отже, **автотранспортний засіб** – це засіб, призначений для експлуатації переважно на автомобільних дорогах загального користування усіх категорій і сконструйований згідно з їхніми нормами.

Автомобільний транспортний засіб розглядають окремо, як і будь-яку іншу машину (техніку, виріб, технічний засіб і таке інше), у процесі його виготовлення та у процесі застосування (експлуатації) у рамках одного **життєвого циклу**.

Стандарт ISO 9000 регламентує життєвий цикл машини з такими етапами: 1) попередні дослідження та маркетинг з метою обґрунтування потреби створення (вдосконалення) її моделі; 2) проектування; 3) виробництво; 4) експлуатація, технічне обслуговування та ремонт; 5) утилізація машини. По-іншому, життєвий цикл поділяють на ідеальний та матеріальний. Перший ‘включає перших два етапи, другий – усі решта. На практиці з життєвого циклу виділяють переважно процеси виготовлення та застосування машин. У цій навчальній дисципліні йдеться про застосування, точніше про 4-й етап життєвого циклу АТЗ – експлуатацію, технічне обслуговування та ремонт.

Існує система класифікації АТЗ за різними ознаками з поділом їх на відповідні різновиди. За призначенням – на вантажні, пасажирські і спеціальні. До вантажних відносяться вантажні автомобілі (бортові, самоскиди, автомобілі-тягачі, причепи, напівпричепи). До пасажирських – легкові автомобілі, автобуси. До спеціальних – вантажні чи легкові автомобілі причепи і напівпричепи, оснащені спеціалізованим обладнанням і призначені для виконання транспортної роботи (пожежні, автокрани, санітарні, сміттєвози тощо).

За характером використання АТЗ поділяють на автомобілі загального призначення і спеціалізовані. До спеціалізованих відносять

такі, які пристосовані для перевезення тільки певних видів вантажів чи пасажирів (самоскиди, фургони, "Швидка допомога", "Криміналістична" тощо). Весь решта класифікаційний поділ АТЗ за іншими ознаками не має відношення до дисципліни ТЕА й тому не розглядатимемо його.

За обсягами перевезень вантажів та пасажирів у транспортній системі країни перше місце належить автомобільному транспорту. Пасажирськими АТЗ перевозиться щорічно у 5 разів більше пасажирів, ніж усіма іншими видами транспорту. На автомобільний транспорт припадає приблизно 80% усіх вантажів господарського комплексу держави. Усе це свідчить про надзвичайну важливість розвитку цього виду транспорту і, звичайно ж, як невід'ємного елемента єдиної транспортної системи. Очевидно, що основним призначенням автомобільного транспорту, як і будь якого іншого, є високоякісне задоволення всезростаючого попиту на перевезення вантажів і пасажирів. В результаті реалізації транспортних процесів галузь, надаючи послуги клієнтам на перевезення, отримує відповідні прибутки, на основі яких здійснює просте і розширене відтворення своїх основних виробничих фондів, до яких належать і АТЗ. Тобто галузь займається комерційною виробничою діяльністю, продуктом якої є послуги. Це основне призначення її і тому використання АТЗ з метою отримання названих доходів прийнято називати **комерційною експлуатацією автомобілів (КЕА)**.

Однак, під час реалізації транспортних процесів конструктивні елементи АТЗ з причин проходження в них природних процесів зношування тертям, корозії, втоми матеріалів, старіння втрачають (частково чи повністю) працездатність. В результаті погіршуються експлуатаційні властивості АТЗ (динамічність, керованість, прохідність, надійність тощо), або у гіршому разі АТЗ зупиняється з причин поломок, виходу з ладу його конструктивних елементів. Природно, що колективний чи приватний власник АТЗ намагається експлуатувати їх так, щоб якнайменше було поломок і простоїв, оскільки в результаті цього знижуються показники комерційної діяльності. Відомо також, що заводи-виготівники розробляють такі моделі

АТЗ, які призначені служити якнайдовше. Середній нормативний термін служби, наприклад, вантажних АТЗ становить 10 років, хоча фактичний може перевищувати його у 2 рази. Ці терміни можуть бути досягнені, якщо користувачі АТЗ не тільки будуть у нормативних межах використовувати їх безпосередньо на лініях (маршрутах), але й виконувати якісно весь перелік профілактичних ремонтно-обслуговувальних дій (РОД), обумовлених в інструкціях з експлуатації АТЗ, чи відповідним положенням про ТО і ремонт. Отже, крім прямого використання АТЗ за призначенням, у їх життєвому циклі передбачено і виконання комплексу РОД у вигляді технічних обслуговувань, ремонтів, усунення відмов АТЗ на лінії тощо. Власне усе це спрямовано на забезпечення високої ефективності комерційної експлуатації АТЗ, безпеки транспортних процесів й отримало назву **технічна експлуатація автомобілів**. У сучасних умовах, аналогічно як і на інших видах транспорту, ТЕА розглядається як система, яка складається з відповідних елементів, має свою матеріально-технічну базу, виробників, управлінський персонал тощо.

На скільки важлива ТЕА свідчить те, що в усіх середніх і вищих технічних закладах (факультетах) автомобільного профілю вивчається дисципліна з однойменною назвою. Отож, **метою** вивчення цієї дисципліни є надання студентам знань і умінь та навиків із забезпечення працездатності АТЗ, високої ефективності їх використання за призначенням шляхом реалізації відповідного комплексу профілактичних РОД чи ремонтно-відновних робіт.

Для досягнення її розглядаються такі **завдання**, які полягають у вивченні:

нормальних і патологічних процесів в конструктивних елементах АТЗ, які приводять до погіршення (або втрати) їх експлуатаційних властивостей;

досягнення показників експлуатаційної надійності АТЗ, методів та способів і засобів їх визначення;

змісту Положення про технічне обслуговування та ремонт АТЗ;

технологій виконання різновидів РОД, різновидів способів та засобів їх реалізації;

особливостей організації технологічних процесів ТО і ремонту АТЗ на різних об'єктах ремонтно-обслуговувальної бази автомобільного транспорту.

Виходячи з мети і завдань дисципліни можна окреслити **предмет та об'єкти** вивчення її. **Предметом** вивчення дисципліни ТЕА є закономірності втрати працездатності автомобілями та їх конструктивними елементами у відповідних умовах і режимах їх використання, методи оцінки їх надійності та методи забезпечення працездатності. У вивченні цих предметів використовуватимуться основи таких фундаментальних наук як трибологія, теорія надійності машин, теорія імовірностей і математична статистика, теорія технічних систем та інші.

Серед **об'єктів** вивчення дисципліни – найперше АТЗ та їх конструктивні елементи; об'єкти РОБ; ремонтно-технологічне та діагностувальне обладнання, виробничники та інший персонал комплексу РОБ.

Питання для самоконтролю

1. Галузь транспорту України: місце автомобільного транспорту у господарському комплексі держави.
2. Перелік об'єктів інфраструктури автомобільного транспорту.
3. Означення “автомобільний транспортний засіб” та “дорожній транспортний засіб”.
4. Дайте пояснення поняттю “життєвий цикл машини”.
5. Охарактеризуйте основні етапи життєвого циклу АТЗ.
6. Класифікація АТЗ за призначенням та характером використання.
7. Що таке комерційна експлуатація АТЗ ?
8. Що таке технічна експлуатація АТЗ ?
9. Які завдання розглядає дисципліна “Технічна експлуатація автомобілів”?

1.2 Тенденції розвитку конструкцій автомобілів та їх технічної експлуатації. Основні проблеми в галузі ТЕА та методи їх розв'язання

Науково-технічний поступ в галузі вітчизняного автомобілебудування зумовив появу конструктивно складних АТЗ, порівняно з їх аналогами 10-20-річної давності. Впродовж уже понад десять років державні та приватні автопарки використовують велику частку закордонних автомобілів провідних фірм, які, незважаючи на конструктивну складність, широке використання електроніки, характеризуються порівняно високою надійністю і відмінністю у системах технічного обслуговування та ремонту. Відомо, що чим конструктивно складніша машина, тим, якщо не застосовувати високоміцних матеріалів, резервування окремих малонадійних елементів, електронних пристроїв для контролю технічного стану деталей, мастильних матеріалів тощо, тим нижчою надійністю вона характеризуватиметься. Ці тенденції мають, очевидно, безпосередній вплив як на використання автомобілів у транспортних процесах, так і на організацію виробничого та технологічного процесів ТО і ремонту АТЗ. У цьому зв'язку доцільним є розглянути перспективи розвитку конструкцій автомобілів з позицій їх ТЕА. Зосередимо увагу на тенденціях конструктивних змін як вітчизняних, так і закордонних АТЗ, їх основних агрегатів та вузлів окремо за вантажними та легковими, автобусами.

Спочатку про основні напрями розвитку конструкцій. Щодо вантажних автомобілів це: підвищення паливної ощадливості; широке використання електроніки; зменшення забруднення навколишнього середовища; підвищення конструктивної безпеки (активної і пасивної); підвищення надійності за рахунок використання нових матеріалів, технологій та інших заходів.

Проблема зниження витрат палива – це серйозна проблема як у нас, так і за кордоном. У ФРН транспорт витрачає 1/5 всієї енергії, яка споживається. У Великобританії, Франції автомобільним транс-

портом витрачається 30-40% нафтопродуктів, а у США ця частка сягає 50%.

Закордонні конструктори вантажних автомобілів зараз намагаються розв'язати проблему зменшення витрат не за рахунок докорінних змін конструкції, а шляхом вдосконалення окремих вузлів і використання прогресивних технологічних рішень. Основні напрями: зменшення маси автомобіля; зменшення аеродинамічного опору повітря; вдосконалення трансмісії (в т.ч. коробки передач); підвищення к. к. д. двигунів тощо.

. Практично це дає змогу отримати такі результати. За рахунок використання спойлерів вдається добитися економії палива на 4-9 %. Зменшення маси автомобіля або автобуса економить паливо у гірських умовах до 3 %. Зниження маси досягається використанням пластмас і легких сплавів на основі алюмінію та магнію, однак воно пов'язано з підвищенням вартості АТЗ. Наприклад, на вантажних автомобілях "Форд" перехід від традиційних матеріалів до нових дало зниження маси на 700-800 кг. Тут реалізовано такі рішення – капот з пластмаси (склопластику), двері – суцільнопластикові (32 кг економії). На автомобілях "Форд" марки CL-9000 з пластику виконана вся передня панель автомобіля. Широко використовуються і леговані сталі для виготовлення різних конструктивних елементів, однак обмежувальним чинником є ціна.

Досвід показує, що під час руху АТЗ за межами міста в рівнинних умовах основний чинник підвищення паливної ощадності – це зниження витрат у шинах, а також підшипниках ходової частини і трансмісії. Такі заходи, як перехід до використання радіальних шин знизили витрати палива на 5-10%. Ще 3% економії дає асиметричний рисунок протектору. Він знижує і шумність.

Тепер про принципи розвитку конструкції основних агрегатів закордонних вантажних автомобілів і автобусів.

Двигуни. Тут основний напрямок – продовження дизелізації, до чого прямуємо і ми. На 90% автомобілів середнього і малого класу 90-х років в США використовувались дизелі. На важких автомобілях тепер – повсюдно.

Головні напрямки розвитку конструкції дизельних двигунів такі:

1. Використання електронної системи впорскування палива
2. Використання комбінованої паливної системи. Це – поєднання карбюраторного і дизельного принципів: на низьких обертах працюють свічки запалювання, а при високих реалізується дизельний принцип.
3. Резонансна система впорскування палива. Для її реалізації у впускних магістралях підбираються ємності та довжини трубопроводів, що забезпечують подачу палива у режимі резонансу.
4. Використання наддуву в комбінації з додатковим охолодженням повітря. Це дає можливість підвищити густину паливної суміші.
5. Капсулювання двигунів. Цим досягається, передовсім, значне зменшення рівня шуму.
6. Зменшення розмірів форсунок. Це уможливорює обладнання додаткових каналів охолодження в головці блоку. Ефективне охолодження дає змогу підвищити питому потужність двигуна.

Трансмсія. Тут помітна тенденція до використання гідродинамічних передач (ГМП) та напівавтоматичних коробок передач (КП). Найбільш проявляється вона у конструкціях спеціального призначення – пожежних, будівельних, самоскидах. Хоча введення ГМП дещо підвищує витрату палива (за закордонними джерелами – на 8%). Але цей недолік намагаються компенсувати використанням електронних систем керування системою живлення. Широко використовуються ГМП на автобусах середнього та великого класу, які експлуатуються на міських маршрутах.

Передній міст. Тут найбільший інтерес представляє використання самоцентрувальних шворнів та підшипників ковзання з бронзи.

Ведучі мости. Новинками вважаються примусове змащування під тиском та використання подвійного очищення оливи. Останнє означає, що в картері створюються допоміжні екрани та магнітні уловлювачі, які затримують металічні продукти зносу в оливі.

Підвіска. Використовуються не тільки традиційні листові еліптичного типу ресори, але й комбіновані. У конструкціях останніх – лист з металу і декілька (наприклад, три) – з склопластику. Маса та-

ких ресор на 30 кг менша, що зменшує загальну масу АТЗ, а також покращує показники їх матеріаломісткості. Можна назвати і спроби використання на вантажних автомобілях підвісок з поперечними листовими ресорами (такий автомобіль був створений, наприклад, в Японії). Є також варіанти використання на вантажних автомобілях-фургонях спеціального призначення пневматичних підвісок (наприклад, фірми “Волво”, “Рено”). Найбільше використовуються пневматичні підвіски на автобусах великого та середнього класів. Перспективними напрямками є використання:

- а) підвищеного тиску, що дає змогу застосовувати пружні елементи малих розмірів;
- б) напрямних пристроїв з протиклювною дією (хоча це підвищує, як правило, металомісткість конструкції);
- в) електронних систем регулювання тиску в балонах підвіски та стабілізації кузова.

Кермове керування. Широко використовують кермові механізми з вмонтованими підсилювачами. На автомобілях середнього та важкого класу підсилювач є обов’язковим. Поряд з гідравлічним, використовуються також пневматичні підсилювачі. Вони показали достатню ефективність.

Гальми. Особливий інтерес являє собою використання на вантажних автомобілях дискових гальмових механізмів. Це зменшує масу і скорочує обсяг робіт з ТО і ПР. Барабанні гальмові механізми все більше виконують з автоматичними регуляторами зазору. Широкого застосування набуло використання замість кулачкових розтискачів клиновидних пристроїв.

Все більше країн (США, Швеція) у законодавчому порядку вигають АТЗ з антиблокувальними системами (АБС).

Щодо вибору типу гальмового приводу є такі тенденції. На вантажних автомобілях і автобусах малого класу використовується гідравлічний привід. При цьому з підсилювачами навіть на легких вантажних автомобілях і мікроавтобусах. На важкого і середнього класу автомобілях та автобусах переважає пневмопривід. Хоча є і винятки. Автобусобудівники ФРН віддають перевагу гідроприводові,

обладнаному розімкненою системою високого тиску, який створюється за допомогою додаткових насосів. Така система є досить складною і вимагає високої культури виробництва і обслуговування.

Основні напрямки розвитку конструкції пневматичного гальмового приводу:

- використання підвищеного тиску (до 0,1-0,2 і навіть до 0,25 МПа) в системі живлення приводу (для цього використовуються компресори, переважно двокаскадні; у робочій частині приводу тиск знижується до звичайного рівня 0,7 МПа);
- вдосконалення системи очищення і осушення повітря (використовуються традиційні осушники інерційного типу, абсорбційні пристрої; вводяться системи, які зменшують небезпеку замерзання конденсату за рахунок додавання у стиснене повітря спирту чи етиленгліколю).

Серед поширених напрямків розвитку конструкції гальмового механізму – використання сповільнювачів. Це підвищує ресурс основної гальмівної системи за рахунок збільшення довговічності гальмівних накладок. За кордоном зараз намагаються використовувати сповільнювачі електродинамічного типу, наприклад, так звана система "Тельма". Набули поширення і гідросповільнювачі. Вони являють собою комбінацію гальмівної системи з ГМП. Сповільнювачі використовуються переважно на важких вантажних автомобілях і автобусах, а також в умовах гір, дають ефект і в міському циклі.

Робоче місце водія. Тут зросло значення інформаційного забезпечення водія. Для цього широко використовується цифрова і звукова сигналізація. Крім цього, набули поширення анатомічні крісла та інші засоби підвищення комфорту водія. Зростає площа оглядовості за рахунок використання скла великих розмірів та раціоналізації виконання елементів кузова, кабіни (ті, що заважають оглядовості, виносяться за його межі). На зовнішніх дзеркалах використовують системи очищення і омивання. Бокове скло може мати обдування, що здійснюється за допомогою вентилятора або від повітря, що скеровується ззовні.

Велике значення має забезпечення пасивної безпеки водія. Для цього розробляються і впроваджуються нові бамперні системи, вдосконалюється конструкція кузова, засоби безпеки в кабіні (травмобезпечне кермо, подушки з нагнітанням повітря в момент удару тощо).

Тенденції розвитку закордонних легкових автомобілів. Серед багаточисельних характерними є:

- підвищення паливної ощадливості та зменшення інших витрат;
- зменшення шкідливого впливу на природне довкілля;
- підвищення конструктивної безпеки;
- покращення комфортних умов.

При цьому загальною тенденцією для американських легкових автомобілів вважається використання двигунів із збільшеним об'ємом і потужністю. У європейських автомобілів ці параметри є меншими. Щодо тенденцій розвитку конструкцій окремих агрегатів легкових автомобілів.

Двигуни. На західноєвропейських та японських автомобілях розширюється використання газорозподільчих систем з трьома ("Субару") та чотирма клапанами на циліндр. Все ширше використовуються системи електронного керування впорскуванням палива. В ФРН 20 % парку автомобілів мають такі системи. Наприклад, система "Бош" з роторно-пластинчастою помпою, в якій створюються коливання з частотою 1500 Гц, що різко поліпшує якість розпилювання палива (воно стає дрібнодисперсним).

Ще один напрямок – використання наддуву. Цим розв'язується проблема \perp утруднення режиму розгону АТЗ. З цією метою почали використовувати ротори з нових легких матеріалів і сплавів, спеціальні регулюючі клапанні системи в магістралі подачі робочої суміші. Крім цього, є спроби використання додаткового охолодження повітря, що створює можливості збільшення кута випередження запалювання і, таким чином, підвищення потужності. Продовжуються спроби створення автомобілів з високим та надвисоким коефіцієнтом стиску. В цьому напрямі працює фірма "Порше".

Зустрічається і таке рішення, як карбюратор з електронним керуванням. В ньому, наприклад, головний дозуючий пристрій – звичайний, а системи ялового ходу, пуску і прогріву двигуна виконані з електронним керуванням. Тобто застосовується гібрид традиційної та електронної систем. Це збільшує надійність системи живлення двигуна.

У європейських країнах, де дизельне паливо істотно дешевше від бензину (воно і екологічно чистіше), є великий попит на дизельні моделі легкових автомобілів. Їх частка становить приблизно 50-60%. Використовуються, в основному, швидкохідні дизелі з безпосереднім впорскуванням. На них встановлюють паливні системи високого тиску.

Трансмсія. Тут потрібно відзначити різницю концепцій залежно від класу автомобіля. На автомобілях особливо малого класу напрям покращення конструкції – перехід на п'ятиступінчасту коробку передач. Там, де використовуються ГМП (автомобілі середнього класу і вище) чотириступінчасті передачі поступово витісняють триступінчасті. В Японії і ФРН широко розповсюджені автоматичні КП, навіть на автомобілях особливо малого класу. Крім цього, у керуванні трансмісією широко використовується електроніка. Ведуться роботи щодо впровадження безступінчастих трансмісій. На легкових автомобілях продовжує розширюватись частка таких, що мають привід коліс з формулою 4×4. Набувають переважного поширення передньопривідні автомобілі, причому для всіх класів.

Гальмівна система. Практично завершується перехід до дискових гальмових механізмів. Можна відмітити все ширше застосування електронних систем керування гальмівною системою. Можна побачити і комбіновані системи електронного керування. Так, на автомобілях "Мерседес" встановлюється система, яка виконує функції АБС та перерозподілу крутного моменту між окремими колесами під час розгону.

Підвіска. Тут також почали появлятися електронні системи керування. В їх рамках здійснюється керування параметрами жорсткості підвіски на окремих колесах, демпфуючої сили, рівня кузова

(стабілізації його у поздовжній та поперечній площинах). Реалізація цих заходів пов'язана з удосконаленням елементної бази.

Кузов. Велика увага приділяється двом напрямкам – аеродинаміці та використанню нових матеріалів. Як і раніше, на закордонних легкових автомобілях багато додаткового обладнання (електропривід склопіднімачів, обігрівання вітрового скла, обігрівання та дистанційне керування положенням дзеркала заднього виду, системи кондиціонування повітря, дистанційне керування замками дверей). Таке обладнання широко використовується на автомобілях середнього класу провідних фірм США, Японії, Західної Європи.

Дещо про найновіші досягнення конструкторів і заводів-виготівників з випуску сучасних вантажних та легкових АТЗ. Шведська компанія “Сканія”, яка має представництво на Україні, постачає вантажні автомобілі класу G. Вони мають підвищену вантажність (тягнуть напівпричеп масою до 150 т). З 1998 року фірма застосовує на своїх тягачах дискові гальми з ЕВС (тобто система гальм з електронно-пневматичним керуванням). Конструктивна особливість таких гальм полягає в тому, що в разі пошкодження електронної системи вступають в дію традиційні пневматичні системи. Кабіна водіїв у цих автомобілів відрізняється вишуканою ергономікою і комфортом. Вона має складаний важіль перемикачів передач, пересувне (по горизонталі) сидіння водія, регульоване (до горизонтального положення) кермо тощо.

Фірма “Фольксваген” почала випускати оригінальні малолітражні (3,0 л) автомобілі “Лупо”, у яких використовується титан, алюміній, скловолокно, надміцні сталеві сплави. Автомобіль комплектується трициліндровим дизелем, з безпосереднім впорскуванням і з турбонаддувом. Невдовзі такі двигуни будуть найекономічнішими, бо споживатимуть лише 1-2 л палива на 100 км пробігу. А це означає, крім цього, зменшення забруднення природного довкілля. Адже уже зараз Європа збирається обмежити вміст CO₂ у відпрацьованих газах із 186 г на 1 км до 140 г.

Щодо комп'ютеризації АТЗ. Так, наприклад, концерн BMW сконструював для малого автомобіля “Smart” багатофункціональний

комп'ютерний пристрій, який керує роботою двигуна та коробки передач. Це дало змогу створити двигун масою лише 59 кг. Цьому сприяло також застосування нових композитних матеріалів. Відомо також що деякі європейські фірми розпочали випуск так званих секвентальних трансмісій, які працюють без педалі зчеплення і керуються з допомогою мікропроцесорів. При цьому перемикання передач здійснюється автоматично ступінчасто, так, як у мотоциклів. З'явилися легкові автомобілі з підвісками, що сконструйовані за еластокінематичними схемами, роботою яких керує електроніка. Різновидом їх є адаптивні системи керування підвісками, які у реальному часі змінюють їх жорсткість і дорожній просвіт залежно від дорожніх обставин.

З'явилися (у Японії) глибоко інтегровані електронні системи контролю за роботою двигуна – так звані тримірні карти випередження запалення, які підтримують взаємозв'язок кута випередження з впускним суміші і токсичністю випуску. Європейці почали застосовувати складні системи впуску із змінною геометрією, яка передбачає наповнення циліндрів сумішшю із застосуванням резонансного наддуву. При цьому на різних режимах роботи двигуна довжина випускних колекторів повинна бути різною, що забезпечується резонансними камерами, додатковими трубопроводами. Усе це згладжує нерівномірність змін крутного моменту й цим самим економить витрату палива.

Тепер коротко про **найближчі перспективи** розвитку конструкцій вітчизняних АТЗ. Вони наступні:

1. Очікується ширше використання дизельних двигунів на вантажних автомобілях і автобусах середньої та великої місткості. Їх в найближчий час повинно бути не менше 40-50% від загальної кількості. Вантажообіг на них буде становити не менше 60%.

2. Використання стисненого та скрапленого газів не тільки на карбюраторних, але і на дизельних двигунах.

3. Застосування в конструкції автомобілів додаткових пристроїв для економії палива (електронне керування подачею палива з використанням інжекторного упорскування бензину, примусове від-

ключення окремих циліндрів, пристрої безперервного контролю витрат палива), використання тепла охолоджувальної рідини і відпрацьованих газів, використання автоматичних коробок передач, установка редукторів задніх мостів з декількома передатними відношеннями, пристрої для контролю роботи АТЗ і фіксації його завантаження.

4. Використання агрегатів, механізмів, які підвищують комфортабельність перевезень, збереження вантажу, механізацію навантажувально-розвантажувальних робіт (кондиціонери для південних умов, пневматичне підресорювання тощо). Покращити умови на міських автобусах можуть такі пристрої, як ліфти-площадки для інвалідів. Зауважимо, що поява додаткового обладнання на автомобілях та автобусах частково ускладнить проведення ТО та збільшить обсяги ПР. Для виконання цих робіт треба використовувати нове технологічне обладнання, додаткові пристрої.

5. Захист водія, пасажирів, пішоходів і персоналу, який обслуговує АТЗ. В цьому напрямку будуть вдосконалюватись конструкції окремих вузлів і агрегатів, підвищуватись показники їх ремонтпридатності. Повинні стати досконалішими системи автомобіля, які формують його активну та пасивну безпеки. Наприклад, слід очікувати встановлення бамперних систем, що відповідають європейським нормам з пасивної безпеки. Повинен бути дієвішим контроль за хімічним складом відпрацьованих газів автомобіля. Будуть здійснені заходи з покращення шумоізоляції.

6. Ширше використання автомобілів, розроблених з урахуванням особливостей категорій умов їх експлуатації. Це автомобілі у гірському виконанні, підвищеної прохідності, спеціалізовані автомобілі, в тому числі і для сільського господарства та сільської місцевості.

7. Для легкових автомобілів основним новим конструктивним впровадженням вважається перехід до передньопривідного виконання трансмісії. Крім цього, планується використання для них дизельних двигунів.

Зміни, які чекають вітчизняні автомобільні парки. Прогнозується істотне підвищення питомої частки автомобілів особливо малого та

малого класів і зниження частки автомобілів середнього класу. Вони будуть, як правило, передньопривідними. Робота на таких невеличких автомобілях буде організована за принципом суміщення професій водія, експедитора і оператора із завантаження-розвантаження.

Повинна зрости частка причіпного складу. Передбачається, що значно збільшиться кількість спеціалізованих автомобілів – головним чином фургонів, в тому числі і рефрижераторів, цистерн і автомобілів, що обладнані перевантажувальними пристроями. В автобусних парках повинна зрости частка автобусів особливо малого та малого класів.

Підтримання працездатного стану АТЗ та відновлення їх ресурсу – непроста виробнича задача господарського комплексу країни. З цього приводу існує **шість основних проблем**, пов'язаних з технічною експлуатацією АТЗ.

Першою і, фактично, найважливішою є **підвищення експлуатаційної надійності АТЗ** до нормативних рівнів. Очевидно, що головним шляхом розв'язання цієї проблеми повинна бути відповідна державна технічна політика, спрямування автомобілебудування на випуск високонадійних АТЗ. Це з одного боку. З іншого – важливим також вважається застосування методів, способів та засобів технічної експлуатації АТЗ, створення оптимальної мережі об'єктів РОБ автомобільного транспорту (майстерень, цехів, заводів, станцій та пунктів ТО і ремонту АТЗ). До розв'язання цієї проблеми має відношення радикальне підвищення якості і мережі автомобільних доріг у державі.

Другою за важливістю проблемою ТЕА є **зниження затрат праці на утримання АТЗ** впродовж їх терміну служби. Відомо, що надійність колишніх вітчизняних АТЗ була і залишається такою, що затрати праці на збереження працездатності їх впродовж усього терміну служби у декілька (7-8 разів) перевищують затрати праці на їх виготовлення. Для прикладу, на обслуговування і поточні ремонти автомобіля ЗИЛ-130 за весь його нормативний термін служби (10 років) витрачається 3160 люд.-год. або 85,5% загальної трудомісткості забезпечення працездатності і виготовлення (на капітальний

ремонт – 406 люд.-год. або 11%). У цей час на його виготовлення витрачається всього 128 люд.-год або 3,5%. Такий стан зумовлює потребу утримання одного слюсаря-ремонтника на 3-5 вантажних АТЗ та 1-2 автобуси.

Очевидно, що проблему потрібно розв'язувати шляхом зниження затрат ручної праці, її механізацією, автоматизацією, збільшенням пробігів АТЗ між ТО і ремонтами через підвищення їх надійності та рівня експлуатації.

Третя проблема – це **скорочення споживання АТЗ паливно-енергетичних ресурсів**. Відомо, що на споживання АТЗ країни припадає приблизно 50% загального обсягу споживання господарським комплексом світлих нафтопродуктів. Зокрема щодо бензину, то його частка становить 65%, дизельного палива – 35%. Економії палива на автомобільному транспорті можна досягнути як своєчасним і правильним регулюванням чинної паливної апаратури АТЗ, так і застосуванням у їх конструкціях принципово нової, керованої електронікою, а також використанням нетрадиційних палив, в тому числі газів (стиснених та зріджених).

Четверта проблема ТЕА – **скорочення обсягів споживання інших видів матеріальних ресурсів**, зокрема запасних частин, ремонтно-технологічних матеріалів (електроди, зварний дріт, карбід кальцію, технологічні рідини – мийні розчини, електроліти тощо). Для прикладу, якщо легковий автомобіль-таксі на пробігу 100-150 тис. км споживає умовно 100% запчастин, то на пробігу до 50 тис. км на забезпечення його працездатності витрачається 12% цього умовного обсягу запчастин, на пробігу 150-200 тис. км – 166%, 200-250 тис. км – 456%, 300-350 тис. км – 686%. Тобто при збільшенні пробігу цих АТЗ у 2 рази витрати запчастин збільшуються у майже 7 разів. З цієї статистики можна зробити висновок про можливі шляхи споживання запчастин – своєчасна заміна зношених та конструктивно недосконалих АТЗ. А звідси такий висновок – недопущення в експлуатації таких недосконалих конструкцій АТЗ. Тут мають значення і раціональні методи обліку та розподілу запасних частин, підвищення якості їх виготовлення.

П'ята проблема пов'язана із **забрудненням природного довкілля під час експлуатації АТЗ** (комерційної та технічної). Відомо, що середньостатистичний автомобіль, проходячи за рік в середньому 10 тис. км, викидає в атмосферу 370 кг оксиду вуглецю, 110 кг вуглеводнів, 20 кг оксидів азоту та сірки і 2 кг сажі. Це в разі, якщо справна система живлення і випуску. Якщо вона несправна, то, як показують результати спеціальних досліджень, викиди шкідливостей у випускних газах збільшуються у 2-7 разів. Не важко підрахувати загальні обсяги викидів шкідливостей від усього парку АТЗ, наприклад нашої області чи держави.

Крім таких забруднень, автомобілі є джерелом викидів у природне довкілля (атмосферу, ґрунт, водний басейн) особливо канцерогенних сполук від зношування протекторів шин, а також відпрацьованих мийних розчинів, інших відходів ТЕА. У цьому зв'язку стають очевидними шляхи подолання цієї непростой проблеми. Це, і застосування нетрадиційних паливно-мастильних матеріалів, вдосконалення системи приготування і регулювання паливної суміші, уведення у конструкцію випускної системи допалювачів-каталізаторів, посилення екологічного контролю тощо.

Шоста, остання, проблема – пов'язана з ТЕА АТЗ – **підвищення безпеки використання** останніх з позицій як неущкодження їх, так і не травмування пішоходів, пасажирів. Визначальну роль при цьому відіграє технічний стан АТЗ. Відомо, що майже 10% дорожніх транспортних пригод в Україні стається з причин несправності транспортних засобів. Виходячи з наведеного, завданням ТЕА є недопущення випуску на лінію технічно несправних АТЗ, посилення контролю за технічним станом їх не лише з боку технічної служби автотранспортних підприємств, але й самих водіїв.

Питання для самоконтролю

1. Загальна характеристика тенденцій у конструкціях трансмісій, підвісок, кермового керування та гальмової системи вантажних АТЗ.
2. Тенденції розвитку конструкцій закордонних легкових АТЗ.
3. Тенденції розвитку конструкцій вітчизняних АТЗ і вплив їх на структуру та технологічні процеси ТЕА.
4. Охарактеризуйте проблему у галузі автомобілебудування і ТЕА “підвищення надійності АТЗ до нормативних рівнів”. Методи її розв’язання.
5. Охарактеризуйте проблему у галузі автомобілебудування і ТЕА “скорочення обсягів споживання паливно-енергетичних ресурсів”. Методи її розв’язання.
6. Охарактеризуйте проблему у галузі автомобілебудування і ТЕА “зниження рівня забруднення природного довкілля”. Методи її розв’язання.

1.3 Взаємообумовленість між робочими та руйнівними процесами в агрегатах автомобілів

З усього викладеного вище виходить, що кожна із проблем у тій чи іншій мірі пов’язана з технічним станом АТЗ. Він, очевидно, не постійна величина і обумовлений дією на АТЗ багатьох чинників, особливостями проходження в них відповідних процесів. Розглянемо усе за порядком.

Щодо процесів, які проходять в АТЗ. Вони поділяються на **робочі, допоміжні та руйнівні**. Між ними є тісні зв’язки і взаємодії.

Робочі процеси – це корисні процеси, які визначають функціонування автомобіля в цілому та його конструктивних елементів (деталей, вузлів, механізмів, агрегатів, систем). До них належать процеси приготування паливної суміші; процеси перетворення хімічної енергії палива, під час його згоряння у теплоту; перетворення теплової енергії у механічну обертання колінчастого вала; процеси передачі та трансформування механічної енергії; процеси кочення ав-

томобільного колеса, поглинання енергії підвіскою, зокрема, амортизаторами, яка виникає в результаті дії на колесо зовнішніх перешкод; процеси перетворення кінетичної енергії рухомого АТЗ у теплову під час гальмування. Отже, робочі процеси призначені для надання АТЗ його основних експлуатаційних властивостей.

Допоміжні процеси не створюють відповідних експлуатаційних властивостей, однак сприяють нормальному проходженню робочих процесів, а також забезпечують можливість їх проходження. До допоміжних належать процеси охолодження двигуна. Без примусового охолодження його, робочі процеси стануть нездійсненними. Цього, до речі, не врахував у своїй моделі двигуна, в якому суміш займалася від стиску, німецький винахідник Рудольф Дизель. Перші моделі довго не працювали через перегрів, надмірні об'ємні та лінійні розширення деталей і тому виходили з ладу. До цих же процесів належать мащення поверхонь спряжень, які працюють в режимі тертя, процеси автоматичного керування параметрами робочих процесів, наприклад, згоряння паливної суміші, способом регулювання кута випередження запалення або моменту впорскування палива, регулювання якісного складу суміші, величини крутного моменту, який подається до коліс автомобіля, гальмових сил тощо.

Руйнівні процеси – це такі, проходження яких зумовлює погіршення технічного стану АТЗ і, як наслідок, втрату показників експлуатаційних властивостей. Вони, звісно, будуть цікавити нас у першу чергу, оскільки мета ТЕА – підтримання технічного стану АТЗ на нормативному рівні шляхом сповільнення цих руйнівних процесів. Загальновідомо, що, якої б досконалої конструкції не використовувався автомобіль, в результаті проходження робочих та допоміжних процесів деталі його агрегатів, вузлів та систем з часом зношуються, старіють, ржавіють, втомлюються, втрачаючи свої геометричні параметри та фізико-механічні властивості. А це означає погіршення технічного стану АТЗ. Отже, між робочими, допоміжними і руйнівними процесами є взаємозв'язки, які проявляються з ростом тривалості експлуатації АТЗ.

Нехай показник ε відображає зміну в часі t показників його експлуатаційних властивостей. Очевидно, що функція $\varepsilon(t)$ є спадною криволінійною (рис. 1.1) в результаті дії на робочі процеси руйнівних. У цей же час, якщо на початку експлуатації АТЗ показник R , що характеризує зношеність АТЗ, дорівнював нулеві, то за час t він набуває криволінійної зростаючої тенденції $R(t)$.

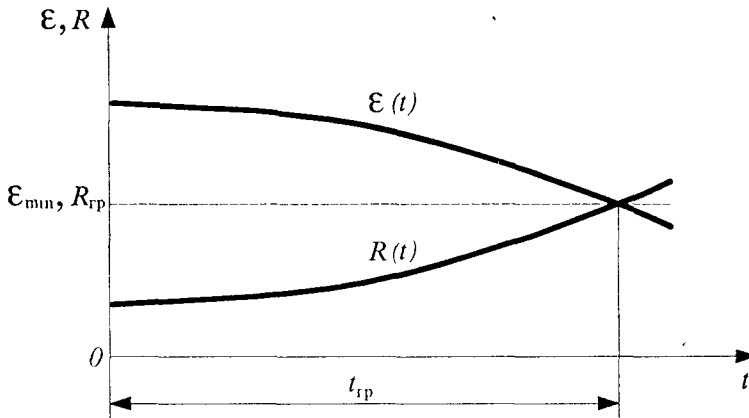


Рис. 1.1. Графічна інтерпретація взаємозв'язків між проходженням робочих, допоміжних та руйнівних процесів у машинах

Якщо технічними умовами на безпечну експлуатацію АТЗ встановлено граничне значення показника його технічного стану $R_{гр}$, при досягненні якого використання його за призначенням повинно бути припинене, то таким чином отримують граничний термін використання $t_{гр}$. У точці $t_{гр}$ робочі процеси характеризуються мінімальною ефективністю ε_{min} .

З метою видовження часу $t_{гр}$ через певні проміжки часу $t_{пер}$ для АТЗ виконують відповідні профілактичні ремонтно-обслуговувальні дії, під час яких виконуються регулювання, зміна зношених деталей на нові, ремонт та відновлення їх. В результаті – покращується технічний стан АТЗ (стрибок ΔR вниз) і підвищується ефективність робочих процесів (стрибок $\Delta \varepsilon(t)$ догори) (рис. 1.2).

Очевидно, що виконанням з відповідно обґрунтованою періодичністю $t_{пер}$ РОД отримуємо видовження терміну служби АТЗ ($t_{гр.теа} > t_{гр}$). Забігаючи наперед, зазначимо тут, що, якщо через певний

$t_{\text{пер}}$ виконуються лише регулювальні роботи, то стрибок ΔR чи $\Delta \epsilon$ буде незначним і відповідно подальший перебіг кривих буде із значним підйомом чи спаданням. Якщо ж виконуються у цих періодах $t_{\text{пер}}$ заміни зношених деталей, їх ремонт чи відновлення, стрибки ΔR і $\Delta \epsilon$ більші, а поведінка подальших кривих пологіша.

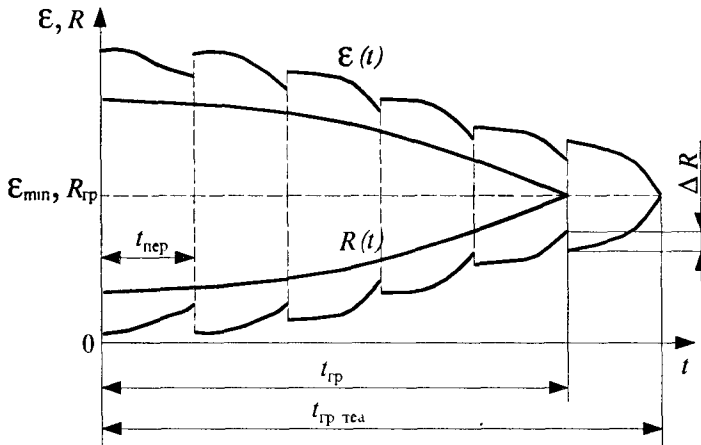


Рис. 1. 2. Графічна інтерпретація взаємозв'язків між проходженням робочих та руйнівних процесів за умов виконання профілактичних РОД

У першому разі виконують ТО $\Delta \epsilon(t)_{\text{мо}}$, у другому – ремонт АТЗ $\Delta \epsilon(t)_{\text{р}}$ (рис. 1.3). У відповідних умовах та режимах експлуатації АТЗ, для їх різних видів перебіги зміни цих залежностей характеризуються різними інтенсивностями. Вони залежать, у першу чергу, від ступеня впливу таких чинників як інтенсивність зношування пар тертя, старіння деталей їх деформацій тощо. Вони, як відомо, належать до таких, які викликають поступові відмови АТЗ чи їх агрегатів. Крім цього, існує категорія чинників (втрата міцності матеріалів деталей, їх поверхневе та об'ємне руйнування через дефекти у їх виготовленні чи порушенні режимів експлуатації), вплив яких на працездатність АТЗ носить непрогнозований характер, що призводить до раптових відмов. Ці дві групи чинників визначають фактично рівень технічного стану АТЗ. Для характеристики їх впливу використовують функцію ймовірності безвідмовної роботи автомобілів, чи їх окремих агрегатів (механізмів, спряжень)

$$F(t) = 1 - [1 - F_1(t)][1 - F_2(t)], \quad (1.1)$$

де $F_1(t)$, $F_2(t)$ – імовірності безвідмовної роботи АТЗ при діях чинників, які зумовлюють, відповідно, поступові та раптові їх відмови.

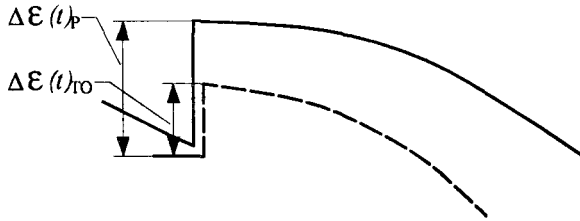


Рис. 1. 3. Перебіг змін робочих процесів в АТЗ за умови виконання його ТО та ремонту

Якщо встановлені закономірності розподілів цих відмов як випадкових величин, то, користуючись цим виразом, можна оптимізувати (за критерієм забезпечення нормативних значень імовірності безвідмовної роботи (ІБР) автомобілів та їх окремих агрегатів) періодичність РОД для конкретних умов та режимів експлуатації АТЗ. Встановлено, наприклад, що розподіл імовірності безвідмовної роботи легкових АТЗ за поступових їх відмов підпорядкований гамма-законові, а за раптових – експоненційному з відповідними густинами функцій

$$f_1(t) = \frac{1}{(r-1)!} \omega^r t^{r-1} e^{-\omega t}; \quad f_2(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad (1.2)$$

де r – кількість відмов (виходів з ладу агрегатів АТЗ) за період часу t , що розглядається (наприклад, між проведенням суміжних РОД); ω – параметр потоку відмов агрегатів; λ – інтенсивність раптових відмов агрегатів АТЗ. Тоді функція зміни технічного стану АТЗ, або ж імовірність їх безвідмовної роботи набуде вигляду

$$F(t) = 1 - \left[1 - \sum_{k=1}^{r-1} \frac{(\omega t)^k}{k!} e^{-\omega t} \right] \cdot (1 - e^{-\lambda t}), \quad (1.3)$$

тут k – поточні цілі значення відмов агрегатів АТЗ.

Знаючи нормативні (допустимі) межі імовірності безвідмовної роботи окремих агрегатів АТЗ, тобто ліву частину наведеного виразу, знайдені попередніми дослідженнями (наприклад, за попередній рік) значення ω та λ , визначають необхідну, оптимізовану, періодичність t виконання ремонтно-обслуговувальних дій щодо АТЗ чи його агрегатів.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте робочі, допоміжні та руйнівні процеси в агрегатах АТЗ.
2. Проілюструйте графіком і прокоментуйте на прикладі окремого агрегату АТЗ взаємообумовленість між робочими та руйнівними процесами.
3. Якими функціями описуються проходження поступових та раптових руйнівних процесів в агрегатах АТЗ ?
4. Якими ремонтно-обслуговувальними діями можна досягнути більшого або меншого відновлення втрачених (через проходження руйнівних процесів) ?
5. Які характерні тенденції змін (залежно від пробігу АТЗ) показників, котрими оцінюють робочі та руйнівні процеси ?
6. Дайте характеристику взаємозв'язків між робочими та руйнівними процесами.
7. Якими діями можна видовжити тривалість експлуатації АТЗ до настання граничного стану їх деталей?
8. Яку роль відіграють допоміжні процеси у проходженні робочих та руйнівних?
9. З використанням яких закономірностей відмов АТЗ можна оптимізувати періодичність РОД?

1.4 Характеристика та аналіз причин втрати працездатності автомобілів

1.4.1. Загальна характеристика властивості динамічності АТЗ та тенденція її змін. Щоб докладніше оцінити взаємозв'язок між робочими та руйнівними процесами в автомобілях, зупинимося спочатку на характеристиці їх експлуатаційних властивостей, які визначаються рівнем проходження робочих процесів. З курсу "Теорія автомобіля" відомо, що ефективність його використання проявляється через 11 експлуатаційних властивостей: динамічність (тягова і гальмова), керованість, стійкість, прохідність, плавність ходу, паливна ощадливість, міцність, надійність, пристосованість до завантаження-розвантаження, пристосованість до ТО і Р. Розглянемо коротко характеристику найголовнішої з них – динамічності.

Під **динамічністю АТЗ** розуміють його властивість перевозити вантажі і пасажирів з максимально можливою і безпечною швидкістю у відповідних реальних дорожніх експлуатаційних умовах. Чим у вищій мірі проявляється ця властивість, тим менше часу витрачається на основну компоненту транспортних процесів – безпосередньо рух АТЗ, – тим з більшим ефектом його використовують, тобто, тим більша його продуктивність. Динамічність АТЗ взагалі проявляється через тягові та гальмові його властивості, які оцінюються такими показниками.

Тягова динамічність – максимально можлива швидкість; максимальні коефіцієнти опору дороги, який долає АТЗ на 1-й та вищих передачах; динамічний чинник (відношення колової сили на колесах АТЗ до його маси); тривалість і шлях розгону; максимальне прискорення при розгоні.

Гальмова динамічність – гальмовий шлях; максимальна гальмова сила; нерівномірність розподілу її між бортами АТЗ; максимальне сповільнення.

На прояв властивості динамічності АТЗ при його нормативному технічному стані у найбільшій мірі впливають умови експлуатації, які характеризуються, у свою чергу, дорожніми, рельєфними та

транспортними умовами. Цей вплив можна проілюструвати зміною нормативного коефіцієнта швидкості АТЗ, який дається у класифікації категорій умов експлуатації (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Вплив дорожньо-транспортних умов експлуатації АТЗ на їх динамічність

Умови експлуатації	Назва ознаки	Класифікаційна ознака	Межі зміни класифікаційної ознаки	Коефіцієнт зміни швидкості АТЗ
Дорожні	Відмінні	Коефіцієнт сумарного опору коченню, тип і стан покриття	0,014-0,018	1,00-0,80
	Добрі		0,018-0,022	0,80-0,63
	Задовільні		0,022-0,028	0,63-0,50
	Погані		0,028-0,034	0,50-0,41
	Бездоріжжя		0,034-0,042	0,41-0,33 і менше
Рельєфні	Рівнинний	Ухил профілю дороги, %	0,0-2,2	1,00-0,80
	Хвилястий		2,2-3,7	0,80-0,63
	Пагорбкуватий		3,7-4,9	0,63-0,50
	Низькогірний		4,9-5,8	0,50-0,41
	Гористий		5,8-6,5 і більше	0,41-0,33 і менше
	Гори низькі	Висота над рівнем моря, м	0,00-1700	1,00-0,80
Гори середні	1700-2900		0,80-0,63	
Гори високі	2900-3700		0,63-0,50	
Транспортні	Легкі	Інтенсивність руху АТЗ, авт./год.	0,00-1100	1,00-0,80
	Середні		1100-1900	0,80-0,63
	Скрутні		1900-2500	0,63-0,50
	Важкі		2500-3000	0,50-0,41
	Критичні		3000-3400 і більше	0,41-0,33 і менше

Очевидно, що основним чинником, який зумовлює зниження показників динамічності АТЗ, є фактичний технічний стан його відповідних агрегатів, систем та механізмів. Стосовно до автомобіля під **технічним станом** його потрібно розуміти сукупність змінних в процесі виробництва та експлуатації його властивостей, які характеризуються на певний момент часу ознаками, встановленими технічною документацією. По-іншому – це ступінь відповідності механізмів, вузлів та агрегатів, систем та приладів АТЗ відповідним нормам, які встановлюються правилами технічної експлуатації. У Зако-

ні України “Про дорожній рух” регламентується, що технічний стан АТЗ у частині, яка “...стосується безпеки дорожнього руху та охорони навколишнього середовища, має відповідати правилам, нормативам і стандартам, затвердженим у встановленому порядку”.

Щодо тягової динамічності АТЗ, то її показники визначаються рівнем технічного стану, у першу чергу, двигуна, зокрема ступенем зношеності деталей ЦПГ і клапанного механізму. На показники гальмової динамічності має безпосередній вплив технічний стан деталей та спряжень як гальмового механізму, так і приводу його гальмівної системи АТЗ. Встановлено, що, чим більший пробіг АТЗ від початку його експлуатації, чи від після останніх РОД, тим у більшій мірі зношені деталі цих агрегатів і механізмів й тим у меншій мірі проявляються ці найважливіші його експлуатаційні властивості. Отже, знижуються показники КЕА, безпека руху АТЗ. Встановлено, що знос та руйнування дорожнього покриття знижує пробіги на відмови автомобілів на 14-33%. Транспортні умови впливають, передовсім, на режим руху АТЗ й відтак – на режим його роботи. Відомо, що режим руху вантажівок у містах відрізняється від режимів позаміського руху (за умови однакової якості дорожніх покриттів). Швидкість руху у першому випадку на 50% менша, а середня частота обертання колінчастого валу ДВЗ на 130-136% більша; кількість перемикачів передач більша у 3,0-3,5 рази; питома робота тертя у гальмових механізмах більша у 8,0-8,5 разів; пробіг по криволінійних траєкторіях більший у 3,0-3,5 разів порівняно з позаміськими транспортними умовами.

Очевидно, що погіршення технічного стану будь-якого іншого агрегату, системи чи механізму АТЗ має такий самий негативний вплив на показники КЕА. Щодо впливу на технічний стан автомобілів (й рівень прояву їх експлуатаційних властивостей) інших чинників – природно-кліматичних та сезонних. Природно-кліматичні умови, як відомо, характеризуються температурою повітря, його вологістю, силою вітру, рівнем сонячної радіації. Вітер впливає на темпи охолодження оливок та рідин систем охолодження ДВЗ. Встановлено, що ріст швидкості вітру до 10-12 м/с зумовлює інтенсифікацію охо-

лодження технологічних рідин у 2,5-3,0 рази порівняно з безвітрям. Сезонні ж умови пов'язані із зміною температури довкілля та дорожньо-транспортних умов (зміна вмісту вологи, порошу, бруду, якості дорожнього покриття). В результаті, якщо літній сезон взяти за 100%, то в осінній та зимовий періоди зменшуються пробіги АТЗ на відмови до, відповідно, 88 та 77%.

За умови поступових (не раптових) відмов АТЗ зміну параметра Y , який характеризує технічний стан його на пробігу l , добре описують функції двох видів:

раціональна функція n -го порядку

$$Y = a_0 + a_1l + a_2l^2 + a_3l^3 + \dots + a_nl^n; \quad (1.4)$$

або степенева

$$Y = a_0 + a_1l^b, \quad (1.5)$$

тут a і b – коефіцієнти, які характеризують інтенсивність зміни параметрів технічного стану АТЗ.

Наприклад, закономірність зміни параметру технічного стану гальмівної системи (зазор між фрикційними накладками та поверхнями барабанів чи дисків) апроксимується лінійним рівнянням виду:

$$Y = a_0 + a_1l, \quad (1.6)$$

де a_0 – початковий (номінальний) зазор між поверхнями; a_1 – інтенсивність зміни цього зазору з ростом пробігу l АТЗ.

З позицій дотримання у допустимих (нормативних) межах конструктивно-технологічних параметрів АТЗ, які забезпечують якісні показники усіх його експлуатаційних властивостей (якісний технічний стан), спеціально створена та існує в державі технічна експлуатація автомобілів на основі системи технічного обслуговування та ремонту. Для забезпечення працездатності та ресурсу ця система передбачає проведення комплексу планово-запобіжних профілактичних РОД, аварійних ремонтно-відновних робіт, а також, так званих капітальних ремонтів АТЗ та його агрегатів.

1.4.2. Вплив техніко-технологічних та експлуатаційних чинників на втрату працездатності АТЗ. Необхідно враховувати причини, які викликають цю втрату. Причини ж, як відомо, пов'язані із впливами на машину різних видів енергії (механічної, хімічної, теплової, радіаційної тощо), в результаті чого порушуються початкові параметри,

які характеризують робочі процеси машини. Внаслідок дії цих енергій у матеріалах деталей та на їх поверхнях розвиваються процеси зношування, корозії, повзучості, деформації, що зумовлюють втрату міцнісних характеристик цих матеріалів. Виникають також пошкодження у вигляді тріщин, погнутостей, надмірного поверхневого зносу деталей тощо. Усі ці негативні наслідки приводять до того, що з часом t початкові робочі параметри втрачають свої первинні значення, характеризуючи, таким чином, технічний стан кожного конструктивного елемента відповідною функцією $X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)$. Маючи ці функції, оцінюють відповідними показниками надійність елементів, або машини в цілому для конкретного моменту часу t , що розглядається: імовірність безвідмовної роботи $P(t)$; коефіцієнт запасу надійності K_n , ресурс T_p . Схема причинно-наслідкових зв'язків при взаємодії машини із середовищем, з позицій втрати нею первинно закладених параметрів, зображена на рис. 1.4.

Якщо розглядати машину умовно як систему автоматичного регулювання, то енергетичні впливи на неї з боку довкілля, робочих процесів у них, під час ТО і Р, потенційної енергії, закладеної при виготовленні, слід розділити на такі, що проходять: а) швидко; б) з середньою швидкістю; в) повільно. Кожен з них супроводжується, відповідно: а) вібраційними змінами в умовах та режимах тертя і зношування; б) температурними деформаціями, зносами швидкозносних елементів; в) нормальним зносом, корозією, реологічними змінами матеріалів, з яких виготовлені деталі (рис. 1.5.).

Конкретним прикладом взаємозв'язків між впливами різних процесів на параметри деталей, які формують параметричну надійність АТЗ, може бути структурна схема, яка ілюструє ці взаємовпливи, на прикладі ДВЗ (рис. 1.6).

Залежно від того, яка інтенсивність енергетичного впливу на машину, процеси (руйнівні) можуть призводити до пошкоджень її (руйнувань, втрати працездатності), до змін початкових параметрів у допустимих межах або поза ними. Якщо машина втрачає працездатність, йдеться про її відмову і неможливість виконувати свої функції, якщо не втрачає і змінене значення початкового параметра у допустимих межах ($X_1(t) < [X_1]$; $X_2(t) < [X_2]$, ... , $X_n(t) < [X_n]$),

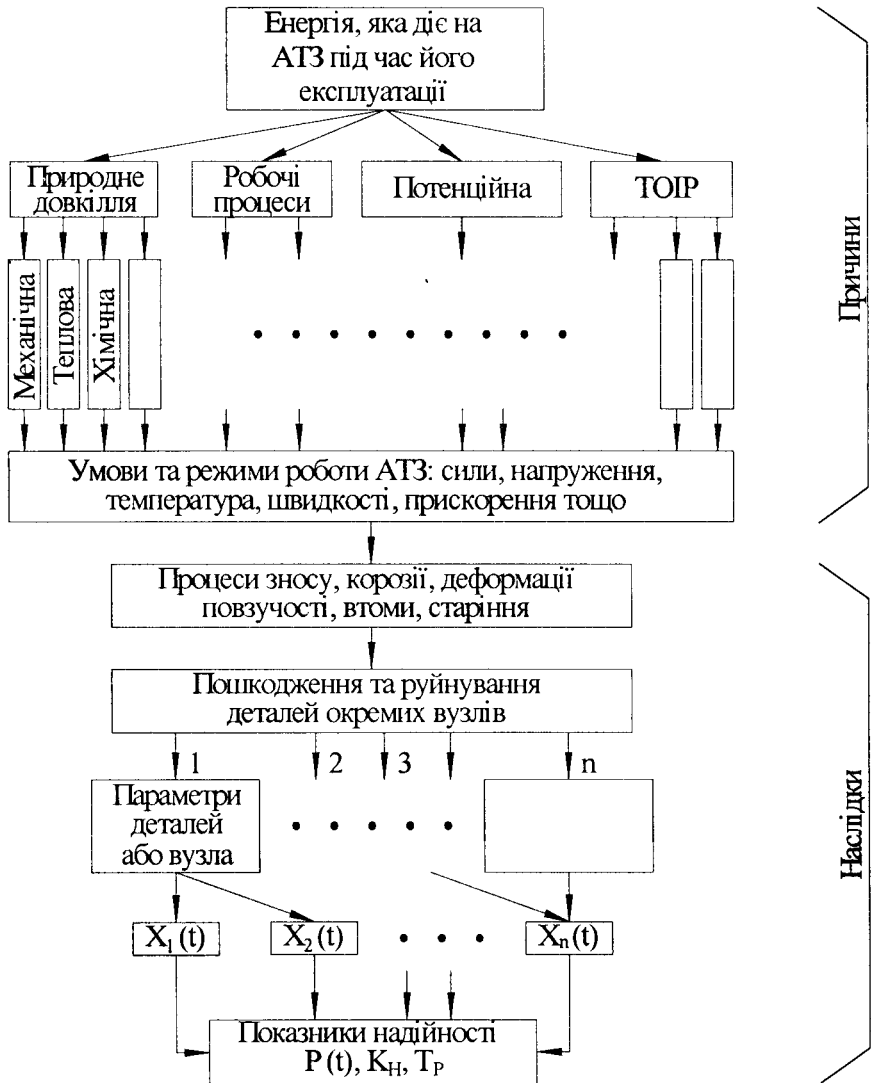


Рис. 1.4. Схема причинно-наслідкових зв'язків у формуванні показників експлуатаційної надійності АТЗ



Рис. 1.5. Взаємозв'язок між внутрішніми процесами в АТЗ під час дії на них зовнішніх чинників

відмова її не настає і використання машини за призначенням продовжується. Блок-схема виникнення можливих станів з машиною зображена на рис. 1.7.

Для багатьох елементів машин експлуатація їх здійснюється до її відмови або впродовж інтервалу часу T_0 , коли забезпечується задана ймовірність безвідмовної роботи. Після цього виконуються відповідні профілактичні роботи (ТО і Р), якими відновлюють працездатність, і машина знову експлуатується.

Перебіг процесу із втратою машиною працездатності через відмови її елементів зображено на рис. 1.8 а. Нехай X – один із параметрів, який характеризує працездатність АТЗ і оцінюється показником a (наприклад, фактична потужність ДВЗ чи динамічний показник), а δ – та допустима частина його, на яку може змінюватися параметр без порушення працездатного стану.

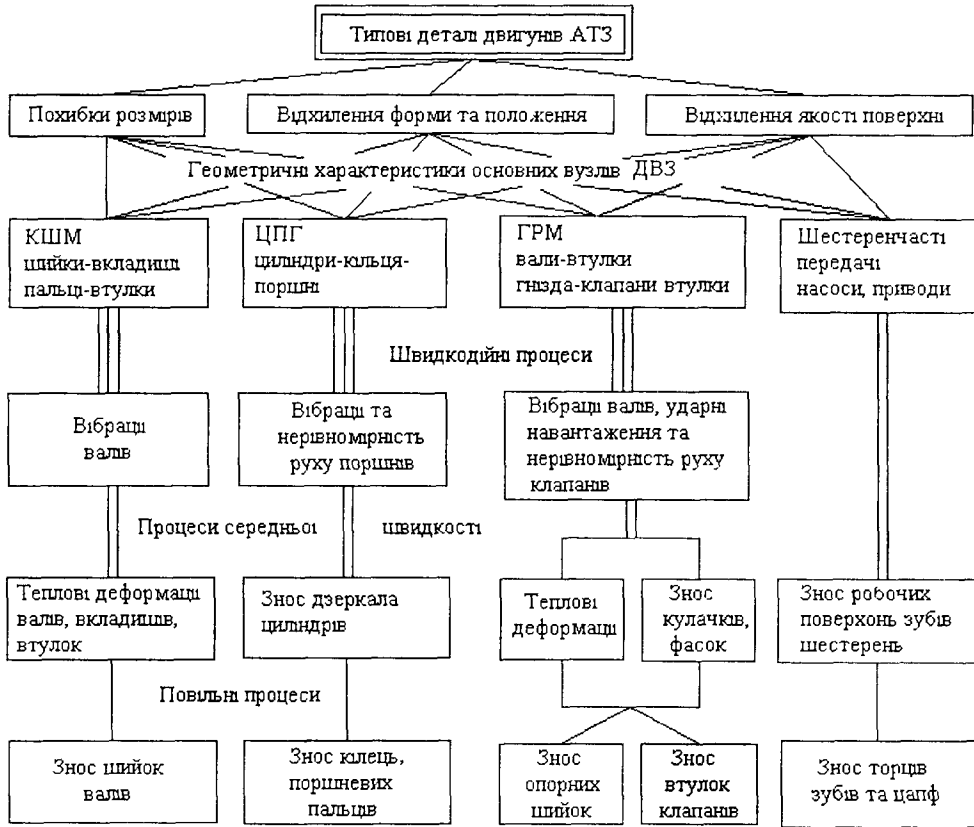


Рис. 1.6. Взаємовпливи початкових (під час виготовлення) чинників та різних патологічних процесів, які формують параметричну надійність ДВЗ автомобіля

Очевидно, що тривалість T_0 поточної експлуатації машини є випадковою величиною і характеризується якимось законом розподілу. При дії на неї різноманітних чинників тривалість періоду T_0 наближається до його середнього значення T_{cp} (або це може відповідати рівності фактичної імовірності безвідмовної роботи заданій імовірності $P(t) \leq [P(t)]$).

Граничний стан АТЗ настає тоді, коли T_0 досягає за умовами експлуатації найменш надійного елемента його мінімально допустимого значення $(T_0)_{min}$. Воно визначає, власне, ресурс АТЗ T_p за параметром T_0 (рис. 1.8 б).

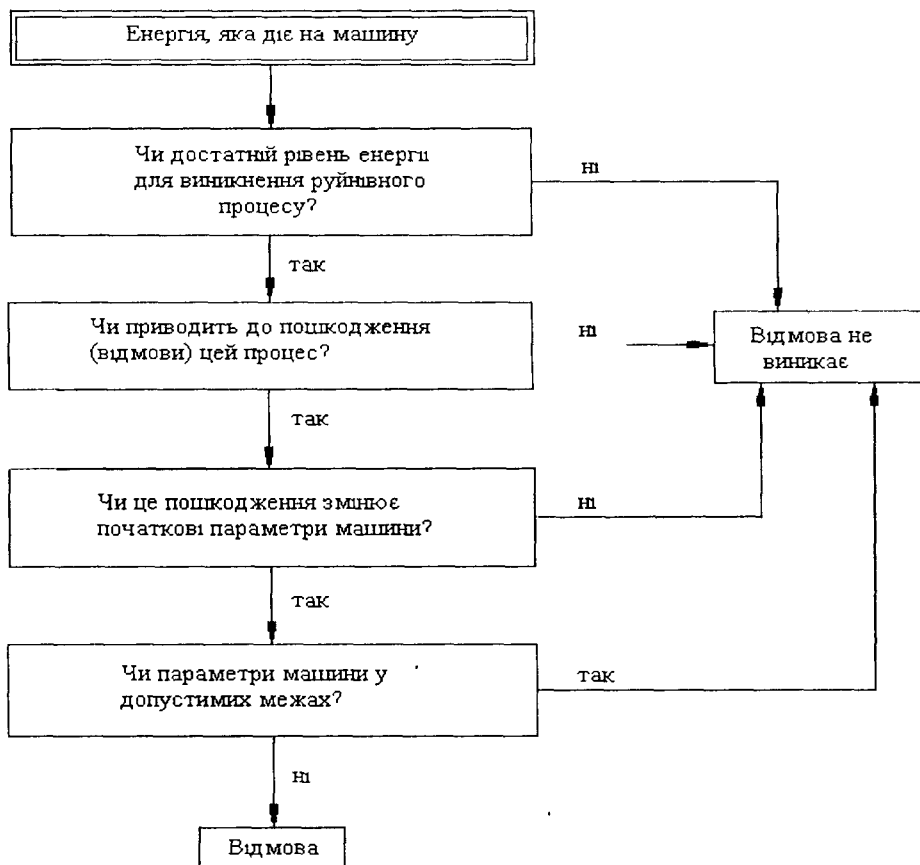


Рис. 1.7. Блок-схема можливих станів АТЗ під час використання його за призначенням

Для наведеної на рисунку закономірності **коефіцієнт запасу надійності машини** можна визначити із співвідношення

$$K_n = T_0(t) / (T_0)_{\min}, \quad (1.7)$$

де $T_0(t)$ – тривалість безвідмовної роботи АТЗ до заданого рівня надійності, який визначається допустимим значенням імовірності безвідмовної роботи $[P(t)]$.

При досягненні T_0 мінімально допустимого значення, тобто для $T_0(t) = (T_0)_{\min}$, отримують, що $K_n = 1$ і тоді $t = T_p$ (див. рис. 1.8 в).

Особливість такої експлуатації АТЗ полягає в тому, що вже за перший період його безперервної роботи досягається граничний стан по одному із параметрів (a_c). Це припустимо тоді, коли є мож-

ливість технічним обслуговуванням відновити втрачену працездатність тому, якщо зношеність решти елементів АТЗ ще не досягла за цей період граничного стану. У подальшій експлуатації АТЗ знос решти елементів призводить до зменшення запасу надійності, який залишився після ТО, і тривалості наступних періодів працездатності АТЗ очевидно скорочуються. Це можна бачити на схемі (б) рис. 1.8: інтенсивність зміни показника параметра a вища (прямі, які показують це є стрімкішими, ніж на схемі (а)).

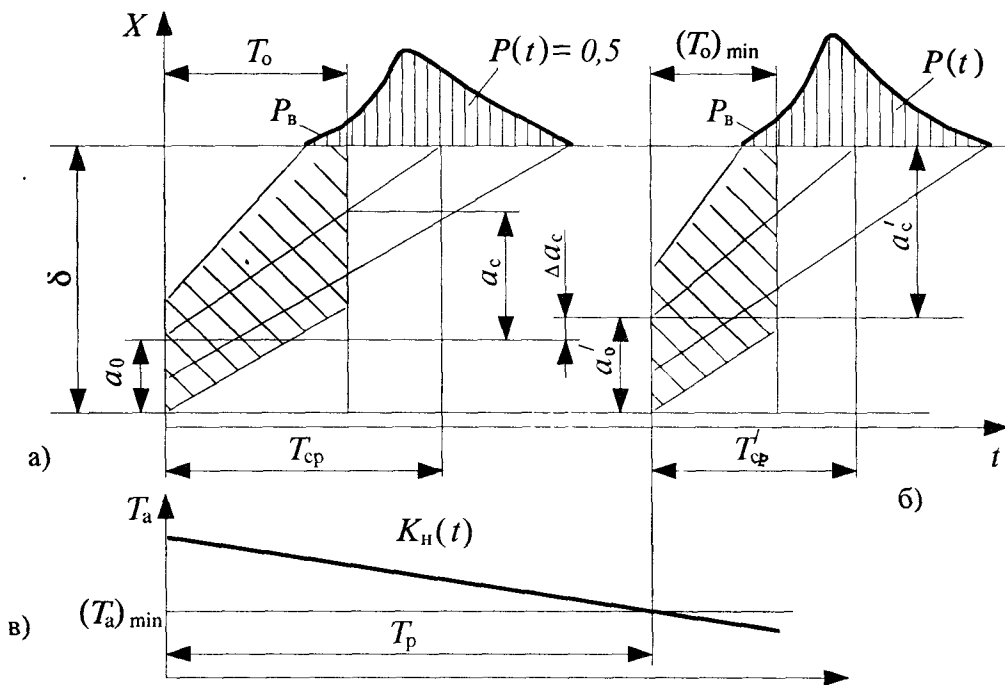


Рис. 1.8. Схема втрати машиною працездатності під час експлуатації її до першої відмови: a_0, a'_0 – початкові значення параметра; a_c, a'_c – значення параметрів, які визначають тривалість експлуатації для, відповідно, $T_0 \rightarrow T_{cp}$; $T_0 \rightarrow \min(T_0)$

1.4.3. Закономірності втрати працездатності АТЗ. Під час експлуатації АТЗ неможливо оцінити власне той період T_{0i} , який відповідає заданій імовірності безвідмовної роботи $P(t)$ тому, що закон розподілу та його параметри не є постійними та однаковими. Отже, визначальним критерієм для оцінки надійності АТЗ за наведеною

вище схемою перебігу його експлуатації буде **середнє значення тривалості безвідмовної роботи** T_{cp} , як **пробіги на відмови** (а не до першої відмови), які відповідають імовірності безвідмовної роботи $P(t) = 0,5$.

Тоді за зміною середнього значення тривалості експлуатації АТЗ на відмови й необхідно оцінювати рівень його працездатності. У цьому разі граничний стан АТЗ наступить за умови, коли середній час (пробіг) між відмовами (або параметр потоку відмов $\omega = 1/T_{cp}$) стане меншим допустимого значення $T_{cp \min}$. Запас надійності у кожному періоді експлуатації АТЗ можна визначати із співвідношення:

$$K_H = T_{cp}(t)/T_{cp \min} = \omega_{\text{доп}}/\omega(t), \quad (1.8)$$

тут $\omega_{\text{доп}}$ – допустиме значення параметру потоку відмов конструктивних елементів АТЗ.

Перед тим, як розпочати розгляд проблеми підвищення надійності машин, необхідно з'ясувати, до якого рівня її підвищувати, які саме показники надійності брати за основні (визначальні). Відомо, що показники надійності пов'язані, як правило, з показниками, які характеризують рівень експлуатаційних властивостей машин і є протилежними один одному. Так, наприклад, чим більша потужність розвивається форсованими двигунами (підвищені показники тягової динамічності АТЗ), тим менший їх ресурс, а відтак, АТЗ. При створенні машин вибирають компромісне рішення.

По усіх машинах нормуванню підлягають, в першу чергу, ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ з оцінкою їх ресурсу T_p , впродовж якого вона регламентується. Для високонадійних машин (чи їх систем і механізмів), у яких $P(t) \rightarrow 1$, визначається запас надійності K_H . Для них ресурс буде зумовлюватися не тільки значенням цього запасу, але й швидкістю його зміни у часі $K_H(t)$. Оскільки для кожного із параметрів машини, за якими визначають показники надійності, закономірності змін $K_H(t)$ можуть мати різний характер, запас надійності цілої машини може лімітувати під час її експлуатації то один, то інший параметр (рис. 1.9).

Для усіх інших випадків значення $P(t)$ та T_p взаємопов'язані і тому нормування $P(t)$ повинно виконуватися для наперед заданого

(обґрунтованого за якимось іншим критерієм, наприклад, економічним) T_p . У свою чергу значення T_p повинно бути узгоджене (крім означеного) із структурою та періодичністю РОД.

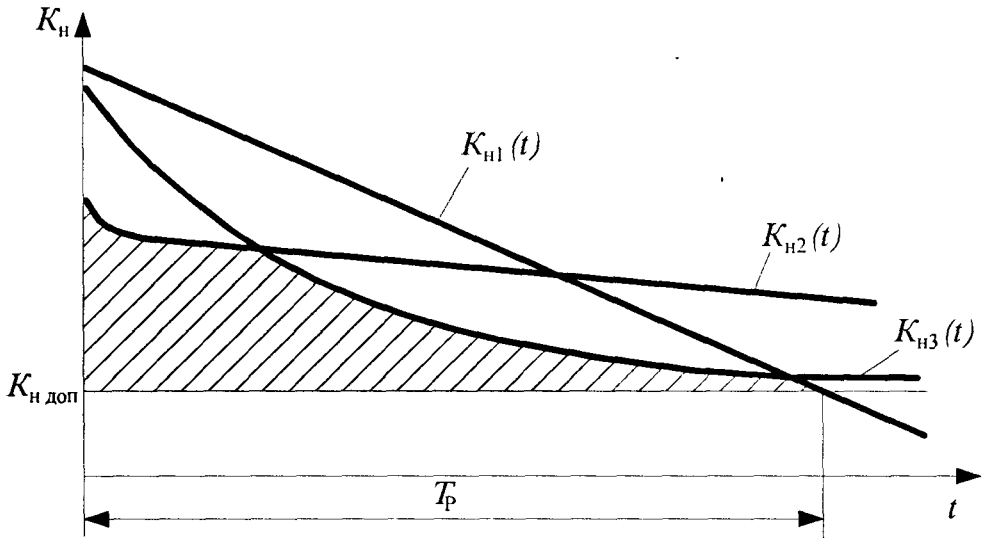


Рис. 1.9. Запас надійності машини (технічної системи), що має три визначальних параметри, за якими розраховуються її показники

У різних галузях машинобудування розроблено класифікатори (в тому числі й у автотракторобудуванні), якими конструкція машини поділена на основні вузли та агрегати щодо категорій (класів) за допустимою імовірністю відмов або безвідмовної роботи. Очевидно, що, чим вищі вимоги до надійності машини, тим більше допустиме значення $[P(t)]$. Для загального випадку градація машин за класами надійності поділена таким чином:

клас надійності	0	1	2	3	4	5
допустиме значення $[P(t)]$	<0,9	>0,9	>0,99	>0,999	>0,9999	1,0.

Очевидно, що до нульового класу відносять вузли та деталі, відмови яких не впливають істотно на роботу машин (без негативних наслідків). Для них нормованими показниками можна брати середній термін служби, напрацювання на відмови або параметр потоку

відмов. Для АТЗ – це усі конструктивні елементи його, крім тих, які впливають на безпеку руху, навантажувально-розвантажувальних робіт.

Класи 1-4 характеризуються підвищеними вимогами щодо безвідмовності машин (до речі, номер класу відповідає кількості дев'яток після коми). П'ятий клас – це надзвичайно високонадійні машини чи їх елементи, відмови яких протягом T_p неприпустимі. Вузли та агрегати АТЗ, які впливають на безпеку транспортних процесів (гальмівна система, кермове керування, світлова сигналізація, підйомники платформ), належать до другого класу надійності.

Має свої особливості розгляд втрати машиною працездатності у разі, якщо задані інтервали її безперервної роботи. У переважній більшості відомі моделі її відмов в результаті дії різних процесів за умови, що вони проходять з певною швидкістю. Насправді, у машині проходять процеси різні за швидкістю: так звані **швидкі, із середньою швидкістю та сповільнені процеси**. Крім цього, машина характеризується декількома початковими параметрами і ділянка працездатності описується в n -вимірному просторі. При цьому ремонт і ТО можуть частково або повністю відновлюватися втрачені експлуатаційні властивості.

Розглянемо випадок, коли задана тривалість безперебійної роботи машини T_0 , впродовж якої не виконується її ТО (рис. 1.10).

Цю тривалість стосовно до АТЗ можемо вважати тривалістю перебування у наряді (у рейсі, на зміні тощо). Вона може бути рівною пробігові АТЗ до його поточного ремонту. Нехай X – один із параметрів, який характеризує працездатність АТЗ і оцінюється показником a (наприклад, потужність чи динамічний показник), а δ – та допустима частина його, на яку може змінитися параметр без порушення працездатності АТЗ. Процес зміни параметра X з плином часу t , означає процес зміни технічного стану машини і являє собою модель поступової втрати нею працездатності під час її експлуатації.

Відомо, що кожна машина має початкові дефекти, які залежать від її конструкції, ступеня досконалості виготовлення і визначають

початкову неточність функціонування a_0 . Як тільки машина почала використовуватися (експлуатуватися), швидкі процеси приводять до росту a_0 . Через те, що ці процеси належать до випадкових, то зміна параметрів машини буде оцінюватися законами їх розподілу з полем розсіювання A_1 . Межі інтервалу A_1 визначаються прийнятими допустимими значеннями імовірності попадання параметра X у задану ділянку.

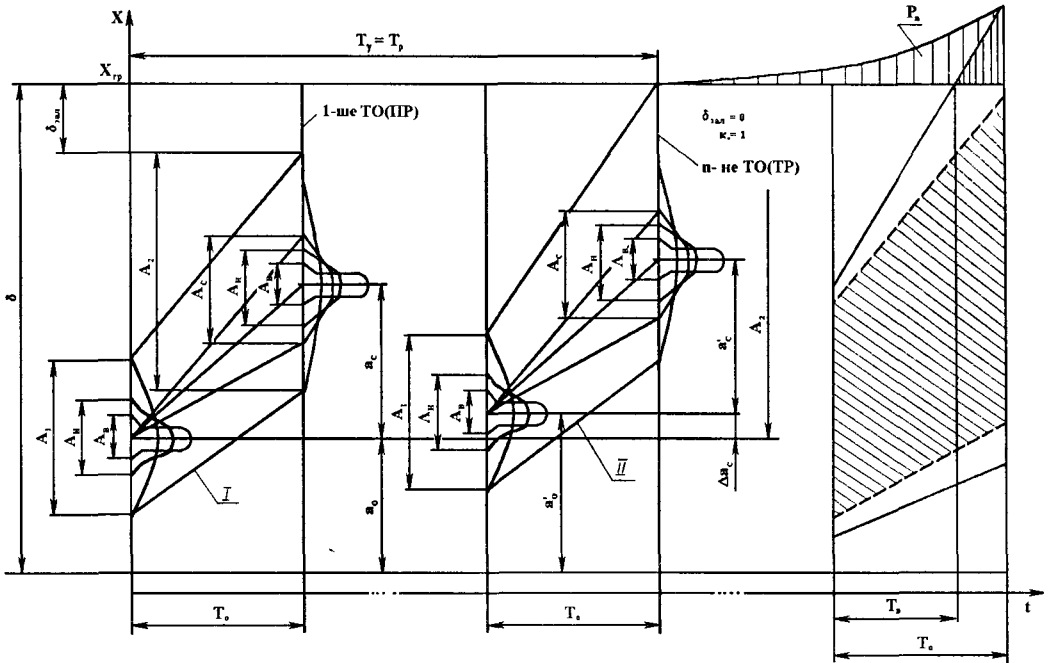


Рис. 1.10. Графічне пояснення до процесу втрати машиною працездатності, якщо задана тривалість її безперервної роботи: P_n – імовірність відмов; T'_0 – скорочена тривалість безперервної роботи з метою зменшення відмов ($\delta_n \geq 0$)

Якщо одночасно діють декілька чинників, то сумарний ефект оцінюється імовірнісним методом додавання дисперсій окремих процесів. Наприклад, на початку використання АТЗ діють, як правило, два чинники: розсіювання параметра X відносно центру групування a_0 проходить за рахунок похибок при виготовленні та обкатуванні його у межах поля A_n ; розсіювання параметра X у межах поля A_b в результаті вібрацій чи деформування його конструктивних елементів. У цьому разі поле розсіювання A_1 параметра X буде складатися з A_n та A_b . Застосовуючи теорему додавання дисперсій неза-

лежних випадкових величин (імовірнісний метод додавання) матимемо

$$A_1 = \sqrt{A_n^2 + A_b^2} \quad (1.9)$$

Вплив процесів середньої швидкості проявляється в тому, що центр групування зміщується за період T_0 на величину a_c (умовно показано за прямолінійною залежністю), яка має зону розсіювання A_c . Середньої швидкості процеси зумовлені, як правило, тепловими деформаціями конструктивних елементів машини.

Зона розсіювання A_2 у цьому разі складається із A_1 та A_c :

$$A_2 = \sqrt{A_n^2 + A_b^2 + A_c^2} \quad (1.10)$$

Таким чином, до завершення інтервалу часу T_0 залишається невикористаним резерв допустимої похибки $\delta_{\text{зал}}$ у роботі машини:

$$\delta_{\text{зал}} = \delta - \left[a_o + a_c + 0,5\sqrt{A_n^2 + A_b^2 + A_c^2} \right] \quad (1.11)$$

Поле розсіювання параметра X за цей період визначається ділянкою 1 (див. рис. 1.10). У цьому разі коефіцієнт запасу надійності машини K_H можна визначити як відношення максимально допустимого значення параметра $X = X_{\text{max}} = \delta$ до екстремального значення $X_{\text{ек}} = \delta - \delta_{\text{зал}}$

$$K_H = X_{\text{max}}/X_{\text{ек}} = \delta/(\delta - \delta_{\text{зал}}) \quad (1.12)$$

Якщо $K_H > 1$, надійність машини висока тому, що імовірність виходу параметра X за межі δ є малою. Небезпеку тут становлять раптові відмови, зумовлені зовнішніми впливами.

Однак, за тривалої експлуатації машини починають проявлятися процеси, яким характерне повільне проходження. Це зносові, корозійні, деформаційні та інші процеси. В результаті зміни параметра X проходять через збільшення: зони A_b (ріст зазорів у спряженнях); зони A_n (через знос та старіння деталей); збільшення a_o , a_c та A_c (знос, підвищення тепловиділення з причини росту коефіцієнта тертя). Ці процеси зумовлюють ріст зони розсіювання параметрів машини (ділянка II). Граничний стан машини наступить, коли $K_H = 1$ або ж $\delta_{\text{зал}} = 0$. Отже, з вичерпанням терміну служби машини, який $t = T_\gamma$, вона потребуватиме ремонту.

Якщо система може розчленовуватися на окремі підсистеми (елементи), імовірність безвідмовної роботи яких визначають, то для розрахунку надійності цілої системи використовують її структурні схеми. У таких схемах кожен i -ий елемент характеризується імовірністю безвідмовної роботи $P(t)$ впродовж заданого періоду часу t .

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте властивість динамічність АТЗ та вплив на неї погіршення його технічного стану.
2. Охарактеризуйте основні закономірності зміни параметра, яким оцінюють технічний стан АТЗ. Наведіть приклади стосовно конкретного агрегату або механізму.
3. Опишіть на прикладі конкретних агрегатів особливості впливу на параметричну надійність АТЗ різних чинників та руйнівних процесів.
4. Опишіть на прикладі конкретних агрегатів особливості впливу на експлуатаційну надійність АТЗ різних чинників та руйнівних процесів.
5. Що таке коефіцієнт запасу надійності АТЗ і як його визначають?
6. За значеннями якого показника машини поділяють на відповідні класи надійності?
7. Проілюструйте графіком процес втрати машиною працездатності, якщо задана тривалість її безперебійної роботи, наприклад, тривалість роботи АТЗ на лінії.

1.5 Тертя і зношування деталей АТЗ як основа руйнівних процесів, що зумовлюють втрату їх працездатності

1.5.1. Класифікація руйнівних процесів, які погіршують технічний стан АТЗ. Серед руйнівних процесів, які супроводжують весь термін служби АТЗ, погіршуючи його технічний стан, можна виділити (за ознакою моменту настання та тривалості їх проходження) два основних види:

- такі, що призводять до **поступових змін параметрів** технічного стану внаслідок поступового нагромадження у матеріалах деталей негативних результатів;
- ті, що призводять до **раптових змін параметрів** технічного стану деталей до такого рівня, який супроводжує їх руйнування.

Перший вид процесів можна віднести до нормальних, пов'язаних з природними закономірностями зношування та старіння деталей; перебіг їх за умови дотримання нормальних умов та режимів експлуатації АТЗ є прогнозованим і вони становлять основу у проектуванні інженерно-технічних заходів щодо технічної експлуатації АТЗ.

Раптові руйнівні процеси є, як правило, наслідками прихованих конструктивно-технологічних вад, непередбачуваних різких змін умов та режимів експлуатації АТЗ. Ці вади можуть бути викликані помилками у розрахунках параметрів деталей, вибору їх матеріалів, неякісним виготовленням їх. Усе це призводить до того, що зовнішні сили, які діють на деталі, можуть у кілька десятків разів перевищувати межі міцності або витривалості деталей і вони руйнуються. Настання таких руйнівних процесів практично не прогнозовані (чи важко прогнозовані) і можуть призвести до аварійних ситуацій з АТЗ під час їх використання.

Обидва види руйнівних процесів можна класифікувати за такими ознаками:

- умовами виникнення основного чинника руйнування;
- остаточним характером змін у конструкційних матеріалах деталей;

- переважаючою тенденцією змін процесів у часі;
- місцем виникнення та розвитку руйнівних процесів;
- механізмом проходження процесів руйнування.

За умовами виникнення основного (визначального) чинника вони можуть проходити лише під час **робочих процесів** у механізмах, системах, агрегатах АТЗ, або незалежно від них. До першого типу чинників належать механічні напруження, які виникають у нормальних та перехідних режимах роботи механізмів, теплота, яка виділяється при цьому, контактні навантаження на поверхнях спряжень деталей. До другого типу чинників можна віднести вологість, температуру довкілля, атмосферний тиск, хімічний склад середовища, електромагнітні поля й, очевидно, зміну показників цих чинників.

Щодо другого різновиду руйнівних процесів, який характеризується **остаточними змінами у конструкційних матеріалах** деталей, то за цією ознакою вони поділяються на два типи – **незворотні та зворотні**. Незворотні – це зношування і корозія поверхонь деталей, механічні пошкодження їх. Прикладом зворотних руйнівних процесів можуть бути сорбція і десорбція газів та рідин, електрохімічні процеси в акумуляторних батареях, втрата та відновлення пружності. Очевидно, що стосовно до АТЗ найбільш характерним і визначальним є перший тип руйнівних процесів – незворотних, які вимагають додаткових матеріально-енергетичних витрат для відновлення технічного стану АТЗ.

За ознакою **переважаючої тенденції зміни руйнівних процесів** у часі цей різновид поділяється на такі, які проходять **стаціонарно і нестаціонарно, періодично і аперіодично, безперервно і дискретно**. Стаціонарність характеризується незмінністю швидкості проходження процесів руйнування за часом експлуатації АТЗ. Для нестаціонарних (монотонні, екстремальні, із запізненням) характерним є поступове прискорення або сповільнення процесів впродовж терміну експлуатації АТЗ або у якихось їх окремих проміжках часу. Стосовно до АТЗ можлива дія обох типів руйнівних процесів. Періодичні (знакозмінні) руйнівні процеси мають місце у тих механізмах,

які навантажені знакозмінними силами, що діють циклічно (колінчастий вал, підвіска, карданний вал тощо). Аперіодичні процеси можуть діяти в одному певному напрямі (наприклад, зубчасті зачеплення). Безперервні та дискретні руйнівні процеси відрізняються між собою тим, що перші діють постійно (наприклад, дія на АТЗ природного довкілля), а другі – регулярно з перервами й лише під час використання АТЗ.

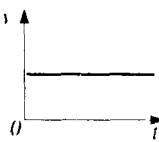
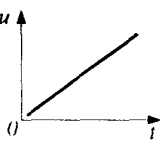
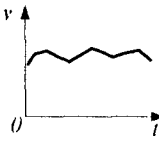
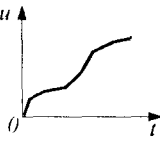
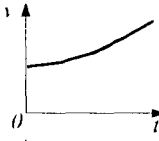
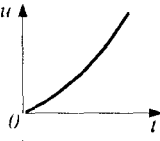
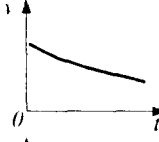
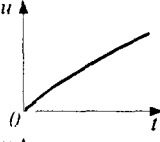
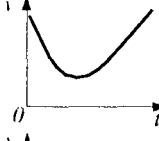
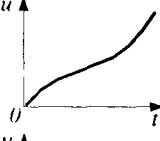
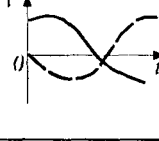
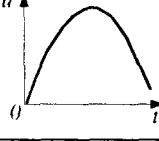
Особливості перебігу руйнівних процесів за часом з характеристиками швидкості їх проходження $V(t)$ та змінами результуючого параметра $U(t)$ можна простежити за матеріалом табл. 1.2.

За місцем виникнення руйнівних процесів їх поділяють на **поверхневі** та **внутрішні**. Перші виникають і проходять на робочих поверхнях або у приповерхневих шарах деталей, другі – зароджуються і розвиваються в середині об'єму деталей, поширюючись на весь її поперечник. Прикладом перших можуть бути процеси зношування поверхонь деталей тертям, ерозійні процеси, корозія. Для внутрішніх процесів характерними є дія силових навантажень і відповідних напружень, поширення термічних та електрохімічних процесів.

Останній, п'ятий, різновид руйнівних процесів, що класифікується за ознакою "**механізм їх проходження**", вважається, з позицій ТЕА, найважливішим. Ці процеси поділяють на: **статичне руйнування, втому, корозію та ерозію, старіння, зношування**.

Статичне руйнування проходить під дією одноразового силового навантаження, що створює напруження у матеріалі деталі, які перевищують межу його міцності. Це призводить до появи граничного стану деталі, який може виражатися крихким руйнуванням, крихким зломом, сколюванням торців тощо. Статичне руйнування характерне для зварних з'єднань, корпусних чавунних деталей, валів, осей, болтів тощо.

Таблиця 1.2. Типові закономірності проходження руйнівних процесів в АТЗ

Характер процесів		Швидкість проходження за часом t	Інтенсивність проходження за часом t	Приклади
Стационарні	Постійні			Знос $Z = k t$
	Псевдостационарні			Знос за змінних режимів
Монотонні	Зростаючі			Знос забруднених поверхонь, $Z = k t^n, n > 1$
	Спадаючі			Знос під час припрацювання, $Z = k t^n, n > 1$
Екстремальні	З мінімумом			Повзучість, знос, корозія
Знакозмінні				Зміна механічних характеристик

Втома матеріалів деталей виникає під дією циклічних знакозмінних навантажень. Розрізняють малоциклову та багатоциклову втоми. Такий поділ зумовлений різними режимами циклових навантажень до появи ознак втомленості матеріалів деталей (тріщин, руйнувань деталей). Ознаками малоциклової втоми є повзучість матеріалу деталі, в'язкий злом, заїдання між поверхнями. Цьому виду втоми піддаються сталеві корпусні деталі, вали, осі, зубчасті колеса, шестерні, пружини, підшипники ковзання тощо.

Ознаками багатоциклової втоми є злом, викришування (колінчасті вали, шатуни, поворотні кулаки тощо).

Корозія як нормальний процес руйнування металічних матеріалів деталей проходить внаслідок хімічної або електрохімічної взаємодії їх із зовнішнім середовищем. Розрізняють атмосферну корозію, корозію під час тертя та корозію в електроліті. Прикладами їх можуть бути корозія трубопроводів, робочих камер, кабіни, кузова, деталей насосів, деталей з латунних та алюмінієвих сплавів. Близькою до корозії за поверхневим руйнівним впливом на металічні деталі є ерозія. Вона розглядається як руйнування поверхонь під дією фізико-хімічних або електричних чинників. Розрізняють рідинну, газову та електричну ерозії. Приклади: рідинна ерозія у вигляді кавітаційного зношування деталей системи охолодження; газова – зношування випускної системи ДВЗ; електрична – руйнування електричних контактів, електродів свічок.

Старіння – це процес поступового та безперервного погіршення фізико-хімічних властивостей матеріалу деталей, викликаний сукупною дією механічних, електричних, теплових та інших чинників. Зовнішніми проявами старіння матеріалів деталей (металічних і неметалічних) є пониження межі міцності та пружності матеріалів. Старіння матеріалів спричинюється сорбцією, яка полягає у вбиранні твердими тілами або розчинами газів парів та інших розчинних речовин. При цьому таке вбирання може бути лише поверхневими шарами, тобто ідеться про явище адсорбції. Увібрані поверхнями твердого тіла речовини взаємодіють з їх атомами, послаблюючи міжатомні зв'язки та порушуючи первинні фізико-хімічні властивості цього тіла. Старінню сприяють також фізико-хімічні процеси, які проходять в кристалічних ґратках. Ці процеси пов'язані з коливанням як окремих атомних вузлів, так і цілих атомних площин. Ці коливання (рухи) можуть призводити до утворення порожніх (вакантних) вузлів (вакансії) або зміщення площин ґраток (дислокації).

Полімерні матеріали з часом, після того, як у їх структури проникають інші речовини, або на них надмірно впливають природні чинники (світло, вологість, температура), втрачають свої первинні влас-

тивості через розриви хімічних зв'язків у ланцюгах їх макромолекул. Проникненню і прискоренню старіння як металічних, так і неметалічних деталей (полімери, дерево) сприяють прискорення руху молекул і атомів основного матеріалу та прониклих речовин під дією високих температур. Такі температури для деяких речовин можуть сприяти виникненню ще одного явища – сублімації. Воно зумовлює перехід речовини з кристалічного стану відразу (минаючи рідинний) у газоподібний.

Окремо слід зупинитися на старінні гумових та дерев'яних деталей. Серед гумових характерними для АТЗ є різноманітні манжети, паси, камери та шини коліс. Темпи старіння останніх залежать від режимів їх експлуатації та зберігання. Так, за постійної експлуатації шин з пониженим на 20% тиском їх ресурс скорочується на 25%. За надто низької температури (-30°C і нижче) гумові вироби стають крихкими. Це сприяє зародженню і поширенню на поверхнях сітки мікротріщин, які призводять до передчасного руйнування цих деталей. Підвищені температури (більше $+30^{\circ}\text{C}$) сприяють зменшенню опору матеріалу на розрив. Щоб запобігти передчасному старінню (зношенню) шин робочі температури їх під час перевезень повинні бути у межах $+30-70^{\circ}\text{C}$. Надмірна сонячна радіація та підвищена вологість і температура під час зберігання гумових виробів прискорюють процеси їх старіння. Дерев'яні деталі кузовів вантажних АТЗ від надмірної високої температури та сонячної радіації розтріскуються, а підвищена вологість сприяє гниттю через дію біологічних чинників. Зменшення інтенсивності старіння цих деталей добиваються способами спеціальної обробки дерев'яних деталей (просочуванням речовинами, які запобігають гниттю), фарбуванням, лакуванням тощо.

Оскільки останній, п'ятий, різновид руйнівних процесів за ознакою “механізм їх проходження” – зношування тертям займає чільне місце у визначенні рівня технічного стану АТЗ (близько 80% відмов АТЗ – з причин надмірного зносу деталей спряжень) розглядаємо його окремим питанням.

1.5.2. Основні поняття і означення з теорії тертя і зношування. Тертя і зношування деталей машин вивчається та досліджується всесвітньо відомими ученими впродовж уже більше, ніж 400 років, починаючи із середньовіччя (Л. да-Вінчі, Г. Амонтон, Ш. Кулон, Л.Ойлер, Ломоносов М. В., Менделєєв Д. І., Жуковський С. М., Чаплигін С. О., Петров М. П., Дерягін В.В., Ребіндер П. А., Крагельський І. В., Хрущов М. М., Костецький Б. І., Гаркунов Д.М. та інші). Сьогодні з тертям пов'язана одна із важливих проблем машинобудування та машиновикористання – зношування машин і механізмів. Вивченням процесів зношування твердих тіл займається наука **триботехніка** (трибологія) з такими розділами як трибохімія, трибофізика, трибомеханіка. Походження коренів цих слів від грецького “трібо” – розтираю. Триботехніка оперує 97-ма термінами, які стандартизовані ДСТУ 2823-94. Серед них є такі, володіння якими обов'язкове у повсякденній праці як інженера-конструктора, так і експлуатаційника. Розглянемо 10 найважливіших термінів.

Зношування – це процес руйнування та відділення матеріалу з поверхні твердого тіла та (або) нагромадження його залишкової деформації під час тертя, який проявляється у поступовій зміні розмірів та (або) форми тіла.

Знос – результат зношування, який визначається встановленими одиницями (в одиницях довжини, об'єму, маси тощо).

Зносостійкість (стійкість проти зношування тертям) – це властивість матеріалу чинити опір зношуванню у визначених умовах тертя, яка оцінюється величиною, оберненою до швидкості або інтенсивності зношування. Швидкість зношування визначається як величина зносу поверхонь за одиницю часу, а інтенсивність зношування – як знос за одиницю пройденого шляху точками поверхонь тертя, або, наприклад, пробігу АТЗ. Розмірності цих показників відповідно – мкм/год., мг/год.; мкм/м, мм/тис. км.

За зносостійкістю (показниками швидкості зношування) конструкційні матеріали згруповані у 10 класів (табл. 1.3).

Таблиця 1.3. Класифікація зносостійкості конструкційних матеріалів

Клас матеріалу	Швидкість зношування, мкм / год.	Приклади деталей та вузлів
0	$<5 \cdot 10^{-5}$	Калібри, золотники гідророзподільників
1	$\leq 10^{-4}$	Зубчасті передачі, шліцьові з'єднання
2	$\leq 2 \cdot 10^{-4}$	Напрямні верстатів, ходові гвинти
3	$\leq 4 \cdot 10^{-4}$	
4	$\leq 8 \cdot 10^{-4}$	Фрикційні муфти
5	$\leq 1,6 \cdot 10^{-3}$	
6	$\leq 3,2 \cdot 10^{-3}$	Лемеші плугів
7	$\leq 6,4 \cdot 10^{-3}$	
8	$\leq 1,25 \cdot 10^{-2}$	Авіаційні гальми
9		

Мастильний матеріал – це матеріал, який вноситься між поверхні тертя для зменшення сили тертя та (або) інтенсивності зношування.

Мащення – дія мастильного матеріалу, в результаті якої між двома поверхнями зменшується сила тертя та (або) інтенсивність зношування.

Змащування – це підведення мастильного матеріалу до поверхонь тертя.

У цій прикладній навчальній дисципліні у застосуванні до вузлів та деталей АТЗ розглядається лише зовнішнє тертя. Стандарт, на який посилались вище, трактує визначення тертя та похідних його наступним чином.

Тертя – це явище опору відносному переміщенню, яке виникає між двома тілами в зоні контакту їх поверхонь, тангентно до них і супроводжується розсіюванням (дисипацією) енергії.

Зовнішнє тертя поділяється на наступні різновиди:

- спокою – за відсутності руху тіл одне відносно одного;
- руху – коли два тіла, контактуючи, рухаються одне відносно одного;
- ковзання – під час якого швидкості тіл у точках дотику відрізняються за величиною і (чи) напрямом;

- кочення – під час якого швидкості тіл однакові за величиною і напрямом у зоні контакту;
- кочення з проковзуванням – коли одночасно присутні тертя кочення і ковзання;
- без мастильного матеріалу – за відсутності на поверхні тертя будь-якого підведеного мастильного матеріалу (виробнича назва – як сухе тертя);
- з мастильним матеріалом – за наявності між поверхнями тертя будь-якого мастильного матеріалу (виробнича назва – як рідинне тертя);
- граничне тертя – за змінної наявності, чи відсутності між поверхнями тертя мастильного матеріалу.

Важливими триботехнічними термінами є сила та коефіцієнт тертя.

Сила тертя – це сила опору відносного переміщення одного тіла по поверхні іншого під дією зовнішньої сили, що направлена по дотичній до загальної межі контакту між цими тілами.

Коефіцієнт тертя – визначається як відношення сили тертя двох тіл до нормальної сили, яка притискає ці тіла одне до одного.

1.5.3. Загальна характеристика теорій, які пояснюють тертя та об'ємне руйнування. Сучасна наука про природу руйнування твердих тіл (тіла з кристалічною структурою, тобто металічні тіла) класифікує термін “руйнування” як процес послаблення й розриву між-атомних зв'язків. У загальному випадку **процес руйнування** складається з чотирьох стадій:

- послаблення зв'язків;
- хаотичного (незалежного) розриву зв'язків;
- корельованого (локалізованого) розриву зв'язків;
- розриву тіла або ж його поверхневих шарів.

Особливість зношування (руйнування) поверхневих шарів твердих тіл тертям розпочнемо розглядом структури цих шарів на прикладі сталі 45, механічно обробленої із швидкістю 135 м/хв. (рис.1.11).

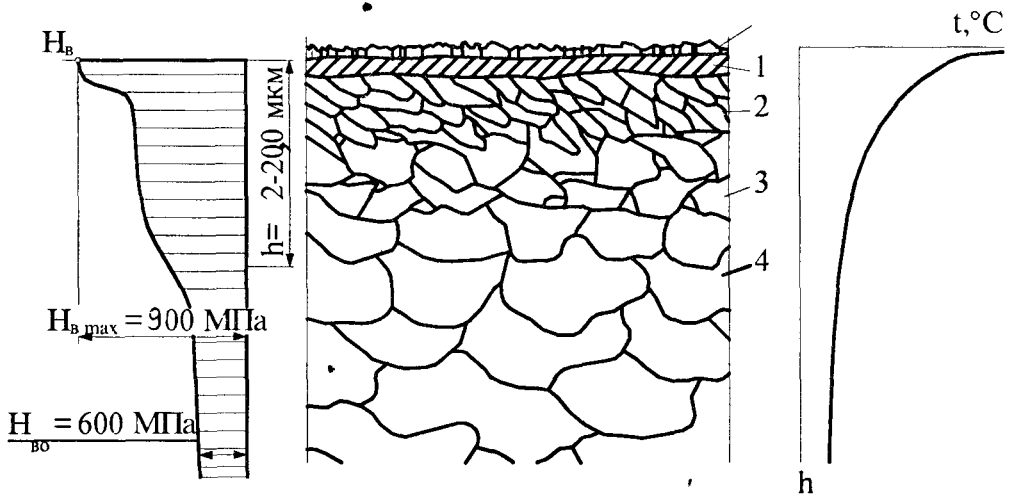


Рис. 1.11. Мікроструктура (а) та характеристика (б – мікротвердість; в - температура) поверхневих шарів зразка із сталі 45:

0 – аморфний адсорбований шар плівок води, газів, забруднень; 1 – шар підвищеної твердості, який містить вторинні структури (тверді включення та хімічні сполуки); 2 – наклепаний шар з сильно деформованою кристалічною ґраткою з відповідною орієнтацією зерен (текстурою), який утворився під дією тангентних сил тертя різального інструменту на оброблювану поверхню; 3 – наклепаний шар із спотвореними кристалічними ґратками з великою кількістю вакансій і дислокацій; 4 – метал з початковою структурою

Отже, в результаті механічної обробки фізико-механічні властивості поверхневих шарів відрізняються від основного матеріалу деталей. До цього ж, під час експлуатації пар тертя відбувається постійна зміна властивостей цих шарів через силові, температурні та окислювальні впливи тощо. Таким чином, поверхнева міцність відрізняється від вихідного матеріалу. Вона залежить у першу чергу від вторинних структур (утворення окисних плівок та твердих розчинів, окрихчення поверхневих шарів), які формуються під час виготовлення чи зміцнення поверхонь. За професором Костецьким Б.І. фізична суть **поверхневого руйнування твердих тіл тертям** у наступному – спочатку руйнуються вторинні структури, опісля основний матеріал деталі. У цьому основна відмінність поверхневого руйнування від об'ємного. Відомо також, що на властивості поверхневих шарів пар тертя має вплив і мікрорельєф їх. Він характеризується

шорсткістю (висотою мікронерівностей R_z або середнім арифметичним відхиленням профілю від середньої лінії – R_a та іншими показниками), хвилястістю (сукупністю періодично повторюваних виступів та впадин з кроком, що перевищує базову довжину). На працездатність таких поверхонь тертя впливають не тільки основні характеристики шорсткості та хвилястості, але й форма мікронерівностей, їх напрям, форма хвилястості та інші параметри мікрорельєфу. Для характеристики шорсткості триботехнічних систем застосовують також інтегральну характеристику – криву опорної поверхні (так звана крива Абота) та окремі показники, які оцінюють форму рельєфу (крок мікронерівностей, середній радіус впадин та виступів тощо).

Основний процес поверхневого руйнування деталей тертям – це пружно-пластична деформація у результаті взаємодії мікрорельєфів й виникнення фрикційних зв'язків. Він проходить у такій послідовності: пружне та пластичне мікрорізання, руйнування окисних плівок, руйнування основного матеріалу у результаті молекулярної взаємодії й, нарешті, поява втомних тріщин.

Під час оцінки можливостей матеріалу щодо його антифрикційних (фрикційних) якостей розглядають весь комплекс процесів, які мають місце в ділянці контакту поверхонь тертя. Найбільш вдалим підходом вважається концепція вітчизняного триболога, професора Костецького Б.І.: процес тертя повинен розглядатися з боку **структурного пристосування матеріалів**. Явище структурного пристосування пов'язано із закономірною зміною структури та властивостей поверхневих шарів в енергетично вигідному для даних умов тертя напрямку. Це призводить до стійкого динамічного стану зносостійкості й антифрикційності чи фрикційності матеріалів пар тертя.

Зважаючи на те, що визначальним показником, який характеризує швидкість чи інтенсивність зношування пар тертя вважається сила тертя, розглянемо основні елементарні теорії, які пояснюють особливості цього поверхневого руйнування деталей власне на основі сили тертя. Еволюційно розвиток цих теорій охоплює період з другої половини 17-го століття і до наших днів.

Згідно з так званою **механічною теорією тертя** (закон Г. Амонтона – 1699 р.) силу тертя F визначають через добуток коефіцієнта тертя μ (безрозмірна величина) і нормальної сили N , яка притискає поверхні одну до одної:

$$F = \mu \cdot N. \quad (1.13)$$

У 1785 році французький фізик Ш. Кулон увів поправку A до цього виразу як постійну складову, що враховує адгезійне зчеплення (прилипання) поверхонь тертя

$$F = A + \mu N. \quad (1.14)$$

Згодом англійський фізик Ф. Боуден запропонував визначати силу тертя як суму двох складових: F_0 – опір зрізу металевих мікронерівностей спряжень; F_n – опір пластичного витіснення твердішим матеріалом спряження м'якшого,

$$F = F_0 + F_n. \quad (1.15)$$

У 30-х роках російський фізик В.В. Дерягін розробив **молекулярну теорію тертя**, згідно з якою сила тертя визначається з урахуванням, крім механічної взаємодії (сила N), фактичної площі контакту між поверхнями S_ϕ (контакт між виступами мікронерівностей) та питомої сили молекулярної взаємодії P_m

$$F = \mu S_\phi (P_m + N) \quad (1.16)$$

У 1946 році інший російський фізик-триболог І.В. Крагельський розвинув теорію В.В. Дерягіна й обґрунтував **молекулярно-механічну теорію тертя**, згідно з якою

$$F = \tau_{\text{мех}} + \tau_{\text{мол}} = \mu N + \alpha P_m, \quad (1.17)$$

де $\tau_{\text{мех}}$, $\tau_{\text{мол}}$ – складові сили тертя відповідно механічного та молекулярного походження; μ , α – коефіцієнти тертя під час механічної та молекулярної взаємодії між поверхнями.

Коефіцієнт α для умов граничного та сухого тертя визначається, виходячи із глибини h взаємного проникнення поверхонь під дією зовнішніх навантажень на поверхні тертя та радіусу R заокруглення вершин мікронерівностей:

$$\alpha = \frac{\tau_0}{P_z} + \beta + k \cdot \sqrt{h/R}, \quad (1.18)$$

де τ_0 – константа молекулярних зв'язків між поверхнями тертя; P_z – середній контактний тиск на поверхнях; β – п'єзокоефіцієнт моле-

кулярного зв'язку між поверхнями тертя; k – коефіцієнт, який залежить від кривини поверхонь.

Російськими ученими М.П. Петровим, С.М. Жуковським та С.О. Чаплигінін була сформована і розвинена, так звана, **гідродинамічна теорія тертя**. Силу тертя (для умов рідинного тертя – це сила в'язкого зсуву у навантаженій частині підшипника) запропоновано визначати з урахуванням абсолютної в'язкості оливи η , товщини шару її між поверхнями тертя h_m , їх площі S та відносної швидкості переміщення цих поверхонь V за формулою

$$F = \frac{\eta \cdot V \cdot S}{h_m}. \quad (1.19)$$

Учений-ремонтник, професор В.І. Казарцев, ґрунтуючись на цій теорії, вивів формулу для визначення **найвигіднішого зазору у спряженні** Δ_n , за якого забезпечується оптимальні товщина шару оливи та режим рідинного тертя:

$$\Delta_n = 0,467 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{\omega \eta}{p \cdot c}}, \quad (1.20)$$

де d – діаметр цапфи вала; ω – частота його обертання; η і p – відповідно абсолютна в'язкість та питомий тиск оливи; c – поправка на остаточну довжину l підшипника

$$c = (d + l) / l. \quad (1.21)$$

З використанням гідродинамічної теорії тертя виведено рівняння для визначення **інтенсивності зношування пар тертя**

$$I = c_k \cdot P^m \left(1 - \frac{k \cdot \eta_d \cdot V \cdot l_n}{\Delta_3} \right), \quad (1.22)$$

де c , m – сталі коефіцієнти, які залежать від умов та режимів тертя; P – питомий тиск на поверхні тертя; k – коефіцієнт, який визначає умови гідродинамічного тиску у шарі оливи; η_d – динамічна в'язкість оливи; l_n – лінійний розмір поверхні тертя; Δ_3 – зазор між поверхнями тертя.

Дріб $k\eta_d V l_n / \Delta_3^2 p$ є складовою роботи тертя у шарі оливи. Теоретично вона може становити одиницю. Тоді $I \rightarrow 0$.

Для умов відсутності оливи (сухе тертя) цей дріб дорівнює нулеві і тоді

$$I_{c.m} = c P^m. \quad (1.23)$$

Щодо особливостей фізичних процесів, які зумовлюють **об'ємне руйнування** деталей машин. Очевидно, що між поверхневим та об'ємним руйнуванням твердих тіл є істотна різниця. Власне об'ємне через, як правило, невидимість внутрішніх непередбачуваних процесів, що проходять у матеріалах деталей, розглядається як раптове руйнування на відміну від “видимого” послідовного поверхневого зношування (руйнування). Наприкінці 19-го століття конструктори машин, не володіючи теоретичними засадами, які б пояснювали внутрішні процеси у матеріалах деталей, для гарантування міцності їх розрахункові дані збільшували у 3-8 разів (так званий коефіцієнт запасу міцності). Для шатунів парових машин він становив аж 18. Однак, таким підходом не вдавалося запобігти поломкам, які призводили до великих катастроф (кораблі, парові машини). Вперше, у 1913 році, англійський дослідник К. Інґліс пояснив об'ємне руйнування твердих тіл експериментом. Він доказав, що отвори, тріщини, гострі кути та таке інше, на які не звертали увагу раніше, підвищують локальні напруження у матеріалах деталей. Довкола отворів чи інших дефектів внутрішні напруження можуть перевищувати межі руйнівних напружень для даного матеріалу у той час, коли загальний середній рівень напружень невеликий. Це можна проілюструвати на прикладі розтягування двох, прямокутного перетину зразків, один з яких має бокову тріщину (рис. 1.12).

Як видно, траєкторії напружень у правого зразка згущуються у місці огинання кінчика тріщини. Чим вона довша і гостріша, тим густіші траєкторії, тим більші напруження у цьому місці, які є більшими допустимих і призведуть до руйнування зразка. Це так званий **механістичний підхід** до пояснення причин об'ємного руйнування твердих тіл.

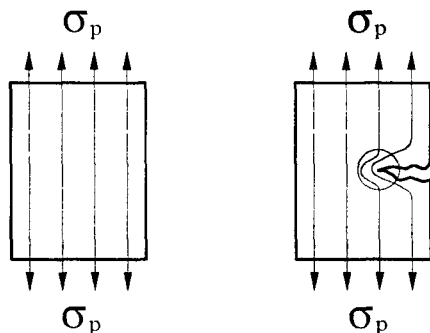


Рис. 1.12. Ілюстрація об'ємного руйнування зразків з дефектом “поперечна тріщина”

У 1920 році англійський вчений І. Гріффітс опублікував результати досліджень, у яких виклав **енергетичний** підхід до об'ємного руйнування. Він встановив, що концентраторами напружень, крім видимих дефектів у конструктивних елементів деталей, можуть бути й дефекти приховані – дефекти структури твердих тіл. У першу чергу – це вакансії (відсутність атомів в атомних вузлах кристалічної ґратки) та дислокації (флуктуаційний рух атомних площин через неправильне їх розташування у зернах кристалів під час формування конкретних деталей). Він вивів формулу для визначення коефіцієнта концентрації напружень K_k для еліптичної форми внутрішньої тріщини (порожнини за рахунок відсутності атомних вузлів) у крихких матеріалах

$$K_k = 2\sqrt{L/\rho}, \quad (1.24)$$

де L – пів-довжина внутрішньої еліптичної тріщини; ρ - радіус кривини кінчика тріщини.

Сучасна фізика, розглядаючи об'ємне руйнування твердих тіл на трьох рівнях (субмікроскопічному, мікроскопічному та макроскопічному), пояснює розвиток цього явища на основі **кінетичної теорії руйнування**. Вона враховує поступовий термоактиваційний процес розвитку та нагромадження мікроскопічних руйнувань у напруженому тілі під дією теплових коливань атомів, молекул, електронів, протонів, що призводить до змін їх положення у кристалічній ґратці. Це переміщення відбувається тоді, коли їх енергія перевищує деяку межу, яка називається енергією активації. Вироблено таку мо-

дель переміщень у структурі матеріалів: утворення, переміщення та скупчення точкових дефектів (вакансій), лінійних дефектів (дислокацій); проходження дифузійних процесів на поверхні та в об'ємі матеріалу, а також сорбційних процесів; дія поверхнево активних речовин й структурних перетворень у сплавах матеріалів.

У загальному вигляді вплив різних чинників на тривалість τ , після якої виникає висока ймовірність об'ємного руйнування твердого тіла описується виразом

$$\tau = \varphi(\sigma_r, T, E_a, \gamma, f, D), \quad (1.25)$$

де σ_r – внутрішні напруження у матеріалі; T – температура матеріалу; E_a – енергія активації матеріалу деталі; γ – структурний коефіцієнт, який характеризує чутливість матеріалу до деформації; f – теплові коливання у структурі матеріалу; D – коефіцієнт дифузії атомів.

1.5.4. Закономірність зношування пари тертя типу “вал-втулка”. Зношування деталей машин тертям приводить їх та машину в цілому до стану, у якому вони не зможуть виконувати задані функції або до стану, коли потрібно для продовження терміну служби їх виконувати відповідні ремонтно-обслуговувальні дії (регулювання, відновлення, заміну). Складні процеси зношування пар тертя протягом терміну служби машини мають свої характерні особливості. В цілому їх можна подати у вигляді графіка залежності зносу деталей спряження від тривалості їх експлуатації (рис. 1.13). Це, так звана, S-подібна крива закономірності природного зношування деталей спряження тертям або крива Лоренца.

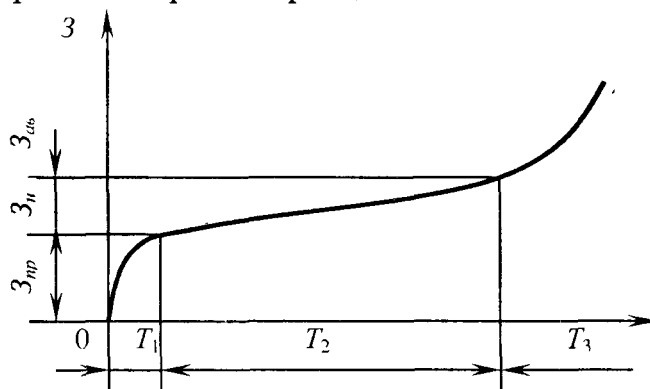


Рис. 1.13. Закономірність природного зношування пар тертя типу “вал-втулка”

У перебігу цього процесу є такі характерні ділянки: $T_1, Z_{\text{пр}}$ – відповідно, тривалість періоду припрацювання пар тертя та величина зносу поверхонь у цьому періоді; $T_2, Z_{\text{н}}$ – період нормальної експлуатації пар тертя та їх знос; $T_3, Z_{\text{ав}}$ – період форсованого (аварійного) зношування пар тертя та величина зносу їх.

Очевидно, що перехід від моменту закінчення періоду T_2 до початку періоду T_3 буде вказувати на граничні значення зношеності пар тертя, за яких необхідно зупиняти машину для виконання РОД. Зрозуміло, що цей стан машини (спряження тертя) не настає раптово, а триває впродовж певного періоду часу – $T_{\text{п р}}$, значення якого описуються нормальним законом розподілу. Саме впродовж цього часу повинні бути виконані відповідні РОД.

Настання його у кожному конкретному випадку можна розрахувати аналітично з урахуванням закономірностей проходження попередніх періодів. Кожен з них описується відповідними рівняннями:

період T_1

$$f(Z_1) = K_1 T_{0-t_1}^n; \quad (1.26)$$

період T_2

$$f(Z_2) = K_1 T_{0-t_1}^n + K_2 (T_{t_2-t_1} - T_{0-t_1}); \quad (1.27)$$

період T_3

$$f(Z_3) = K_1 T_{0-t_1}^n + K_2 (T_{t_2-t_1} - T_{0-t_1}) + K_3 (T_{t_3-t_2} - T_{t_2-t_1})^m, \quad (1.28)$$

тут K_1, K_2, K_3 – коефіцієнти пропорційності; n, m – показники степенів (усі визначаються експериментально й характерні лише для відповідного виду пар тертя з відповідних матеріалів).

Оскільки процеси тертя для кожних конкретних умов та режимів є надзвичайно складними й для описання їх потребують окремих досліджень, у даному разі подамо їх таким загальним виглядом:

$$V_{\text{зн}} = \int_0^t f(M, B, H, C) dt, \quad (1.29)$$

де $V_{\text{зн}}$ – швидкість зношування пар тертя; M – характеристика матеріалу, який зношується (його фізико-механічні та механо-хімічні властивості); B – характер взаємодії поверхонь тертя (рід та вид тертя, форма контакту, шорсткість поверхонь); H – зовнішні наванта-

ження (тиск на поверхні, швидкість ковзання тощо); C – характеристика зовнішнього середовища (газове середовище та його властивості, мастильний матеріал та його властивості – температура, тиск тощо); t – тривалість проходження процесу зношування.

Зараз можемо розглядати лише окремі закономірності зношування пар тертя. Наприклад, вплив на швидкість зношування: 1) швидкості ковзання поверхонь тертя $V_{\text{ков}}$; 2) питомого тиску p на поверхні тертя; 3) шорсткості поверхонь R_z ; 4) мікротвердості поверхонь H_B . Обмежимося лише графічною інтерпретацією цих закономірностей (рис. 1.14, а-г).

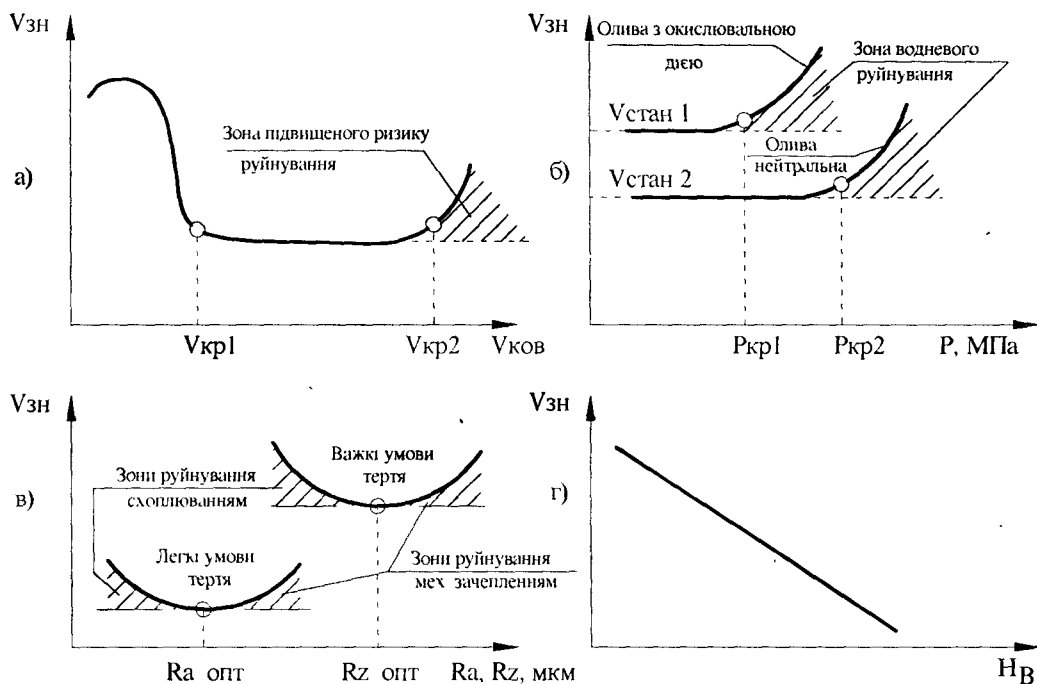


Рис. 1.14. Закономірності впливу на швидкість зношування пар тертя швидкості ковзання (а), питомого тиску на поверхні (б), шорсткості поверхонь (в) та їх мікротвердості (г)

Із перших трьох графіків видно, що існують відповідні характерні зони нормальних та патологічних процесів зношування: 1) у першій зоні впливу швидкості ковзання на швидкість зношування мають місце процеси схоплювання поверхонь внаслідок того, що за малих

швидкостей ковзання полегшується взаємодія кристалічних ґраток пар тертя; друга зона – це нормальне механо-хімічне зношування; третя – у якій виникають теплові явища, що прискорюють теплові схоплювання поверхонь та їх руйнування; 2) для впливу питомих тисків на поверхні перша зона – це стаціонарний процес, а друга – патологічний, зокрема, за рахунок виділення з поверхонь атомарного водню, окрихчування їх та руйнування; 3) для впливу шорсткості у першій зоні можуть виникати процеси руйнування поверхневих шарів через схоплювання ювенільних поверхонь, у другій, також патологічній – через руйнування механічним зачеплюванням мікрориступів шорстких поверхонь.

Останній графік показує, що для поверхонь тертя із більшою мікротвердістю характерні менші швидкості зношування. При цьому має значення походження цієї твердості: якщо вона підвищена механічним наклепом, то це практично не збільшує зносостійкості поверхонь.

1.5.5. Класифікація видів зношування в машинах. У багатьох галузях техніки застосовуються різноваріантні класифікаційні системи зношування деталей машин. Розглянемо класифікацію, яка найбільше охоплює характерні зношування у вузлах та агрегатах АТЗ (рис. 1.15).

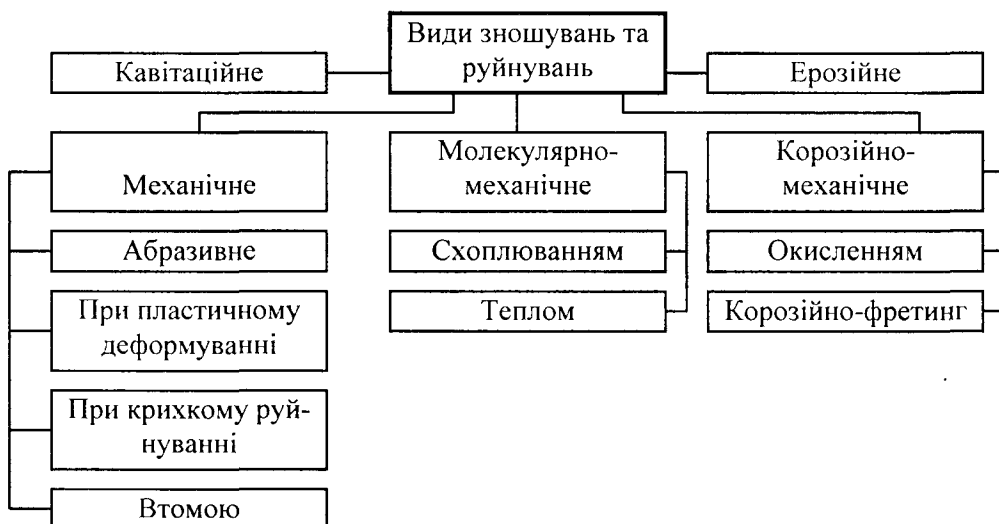


Рис. 1.15. Класифікація зношувань та руйнувань деталей АТЗ

Основними видами зношування є: **механічне, молекулярно-механічне, корозійно-механічне, кавітаційне та ерозійне.**

Механічне зношування найпоширеніше. Це зношування, під час якого внаслідок механічних впливів змінюється форма та об'єми тертьових поверхонь деталей спряжень без істотних фізико-хімічних змін у їх матеріалах. Цей вид зношування має різновиди: абразивне, при пластичному деформуванні, при крихкому руйнуванні та втомою.

Перший з них характеризується наявністю абразивного середовища у зоні тертя (порохоподібні часточки оксиду кремнію). Другий різновид має місце при рості питомих тисків на поверхнях тертя, які перевищують межу плинності матеріалів (у першу чергу – підшипників ковзання). Третій різновид може мати місце за високих питомих тисків на поверхнях тертя, які призводять до виділення атомарного водню з матеріалів пар тертя, в результаті чого вони окрихчуються. Довготривала експлуатація важко навантажених пар тертя призводить до появи сітки мікротріщин на їх поверхнях й відтак відшарування (явище поверхневої втоми матеріалів).

Молекулярно-механічне зношування охоплює механічний вплив на поверхнях тертя, який супроводжується одночасною дією молекулярних або атомарних сил. Проявляється цей вид зношування деталей схоплюванням поверхонь, задирами, переносами часточок матеріалу однієї поверхні тертя на іншу. Схоплювання може виникати через надмірно високі питомі навантаження на поверхнях та такі ж швидкості ковзання, за яких через недостатні змащування і охолодження поверхонь зростає інтенсивність зношування їх (різновиди зношування схоплюванням та теплом).

Корозійно-механічне зношування – це теж саме механічне з посиленими явищами корозії поверхонь тертя. “Оголений” матеріал цих поверхонь швидко вступає у хімічну взаємодію з навколишнім середовищем (окислювальний різновид). Якщо при цьому мають місце значні циклічні питомі тиски на поверхнях, які до того ж взаємно мікропереміщуються, – це корозійно-механічне зношування

фретинг-корозією (шліцеві спряження карданних передач, зчеплення, коробок передач).

Кавітаційне зношування – це гідроерозійне зношування поверхонь металічних деталей при омиванні їх рідиною за певних умов та режимів, зокрема турбулентного руху рідини, підвищених температури та тиску її. В результаті у потоці рідини утворюється суцільне бульбашкове середовище; бульбашки, об'єднуючись між собою у певні випадкові моменти часу і перебуваючи близько поверхонь деталей (наприклад, зовнішні поверхні гільз циліндрів, крильчатки водних насосів), захоплюються. При цьому виникають високі локальні тиски, які і руйнують поверхні деталей.

Ерозійне зношування – це зношування поверхонь у швидкому потоці хімічно активних з високою температурою газів (фаски та гнізда випускних клапанів). Це, так звана, газова ерозія поверхонь деталей. Існує й електрична ерозія. Вона має місце на поверхнях деталей, через які передається електричний струм високої напруги за умови неякісного або непостійного контакту між ними. Інтенсивний потік струму на своєму шляху зустрічає великий опір повітряного проміжку в результаті чого підвищується температура й зумовлює оплавлення (виплавлення) і наростання на кінцях випадкових чи функціональних розривів у електричному колі. Найчастіше електричною ерозією зношуються електроди свічок запалювання, рухомий та нерухомий контакти переривників-розподільників, реле-регуляторів, ненадійні контакти провідників високої напруги системи запалювання.

1.5.6. Методи та способи вимірювання ступеня зносу деталей АТЗ. Принципи вибору матеріалів пар тертя. Існуючі методи визначення ступеня зносу пар тертя можна поділити на дві групи:

- періодичного визначення;
- визначення зносу пар тертя під час випробування (експлуатації) машин без її зупинки.

До першої групи належать такі різновиди: визначення зносу мікрометруванням; за втратою маси деталей спряження; профілографуванням поверхонь тертя; метод штучних баз.

Мікрометрування – найпоширеніший і доступний у звичайних умовах різновид. Він ґрунтується на вимірюванні розмірів деталей до та після зношування їх тертям. Точність цього методу залежно від інструментів може становити 0,01-0,001 мм. Застосовується тоді, коли величини зносу втричі більші від точності вимірювання. Вимірюють відповідними інструментами – штангенциркулі, мікрометри, індикаторні нутроміри, важільні скоби тощо.

Метод за втраченою масою застосовують в тому разі, коли зноси визначають для дрібних деталей (як правило для зразків, які випробовують, деталей клапанних вузлів і таке інше) способом зважування їх до і після зношування з точністю (0,05-0,0005 г). Використовують при цьому аналітичні, електричні та технічні ваги. Його не рекомендують застосовувати для деталей, які зношуючись тертям, зазнають одночасно пластичної деформації спряжуваних поверхонь, а також для деталей з пористих матеріалів.

Метод профілографування реалізується таким чином. З однієї і тієї ж ділянки поверхні деталі робиться профілограма до початку зношування її та після деякого періоду експлуатації машини. Застосовують при цьому вимірювальні прилади профілометри або профілометри-профілографи. На профілограмах впадини мікронерівностей до і після зношування залишаються постійними, а виступи зменшуються за висотою. Ступінь їх зменшення характеризуватиме величину зносу поверхні деталі. Очевидно, що цей метод застосовують для вимірювання надзвичайно малих зносів (прецизійні деталі дизельної паливної апаратури, системи змащування, сервомеханізмів тощо).

Застосування **методу штучних баз** полягає в наступному. На поверхні, яка зношується тертям, алмазним різцем вирізається неглибокий ривчак. Вісь його повинна бути перпендикулярною до напрямку тертя. В результаті зношування її глибина ривчака зменшується, що й буде характеризувати ступінь зношення поверхні. Метод застосовують як правило для визначення зносостійкості спряжень типу “вал-втулка” (поршні, поршневі кільця, гільзи циліндрів, плунжери тощо). Застосовують при цьому спеціальний прилад, у ком-

плекті якого різцева головка для ручного нарізання рівчачка та мікроскоп для зчитування результату зношування (прилад УПОИ-6).

До другої групи методів вимірювання зносу деталей тертям належать такі найбільш поширені:

- метод ферографії (за вмістом продуктів зношування в оливі);
- з використанням радіоактивних ізотопів;
- метод месдоз;
- за витратою робочого середовища;
- з допомогою індуктивних здавачів;
- тензометричним мікрометруванням та інші.

Суть деяких з них наступна. **За вмістом продуктів зношування поверхонь** (металеві часточки та їх окисли) в оливі картерів: беруть пробу такої оливи, спалюють її і за масою металевих залишків роблять висновок про ступінь зношування деталей механізму чи системи. Його можна реалізувати і через проведення спектрального аналізу проби оливи.

Щодо методу, у якому використовують **радіоактивні ізотопи**: у деталь під час її виготовлення і, зношування якої потрібно безперервно контролювати, вмонтовують “пробку” з радіоактивними ізотопами. Під час зношування деталі ізотопи виносяться разом з оливою у магістраль і тут лічильником Гейгера реєструються у наростаючому підсумку. За концентрацією радіоактивності оливи показчик фіксує ступінь зношення деталі.

Метод месдоз реалізується таким чином. У двох сполучених посудинах різного діаметра залита ртуть. У трубці меншого діаметра поміщено константовий дріт; з більшим діаметром – має діафрагму, яка через систему важелів з’єднана з поверхнею деталі, що зношується. Чим більше вона зношується, тим у більшій мірі важелі втягують діафрагму, яка у свою чергу втягне ртуть і рівень її у першій трубці знизиться. Таким чином, зменшиться опір константового дроту і це вкаже стрілка гальванометра, шкала якого програду йована у мікрометрах. Отриманий результат відображає ступінь зношення поверхні деталі.

Принципи вибору матеріалів пар тертя. Поки що існує недостатня кількість розроблених конкретних аналітичних залежностей, якими описують зв'язки між швидкістю зношування та властивостями матеріалів пар тертя. Тому у практиці підбору користуються як правило результатами спеціальних досліджень зносостійкості різних матеріалів, різними правилами та рекомендаціями. Наприклад, відомі рекомендації щодо фізико-механічних властивостей однорідних матеріалів пар тертя в умовах недостатнього змащування: твердість їх повинна відрізнятись не менше, ніж на 10 одиниць за Брінелем. Для вибору матеріалів антифрикційних підшипникових сплавів широко використовується відоме **правило Шарпі**: сплави підшипників повинні мати структуру, яка складається з твердих включень у пластичній масі м'якішого матеріалу. Прикладом його практичного застосування може бути підшипниковий матеріал бабіт, в основі якого олово та сурма, а кристали Cu_3Sn – тверді включення.

У підборі зносостійких спряжень тертя використовують явище утворення на їх робочих поверхнях окисних плівок, плівок перенесеного м'якого металу із структурних складових, а також нанесення на поверхню твердішої шийки (цапфи) спеціальних легкоплавких покриттів. Мова іде про **принцип розділення матеріалів пар тертя вторинними структурами або спеціальними плівками (прошарками)**.

Прикладом ще одного принципу підбору матеріалів пар тертя може бути використане **правило позитивного градієнта механічних властивостей матеріалів**, яке запропонував професор Крагельський І.В. Суть його полягає в тому, що основними характеристиками, які визначають вид фрикційних зв'язків, є відношення глибини проникнення (або величини стиску) одиничної нерівності мікрорельєфу поверхні до її радіусу (h/R). Ним може бути також градієнт механічних властивостей $d\tau/dh$, який визначає різницю між міцністю адгезійних зв'язків та міцністю нижче розташованих шарів матеріалу пар тертя (τ – опір зсувові шарів).

При безпосередньому підбиранні матеріалів пар тертя враховують процес їх структурної пристосованості. Довготривала практика

експлуатації вузлів тертя у машинах виробила багато варіантів **поєднання матеріалів цих деталей**. Розглянемо деякі з них, які за нормальних режимів роботи забезпечують максимальну довговічність пар тертя.

1. Сталь – антифрикційний кольоровий сплав: поєднання термічно обробленої цапфи (як правило поверхнево загартованої або цементованої) у парі з бронзами на основі олова, цинку, алюмінію, свинцю. Вони широко застосовуються у підшипниках ковзання, черв'ячних парах, ходових гвинтах тощо.

2. Сталь – антифрикційний чавун. Застосовується у парах з невисокими швидкостями ковзання, наприклад, направляючі ковзання верстатів, пари тертя гідросистем, гільзи циліндрів - поршневі кільця ДВЗ, диски фрикційних муфт і гальм тощо.

3. Метал (сталь або чавун) – полімерний матеріал. Застосовується у зубчастих, черв'ячних передачах підшипникових вузлах тощо. При виборі полімерних матеріалів враховують не тільки їх позитивні властивості (сприйняття ударного навантаження, корозійну стійкість, технологічність), але й низькі міцність, реологічні властивості, низьку теплопровідність тощо.

4. Сталь або чавун – фрикційний сплав або неметалічний матеріал. Застосовується для гальмових та інших аналогічних механізмів, у яких виникають значні сили тертя. Наприклад, диски чи барабани із спеціальних сталей або чавунів та металокерамічні, асбокаучукові, асбосмолянисті накладки.

5. Сталь – самозмащувальний матеріал. Це поєднання застосовується для спряжень типу підшипників ковзання, шарнірів та інших, до яких обмежена подача мастильного матеріалу і мають місце незначні швидкості ковзання. У даному разі матеріал підшипника повинен забезпечити подачу мастильного матеріалу за рахунок своєї структури. Такими матеріалами є пористі спечені псевдосплави, які включають мідь, свинець, графіт, а також різні види пластмас та металопластмас.

Серед сучасних пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки у галузі виготовлення та відновлення деталей машин визначено но-

вий технологічний напрям – методи керування властивостями поверхні або ж **інженерія поверхні**. Керування властивостями можна здійснювати двома способами: модифікацією поверхонь; нанесенням на них необхідних покриттів. Перший забезпечує зміну властивостей поверхонь за рахунок зміни структури поверхневих шарів деталей або ж їх легування; другий передбачає формування на поверхнях заданих шарів з іншими, відмінними від основного матеріалу, складом, структурою та фізико-механічними властивостями.

Останнім часом, з метою підвищення довговічності пар тертя, почали пропагувати на автомобільному ринку так звану **Хадотехнологію**. Ремонтно-відновний склад “Хадо” (у вигляді мастильного матеріалу) дає змогу не тільки істотно зменшити інтенсивність зношування пар тертя, але і відновити поверхні деталей, які перебували у тривалій експлуатації. З допомогою цієї технології на поверхнях тертя отримують зносостійке металокерамічне покриття товщиною до 1,5 мм. При роботі таких пар тертя має місце явище вибіркового переносу: переносяться під час тертя хімічні елементи й мікрочастини з однієї поверхні (м’якішої) пари тертя та з металоплакуючого мастильного матеріалу на іншу (твердішу). Довговічність таких спряжень зростає у 10 разів, порівняно з традиційними.

Як показали останні дослідження такі технології мають серйозні негативні побічні ефекти. Зокрема, швидко забруднюють фільтруючі системи двигуна. За тривалої стоянки АТЗ (навіть протягом місяця) олива разом з мікрочастинками стікає в піддон картера, які на своєму шляху осідають у пазухах поршневих кілець, що призводить до залипання останніх; високі швидкості ковзання зумовлюють з часом відділення мікрочастинок від оливи і, злипаючись, утворюють великодисперсні консистенції. Таких “ефектів” позбавлені сучасні технології “estrim”. Суть їх полягає у тому, що мікрочастини присадок зменшені до розмірів атомів – тобто оливні суспензії перетворені в іонні розчини. Ці компоненти оливи не випадають в осад та не затримуються у фільтрах й не погіршують мастильних властивостей базової оливи. Атоми такого розчину формують на поверхнях тертя самовідновний цементуючий поліметалічний шар. Ресурс

деталей підвищується на 50-70%, знижується витрата палива на 10-15% за рахунок зменшення потужності двигуна, яка витрачається на тертя.

Крім цього, застосовуються і так звані **технології ФАБО** (фінішна антифрикційна безабразивна обробка): на поверхню, наприклад, дзеркала циліндрів наносять тонким шаром (1-2 мкм) мідь. Перед цим покриттям оброблювану поверхню знежирюють та покривають технічним гліцерином. Під час тертя окисна плівка на поверхні сталі розпушується, поверхня мідного сплаву пластифікується й створюються умови для його схоплювання із сталлюю поверхнею. Зносостійкість поверхонь підвищується у 1,5 рази, порівняно з лише хонінгованими гільзами.

Питання для самоконтролю

1. Прокласифікуйте руйнівні процеси в АТЗ, які призводять до поступових змін параметрів його технічного стану.
2. Прокласифікуйте руйнівні процеси в АТЗ, які призводять до раптових змін параметрів його технічного стану.
3. Охарактеризуйте руйнівні процеси в АТЗ за умовами виникнення основного чинника та переважаючою тенденцією змін цих процесів.
4. Охарактеризуйте руйнівні процеси в АТЗ за місцем їх виникнення та механізмом проходження.
5. Дайте загальну характеристику процесам статичного руйнування деталей АТЗ.
6. Дайте загальну характеристику процесам втомного та корозійного руйнування деталей АТЗ.
7. Дайте загальну характеристику процесам старіння металевих, гумових, пластмасових та дерев'яних деталей АТЗ.
8. Що таке зношування та знос деталей ?
9. Що таке швидкість та інтенсивність зношування деталей ?
10. Що таке зносостійкість матеріалів деталей ? Класифікація їх за цим показником.

11. Охарактеризуйте фізику поверхневого руйнування деталей тертям.
12. Охарактеризуйте фізику об'ємного руйнування деталей втомою.

1.6 Закономірності зношування деталей механізмів та систем АТЗ

Незважаючи на сучасні технології в інженерії поверхонь спряжень деталей машин, вони, однак, будуть зношуватися, хоча з меншою інтенсивністю й будуть довговічнішими. Тому задачі та проблеми ТЕА як існували, так існуватимуть й розв'язуватимуться з аналогічними до сучасних підходами та критеріями. Отже, для доброї підготовки інженера автомобільного транспорту важливим є вивчення основних закономірностей зношування деталей, механізмів та систем АТЗ. Зупинимося на основних з них, зокрема у двигунах та трансмісії автомобіля.

1.6.1. Закономірності зношування деталей двигунів. Деталі циліндро-поршневої групи (гільзи, і кільця та поршень) працюють в умовах значних змінних навантажень, температур, хімічно-активного середовища, високих швидкостей переміщень. Для їх взаємодії характерним є переважно граничне тертя у середовищі абразиву та корозійно активних речовин. Зношення дзеркала циліндрів є результатом механічного виду зношування з різновидами абразивним, молекулярно-механічним та корозійно-механічним.

Абразивне зношування є причиною попадання у камеру згоряння разом із повітрям дрібних часток пилу, не вловлених повітряним фільтром. Фрикційну основу його становить (60-80%) оксид кремнію (SiO_2), твердість якого більша, ніж сталь чи чавун. Крім абразиву, між поверхні тертя потрапляють і продукти металів. Відомо, що абразивне зношування приводить до рівномірного зносу дзеркала циліндра по його довжині. Однак, якщо олива очищається неякісно, абразивний знос може спотворити геометрію циліндра у бочкоподібну форму.

Крім зношування за довжиною циліндра, дзеркало його зношується нерівномірно і у поперечнику, як правило, геометрія спотворюється до еліпсоїдної. Причому велика вісь еліпса перпендикулярна до осі поршневого пальця. Такий характер зумовлений дією бокової складової сили від реакції на силу тиску паливної суміші під час її займання. Підвищений тиск згоряння суміші її температура сприяють видаленню оливної плівки, зменшенню її товщини. Останнє зумовлює підвищення інтенсивності зношування.

Щодо особливостей корозійно-механічного та молекулярно-механічного зношування дзеркала циліндрів. Перше виникає внаслідок утворення окислів під час згоряння паливної суміші. Серед них – високоактивний сірчаний ангідрид SiO_2 в результаті неповного згоряння сірки, яка міститься у паливі. Характер зносу за довжиною циліндра – конусоподібний з більшою основою у верхній частині і меншою – у нижній. Причиною цьому – активніші хіміко-механічні і термічні процеси поблизу верхньої мертвої токи. Там, як відомо, виділяється близько 75% теплової енергії у робочому циклі. Підвищена температура призводить до вигорання на стінках оливи; вона розріджується неповністю згорілим паливом. Усе це разом призводить також до послаблення зв'язків між зернами металу, що зумовлює так звану міжкристалічну корозію. Остання є основним чинником молекулярно-механічного зношування. Як наслідок може спостерігатися виривання з поверхні дзеркала циліндра мікроскопічних часточок. Схематично особливості вищеописаних різновидів зносів мають такий вигляд (рис. 1.16).

Результати спеціальних досліджень зносостійкості дзеркала циліндрів та поршневих кілець показують, що дзеркало у різних перерізах зношується нерівномірно: найбільший знос є у зоні роботи першого компресійного кільця (рис. 1.17 а). Хоча професор Кугель Р.В. дослідив, що залежно від виду зношування форма зношування дзеркала може бути різною (рис. 1.17 б). Епюра зносу I характерна для помірного абразивного зносу за умови нормативного теплового режиму роботи двигуна, очищеної оливи, доброго фільтрування повітря.

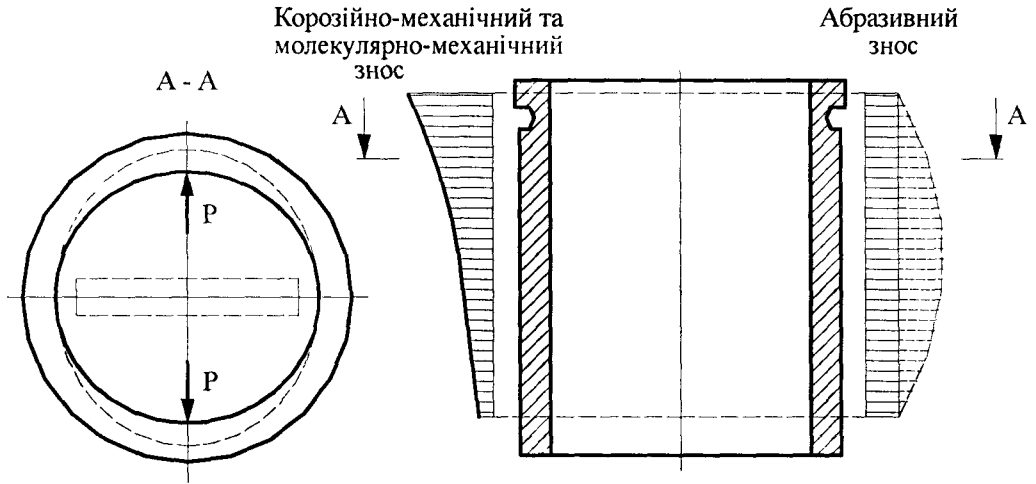


Рис. 1.16. Характерні зношування дзеркала циліндрів двигуна

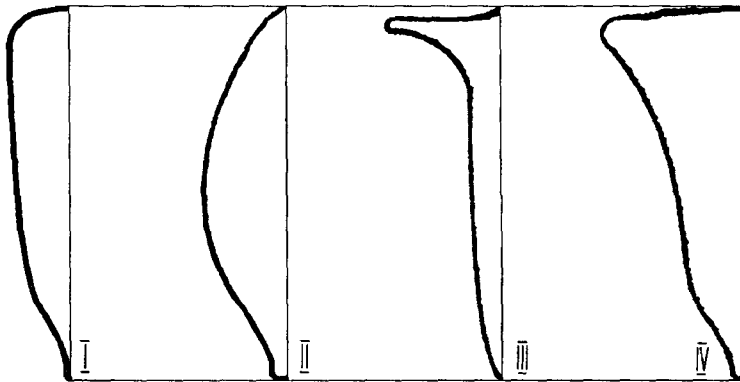


Рис. 1.17. Епюри зношення робочих поверхонь гільз циліндрів

Епюра II – переважне абразивне зношування середньої частини циліндра (добрий тепловий режим роботи однак забруднена олива). Епюра III – різко виражений знос верхньої частини циліндра при ненормативному тепловому режимі роботи двигуна, недостатнього змащування дзеркала, попадання пилу через фільтр. Епюра IV – ерозійні процеси поширилися на більшу частину довжини циліндра за рахунок продовження експлуатації двигуна у режимах і умовах III-ї епюри. Еліпсоїдний характер зносу циліндра, зумовле-

ний дією бокової складової сили тиску газів посилюється змиванням мастильного матеріалу з боку впорскування палива та неоднаковою інтенсивністю охолодження (рис. 1.17 в,г).

Оскільки йдеться про ресурсні деталі двигуна, то проблемою підвищення їх зносостійкості та довговічності займалися і займаються великі колективи науковців. Із значної кількості результатів можна, для прикладу, навести дані щодо зносостійкості гільз циліндрів та колінчастих валів двигунів ЗИЛ-130 та ЗМЗ-53.

До зношувальних характеристик належать, як відомо, абсолютна величина зносу n , інтенсивність w або швидкість $1/w$ зношення гільз циліндрів та шийок колінчастих валів. Для визначення зношувальних характеристик був проведений мікрометраж більше 100 двигунів кожної марки, що забезпечило незначну відносну помилку результатів виміру, яка не перевищує 5% (табл.1.4).

Таблиця 1.4. Показники зносостійкості гільз циліндрів та колінчастих валів двигуна ЗИЛ-130, ЗМЗ-53

Показники зносостійкості	ЗИЛ-130			ЗМЗ-53		
	Гільза	Корінна шийка	Шатунна шийка	Гільза	Корінна шийка	Шатунна шийка
Середній знос \bar{n} , мкм	83	23	17	60	41	31
Середнє квадратичне відхилення зносу σ , мкм	36	13	11	25	24	22
Коефіцієнт варіації V	0,44	0,57	0,67	0,42	0,58	0,69
Граничний знос, n_{gr} за ТУ, мкм	400	100	100	400	100	100
Зносостійкість $W, 10^{-6}$, мм/км	0,87	0,25	0,23	0,78	0,37	0,34

Особливості зношування поршнів характеризуються зношуванням канавок під кільця, отворів під поршневі пальці, зношуван-

ня самих кілець. Поршневі канавки зношуються в основному по торцях. Найінтенсивніше цей процес проходить у верхніх канавках компресійних кілець. Там розвивається температура нагріву цих деталей у межах 225-275°C, а це сприяє молекулярно-механічному та корозійно-механічному зношуванню канавок поршня. Такого ж виду зношування піддаються поверхні у бобишках поршня, які спрягаються з пальцями, однак ці процеси інтенсифікуються не за рахунок температури, а значних знакоперемінних навантажень.

Поршневі кільця зношуються такими ж видами як і вищеаналізовані деталі. Однак найбільш інтенсивно два верхні компресійні як такі, що найбільш механічно і термічно навантажені. Вони зношуються як по торцевих, так і зовнішніх (робочих) поверхнях в результаті взаємодії відповідно з канавками поршня і дзеркалом циліндра. Крім цього, кільце втрачає первинну (номінальну) пружність і в результаті зростає зазор у замку кілець.

Граничний технічний стан поршневих кілець вказує на ріст витрат моторної оливи і палива. Пробіг автомобіля до заміни кілець, коли вони зносилися до граничних розмірів, можна визначити за мінімумом суми питомих затрат на поршневі кільця та оливу (рис. 1.18):

$$C_k + C_{ot} \rightarrow \min \quad (1.30)$$

$$C_k = C'_k / l \quad \text{та} \quad C_{ot} = C'Q = C'Q_o e^{bt}, \quad (1.31)$$

де C'_k – вартість одного комплексу поршневих кілець, l – пробіг автомобіля; c' – вартість одиниці маси оливи; Q – кількість оливи у резервуарі (піддоні); Q_o – угар оливи, призведений до початку експлуатації автомобіля; b – коефіцієнт інтенсифікації експлуатації.

Серед деталей **кривошипно-шатунного механізму**, які визначають міжремонтне напрацювання ДВЗ, і робочі поверхні яких піддаються механічному (абразивному), молекулярно-механічному та корозійно-механічному зношуванню, належать колінчастий вал та підшипники його корінних і шатунних шийок, числові значення зносостійкості їх шийок наведено в табл. 1.4. Вони працюють у важких умовах та режимах динамічних навантажень, які призво-

дять до поверхневих руйнувань внаслідок пластичних деформацій матеріалу підшипника. Шийки колінчастого валу зношуються нерівномірно, набуваючи з часом еліптичності у поперечнику та конусності за їх довжиною. Такі відхилення від циліндричності шийок (шатунних зокрема) зумовлені характером їх силових навантажень – силами інерції та складової сил дії згоряння паливної суміші, яка передається через шатун.

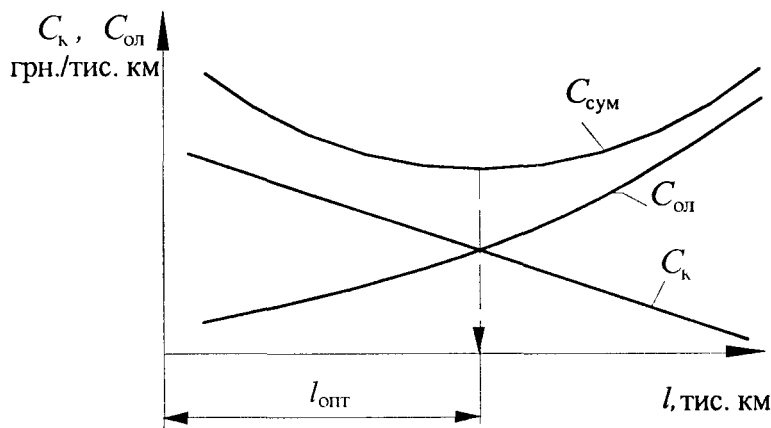


Рис. 1.18. Визначення пробігу АТЗ до настання граничного технічного стану поршневих кілець його двигуна

Ця сила, у зв'язку з конструкцією шатуна, діє на шийку нерівномірно за довжиною її. Крім цього, продукти зношування, які відкладаються у порожнинах шатунних шийок, збільшують інерційні навантаження на їх вкладиші. Останні сприяють інтенсифікації зношування цього спряження. З метою встановлення, при якому технічному стані шатунної шийки вала заміна шатунних вкладишів недоцільна, необхідно знати стан шийок, залежно від пробігу автомобіля (знос, зміна геометричної форми шийки). Досліджено, що залежність конусності та еліптичності шийок, їх знос від пробігу автомобіля (описується степеневою функцією). Зокрема еліптичність шатунних шийок як функція від пробігу автомобіля має такий вигляд (рис. 1.19).

Зважаючи на величину граничного зносу шийок (150 мкм), граничне значення конусності (55 мкм) або, у даному разі, їх еліптичності (38 мкм), можна прогнозувати (за пробігом) виконання заміни

вкладишів. Однак остаточне рішення про зміну приймають на підставі економічного критерію, порівнюючи питомі витрати на відновлення зазорів у спряженнях (1) і питомих витрат на купівлю нового колінвала (2) залежно від пробігу автомобіля (рис. 1.20). Це рішення приймають, зважаючи на мінімум сумарних питомих витрат.

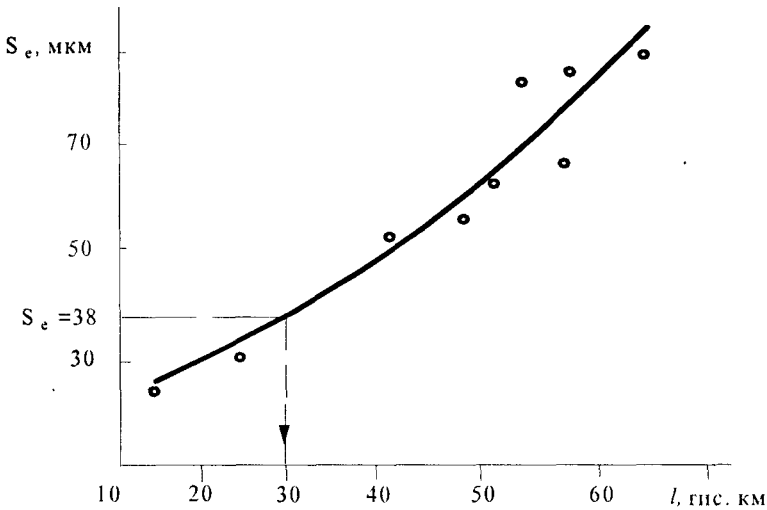


Рис. 1.19. Залежність еліптичності шатунних шийок колінвала двигуна ЗИЛ-130 від пробігу автомобіля

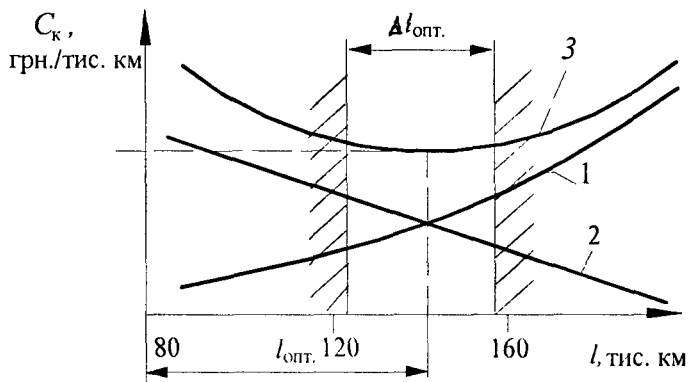


Рис. 1.20. Визначення оптимальної періодичності заміни підшипників колінчастого вала двигуна ЗИЛ-130 за величиною пробігу

Отже, під час зношування вкладишів і шийок спостерігається ріст зазору між ними. Крім цього, поступово втрачаються антифрикційні властивості матеріалу вкладишів через їх знос і накопичення у них (вони м'якші від матеріалу шийок) абразивних частинок та продуктів зносу. Сукупна дія росту зазору та зміни фізико-механічних властивостей поверхонь підшипників призводить до прискореного (передаварійного) зносу останніх. Це стається в інтервалі пробігу АТЗ 1800250 км.

Наслідками значних зношувань цих спряжень КШМ є зростання динамічних навантажень, росту зазорів у них, посилення вібрацій вала, підвищення температури у зоні тертя, виникнення задирів, локальних оплавлень антифрикційного шару.

Якщо брати до уваги особливості зношування деталей ЦПГ та КШМ, то можна узагальнити негативний вплив його в цілому на роботу ДВЗ. Зокрема, за рахунок зношування деталей ЦПГ знижується потужність двигуна з причини падіння ефективного тиску через втрату герметичності; зростає токсичність відпрацьованих газів з причини порушення процесу згоряння; підвищується витрата палива та моторної оливи внаслідок вигорання останньої через прорив газів у картер; з'являються перебої у роботі окремих циліндрів через закидання електродів свічок оливою і утворення нагару на їх поверхнях.

З метою зменшення ступеня описаного негативного впливу на робочі процеси у двигунах моторні оливи, крім змащувальних властивостей володіють й іншими. Серед них, **в'язкісні, миючі та протикорозійні властивості**. До них належать також **чистота оливи**, яка оцінюється відсутністю механічних домішок та води. Високим рівнем цих експлуатаційних властивостей володіють такі марки **мінеральних** олив: М-8Б, М-8В₁, М-21Г₁, М-6з/10Г₁ та інші. Зараз широко використовуються закордонні **синтетичні** моторні оливи, які мають значно вищі, ніж вітчизняні показники експлуатаційних властивостей. Наприклад, німецького виробництва фірми "Лікві-Молі", пробіг автомобілів з якими сягає до 60 тис. км. У їх основі антифрикційні присадки на основі молібдену, зокрема сір-

чистий молібден (MoS_2), який додають до оливи марки 10W40, яку випускає фірма “Лікві-Молі”.

Останнім часом з’явилися **універсальні синтетичні оливи** “Energy Release” – ER американського виробництва (переклад “Вивільнення енергії”), які можна застосовувати як для карбюраторних, так і дизельних двигунів. Переваги їх над іншими полягають в тому, що присадки, які є у їх складі уможливають експлуатацію двигунів без заміни оливи до 400 тис. км, підвищення їх компресії, зниження шумності роботи, полегшення запуску двигунів в холодну пору року). Їх можна застосовувати й для змащування будь-яких пар тертя (коробки передач, ведучі мости, роздавальні коробки компресори тощо).

Важливим експлуатаційним показником оливи є її **в’язкість**. Вона у значній мірі залежить від температури. Підвищення робочої температури двигуна призводить до зниження в’язкості оливи і як результат рідинне тертя може перейти у граничне. Занадто низької температури в’язкість оливи зростає і в результаті збільшується опір рухові масляного потоку, зростають сили тертя, погіршується її прокачуваність і фільтрація. Щодо цих залежностей є такі результати спеціальних досліджень.

Від температури оливи залежить **коефіцієнт тертя** у sprzęженні μ . При температурі 20°C він мінімальний ($\mu = 0,08$); з ростом її до 150°C , коефіцієнт тертя повільно зростає до $\mu = 0,1$ і при терті $t = 160^\circ\text{C}$ він різко збільшується (рис. 1.21).

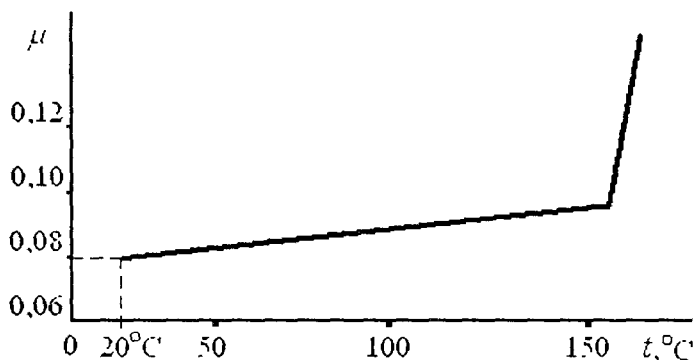


Рис. 1.21. Вплив температури оливи на коефіцієнт тертя

Причиною цьому є втрата динамічної в'язкості оливи і як результат – погіршення умов тертя, різкий ріст коефіцієнта тертя за рахунок переходу його в режим граничного тертя. Зважаючи на підвищення температури оливи (t) і швидкості ковзання (V_k) у лабораторних умовах отримали таку залежність інтенсивності зношування пар тертя (I) (рис. 1.22).

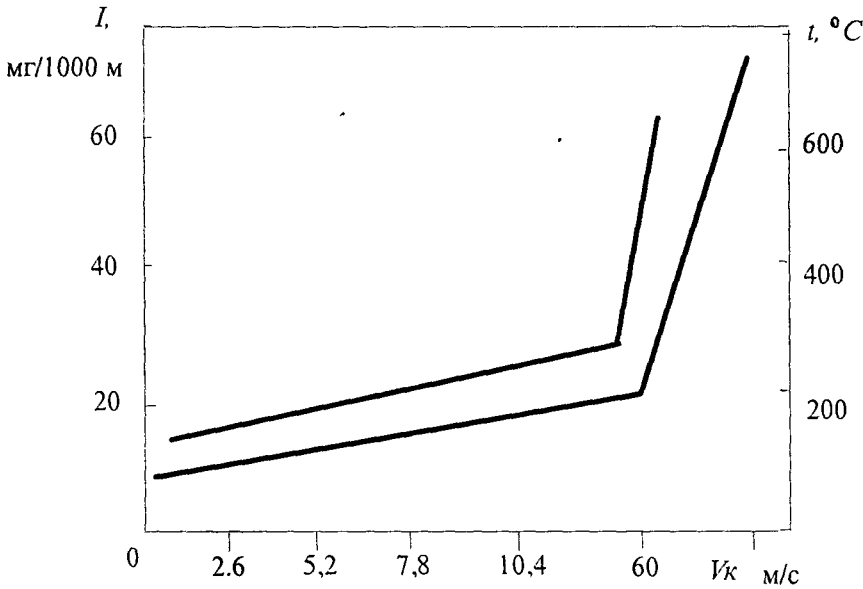


Рис. 1.22. Залежність інтенсивності зношування пар тертя від температури оливи і швидкості ковзання

У загальному випадку для будь-яких марок мінеральних олив підвищення температури зумовлює зниження їх в'язкості. Ця властивість зображується так званою **в'язкісно-температурною характеристикою олив** (рис.1.23).

Із наведеної характеристики видно, що перший вид оливи найбільш стабільний, бо зміна в'язкості у допустимих межах відбувається у максимальному діапазоні змін температур. Такі оливи належать до все сезонних. Додавання до них спеціальних присадок зменшують інтенсивність зношування пар тертя у 1,5-2,5 рази в основному за рахунок підвищення миючих, проти корозійних властивостей, стабілізації в'язкості.

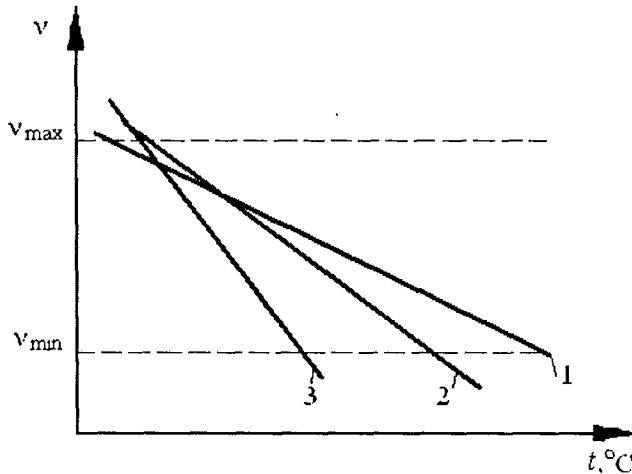


Рис. 1.23. В'язкісно-температурна характеристика моторних оли: 1 – олива із стабільною характеристикою; 2 – середнє значення характеристики; 3 – із нестабільною характеристикою

З урахуванням наведених якісних та числових характеристик моторних оли існують як державні, так і міжнародні стандарти їх класифікації, показники яких уведені в маркування. За маркою оливи можна “перечитати” її характеристику і грамотно підібрати до відповідного двигуна (бензинового, дизельного) автомобіля (легкового, вантажного), який використовується у відповідних категоріях умов експлуатації та природнокліматичних зонах. Так, за експлуатаційними властивостями **вітчизняні моторні оливи** поділені, згідно із чинним в Україні стандартом 17479.1-85, на **6 груп** (табл.1.5).

Класифікацію оливи закордонних виготівників наводять, як правило, за визначенням Американського інституту нафти (API) та Асоціації європейських виготівників автомобілів (ACEA) (рис. 1.24). Відповідність у класифікаціях вітчизняних та закордонних моторних оливи ілюструє табл. 1.6.

У **газорозподільчих механізмах** ДВЗ найбільшому зносу піддаються розподільчі вали, клапани, гнізда клапанів, пружини, коромисла, напрямні втулки. Зношення цих деталей викликає погіршення роботи двигуна, зниження ефективної потужності за рахунок втрати компресії через нещільності у парах “клапан-гніздо”, появу додаткових шумів і стукотів.

Таблиця 1.5. Групи моторних олив за призначенням та експлуатаційними властивостями (ГОСТ 17479.1-85)

Група		Місце застосування
А		Нефорсовані бензинові двигуни та дизелі
Б	Б ₁	Малофорсовані бензинові двигуни, що працюють в умовах, які сприяють утворенню високотемпературних відкладів та корозії підшипників
	Б ₂	Малофорсовані дизелі
В	В ₁	Середньофорсовані бензинові двигуни, що працюють в умовах, які сприяють окисленню оливи та утворенню всіх видів відкладів
	В ₂	Середньофорсовані дизелі, які ставлять підвищені вимоги до антикорозійних, протизношувальних властивостей олив та здатності запобігати утворенню високотемпературних відкладів
Г	Г ₁	Високофорсовані бензинові двигуни, що працюють у важких експлуатаційних умовах, які сприяють окисленню оливи та утворенню всіх видів відкладів і корозій
	Г ₂	Високофорсовані дизелі без наддуву або з помірним наддувом, що працюють в експлуатаційних умовах, які сприяють утворенню високотемпературних відкладів
Д	Д ₁	Високофорсовані бензинові двигуни, що працюють в експлуатаційних умовах, важчих, ніж для групи Г ₁
	Д ₂	Високофорсовані дизелі з наддувом, що працюють в експлуатаційних умовах, або коли пальне, що застосовується, вимагає використання олив з високою нейтралізуючою здатністю, антикорозійними та протизношувальними властивостями
Е	Е ₁	Високофорсовані бензинові двигуни та дизелі, що працюють в експлуатаційних умовах, важчих, ніж для олив груп Д ₁ і Д ₂ .
	Е ₂	Відрізняються підвищеною диспергуючою здатністю, кращими протизносними властивостями

Таблиця 1.6. Відповідність класифікацій моторних олив за експлуатаційними властивостями

ГОСТ 17479.1-85	API	ГОСТ 17479.1-85	API
А	SB	Г	SE/CC
Б	SC/CA	Г ₁	SE
Б ₁	SC	Г ₂	CC
Б ₂	CA	Д ₁	SF
В	SD/CB	Д ₂	CD
В ₁	SD	Е ₁	SG
В ₂	CB	Е ₂	CF-4

	Карбюраторні двигуни									Дизельні двигуни						
API*	SJ	SH	SG	SF	SE	SD	SC	SB	SA	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG
ACEA (CCMC)**	G-5		G-5	G-3	G-2	G-1	D-1		D-2	D-3	D-4	PD-1		PD-2		
ЮНІОЛ 2000 5W40	SJ														CF	
ЮНІОЛ 2001,2004,F40W, 5W40,10W40,15W40		SG													CF	
ЮНІОЛ G40W, 15W40																CG
ЮНІОЛ суперFW, суперF, 15W40, 20W40				SF								CC				

Рис. 1.24. Класифікація моторних олів за визначенням API та ACEA:

SA – двигуни., що працюють у легких умовах
 SB – двигуни, що працюють при помірних навантаженнях
 SC – двигуни, що працюють з підвищеним навантаженням (моделі випуску до 1964 р.)
 SD – двигуни, що працюють у важких умовах (моделі випуску до 1972 р.)
 SF – двигуни., що працюють у важких умовах (у тому числі й на неестильованому бензині)
 SG – двигуни випуску з 1989 р.
 SH – двигуни випуску з 1994 р.
 SJ – двигуни випуску кінця 1996 р.
 CA – двигуни, що працюють при помірних навантаженнях на малосірчастому паливі

CB – двигуни без наддуву, що працюють при підвищених навантаженнях на сірчастому паливі
 CC – двигуни (у тому числі з наддувом), що працюють у важких умовах
 CD – двигуни з наддувом і без нього, що працюють у важких умовах на високосірчастому паливі
 CE – форсовані двигуни з високим наддувом (моделі випуску після 1983 р)
 CF – покращені характеристики CD, швидкохідні чотиритактні дизелі
 CG – двигуни випуску з 1994 р., покращені характеристики CF і стали жорсткішими вимоги до токсичності відпрацьованих газів

Клапани циліндрів працюють в умовах високих силових навантажень, температур та корозійно активного середовища. Це призводить до зношування робочих фасок газовою ерозією, жолоблення тарілок, утворення на них шару нагару. Зношується (окислювальний та абразивний різновиди зношування) і стержень клапана, торець його від взаємодії з бойком коромисла чи штовхачем.

У розподільчого вала таким же різновидом зношування стираються опорні шийки та кулачки, ексцентрик приводу бензонасоса, шестерня приводу розподільника. Зношення кулачка по висоті викликає зміну і його профілю, а це призводить до виникнення додаткових прискорень у посадці клапана у гніздо. Посадка перетворюється фактично в удари, стукоти.

Зміна профілю кулачків вала у бік зменшення периметрів їх верхонь та висоти h впливає безпосередньо на такий технічний параметр як час відкриття клапана $F_{кл}$. У загальному вигляді ця залежність описується рівнянням:

$$F_{кл} = a - b, \Delta h, \quad (1.32)$$

тут a і b – коефіцієнт рівняння. Ці коефіцієнти залежно від номінальних профілів кулачків (випуклий і тангентний) набувають конкретних числових значень. Для двигуна ЗМЗ-53, для якого отримано реальну залежність часу відкриття клапана від зносу кулачкового вала (рис. 1.25) $a = 817,1 \text{ мм}^2$, $b = 130,1$ (визначає ступінь нахилу прямої до осі абсцис). Підставивши числові значення коефіцієнтів a і b у залежність $F_{кл}$, отримують

$$F_{кл} = 817,1 - 130,1 \Delta h. \quad (1.33)$$

Очевидно (див. рис. 1.25), що зменшення часу прохідного перетину $F_{кл}$, яке зумовлюється зносом кулачків, супроводжується зниженням наповненості циліндрів паливною сумішшю і як результат – зниженням ефективної потужності двигуна N_e , крутного моменту $M_{кр}$, ростом питомої витрати палива g_e .

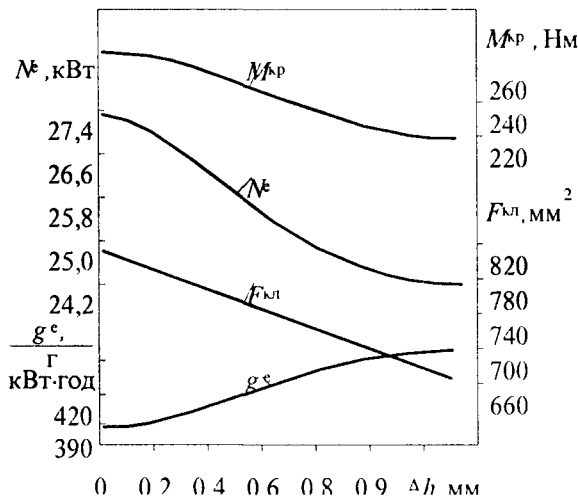


Рис. 1.25. Залежність конструктивних і робочих характеристик двигуна від зносу кулачків розподільного вала

На працездатність двигуна і технічний стан деталей **системи живлення** мають істотний вплив якісні показники палива, які оцінюються як хімічним, так і агрегатним складами паливної суміші. Наприклад, для бензинових двигунів встановлена прямолінійна прямопропорційна залежність смолянистих відкладень в карбюраторах і трубопроводах від вмісту смол у бензині (рис. 1.26).

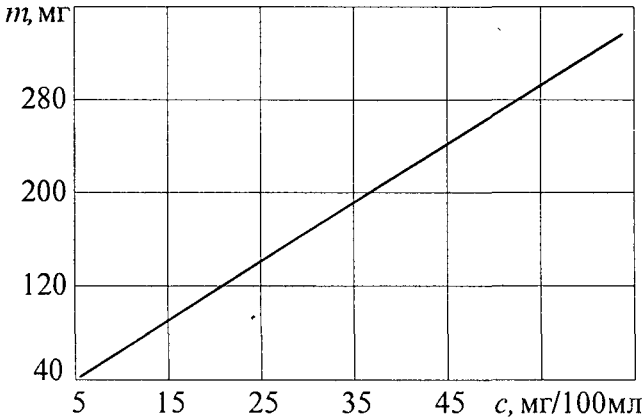
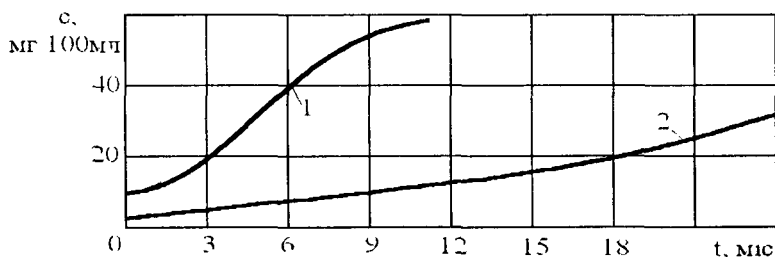


Рис. 1.26. Залежність кількості смолянистих відкладень (m) у впускній системі двигуна від вмісту смол (c) у бензині

Ці відкладення порушують нормативну подачу бензину чи суміші, сприяють нагароутворенню на стінках клапанів, днищах поршнів. Збільшений вміст смол знижує октанове число бензину, підвищує його кислотність, викликаючи ерозію металів, особливо під час зберігання бензину, утворенню смол у бензині сприяють вміст у ньому нестійких вуглеводів, які у сполучі з повітрям власне утворюють смоли. Чим триваліше зберігання бензину, тим інтенсивніше смолоутворення та окислотнення його (рис. 1.27). Ця інтенсивність посилюється, крім усього, підвищенням температури зберігання, освітленням його, наявністю в резервуарі води, міді та свинцю, сірчистих з'єднань. Наявність останніх оцінюють випробуванням бензину на мідну пластинку, яка повинна окислитися протягом 3 годин при $t = 50^{\circ}\text{C}$.



у

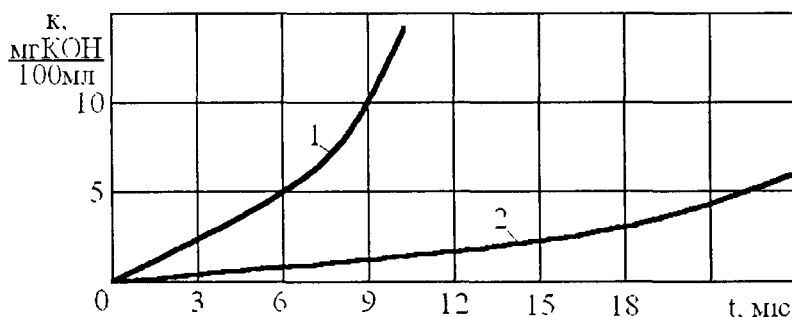


Рис. 1.27. Залежність вмісту смол (c) та кислотності (k) у бензині від тривалості його зберігання (t): 1 – бензин термічного крекінгу; 2 – каталітичного крекінгу

З метою підвищення детонаційної стійкості до бензинів додають, як відомо, високооктанові компоненти або присадкові антидетонатори. Перші, склад яких бензол, ізооктан, ізопентан, продукти каталітичного крекінгу, реформінгу, гідрогенізації, добавляються у значних кількостях, а другі, які підвищують октанове число у більшій мірі – добавляють у частках відсотка. Серед антидетонаторів автомобільних бензинів найбільш поширені **етилова** рідина марки 3-9 та, так звана, **автомобільна рідина**. Рідина 3-9 містить у своєму складі: антидетонатор – тетраетилсвинець (ТЕС) – $Pb(C_2H_5)_4$ – 54%; виносник – бромистий етил BrC_2H_5 – 33%; α – монохлорнафталін $C_{10}H_7Cl$ – 6,3-7,3%; наповнювач (бензин Б-70) – 5,7-6,7%; антиокислювач – 0,02-0,03%; фарбник.

До речі, ТЕС відкритий у 1921 році і з 1923 р. застосовується як антидетонатор при виготовленні автомобільних бензинів. Сірка, яка є у бензині, знижує ефективність ТЕС. Вона утворює із свинцем сульфід PbS , який не бере участі у реакції з перекисами. Крім цього, сірка сприяє зниженню концентрації ТЕС під час зберігання бензину за рахунок утворення сірчистих з'єднань свинцю, які випадають в осад у вигляді пластівців.

Етилований бензин під час згоряння виділяє свинець з його окису, який виводиться із камери згоряння. Цьому сприяє виносник і α -монохлорнафталін, з яким свинець утворює з'єднання $PbBr_2$ та $PbCl_2$. Останні у камері згоряння перетворюються у пари і видаляються із відпрацьованими газами.

Сірка у складі бензину, звичайно, небажана, оскільки сприяє інтенсифікації зношувань деталей ЦПГ і ГРМ, знижує антидетонаційну стійкість, сприяє осмоленню бензину, нагароутворенню і сприяє старінню оливи. Інтенсифікація зношувань відбувається за рахунок корозійної агресивності сірчистих сполук, самої сірки (сірководень H_2S , меркаптани $R-S-H$). Крім цього, сірчистий (SO_2) та сірчаний (SO_3) газу, потрапляючи в картер двигуна і контактуючи з парами води та киснем повітря, утворюють сірчисту (H_2SO_3) та сірчану (H_2SO_4) кислоти. Останні окислюють оливу, що викликає інтенсифікацію зносу деталей. Результати дослідження цих процесів на прикладі бензину А-76 показали наступне: при рості вмісту сірки з 0,10 до 0,15% знос деталей підвищився до 36%. Допустимі значення вмісту цього елемента в бензині від 0,01 (АИ-93) до 0,12% (А-72).

Відомо, що значне накопичення смол у паливі призводить до зменшення поперечників трубопроводів, жиклерів, а це знижує потужність і економічність двигуна. Крім цього, під впливом підвищених температур смоли поступово перетворюються на штоках клапанів і електродах свічок у густі важкорозчинні високомолекулярні сполуки, які зумовлюють зависання клапанів і розжарювальне запалювання суміші. Останньому сприяють утворення нагару на

днищі поршня, у камері згоряння, зменшуючи її об'єм. В результаті виникає явище детонації, прискорюючи зношення деталей ЦПГ та КШМ. Розжарювальне запалення можна виявити, вимкнувши систему запалення. Якщо двигун продовжує працювати, загоряння суміші відбувається не за рахунок іскри, а від перегрітого нагару. Вміст сірчистих сполук у складі бензину найбільше впливає на знос поршневих кілець (рис. 1.28). Ця закономірність описується рівнянням прямопропорційної залежності зносу кілець (y %) від вмісту (x %) сірки у паливі.

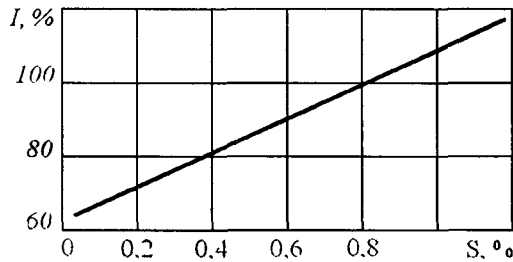


Рис. 1.28. Залежність інтенсивності зношування поршневих кілець від вмісту сірки у дизельному паливі

Щодо впливу на зношування деталей карбюраторного двигуна (ЗИЛ-130) **агрегатного складу** паливної суміші, то його оцінюють через значення коефіцієнта надлишку повітря α (α – це відношення фактичної кількості повітря q_ϕ у кг, яке витрачається двигуном на спалювання 1 кг палива, до кількості повітря q_m , що теоретично необхідне для повного згоряння 1 кг палива: $\alpha = q_\phi/q_m$). Для **нормальної** паливної суміші $\alpha = 1 = 14,9$ кг/14,9 кг, коли двигуном розвивається максимально можлива потужність, зношування деталей є дещо вищим від нормальних (100%) зношувань, коли $\alpha > 1$ (**економічний склад суміші**) (рис. 1.29). Однак, коли $\alpha = 1$ (**збіднена суміш**) двигун не може розвинути цю максимальну потужність. Тому вважається, що оптимальним, з позицій забезпечення потужнісних характеристик і мінімуму зносу деталей двигуна, є $\alpha = 0,8 - 1,1$. Мінімум кривих відповідає так званому економічному складові суміші α_e , коли досягається не лише висока паливна ощадність, але й найменша швидкість зношування деталей двигуна.

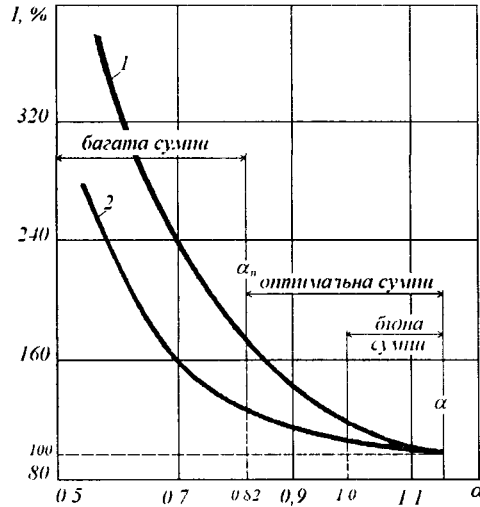


Рис. 1.29. Залежність інтенсивності зношування двигуна ЗИЛ-130 від коефіцієнта надлишку повітря α ($n = 1600$ хв.⁻¹; $p = 0,514$ МПа): 1 – важкий бензин, $t_{пер} = 225^\circ\text{C}$; 2 – облегшений бензин, $t_{пер} = 205^\circ\text{C}$; α_n – потужний склад суміші; α_e – економічний склад суміші

Цю особливість добре ілюструє ще одна залежність паливної економічності від потужнісного (N_2) та швидкісного (n) режимів роботи дизелів (рис.1.30).

Оптимальною ділянкою швидкісного режиму роботи двигуна за витратою палива, який відповідає режиму мінімального зносу деталей, є частота обертання колінчастого вала в межах $n = 1100-1400$ хв.⁻¹ з питомою витратою палива $g_e = 160$ г/кВт год, коли розвивається потужність:

$$N_e = (0,54 - 0,67) N_{\max}. \quad (1.34)$$

Крім впливу на зношення процентного співвідношення між паливом і повітрям у паливній суміші, істотний вплив має якість цього повітря, зокрема його **запиленість**. Чим більша запиленість тим більша швидкість зношування компресійних кілець (рис. 1.31), тим більша інтенсивність забруднення продуктами зносу картерної оливи (рис. 1.32).

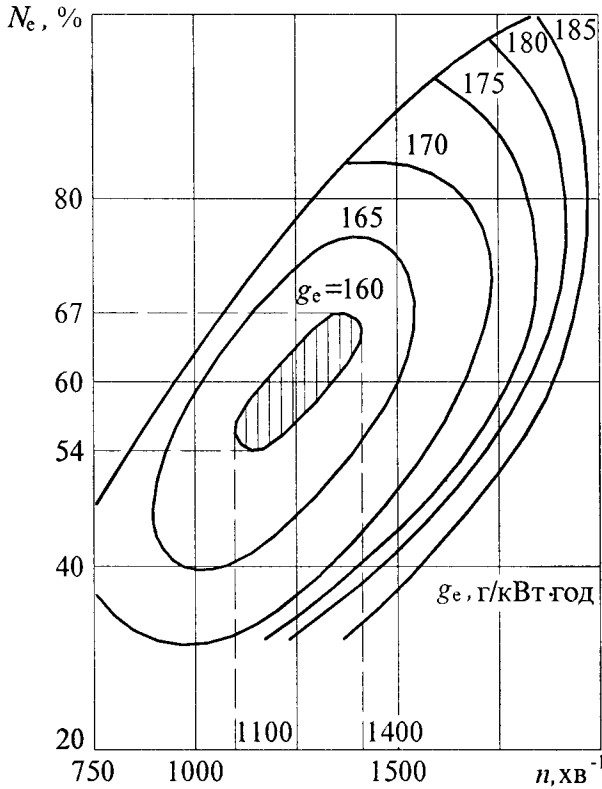


Рис. 1.30. Оптимальна ділянка швидкісного режиму роботи дизеля, яка забезпечує мінімальні зношування його деталей

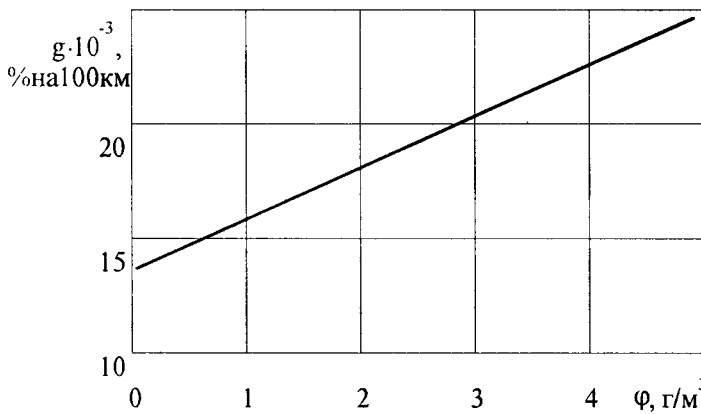


Рис. 1.31. Залежність зміни кількості продуктів зносу (g) у пробі моторної оливи двигуна ЯМЗ-236 від запиленості повітря (φ)

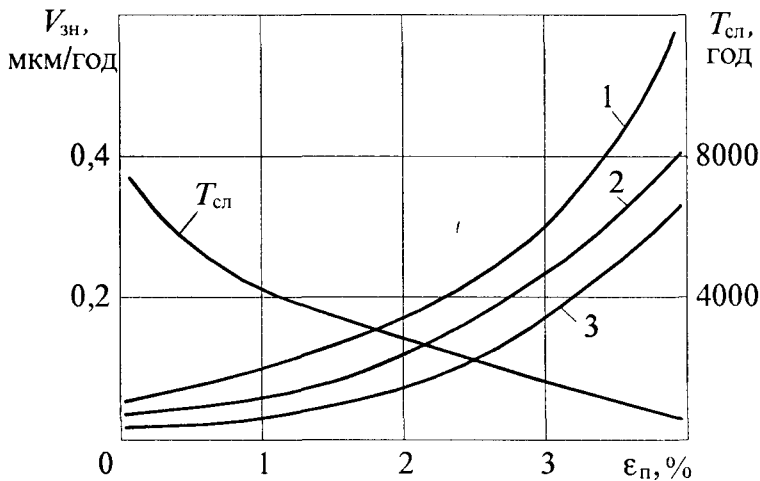


Рис. 1.32 Залежність швидкості зношування ($V_{зн}$) компресійних кілець та терміну служби ($T_{сл}$) 1-го кільця від коефіцієнта пропуску повітроочисника (ϵ_p): 1, 2, 3 – номери кілець

Очевидно, що на запиленість повітря, яке потрапляє з паливною сумішшю у циліндр, впливає якість його очищення у фільтрах. Пропуск пилу оцінюється **коефіцієнтом пропуску повітроочисника**:

$$\epsilon_n = 100 - \eta_o, \quad (1.35)$$

де η_o – коефіцієнт очищення повітря.

Його визначають з урахуванням ступеня запиленості повітря:

$$\eta_o = (1 - \varphi_2 / \varphi_1) 100, \quad (1.36)$$

тут φ_1, φ_2 – запиленості повітря відповідно на вході і виході очисника, г/м^3 .

Зношування деталей і приладів **системи охолодження** ДВЗ проявляється через погіршення температурного режиму їх роботи, навіть за номінальних навантажень. Причинами цього можуть бути порушення герметичності сорочки охолодження, радіатора, патрубків через утворення тріщин у головці чи блоці циліндрів, нещільності з'єднань патрубків, прокладки головки блока, втрату герметичності бачків. Як результат зниження рівня охолоджувальної рідини. Причинами можуть бути кавітація стінок циліндрів, робочого колеса, утворення накипу у сорочці охолодження, а також гідро-

абразивне зношування через потрапляння в систему продуктів зношування та корозії деталей (підшипників насоса). Має місце також газоабразивне зношування деталей вентилятора (лопаток, шківів).

Технічний стан системи охолодження у найбільшій мірі зумовлюється втратою експлуатаційних властивостей робочого тіла, тобто охолоджувальної рідини. Різні види цієї рідини (вода, антифризи) самі по собі мають різні номінальні значення показників цих властивостей. Але спочатку про вплив **температурного режиму** на зношування деталей ДВЗ.

Найчастіше причинами виходу з ладу деталей ЦПГ двигунів є порушення теплового режиму. Встановлено, що окремі ділянки поршня та головки блока циліндрів можуть нагріватися до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище. Одночасно відомо, що межа міцності цих металів на розрив починає різко падати уже при $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Крім цього, така температура призводить до швидкого пригоряння кілець до канавок, а також інтенсифікації окислювальних процесів в оливі та нагароутворенню, проходить закоксування розпилювачів форсунок. Перегрівання двигуна понижує в'язкість оливи, викликає зрив масляної плівки, а це призводить до інтенсифікації зношування і деформування деталей. Встановлено, що температурний режим роботи двигуна, який оцінюють температурою охолоджувальної рідини, повинен бути у межах $70\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такі межі забезпечують мінімум зносу (в %) деталей двигуна (рис. 1.33).

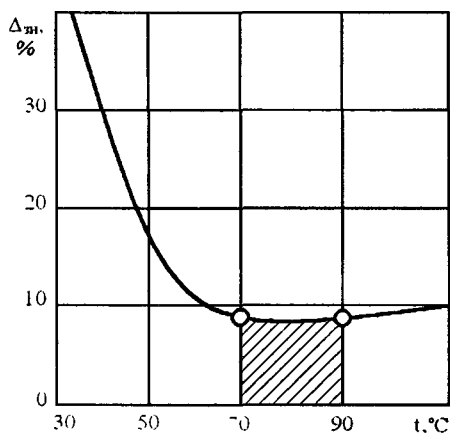


Рис.1.33. Залежність зносу деталей двигуна від температури охолоджувальної рідини

Відомо, що найбільш розповсюдженими **антифризами** для систем охолодження ДВЗ АТЗ вважаються етиленгліколеві марок 65 та 40, антифризи “Тосол-40, 60” (цифри вказують на температуру замерзання). При замерзанні антифризи перетворюються на пухку масу, яка збільшенням свого об’єму не може руйнувати деталей сорочки охолодження (це позитивна властивість рідини). Однак є й негативна – високий коефіцієнт об’ємного розширення під час нагрівання вище 100 °С (на 5-8 %), піноутворення при попаданні у сорочку нафтопродуктів, токсичність.

Природна **вода** також вважається ефективним робочим тілом системи охолодження. Однак вона містить значну частку солей кальцію та магнію, які при високих температурах відкладаються на стінках сорочки яки **накип**. Уміст цих солей визначає так звану **жорсткість води**. Цю властивість оцінюють міліграм-еквівалентами *Ca* або *Mg*, які містять в 1 л води: 1 мг-екв/л означає, що в 1 л води є 20,4 мг *Ca* або 12,16 мг *Mg*. Якщо жорсткість води менша 3,0 мг-екв/л, то її вважають м’якою, до 6,0 мг-екв/л – середньої жорсткості, більшою 6,0 мг-екв/л – жорсткою.

Власне жорстка вода спричинює швидке відкладання солей як накипу на стінках й погіршує їх теплопровідність. Накип відіграє роль теплоізолятора. В результаті спостерігається швидкий перегрів двигуна, прискорене зношування його деталей, зниження ефективної потужності. Спеціальні дослідження показують, що, якщо використовувати протягом року воду середньої жорсткості, то за цей період у системі охолодження відкладається до 400 г накипу. А це знижує потужність двигуна на 4 – 5%.

Усі наведені особливості експлуатації та зношування деталей ДВЗ беруться до уваги при обґрунтуванні технології профілактичних ТО і ремонту їх й передбачають з метою відновлення параметрів виконання відповідних операцій.

1.6.2. Закономірності зношування деталей кермового керування, трансмісії та ходової частини. У **кермовому керуванні** автомобіля зношуються деталі та спряження як механізму так приводу. Зокрема у механізмі зношуються поверхні деталей зачеплення черв’як-

ролик. Вони піддаються окислювальному та корозійно-абразивному різновидові зношувань. Причиною цьому є вільний доступ в середину картера механізму повітря і окислювальної дії мастильного матеріалу, а також потрапляння туди через нещільності порошу з абразивними часточками, продуктів зношування цих поверхонь. У **кермовому приводі** усі шарнірні з'єднання зношуються абразивним різновидом, оскільки вони розміщені близько до поверхні дороги і не захищені особливо надійними герметиками від потрапляння порошкоподібного абразиву. Зношування деталей кермового механізму і його приводу призводить до погіршення важливої, з позиції безпеки руху, експлуатаційної властивості АТЗ – керованості. Це погіршення проявляється у збільшенні вільного ходу кермового колеса, вилянні передніх напрямних коліс, розрегулювання сходження цих коліс. Останнє призводить до збільшення витрати палива, прикладання зусиль до кермового колеса, інтенсифікації зношування протектора напрямних коліс. Щодо порушень (за рахунок спрацювань деталей кермового приводу) сходження коліс і впливу його на інтенсивність зношування протектора шин, то встановлено наступне. Мінімальна інтенсивність зношування ($I = 0,16-0,18$ мм/1000 км) спостерігається за умови дотримання номінального значення сходження коліс ($\Delta l = 1,5 - 2,5$ мм) (рис. 1.34).

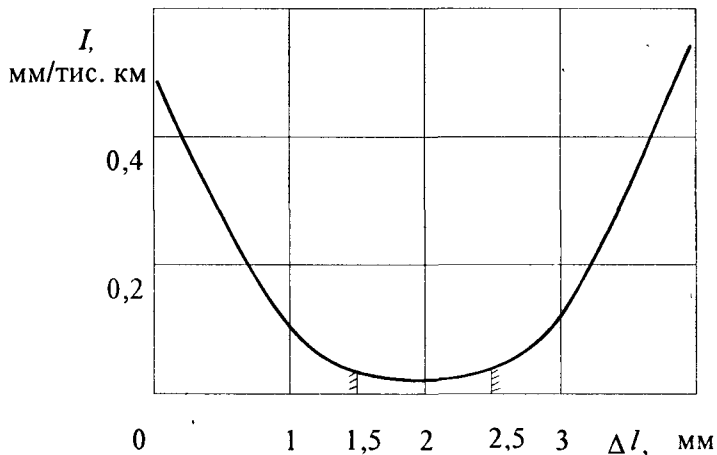


Рис. 1.34. Залежність інтенсивності зношування протектора шин напрямних коліс від їх сходження

Відхилення сходження у бік зменшення ($\Delta l \rightarrow 0$ мм) і у бік збільшення ($\Delta l > 2,5$ мм) призводить до різкого прискорення інтенсивності зношування шин ($I \rightarrow 0,25$ мм/1000 км). Відомо, що зростання сходження коліс, наприклад, автомобілів АЗЛК, до 3-4 мм (норма 1,5-2,0 мм) підвищує витрату палива на 11%.

Крім зношування поверхонь деталей кермового приводу і кермового механізму тертям, особливої уваги і розгляду заслуговують експлуатаційні руйнування **поворотних кулаків**. Ці деталі, як відомо, крім керованості АТЗ, забезпечують безпеку руху автомобілів. Очевидно, що йдеться про руйнування кулаків через втрату їх матеріалами втомної міцності. Технічний стан найбільш небезпечних (з позицій руйнування) місць кулаків (перехід від поверхні цапфи до важеля-галтель) можна визначити за методикою двохстадійного контролю за наявністю, місцем розташування і довжиною тріщин. Цю контрольну операцію виконують у два етапи. Спочатку методом магнітної дефектоскопії для того, щоб встановити наявність (відсутність) тріщин. На другому етапі – ультразвуковим методом, щоб визначити глибину тріщини, напрям і характер її поширення.

Встановлено, що мікротвердість поверхонь цапфи біля мікротріщини максимальна, чим далі від неї, тим менша; стабілізується на відстані 0,15-0,20 мм у межах 2400-2500 МПа. Від поверхні деталі і углиб попри тріщину мікротвердість спочатку зменшується, а ближче до її “дна” зростає; безпосередньо біля дна тріщини вона становить 2900-3000 МПа. Появі і розвиткові тріщин на щоках поворотних кулаків сприяють під час експлуатації вогнища фретинг-корозії.

Макро- і мікродослідження показали, що у 75-90% випадків руйнування кулаків були на ділянках, уражених фретинг-корозією, яка зумовила утворення каверн різного виду, що у свою чергу дали початок зародженню мікротріщин. Фретинг-корозії сприяє пластичне деформування поверхні щік кулака. За рахунок цього мікротвердість тонких поверхневих шарів підвищується до 4200 МПа і у результаті – у зоні контакту з підшипниками коліс проходить мік-

ропереміщення фрагментів кристалічних ґраток та зерен матеріалу, що сприяє фізико-хімічній активності поверхневих шарів.

Встановлено, що цілеспрямоване зміцнення галтелей кулаків карбуванням підвищує межу втомної міцності кулаків. Дослідження з цього приводу поворотних кулаків автобуса ЛАЗ-695Е показали, що довговічність їх підвищується у 23-24 рази порівняно з тим, якщо операції чеканки не виконувати.

Крім поворотних кулаків, у передній осі зношуються підшипники та гнізда під зовнішні обойми в маточинах коліс. Зношуються втулки і робочі поверхні шворнів. Останні, оскільки зафіксовані від прокручування, мають односторонній знос. Може зношуватись через втрату натягу посадочний отвір балки передньої осі. Різновид зношування цих деталей – абразивне.

У незалежних **підвісках автомобілів** зношуються робочі поверхні пальців та втулок важелів, кульові опори. Останні, крім абразивного зношування, піддаються втомному руйнуванню, що призводить до раптової втрати працездатності АТЗ й, в окремих випадках, до серйозних ДТП. Втомному зношуванню і руйнуванню піддаються також і **пружинні та листові ресори** підвісок. У залежних ресорних підвісках, крім ресорних пальців зношуються і руйнуються самі ресорні листи. Очевидно, що різні листи ресор працюють у різних умовах і режимах навантаження і тому, найскоріше виходять з ладу найбільш навантажені, тобто корінні листи, які призводять до втрати працездатності цілої ресори і автомобіля. Встановлено тісний зв'язок (коефіцієнт кореляції 0,926) між ростом площі втомного руйнування листів прямокутного перетину і тривалістю експлуатації ресор: інтенсивність руйнування відповідно експоненційно зростає (площа руйнування зростає), а пробіг автомобіля до відмови експоненційно зменшується. Якщо за критерій витривалості листів взяти інтенсивність розвитку тріщин, яку оцінюють наростанням її площі F у прямокутному поперечнику, то довговічність кожного із 4-х листів у логарифмічній ординаті можна зобразити графічно (рис. 1.35).

Зміну площі руйнування листів ресори F , спричиненого N -циклами навантажень апроксимують степеневою залежністю:

$$F = F_0 e^{bN}, \quad (1.37)$$

де F_0 – початкова площа руйнування, мм^2 ; b – розмірний емпіричний коефіцієнт, який має різні значення для кожного листа ресори і показує зв'язок між кількістю циклічних навантажень на ресору та пробігом автомобіля, $1/1000$ км. Цю залежність у лабораторних умовах отримав дослідник Ракіцький А.А., випробовуючи листи ресори автомобілів МАЗ (рис.1.36).

Оскільки робочі поверхні пар тертя зчеплення та гальм аналогічні, утворені різнорідними матеріалами, зокрема неметалічними фрикційними та сталевими деталями, розглянемо особливості зношування їх сукупно. Ці деталі працюють в умовах і режимах сухого тертя, на які діють високі зовнішні питомі навантаження, зумовлені передачею значних крутних моментів (ведені диски зчеплень) та гальмових сил (барабанні та дискові гальма). Крім цього, на поверхнях цих деталей розвиваються високі локальні температури від виконання роботи тертя. Вони можуть сягати $350-450^\circ\text{C}$. Отже, тут мають місце складні явища, які характеризують молекулярно-механічне та абразивне зношування. Перший різновид зумовлений дією високих питомих тисків та локальних температур, які можуть призвести до водневого зношування (поверхневого окрихчення) різнорідних матеріалів деталей.

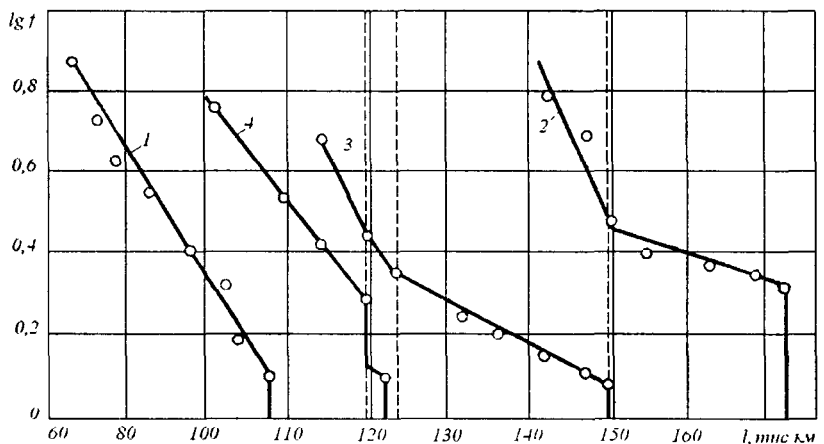


Рис. 1.35. Залежність критерію витривалості (lgf) ресорних листів автомобілів МАЗ від пробігу їх від початку експлуатації:
1, 2, 3, 4 – номери листів

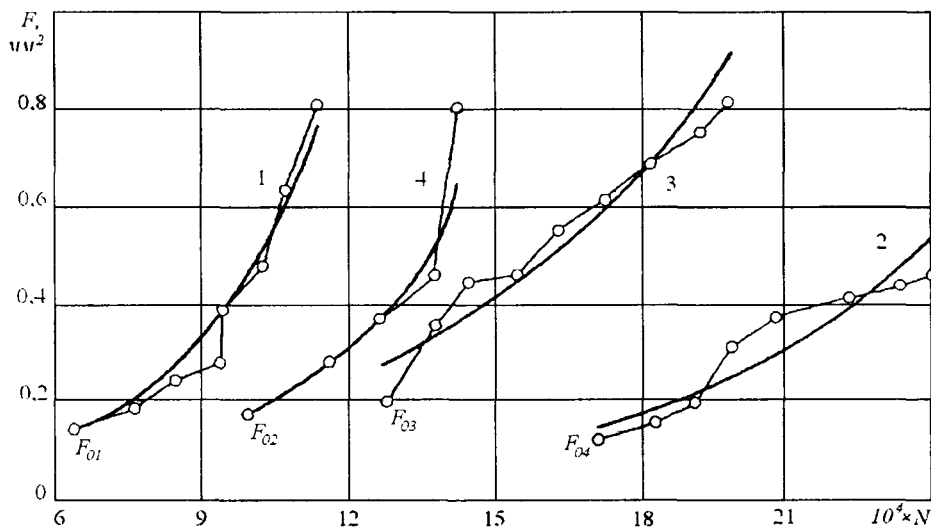


Рис. 1.36. Залежність площі руйнування F листів ресори автомобілів МАЗ від кількості циклів їх навантаження N : 1, 2, 3, 4 номери листів

Наявність порохоподібного абразиву між поверхнями зумовлює інтенсифікацію абразивного зношування в умовах сухого тертя.

Сукупна дія обох різновидів зношування прискорює інтенсивність зношування цих пар тертя. Цьому сприяє наростання температури деталей зчеплення (до 150°C), особливо ріст її до $350\text{--}400^{\circ}\text{C}$ на поверхнях фрикційних дисків. Отримано залежності інтенсивностей зношування фрикційних елементів зчеплення від температури їх поверхонь (рис. 1.37). Стійкішою виявилася накладка металокерамічна на сталевій основі за рахунок підвищеної теплопровідності, що зумовлює швидку теплопередачу (відведення тепла) на інші деталі зчеплення.

На довговічність фрикційних накладок зчеплення мають вплив дотримання номінальних зазорів, вправність водія при користуванні ним. Останній чинник оцінюється тривалістю τ пробуксовування дисків. Ця тривалість прямо пропорційно впливає на процес теплоутворення Q_m при терті дисків:

$$Q_m = \frac{M\tau}{2E} (\omega_{\text{вд}} - \omega_{\text{вед}}) \omega_{\text{вд}}, \quad (1.38)$$

де M – крутний момент, який передається через зчеплення;
 $\omega_{вд} - \omega_{вед}$ – кутові швидкості відповідно відного і веденого дисків;
 E – механічний еквівалент теплоти.

За цією формулою можна простежити умови роботи дисків (рис.1.38).

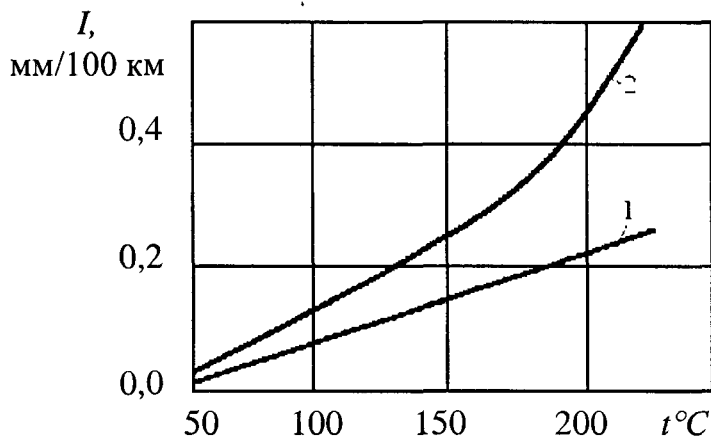


Рис. 1.37. Залежність інтенсивності зношування фрикційних елементів зчеплення від температури їх поверхні: 1-металокерамічної накладки зі сталеву основою; 2-вальцьованої стрічки

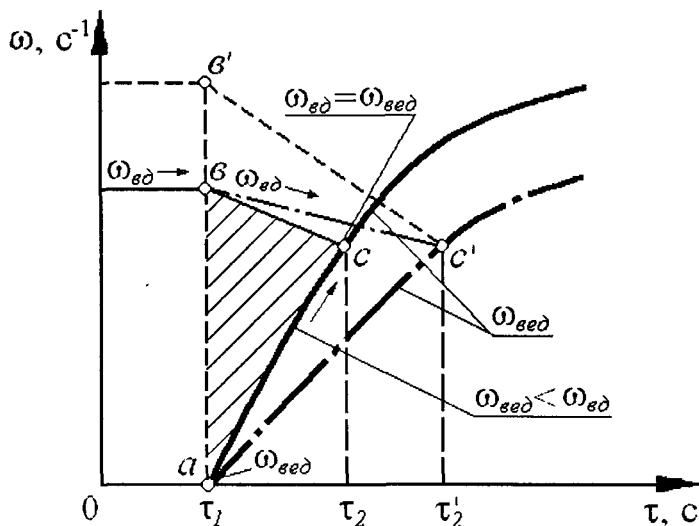


Рис. 1.38. Залежність частоти обертання дисків муфти зчеплення від тривалості її включення

На початковій ділянці абсциси $0 - \tau_1$ диски наближаються ($\omega_{\text{ед}} = \text{const}; \omega_{\text{вед}} = 0$). На ділянці $\tau_1 - \tau_2$ автомобіль рушає з місця: після дотику дисків (точка *b*) кутова швидкість відного диску зменшується, а веденого зростає. При τ_2 кутові швидкості дисків вирівнюються (точка кривої *c*). Цей період ($\tau_1 - \tau_2$) характеризується пробуксовуванням дисків і максимальним виділенням тепла. Очевидно, що, чим менша різниця тривалості $\tau = (\tau_2 - \tau_1)$ і швидкостей $\omega_{\text{ед}} - \omega_{\text{вед}}$, тим менше тепла виділяється на поверхнях дисків (менша заштрихована площа поля графіка). Чим ця різниця більша (показано пунктирними лініями – $\Delta av'c'$), тим більше виділяється тепла, тим не довговічніші накладки веденого диска. Останнє має місце, коли водій невправний і недосвідчений.

Очевидно, що ступінь зношеності фрикційних накладок зумовлює ріст зазорів між відповідними поверхнями, а це є причиною втрати працездатності відповідних агрегатів (зчеплення, гальмового механізму) або погіршення експлуатаційних властивостей АТЗ – відповідно тягової та гальмової динамічності його. Зокрема призводить до зниження якості перемикання передач, буксування зчеплення, зростання гальмового шляху АТЗ, який погіршує безпеку руху. Відомо, наприклад, що зростання зазору між робочою поверхнею барабана та накладками колодок гальмової системи вантажного АТЗ середньої вантажності з 0,5 мм (мінімальне значення) до 1,0 мм збільшує гальмовий шлях його на 20%.

Втраті працездатності **гальмового механізму** сприяє, подібно як і ведених дисків зчеплення, температура нагріву накладок в результаті гальмування. Часте користування гальмами чи зменшений зазор між барабаном і накладкою можуть призвести до її інтенсивного зношування і руйнування. Температуру накладок гальмового механізму можна розглядати як функцію тривалості і періодичності увімкнення його (рис. 1.39). При підвищенні температури накладок до 700°C знижується коефіцієнт тертя (гальмовий шлях в результаті зростає) і зростає швидкість їх зношування за рахунок по-

слаблення сили молекулярних зв'язків у поверхневих шарах накладок.

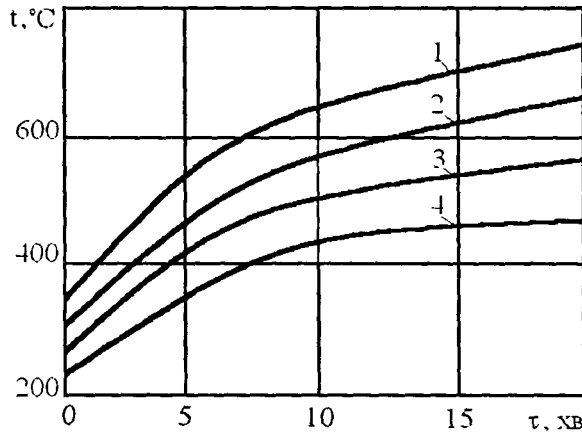


Рис. 1.39. Залежність температури поверхні фрикційних накладок гальм від тривалості гальмування за періодичним включення гальма: 1 – 0,5 хв.; 2 – 1 хв.; 3 – 2 хв.; 4 – 2,5 хв.

Дослідник Демиденко Б.М. вивів аналітичні залежності для визначення інтенсивності зношування гальмівних накладок I_n та гальмівних барабанів I_6 автомобілів:

$$\begin{aligned} I_n &= K_n P^m V^n \\ I_6 &= K_6 P^m V^n \end{aligned} \quad (1.39)$$

де K_n , K_6 – відповідні коефіцієнти, які відображають сумарний ефект дії різних експлуатаційних та інших чинників; P – середній тиск на поверхні тертя; V – середня швидкість поверхонь тертя; m і n – емпіричні коефіцієнти, які визначаються експериментально.

Для накладок і барабанів автомобіля ГАЗ-53:

$$\begin{aligned} I_n &= 0,57 P^{0,8} V; \quad I_6 = 0,062 P^{0,8} V \quad \text{– для умов експлуатації 3-ї категорії;} \\ I_n &= 0,75 P^{0,8} V; \quad I_6 = 0,089 P^{0,8} V \quad \text{– для гірських умов експлуатації.} \end{aligned}$$

Для відомих I_n і I_6 та граничного зазору Δ_{cp} між накладкою і робочою поверхнею барабана можна визначити термін служби гальмового механізму

$$T_{\text{сл}} = \frac{\Delta_{\text{гр}}}{(I_{\text{н}} + I_{\text{б}})} = \frac{\Delta_{\text{гр}}}{0,151 \cdot P^{0,8} V} \quad (1.40)$$

Серед ресурсних деталей агрегатів **трансмисії** автомобіля (коробки передач, роздавальної коробки, головної та кінцевих передач, диференціалів) є циліндричні та конічні шестерні, гладкі та шліцьові вали, підшипники. Вони працюють в умовах високих питомих навантажень й у режимах граничного тертя. Навантаження часто досягають 4000 і більше МПа (вантажні АТЗ середньої вантажності). Вони можуть бути і знакоперемінними. Різновидом зношування цих деталей є одночасної дії абразивне та молекулярно-механічне. Для шліцьових з'єднань карданних валів та валів КП додається ще і фретинг-корозія. При постійній дії на поверхні **зубів шестерень та на бігові доріжки підшипників** високих питомих навантажень починають розвиватися паталогічні триботехнічні явища, які називають **пітингом**. Власне постійна дія високих питомих тисків на ці поверхні зумовлює виділення із структури металу атомарного водню, який, окрихчує поверхневі шари і з часом з'являються сітки мікротріщин. В останні проникає мастильний матеріал, який вважається нестискуваним тілом, і просочується поміж ці мікротріщини, відіграючи роль гідравлічного клина. А це призводить до інтенсифікації розколювання поверхневих шарів і відлущування мікроскопічних часток матеріалу. З часом на поверхнях згадуваних деталей з'являються віспоподібні поверхневі вививи металу як результат зношування їх пітингом.

Шліцьові з'єднання у карданних передачах та валах коробок передач зношуються частково фретинг-корозією, оскільки у цих зачепленнях також діють високі питомі навантаження з доступом окиснювального повітряного середовища з порохоподібним абразивом й такий важливий чинник як відносні незначні поздовжні взаємні (карданні вали) переміщення деталі, яка охоплюється, і деталі, що охоплює. Це призводить до мікроскопічної пластичної деформації виступів шліцьових нарізок в обох деталях, які з часом, з додаванням абразивного зношування і корозії, проявляються спотворенням їх номінальної геометрії. А це означає порушення плав-

ності передачі крутного моменту. Часті перевантаження цих з'єднань у карданних передачах можуть призвести до змінання виступів шліцьових нарізок, підвищення люфтів, поломок.

На інтенсивність зношування деталей **коробок передач, ведучих мостів** автомобіля мають істотний вплив режими роботи, контактні навантаження, а також чистота мастильного матеріалу. Існує експоненційного характеру залежність між ресурсом коробки передач і заднього моста від режимів роботи двигуна автомобіля, зокрема від частоти обертання колінчастого вала (рис. 1.40).

Важкі режими (при $n > 2500 \text{ хв}^{-1}$) істотно впливають на скорочення тривалості працездатності цих агрегатів автомобіля. Щодо окремих (зокрема ресурсних) деталей цих агрегатів, власне шестерень, то на їх довговічність мають істотний вплив (експоненційного характеру) контактні напруження (рис. 1.41).

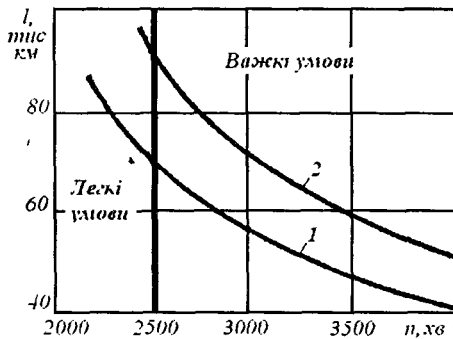


Рис. 1.40. Залежність ресурсу коробки передач (1) та заднього моста (2) машин на базі автомобіля від частоти обертання колінчастого вала

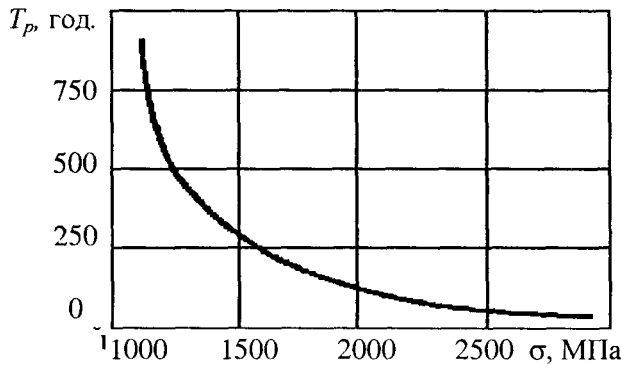


Рис. 1.41. Вплив контактних напружень на зубцях шестерень головних передач на їх довговічність

Очевидно, що надмірна кількість продуктів зношування деталей коробок передач і ведучих мостів у мастильних матеріалах зумовлює прискорення абразивного зношування зубів шестерень, підшипників. Знайдена також залежність наростання вмісту цих продуктів у картерах головної передачі та коробок передач від напруцювання машини (рис. 1.42). Вона повинна регламентувати момент зміни мастильного матеріалу, якщо фактичний вміст продуктів зношування близький, рівний чи уже перевищує допустимі значення. Якщо заміни не виконані вчасно, то це сприяє наростанню зношування, зокрема зубів шестерень (рис. 1.43).

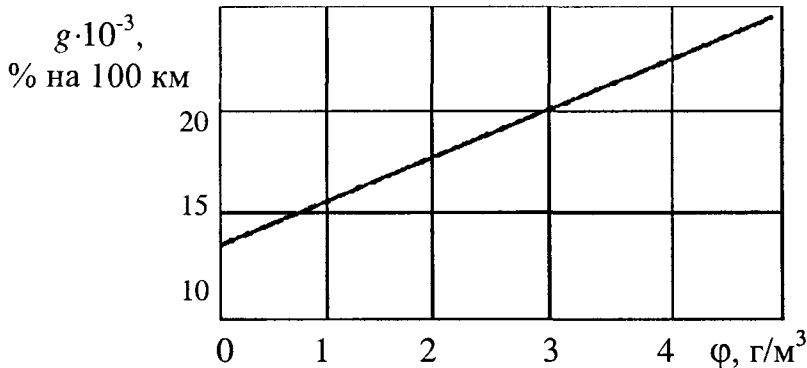


Рис. 1.42. Зміна вмісту продуктів зношування деталей головної та коробки передач

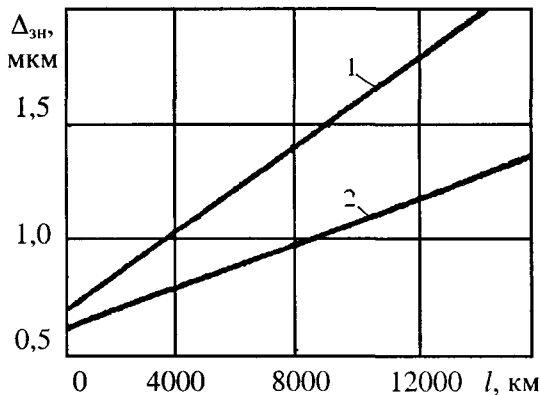


Рис. 1.43. Залежність зносу зубів шестерень від періодичності заміни оливи:
1 – коробки передач; 2 – заднього моста автогудронатора

Спеціальним дослідженням на прикладі зачеплення головної передачі автомобіля ЗИЛ-130 встановлено експоненційну залеж-

ність сумарної площі викришування поверхонь зубів ведучої шестерні від пробігу автомобіля

$$F = 106,77e^{-0,00734l}, \text{ мм}^2. \quad (1.41)$$

На перебіг процесів зношування деталей трансмісії, так само, як і деталей двигунів, мають безпосередній вплив фізико-хімічні властивості мастильних матеріалів. В даному разі трансмісійних олив. Серед найбільш поширених, такі марки як ТА_п-15В, ТАД-17и, ТС_п-14_{гип} та інші, які характеризуються відповідним в'язкісно-температурними показниками, антифрикційними властивостями. Неправильно підібрана марка оливи чи невчасна їх заміна зумовлюють інтенсифікацію зношування поверхонь спряжуваних деталей. Цьому ж сприяють підвищення в'язкості олив при пониженні температури доквілля нижче – 10°C . При цьому зростає опір тертю, відносному переміщенню деталей та їх поверхонь, порушується подача оливи до цих поверхонь, знижується к.к.д. передач трансмісії. Крім інтенсифікації зношувань через обмежену подачу олив до поверхонь та ризику поломок деталей (особливо при русанні з місця АТЗ), зростає витрата палива.

Серед спряжень і деталей ходової частини автомобіля мають характерні закономірності зношування **шин коліс**. Існують три групи причин передчасного виходу з експлуатації автомобільних шин: експлуатаційні, виробничі та конструкторські (рис. 1.44).

Для прикладу розглянемо **експлуатаційні** причини. Вони залежать від впливу декількох чинників: технічного стану автомобіля, технічного стану колеса, кваліфікації водія та обслуговуючого персоналу, умов експлуатації, а також від природнокліматичних умов.

Незадовільним технічним станом автомобіля обумовлені наступні **пошкодження шин**:

1. Відхилення кутів розвалу коліс від норми призводить до однобічного зносу протектора, і у випадку відсутності корекції кутів установки, до подальшого його зносу до корду брекера

2. Відхилення кутів сходження коліс від норми спричинює однобічний пилоподібний знос протектора. При великих додатних значеннях сходження на передніх шинах виникає однобічний пилопо-

дібний знос по зовнішнім доріжкам протектора; за малого сходження – по внутрішніх доріжках і, у разі відсутності корекції кутів сходження коліс, відбувається знос протектора до корда



Рис. 1.44. Характеристика втрати працездатності автомобільних шин

3. Порушення співвідношення кутів повороту керованих коліс, коли автомобіль часто рухається по заокругленням, наприклад, в умовах великого міста або на гірських дорогах, призводить до однібічного пилоподібного зносу протектора

4. Прогин осі автомобіля може обумовити однібічний знос протектора

5. Знос підшипників маточини коліс, втулки кермових тяг, заклинювання гальм призводить до плямистого зносу рисунку протектора

6. Перекіс мостів автомобіля обумовлює однібічний знос протектора

7. Зіткнення колеса з нерухомими перешкодами, які виступають, спричинює механічне ушкодження протектора та бічну поверхню шини

8. Еліптичність гальмівних барабанів призводить до плямистого зносу рисунку протектора

9. Нерівність кутів позовжнього нахилу шворнів може обумовити однобічний знос протектора

10. Люфт у шворнях (кульових опорах) призводить до плямистого зносу рисунку протектора

11. Осьовий люфт маятникового важеля легкового автомобіля спричинює однобічний знос протектора

12. Несправність амортизаторів може призвести до появи плямистого зносу рисунку протектора.

На **ресурс шини** впливають такі основні несправності автомобільного колеса та відхилення від норми його початкових параметрів:

1. Відхилення тиску повітря в шинах від норми –

а) підвищення тиску обумовлює перевантаження каркасу: напруга нитки корда перевищує допустимі значення, внаслідок чого прискорюється процес втомлення корда, який в подальшому призводить до розриву каркаса, а, отже, до зменшення пробігу шин; підвищений тиск призводить також до зменшення деформації шини і при цьому все навантаження передається на середину бігової доріжки, внаслідок чого інтенсивного зношування зазнає середня частина протектора, це спричинює знос по центру та тріщини протектора. На поганих дорогах різко зростає вірогідність ушкодження шини;

б) понижений тиск спричинює великі деформації шини, зростає напруга в каркасі, що призводить до його розшарування, посиленого зносу протектора по краях бігової доріжки, відшарування протектора та гуми боковини, розходження стику покривної гуми, перетирання гуми боковини (для здвоених коліс), колового розриву каркасу, радіальних тріщин вздовж ниток корду каркаса внутрішнього шару, розриву ниток корду (особливо металокорду), а також відриву борта у радіальних шин

2. Дисбаланс колеса є одним з основних чинників, який впливає на ресурс шин. Статичний та динамічний дисбаланс призводить до

плямистого зносу рисунку протектора, що обумовлено складним переміщенням колеса під дією динамічних навантажень вгору-вниз, вліво-вправо, вперед-назад

3. Деформація ободів дисків спричинює торцеве биття, яке обумовлює плямистий або ексцентричний знос рисунку протектора (нерівномірний знос бігової доріжки по колу за її рівномірного зносу за шириною). Скорочується до 75% ресурс шини, який визначається за глибиною протектора в місці найбільшого зносу. На задньому мості автомобіля биття через корпус передається на друге спарене колесо та також скорочує ресурс шини. Крім всього переліченого, деформація ободу може спричинити ушкодження борта шини

4. Неякісне кріплення колеса до маточини (нерівномірне затягування гайок кріплення) також обумовлює торцеве биття, яке призводить до плямистого або ексцентричного зносу рисунка протектора

5. Зміна властивостей матеріалів шини внаслідок їх старіння (великий термін зберігання, порушення правил зберігання) призводить до підвищеної інтенсивності зносу та спричинює тріщини по боковинах

Кваліфікація водія, який керує автомобілем та обслуговуючого персоналу, також істотно впливають на ресурс шин. **Основними порушеннями у керуванні автомобілем, які можуть спричинити ушкодження шин, є такі:**

1. Різке рушання автомобіля з місця та різке гальмування спричинює плямистий знос рисунка протектора

2. Рух з великою швидкістю на поворотах може обумовити однібочний знос протектора, сильне нагрівання шин та зменшення їх міцності, може спричинити розрив та розшарування каркаса

3. Рух з великою швидкістю при переїздах через перешкоду спричинює сильне нагрівання шин та зменшення їх міцності, збільшення пробуксовування елементів бігової доріжки в місцях її контакту з дорогою, механічні ушкодження протектора та каркаса, хрестоподібний, діагональний, T та V - подібні розриви каркаса

4. Рух уздовж бордюрів та по глибоких вибоїнах може призвести до механічних ушкоджень шини по її боковині.

Основні порушення в обслуговуванні автомобіля та проведенні навантажувальних робіт, які спричинюють ушкодження шини, наступні:

1. Перевантаження автомобіля обумовлює інтенсивний знос рисунку протектора по краях бігової доріжки, його відшарування, відшарування гуми боковини, розходження стику покривної гуми, перетирання гуми боковини (для здвоєних коліс), коловий розрив каркасу, розшарування шарів каркаса, радіальні тріщини вздовж ниток корду каркасу внутрішнього шару, розриву ниток корду та відриву борта. В середньому перевантажена шина на 10% знижує її ресурс на 20%

2. Порушення правил монтажу та демонтажу шини призводить до ексцентричного зносу рисунку протектора, пошкодження борта та розриву бортового кільця

3. Несвоєчасна заміна колеса спричинює відшарування протектора, знос протектора до корда брекера, руйнування брекера, а також розшарування між шарами брекера та шарами брекера і каркаса, коловий розрив каркаса

Великий вплив на ресурс автомобільної шини справляють умови експлуатації:

1. Поганий стан дорожнього покриття призводить до викришування гуми рисунку протектора, механічного ушкодження боковини, а також тріщинам протектора. Порівняно з асфальтобетонними дорогами на гравійно-щебневих ресурс шини знижується приблизно на 25%, на кам'янистих та розбитих дорогах – на 50%

2. Наявність вибоїни, глибокої колії, нерівностей спричинює великі динамічні навантаження на каркас шини та її нагрівання, що спричинює механічні пошкодження боковини та протектора, хрестоподібний, діагональний, *T* та *V*-подібні розриви каркаса

3. Складний рельєф місцевості (наявність великої кількості спусків та підйомів, звивистість шляху) збільшує знос шин внаслідок перерозподілу маси по осях та дії бічних сил при поворотах, а також через часті гальмування та розгони, що спричинює підвищену

інтенсивність зношування протектора по всьому периметру шини, а також однобічний знос протектора

4. Збільшення опуклості поперечного профілю дороги призводить до перерозподілу маси автомобіля у поперечному напрямку та збільшення навантаження на шини одного боку, що обумовлює однобічний знос протектора.

Ресурс автомобільної шини залежить від природно-кліматичних умов експлуатації та агресивності довкілля:

1. Підвищення температури довкілля супроводжується більш інтенсивним зносом шин у зв'язку із зменшенням міцності шинних матеріалів від нагріву. При нагріві шини від нуля до 100°C міцність гуми знижується у 2-3 рази, а міцність зв'язку між гумою та кордом у 1,5-2 рази

2. Понижена температура довкілля (мінус 40°C та нижче) підвищує вірогідність того, що непрогріті шини із звичайної (неморозостійкої) гуми при русі можуть отримати хрестоподібний, діагональний, T та V -подібні розриви каркаса при різкому рушанні з місця та ударах у нерівності

3. Вологість довкілля суттєво впливає на ресурс автомобільної шини. На вологих та засніжених дорогах інтенсивність зносу протектора знижується. Проте, проникнення вологи при експлуатації шин з невідрементованими ушкодженнями обумовлює відшарування протектора, крім цього, попадання вологи через мікротріщини на металокорд спричинює його корозію та розрив ниток металокорду.

4. Підвищена агресивність довкілля спричинює ріст інтенсивності зношування протектора та появу тріщин по боковинах.

Відомо, що із ростом **площі фактичного контакту шини** з поверхнею дороги зменшуються питомі тиски на поверхнях тертя. В даному разі на дорожнє полотно і поверхню протектора шини. Площа ж контакту залежно від пробігу АТЗ (із збільшенням його) зростає за рахунок зношення рисунку, який виконаний з ливарними ухилами (поперечник трапецієподібний). Основа виступів рисунку протектора площею більша, ніж їх вершин. В результаті у зношеного протектора більша його ширина, у колеса зменшений

діаметр. Перебіг закономірностей зміни ($\Delta, \%$) ширини профілю (1) і зовнішнього діаметра (2) шин коліс автомобіля залежно від величини його пробігу (l) мають параболічний вигляд (рис. 1.45).

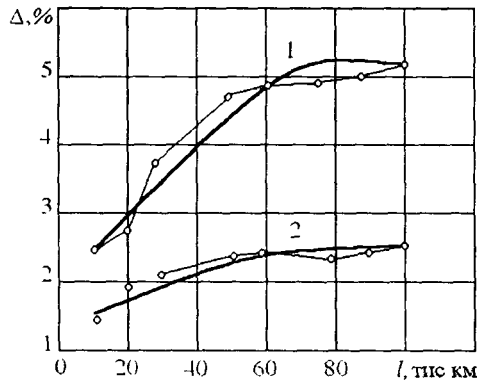


Рис. 1.45. Зміна ширини профілю та зовнішнього діаметру шин залежно від пробігу автомобіля

Встановлено, що ширина відбитку шин із зносом 75 і 100% відповідно на 7 та 10% більша, ніж у новій шині. У результаті росту площі контакту між поверхнею рисунка протектора і дорогою зменшується питомий тиск на поверхню останньої, уповільнюється інтенсивність зносу шин. Цьому сприяє ще підвищення жорсткості виступів рисунка, оскільки висота їх зменшилась. Виходячи із вищепроаналізованої залежності та на підставі результатів експериментів отримали залежність зносу протектора шини S від пробігу l автомобіля (рис. 1.46):

$$S = \frac{I_0}{\epsilon} (1 - e^{-\epsilon l}), \quad (1.42)$$

де I_0 – інтенсивність зношування під кінець припрацювання; ϵ – коефіцієнт зміни інтенсивності зношування на одиницю зносу рисунка за висотою, $\epsilon = 0 - 0,1$.

На інтенсивність зношування протектора шин має, крім кутів встановлення коліс, тиск у шинах. З ростом тиску у шинах зростає їх довговічність (T_p), однак до певної межі (рис. 1.47). Ця межа, після якої довговічність спадає, зумовлена ростом жорсткості шин. Тенденцію росту довговічності шин з ростом тиску у них можна

пояснити таким чином. В разі малого тиску шина більше деформується і відповідно більше нагрівається, а це призводить до розширення протектора. Так, при підвищенні температури від 0 до 100°C міцність гуми знижується у 2-3 рази, спричинюючи зменшення міцності зв'язків її з каркасом у 1,5-2,0 рази. Надмірний тиск у шинах призводить до додаткових навантажень на каркас, що зумовлює погіршення його міцнісних характеристик і, зрештою, руйнування шини.

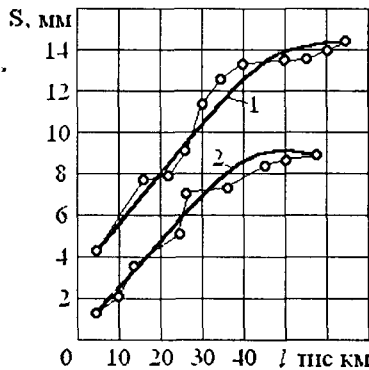


Рис. 1.46. Залежність зносу S протектора шини від пробігу l автомобіля: 1 і 2- шини різного розміру

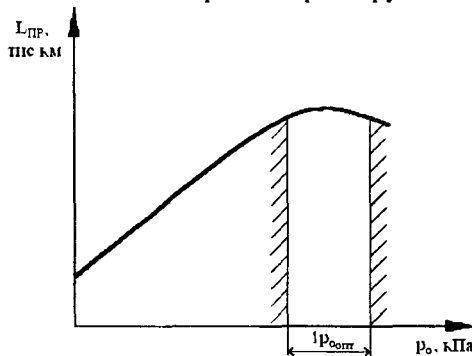


Рис. 1.47. Вплив тиску в шинах на їх довговічність

Пробіг шини до її заміни як функція від тиску у шинах визначається:

$$l_i = l_o \frac{1}{k}, \quad (1.43)$$

де l_o – пробіг шини до заміни при нормативному тиску p_o ; k – зміна початкового навантаження на шини у частках одиниці.

Для кожного типорозміру шин чинний ГОСТ 5513-75 передбачає відповідне співвідношення між потрібним нормативним внутрішнім тиском повітря p_{oi} і діючим зовнішнім нормальним навантаженням P_{Zi} . Це співвідношення визначається за виразом

$$p_{oi} = a_i P_{Zi} + b_i, \quad (1.44)$$

де a_i, b_i – постійні для даного типорозміру шини коефіцієнти, які враховують діапазон змін зовнішніх сил від мінімуму до максимуму.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте особливості зношування деталей циліндро-поршневої групи.
2. Охарактеризуйте особливості зношування деталей кривошипно-шатунного механізму.
3. Класифікація моторних оливок та їх в'язкісно-температурна характеристика.
4. Охарактеризуйте особливості зношування деталей газорозподільчого механізму.
5. Охарактеризуйте особливості зношування деталей системи живлення бензинових та дизельних двигунів.
6. Вплив хімічного та агрегатного складу паливної суміші на швидкість зношування деталей системи живлення бензинових та дизельних двигунів.
7. Охарактеризуйте особливості зношування деталей системи охолодження ДВЗ.
8. Охарактеризуйте особливості зношування деталей кермового керування та підвіски АТЗ.
9. Охарактеризуйте особливості зношування деталей зчеплення та гальмової системи.
10. Охарактеризуйте особливості зношування деталей трансмісії АТЗ.
11. Охарактеризуйте основні чинники, які зумовлюють прискорене зношування шин коліс та скорочення їх ресурсу.

ЕЛЕМЕНТИ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ ТА 2 ЗАСТОСУВАННЯ ЇЇ У 2 ВИЗНАЧЕННІ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛІВ

2.1 Одиничні і комплексні властивості надійності та формули для визначення їх показників

Відомо, що, якої б досконалої конструкції машина не вступала в експлуатацію, на практиці виявляються її недоліки, які необхідно виправляти додатковою працею. Це відноситься навіть до таких надійних автомобілів відомих світових компаній, як Mitsubishi Motors, Honda, Ford та інші. Перша, наприклад, оголосила 2000 року про повторне відкликання 700 тис. своїх автомобілів для усунення різних несправностей, компанія Ford – 23,5 тис. автомобілів – з причин послаблення конструкції задніх коліс тощо. Крім цього, чим більший її термін служби, для якого характерними стають підвищення інтенсивності зношування деталей, тим чисельнішим і труднішими стають як профілактичні, так і аварійні РОД, необхідні для підтримання працездатності машин до кінця її терміну служби. Очевидно, що ці дії повинні виконуватися вчасно і якнайскоріше з метою максимального використання машин за їх основним функціональним призначенням.

Цю особливість експлуатації машин було описано і сформульовано у відповідних правилах і положеннях ще наприкінці позаминулого століття, відколи розпочався бурхливий розвиток машинного виробництва. Вищевикладене у повній мірі стосується рухомого складу автомобільного транспорту. Існує незаперечна істина, що

чим машини надійніші, тим менше вони відмовляють, тим менших обсягів РОД потребують, тим ефективніше служать людині. Поняття “надійність” часто вживається не лише в лексиконі фахівців з виробництва і експлуатації машин, а й будь-яких інших сферах людської діяльності. Ми розглядатимемо його з “прив’язкою” до експлуатації АТЗ. Отже, що таке “надійність”, спочатку у загальноживаному значенні?

Згідно із ДСТУ 2860-94 “Надійність техніки. Терміни та визначення”): **надійність** – це властивість об’єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування. У цьому визначенні під об’єктом розуміють систему, споруду, машину, підсистему, апаратуру, функціональну одиницю, пристрій, елемент, чи будь-яку їх частину, що розглядається з погляду надійності, як самостійну одиницю. Об’єктами можуть бути й інші технічні засоби, технічний персонал, або їх поєднання. Отже, властивість надійність стосується не лише рукотворних об’єктів, але й, очевидно, виконавців – операторів (водіїв, слюсарів-ремонтників).

Із визначення зрозуміло, що надійність є комплексною властивістю, яка характеризує взагалі здатність об’єкта виконувати усі функції в усіх можливих режимах та умовах його застосування. Поняття “надійний”, “ненадійний” лише словесно (якісно) характеризує цю властивість об’єкта. З тим, щоб мати можливість кількісно оцінити надійність об’єкта, порівняти її з надійністю іншого, обґрунтовано розробляти відповідні інженерно-технічні заходи щодо її підвищення, розглядають окремі властивості у надійності. Надалі вживатимемо замість загального “об’єкт” – автотранспортний засіб.

Цей же стандарт регламентує таких п’ять властивостей, рівень яких можна оцінювати кількісно: **безвідмовність, довговічність, збережаність, ремонтпридатність, готовність.**

Розглянемо визначення кожної з них з прив’язкою до АТЗ.

Безвідмовність АТЗ – це властивість його виконувати перевізницькі функції у певних умовах експлуатації впродовж заданого інтервалу часу чи пробігу.

Довговічність АТЗ – це властивість його виконувати перевізницькі функції до переходу у граничний стан при встановленій системі ТО і ремонту.

Збережуваність АТЗ - це властивість його зберігати у заданих межах значення параметрів, які характеризують здатність виконувати перевізницькі функції під час і після зберігання його та (або) транспортування.

Ремонтопридатність АТЗ – це властивість його бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, у якому він здатний виконувати перевізницькі функції за допомогою ТО і ремонту.

Готовність АТЗ – це властивість його бути здатним виконувати перевізницькі функції у заданих експлуатаційних умовах у будь-який час чи впродовж заданого інтервалу часу або пробігу за умови забезпечення необхідними ресурсами (паливно-мастильні матеріалами, запасні і комплектуючі частини не належать до тих ресурсів, що впливають на готовність АТЗ).

Властивість готовність АТЗ залежить від поєднання властивостей безвідмовності, ремонтпридатності і від матеріально-технічного забезпечення їх ТО і Р.

Перш, ніж перейти до розгляду інших понять і визначень, які входять у властивість надійність, зазначимо, що вона формується на етапах проектування і виготовлення АТЗ, а проявляється і забезпечується на етапі їх експлуатації. Оскільки технічна експлуатація реалізується на етапі експлуатації АТЗ, оперують тому поняттям експлуатаційна надійність.

У визначеннях окремих властивостей АТЗ зустрічаються терміни “стан”, “граничний стан”. Стандарт регламентує 25 різновидів станів об’єктів. Розглянемо лише тих шість різновидів станів, які характерні для АТЗ.

Справний стан (справність) – стан АТЗ, за яким він здатний виконувати усі задані йому функції (не лише перевізницькі, наприклад, завантаження, розвантаження тощо).

Несправний стан (несправність) – стан АТЗ, за яким він не здатний виконувати хоча б одну із заданих функцій.

Працездатний стан (працездатність) – стан АТЗ, який характеризується його здатністю виконувати усі потрібні функції.

Непрацездатний стан (непрацездатність) – стан АТЗ, за яким він не здатний виконувати хоча б одну з потрібних функцій.

Критичний стан – це стан АТЗ, що може призвести до травмування людей, значних матеріальних збитків чи інших небажаних наслідків. Критичний стан АТЗ може характеризуватися несправностями вузлів і агрегатів, які впливають на безпеку руху (гальмова система, кермове керування, система світлової сигналізації тощо).

Граничний стан – це стан АТЗ, за яким його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатності неможливе (після аварій), чи недоцільне (гранично зношені усі базові агрегати).

Потребує додаткового роз'яснення поняття несправний і непрацездатний стани. Перший означає нездатність виконувати хоча б одну із заданих, а другий – потрібних функцій. Задані функції регламентовані технічною характеристикою та іншими нормативно-технічними документами, які формує завод-виготівник, а потрібні функції – формує експлуатаційник. В результаті може бути ситуація, коли АТЗ перебуває у несправному стані, однак працездатний. Наприклад, відсутній ободок фари, бризковик, навіть одне із спарених коліс заднього моста, які характеризують несправність АТЗ, однак він працездатний і може виконувати потрібну перевізницьку функцію.

З цього приводу стандарт чітко окреслює поняття “задана функція об'єкта” (“функція об'єкта”), “потрібна функція об'єкта” (“основна функція”).

Задана функція означає виконання в об'єкті процесу, який відповідає його призначенню, реалізацію заданої умови чи властивості об'єкта, відповідно до вимог нормативної та конструкторської документації.

Потрібна функція означає функцію чи їх сукупність, виконання яких розглядають як необхідну умову відповідності об'єкта його призначенню.

Несправності диференційовані за різними ознаками на такі різновиди: незначна, значна, часткова, повна, критична, несправність через перевантаження, через невміле поводження, через неміцність, через зношення та старіння, конструкційна, виробнича, стабільна, прихована, маскована тощо.

Кожна із перелічених п'яти властивостей АТЗ, які характеризують його надійність оцінюють відповідними показниками.

Оцінка властивості безвідмовності АТЗ. Оцінюється 6-ма показниками: 1 – імовірність безвідмовної роботи (ІБР); 2 – середнє напрацювання (пробіг) до відмови; 3 – інтенсивність відмов; 4 – середнє напрацювання (пробіг) на відмову; 5 – гамма-відсоткове напрацювання (пробіг) на відмову; 6 – параметр потоку відмов.

Імовірність безвідмовної роботи АТЗ (його агрегатів) – це імовірність того, що у межах заданого напрацювання відмова не виникне.

Середнє напрацювання (пробіг) до відмови – це математичне сподівання напрацювання АТЗ до першої відмови.

Інтенсивність відмов – кількість відмов за одиницю напрацювання (пробігу) АТЗ, що виражається умовною густиною імовірності виникнення відмови.

Гамма-відсоткове напрацювання (пробіг) до відмови – це напрацювання, упродовж якого відмова АТЗ не виникне з імовірністю γ , вираженою у відсотках.

Напрацювання (пробіг) на відмову – це відношення напрацювання ремонтпридатного АТЗ до математичного сподівання кількості його відмов упродовж цього напрацювання.

Параметр потоку відмов – це відношення середньої кількості відмов ремонтпридатного АТЗ за деяке напрацювання до цього напрацювання.

Про термін “напрацювання”: це тривалість, або обсяг пробігу АТЗ (годин, тонн спаленого палива, км пробігу).

Властивість **довговічність АТЗ.** Її оцінюють 6-ма показниками напрацювання АТЗ через: 1 – середній ресурс; 2 – середній термін

служби; 3 – гамма-відсотковий ресурс; 4 – гамма-відсотковий термін служби; 5 – призначений ресурс; 6 – призначений термін служби.

Середній ресурс – це математичне сподівання технічного ресурсу АТЗ від початку його експлуатації, або від після ремонту до настання його граничного стану.

Середній термін служби – це математичне сподівання календарної тривалості від початку експлуатації нового АТЗ або відремонтованого до настання його граничного стану.

Гамма-відсотковий ресурс – це напрацювання, упродовж якого машина не досягне граничного стану із заданою ймовірністю γ , вираженою у відсотках.

Гамма-відсотковий термін служби – це календарна тривалість від початку експлуатації АТЗ, упродовж якої він не досягне граничного стану із заданою ймовірністю γ , вираженою у відсотках.

Призначений ресурс – це сумарне напрацювання АТЗ, при досягненні якого застосування за призначенням повинно бути припинено.

Призначений термін служби – це тривалість експлуатації АТЗ, при досягненні якої, застосування за призначенням повинно бути припинено.

Властивість **ремонтпридатність** АТЗ оцінюють 5-ма показниками: 1 – ймовірність відновлення; 2 – середня тривалість відновлення, 3 – інтенсивність відновлення, 4 – середня інтенсивність відновлення, 5 – середня трудомісткість ТО (ремонту).

“Відновлення” означає подію, яка полягає в тому, що після несправності АТЗ знову відновлює здатність виконувати потрібну функцію.

Ймовірність відновлення – це ймовірність того, що тривалість відновлення працездатного стану АТЗ не перевищить зданого значення.

Середня тривалість відновлення – це математичне сподівання тривалості відновлення працездатного стану АТЗ після цього відмови.

Гамма-відсоткова тривалість – це інтервал часу, впродовж якого відновлення працездатності АТЗ здійснюється з імовірністю $\gamma\%$.

Інтенсивність відновлення – це умовна густина ймовірності відновлення працездатності АТЗ, визначена для одного моменту часу за умови, що до цього моменту, відновлення не завершилося.

Середня інтенсивність відновлення – це середнє значення її в заданому інтервалі часу.

Середня трудомісткість ТО (ремонт) – це математичне сподівання трудомісткості ТО (ремонт), виражене у люд.-год.

Властивість **збережуваність АТЗ** оцінюють 2-ма показниками: середній термін зберігання; гамма-відсотковий термін зберігання.

Середній термін – це математичне сподівання терміну зберігання.

Гамма-відсотковий термін – це термін зберігання, що його досягає АТЗ із заданою імовірністю $\gamma\%$.

Властивість **готовність**, як комплексна властивість (з урахуванням інших властивостей), що характеризує надійність об'єкта, і оцінюється 7-ма показниками: 1 – коефіцієнт готовності, 2 – коефіцієнт неготовності, 3 – середній коефіцієнт готовності, 4 – стаціонарний коефіцієнт готовності, 5 – коефіцієнт оперативної готовності, 6 – коефіцієнт технічного використання, 7 – коефіцієнт збереження ефективності.

Коефіцієнт готовності – ймовірність того, що об'єкт виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, впродовж яких використання його за призначенням не передбачено.

Коефіцієнт неготовності (коефіцієнт простою) – ймовірність того, що об'єкт виявиться непрацездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, впродовж яких використання його за призначенням не передбачено.

Середній коефіцієнт готовності – середнє значення нестаціонарного коефіцієнта готовності в заданому інтервалі часу.

Стаціонарний коефіцієнт готовності – значення коефіцієнту готовності, визначене для умов роботи АТЗ, коли середній параметр потоку відмов і середня тривалість відновлення є сталими.

Коефіцієнт оперативної готовності – імовірність того, що, за винятком тих запланованих періодів, коли використання АТЗ за призначенням не передбачено, він у довільний момент часу виявиться у працездатному стані і надалі виконуватиме потрібну функцію впродовж заданого інтервалу часу.

Коефіцієнт технічного використання – це відношення математичного сподівання сумарного часу перебування АТЗ у працездатному стані за деякий період експлуатації до математичного сподівання сумарного часу перебування його у працездатному стані та у простоях, зумовлених ТО і Р за цей же період.

Коефіцієнт збереження ефективності – це відношення значення показника ефективності використання АТЗ за призначенням за певну тривалість експлуатації до номінального значення цього показника, розрахованого за умови, що відмови цього АТЗ упродовж того ж періоду не виникають.

Кожен із відповідних показників, які характеризують ту чи іншу властивість АТЗ щодо його надійності, розраховують за результатами попередньо проведених експериментальних досліджень чи спостережень за відповідними формулами.

Щодо розрахунку показників, якими оцінюють безвідмовність.

Імовірність безвідмовної роботи АТЗ

$$P(l) = 1 - \frac{m(l)}{N}, \quad (2.1)$$

де $m(l)$ – кількість об'єктів, які відмовили на пробігу l , або часу t ; N – кількість об'єктів на початку спостережень.

Розглянемо для прикладу найхарактерніший випадок, коли відмова будь-якого i -го елемента АТЗ протягом часу t виводить його з ладу, тобто йдеться про систему з послідовним з'єднанням елементів (рис. 2.1 а). Прикладом таких з'єднань є, переважно, приводи машин, механізми передач. При цьому не обов'язково, щоб усі елементи були з'єднані послідовно.

Імовірність безвідмовної роботи такої системи дорівнює добуткові таких же імовірностей її елементів:

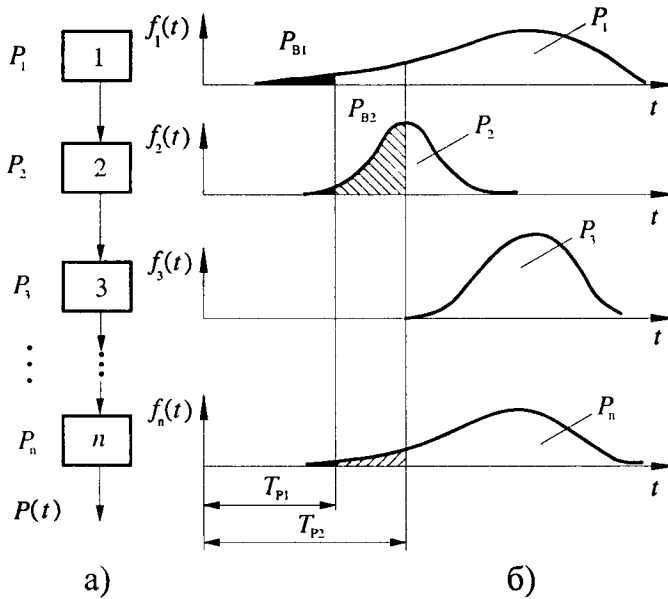


Рис. 2.1. Розрахункова схема послідовного з'єднання елементів складної технічної системи: а) схема з'єднання; б) закономірності розподілу термінів служби елементів

$$P(t) = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n = \prod_{i=1}^n P_i. \quad (2.2)$$

Якщо $P_i = const$, $i = \overline{1, n}$, то

$$P(t) = P_1^n. \quad (2.3)$$

Якщо причиною виходу з ладу елементів системи є раптові відмови (поломки), які підпорядковані експоненційному закономірності розподілу, то

$$P_i = e^{-\lambda_i t}, \quad (2.4)$$

Якщо $\lambda_i = const$, отримуємо

$$P(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t} = e^{-\lambda_0 t}, \quad (2.5)$$

де $\lambda_0 = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$.

Якщо причиною відмов елементів системи є не раптові, а поступові відмови, то підхід до розрахунку ІБР повинен бути іншим. Схема формування значень P_i для цього випадку показана на рис. 2.1 б. Для кожного із елементів характерна своя густина розподілу

відмов $f_i(t)$, яку отримують на основі аналізу моделі їх виникнення. Тому, якщо змінюється період розгляду роботи системи, змінюється і значення P_i для кожного елемента. Наприклад, за зміни t від T_{p1} до T_{p2} імовірність відмови першого елемента зростає у 2,0-2,5 рази, другий елемент стане практично непрацездатним через низьку безвідмовність P_2 , а третій взагалі не впливатиме на $P(t)$, оскільки $t_3 > T_{p2}$. Якщо застосувати для цього випадку експоненційну закономірність, то отриманий результат щодо імовірності безвідмовної роботи системи не відповідатиме дійсності – він буде помилковим.

Середній пробіг АТЗ до відмови:

$$\bar{L}_o = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N l_{oi} \cdot m_{ij}, \text{ тис. км,} \quad (2.6)$$

тут l_{oi} – пробіг i -го АТЗ до першої відмови; m_{ij} – кількість i -х перших відмов j -х АТЗ.

Інтенсивність відмов:

$$\lambda(L) = \frac{\Sigma M(l_1) - \Sigma M(l_2)}{N(l_2 - l_1)}, \text{ км}^{-1}, \quad (2.7)$$

де $\Sigma M(l_1), \Sigma M(l_2)$ – сумарні кількості, відповідно, працездатних АТЗ на початку (l_1) і в кінці (l_2) спостережень серед загальної їх кількості N ; $l_2 - l_1$ – заданий інтервал пробігу, на якому здійснювались спостереження.

Гамма-відсотковий пробіг до відмови АТЗ за умови, що поточні значення його підпорядковані нормальному закону:

$$L_\gamma = \bar{L}_o - P_k(l_\gamma)\sigma, \text{ км,} \quad (2.8)$$

тут $P_k(L_\gamma)$ – квантиль нормального закону розподілу пробігів до відмов; σ – середнє квадратичне відхилення пробігів.

Квантилем називається значення абсциси розподілу пробігів АТЗ, через яке проводиться вертикальна пряма, що буде відтинати від площі під кривою густини розподілу пробігів заданий її відсоток. Медіана, наприклад, поділяє цю площу навпіл і, отже, є 50%-м квантилем. Графічно це пояснюється таким чином (рис. 2.2). Якщо квантиль $P_k(l_\gamma)$ відсікає 25% площі під кривою його називають квантиль. При цьому розрізняють нижній 25%-й квантиль та 75%-й вер-

хній кuartиль. Значення квантилів для різних законів розподілу випадкових величин протабульовано у літературі з теорії ймовірностей.

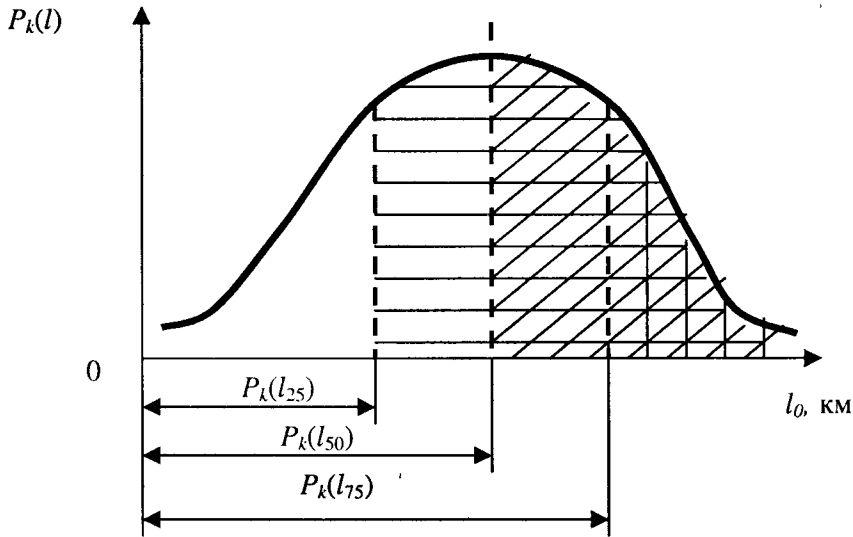


Рис. 2.2. До пояснення квантилів розподілу пробігів АТЗ до відмов

Середній пробіг АТЗ та відмову:

$$\bar{L}_{\text{вп}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N l_i / m(l)_i, \text{ км}, \quad (2.9)$$

тут l_i – пробіг i -го АТЗ на відмову; $m(l)_i$ – кількість об'єктів, які мали відмови на пробігу l_i .

Параметр потоку відмов АТЗ:

$$\omega(L) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{m(l)_i}{\Delta l_i}, \text{ км}^{-1}, \quad (2.10)$$

де Δl_i – інтервали пробігів АТЗ, впродовж яких вони відмовляють. Показники довговічності АТЗ обчислюють за такими формулами.

Середній ресурс та середній термін служби АТЗ:

$$\bar{L}_p = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N l_{pi}, \text{ тис. км}; \quad (2.11)$$

$$\bar{T}_{cl} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{cl}, \text{ років,} \quad (2.12)$$

де l_{pi} , t_{cli} – відповідно ресурс та термін служби i -х АТЗ.

Гамма-відсоткові ресурс та термін служби АТЗ за умови, що поточні значення їх підпорядковані нормальному закону:

$$L_{p\gamma} = \bar{L}_p - P_k(l_\gamma)\sigma, \text{ тис. км;} \quad (2.13)$$

$$T_{cl\gamma} = \bar{T}_{cl} - P_k(t_\gamma)\sigma, \text{ років,} \quad (2.14)$$

де $P_k(l_\gamma)$, $P_k(t_\gamma)$ - квантилі нормального закону розподілів ресурсу та терміну служби АТЗ; σ – середнє квадратичне відхилення.

Окремі показники ремонтпридатності АТЗ визначають за такими формулами. **Середня тривалість відновлення працездатного стану АТЗ:**

$$\bar{T}_b = \frac{1}{m_b} \sum_{i=1}^{m_b} t_{bi}, \text{ год.,} \quad (2.15)$$

де t_{bi} – тривалість відновлення працездатного стану i -го об'єкта; m_b – кількість виявлених та усунених відмов.

Імовірність відновлення працездатного стану:

$$P_b(t) = P(\bar{T}_b < t_{\text{доп}}), \quad (2.16)$$

тут \bar{T}_b - середня тривалість відновлення працездатного стану, год.; $t_{\text{доп}}$ – задана (допустима) тривалість усунення відмов, год.

Властивість **збережуваність** оцінюється двома основними показниками: **середній термін збережуваності і гамма-відсотковий термін збережуваності.**

Середній термін збережуваності визначається за формулою:

$$\bar{T}_{3\sigma} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{3\sigma i}, \text{ років,} \quad (2.17)$$

тут $t_{3\sigma i}$ – терміни збережуваності i -х об'єктів.

Гамма-відсотковий термін збережуваності:

$$T_{3\sigma\gamma} = \bar{T}_{3\sigma} - P_k(t)\sigma, \text{ років,} \quad (2.18)$$

де $P_k(t_{3\sigma})$ - функція розподілу терміну збережуваності; σ – середнє квадратичне відхилення цього показника.

Деякі показники комплексної властивості **готовності** розраховуються з використанням таких співвідношень.

Коефіцієнт готовності визначають за формулою

$$K_r = \frac{T_{\text{пц}}}{T_{\text{пц}} + T_b}, \quad (2.19)$$

де $T_{\text{пц}}$ - сумарна тривалість працездатного стану АТЗ; T_b - сумарна тривалість усунення його відмов.

Отже, цей коефіцієнт характеризує готовність АТЗ до використання його за призначенням, або ж – це імовірність застати його у працездатному стані у будь-який момент часу без урахування простоїв АТЗ на плановому ТО, ремонті, зберіганні чи транспортуванні.

Він не враховує простої з організаційних причин $T_{\text{орг}}$. Його враховує **коефіцієнт оперативної готовності**:

$$K_{\text{ор}} = \frac{T_{\text{пц}}}{T_{\text{пц}} + T_s + T_{\text{орг}}}. \quad (2.20)$$

До організаційних причин АТЗ належать відсутність наряду, виклик ремонтної бригади; підвезення запчастин зі складу та інше.

Коефіцієнт технічного використання:

$$K_{\text{тв}} = \frac{T_{\text{пц}}}{T_{\text{пц}} + T_{\text{ТО}} + T_{\text{рем}}}, \quad (2.21)$$

де $T_{\text{пц}}$ – сумарна тривалість працездатного стану АТЗ; $T_{\text{ТО}}$, $T_{\text{рем}}$ – сумарна тривалість перебування АТЗ на ТО і в ремонті.

Цей коефіцієнт характеризує частку тривалості перебування АТЗ у працездатному стані з урахуванням простоїв на усіх видах РОД.

Коефіцієнт збереження ефективності враховує зміну ефективності АТЗ залежно від тривалості його перебування у працездатному стані. Розраховується за відношенням показника ефективності використання АТЗ у транспортних процесах (фактичний обсяг транспортної роботи, наприклад, $W_{\text{р.ф.}}$) до номінального значення цього показника $W_{\text{р.н.}}$, розрахованого за умови, що відмови АТЗ упродовж того ж періоду не виникають, тобто, коли $K_r = 1$:

$$K_{\text{е.в.}} = W_{\text{р.ф.}} / W_{\text{р.н.}} \quad (2.22)$$

Розглянемо декілька прикладів розрахунку показників надійності АТЗ та їх конструктивних елементів за отриманими результатами спостережень.

1. Нехай під спостереженнями перебувало 10 агрегатів автомобілів ($N=10$ од.). На інтервалі пробігу $L=L_2 - L_1 = 10$ тис. км відмовило $m(L_2) = 3$ агрегати. Знайти ймовірність безвідмовної роботи автомобілів $P(L)$ на пробігу L та ймовірність їх відмов P_v .

Згідно з формулою для визначення першого показника маємо

$$P(L) = 1 - \frac{m(L)}{N} = 1 - \frac{3}{10} = 0,7. \text{ Тоді ймовірність відмов, яка характеризує}$$

протилежний стан становитиме $P_v = 1 - P(L) = 1 - 0,7 = 0,3$.

2. Під спостереженнями у періоді обкатування перебувало $N = 10$ нових автомобілів. Після пробігу $L_1 = 5$ тис. км відмовило $m(L_1) = 2$ автомобілі; після пробігу $L_2 = 6$ тис. км відмовили $m(L_2) = 3$ автомобілі; після $L_3 = 7$ тис. км – $m(L_3) = 4$ автомобілі; після $L_4 = 8$ тис. км – $m(L_4) = 1$ автомобіль. Визначити середнє напрацювання до відмов L_0 .

$$\bar{L}_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_{0i} m_i = \frac{1}{10} (5 \cdot 2 + 6 \cdot 3 + 7 \cdot 4 + 8 \cdot 1) = 6,4 \text{ тис. км.}$$

3. Під спостереженнями в умовах звичайної експлуатації перебувало $N(L_0) = 10$ од. автомобілів. На початку спостережень від пробігу $L_1 = 110$ тис. км працездатними були $N(L_1) = 10$ од. автомобілів. Наприкінці пробігу ($L_2 = 115$ тис. км) залишилось працездатним $M(L_2) = 5$ од. Визначити інтенсивність відмов автомобілів $\lambda(L)$.

$$\text{Отже, } \lambda(L) = \frac{\sum M(L_1)_i - \sum M(L_2)_i}{N(L_0)(L_2 - L_1)} = \frac{10 - 5}{10(115 - 110)} = \frac{5}{10 \cdot 5} = 10^{-4} \text{ км}^{-1}.$$

4. На випробуваннях перебувало $N = 5$ од. агрегатів автомобіля. На пробігу від $L_1 = 43$ тис. км. до $L_2 = 46$ тис. км відмовило $m(L)_i = 3$ од. агрегатів. Визначити параметр потоку відмов агрегатів автомобіля $\omega(L)$

Згідно з формулою 2.10 отримуємо

$$\omega(L) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{m(L)_i}{\Delta L_i} = \frac{1}{5} \cdot \frac{3}{46 - 43} = \frac{3}{5 \cdot 3} = \frac{1}{5} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ км}^{-1}.$$

Мають свої особливості методики розрахунку показників надійності окремих автомобілів, як систем, конструкцію яких становлять послідовно і паралельно з'єднані елементи (агрегати, деталі).

Для ланцюга функціонально послідовно з'єднаних k -елементів ІБР автомобіля визначають за формулою

$$P(L)_{\text{пос}} = \prod_{k=1}^n P(l_k). \quad (2.23)$$

Для паралельного з'єднання цей показник дорівнює

$$P(L)_{\text{пар}} = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - P(l_k)). \quad (2.24)$$

Якщо імовірності безвідмовної роботи кожного елемента однакові то ці формули набудуть вигляду:

$$\begin{aligned} \bullet \quad P(L)_{\text{на}} &= P(l)_k^n; \\ P(L)_{\text{нар}} &= 1 - (1 - P(l)_k)^n. \end{aligned} \quad (2.25; 2.26)$$

Приклад. Автомобіль складається із 9-ти структурних елементів, з'єднаних між собою паралельно і послідовно за наступною схемою (рис. 2.3).

На цій схемі: 1 – система живлення ДВЗ 2, 3, 4, 5 – циліндри ДВЗ; 6, 7 – зчеплення та коробка передач; 8, 9 – гальмівна система (робоче та стоянкове гальма).

Визначити імовірність безвідмовної роботи автомобіля, якщо такий показник для кожного елемента рівний між собою і становить $P(L)_i = 0,9$.

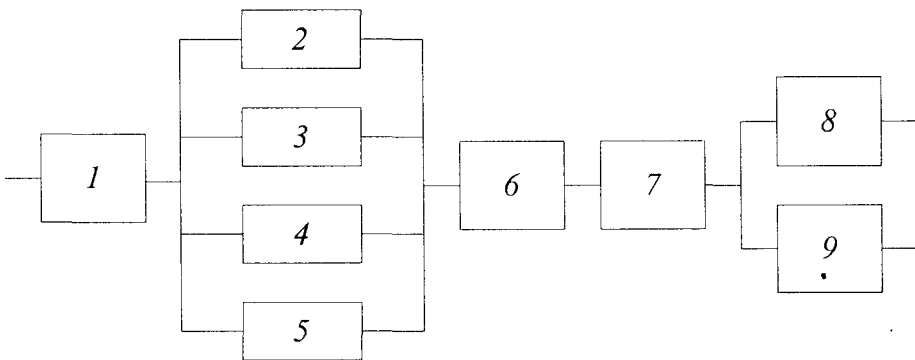


Рис. 2.3. Структурна схема АТЗ до розрахунку його надійності

Для паралельно з'єднаних елементів:

$$\text{двигун} - P(L)_{\text{дв}} = 1 - (1 - P(L)_{2,5})^4 = 1 - (1 - 0,9)^4 = 0,9999;$$

гальмівна система

$$P(L)_{\text{га}} = 1 - (1 - P(L)_{8,9})^2 = 1 - (1 - 0,9)^2 = 0,99$$

З урахуванням фрагментів функціонально з'єднаних паралельно елементів і їх же, тепер як окремих елементів у послідовному з'єднанні з усіма решти елементами автомобіля, імовірність його безвідмовної роботи визначається як

$$\begin{aligned} P(L)_{\text{авт}} &= P(L)_1 \cdot P(L)_{\text{дв}} \cdot P(L)_6 \cdot P(L)_7 \cdot P(L)_{\text{га}} \\ &= 0,9 \cdot 0,9999 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,99 = 0,722. \end{aligned}$$

Питання для самоконтролю

1. Дайте означення властивості АТЗ “надійність” з урахуванням трактування її у ДСТУ 2860-94.
2. Охарактеризуйте властивість АТЗ “безвідмовність” та показники, якими її оцінюють.
3. Охарактеризуйте властивість АТЗ “довговічність” та показники, якими її оцінюють.
4. Охарактеризуйте властивість АТЗ “збережуваність” та показники, якими її оцінюють.
5. Охарактеризуйте властивість АТЗ “ремонтпридатність” та показники, якими її оцінюють.
6. Охарактеризуйте властивість АТЗ “готовність” та показники, якими її оцінюють.
7. Охарактеризуйте стани, у яких може перебувати АТЗ.

2.2 Характеристика відмов автомобілів

Відмова – це подія, яка полягає у втраті АТЗ здатності виконувати необхідну перевізницьку функцію, тобто у порушенні працездатного стану.

Є 22 різновиди відмов, які об’єднують у 7 груп за відповідними ознаками, зокрема за:

- впливом на працездатність;
- джерелом виникнення;
- зв’язком з відмовами інших елементів;
- характером (закономірністю) виникнення і можливістю прогнозування;
- частотою виникнення (напрацюванням);
- трудомісткістю усунення;
- впливом на втрати робочого часу на лінії.

За впливом на працездатність АТЗ – це наступні відмови:

- часткова відмова, яка приводить об’єкт до неспроможності його виконувати частину потрібних функцій;

- повна відмова, яка приводить до повної неспроможності АТЗ виконувати будь-яку із потрібних функцій;
- ресурсна відмова, внаслідок якої АТЗ досягає граничного стану;
- критична відмова, яка може привести до травмування людей, значних матеріальних збитків чи інших неприйнятних наслідків.

За джерелом виникнення:

- конструктивні, що виникають внаслідок недосконалості конструкції;
- виробничі – внаслідок порушення або недосконалості технологічного процесу виготовлення чи ремонту;
- експлуатаційні – внаслідок порушення діючих правил експлуатації (перевантаження автомобілів, застосування невідповідних палив, змащувальних матеріалів, несвоєчасне проведення ТО і Р); на цю групу експлуатаційних відмов АТЗ припадає близько 50% усіх відмов за джерелом виникнення.

За зв'язками з відмовами інших елементів:

- залежні, спричинені безпосередньо чи не безпосередньо з відмовою іншого АТЗ чи його елемента;
- незалежні, які не спричинені безпосередньо чи не безпосередньо з відмовою чи несправністю іншого АТЗ чи цього ж елемента.

За характером виникнення і можливістю прогнозування – це відмови:

- через перевантаження, спричинені дією (під час використання АТЗ) навантажень, які перевищують допустимі межі;
- через неправильне поводження з АТЗ;
- через неміцність самого АТЗ;
- спричинені процесами деградації (старіння);
- раптові, які неможливо передбачити попереднім оглядом чи діагностуванням;
- поступові, спричинені поступовою зміною значень параметрів, настання яких можна прогнозувати;

- повторювана відмова як самоусувна відмова одного і того ж характеру, що виникає багатократно.

За **трудомісткістю усунення** відмови АТЗ поділяють на 3 категорії складності:

1-ша категорія, які не потребують для їх усунення значної тривалості та спеціальних інструментів, пристроїв;

2-га категорія, які потребують для усунення відповідної тривалості, інструментів та пристроїв;

3-тя категорія, які потребують для їх усунення значних затрат часу, інструментів та пристроїв у стаціонарних умовах виробничо-технічної бази.

Відмови за **впливом на втрати робочого часу** автомобіля на лінії. Вони поділяються на такі, що:

- усуваються без втрат робочого часу;
- усуваються з втратами робочого часу на лінії.

Це можна проілюструвати графічно (рис. 2.4).

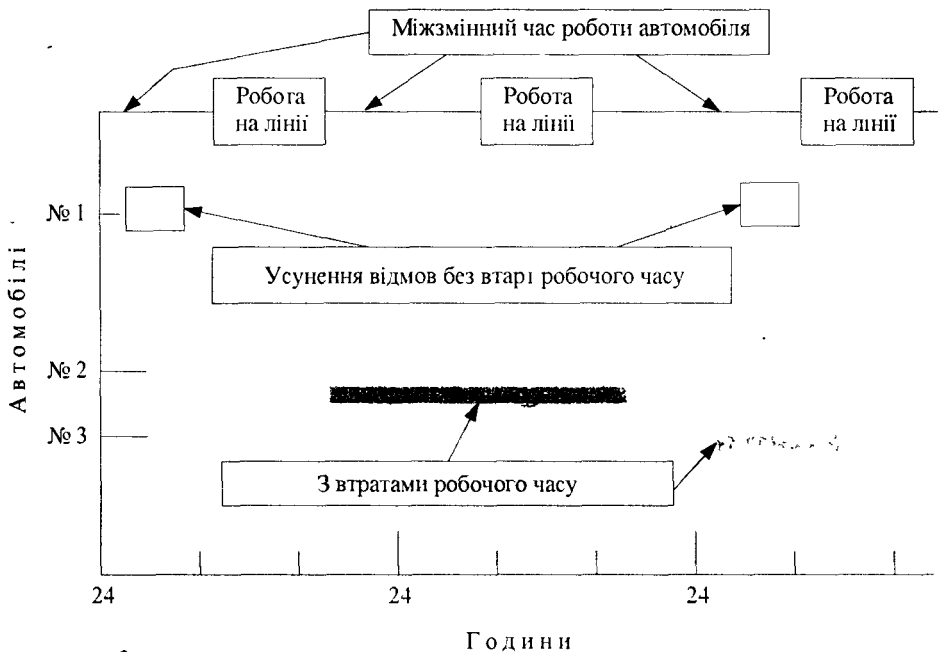


Рис. 2.4. Вплив відмов АТЗ на рівень їх використання на лінії

Частки відмов агрегатів і систем вантажних автомобілів, які усуваються з втратами робочого часу: рама – 100%; двигун – 78; коробка передач – 75; зчеплення – 65; електрообладнання – 23; система живлення – 17%.

Відомо, що показник “імовірність безвідмовної роботи” не є постійним протягом терміну служби чи пробігу АТЗ. Він змінюється за експоненційною залежністю (рис. 2.5).

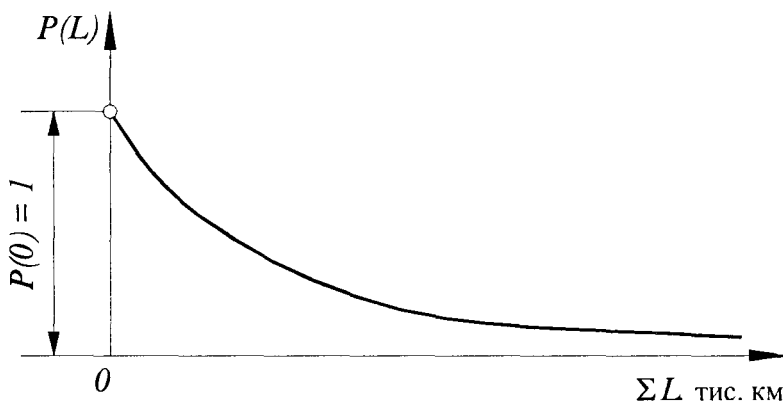


Рис. 2.5. Залежність імовірності безвідмовної роботи АТЗ від його сумарного пробігу від початку експлуатації

На початок експлуатації АТЗ імовірність безвідмовної роботи його максимальна; з ростом сумарного пробігу для випадку $L \rightarrow \infty$, $\lim_{L \rightarrow \infty} P(L) = 0$. За цим підходом і, зважаючи на експоненційну залежність, ІБР визначають з виразу:

$$P(L) = e^{-\lambda(t)t} . \quad (2.27)$$

Подібно до цієї закономірності, існує залежність інтенсивності відмов АТЗ від сумарного пробігу їх від початку експлуатації. Графічно вона описується кривою з трьома характерними ділянками (рис. 2.6): I – період обкатування АТЗ, у якому інтенсивність $\lambda(L)$ спадає до рівня нормальних (звичайних) умов та режимів експлуатації його; II – найтриваліший період використання АТЗ у звичайних умовах із стабільним значенням $\lambda(L)$; III – період аварійного передремонтного використання АТЗ, коли через погіршення його технічного стану різко наростає $\lambda(L)$.

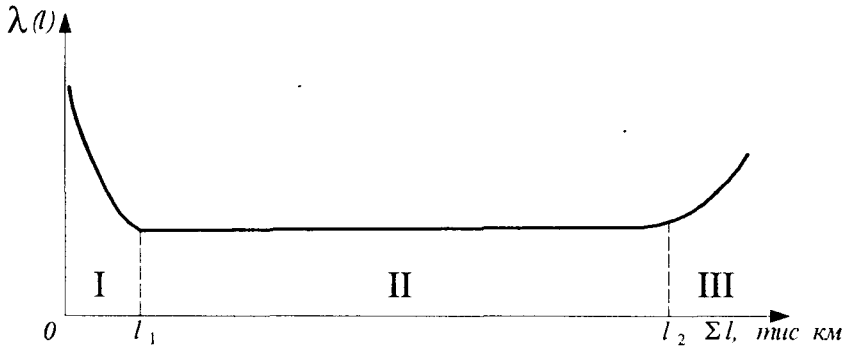


Рис. 2.6. Залежність інтенсивності відмов конструктивних елементів АТЗ від їх сумарного пробігу від початку експлуатації

Очевидно, що напрацювання АТЗ на відмови залежить від терміну його служби: чим більший термін служби, тим менші пробіги на відмови. Наприклад, напрацювання на лінійну відмову автобуса середнього класу на 1-му році експлуатації 24 тис. км, а на 5-му – лише 5 тис. км.

Питання для самоконтролю

1. Застосування формул додавання та множення імовірностей у визначенні показників надійності АТЗ.
2. Табличне і графічне подання розподілів показників надійності АТЗ.
3. Числові характеристики розподілів показників надійності АТЗ.
4. Функції та графіки основних законів розподілів випадкових величин, якими можуть описуватися експериментальні розподіли показників надійності АТЗ.
5. Використання закономірностей розподілів показників надійності АТЗ у керуванні ТЕА.
6. Методика узгодження (за критерієм χ^2 -Пірсона) експериментальних розподілів показників надійності АТЗ з теоретичним законом.

2.3 Основні поняття з теорії імовірностей та математичної статистики

Визначення показників надійності машин з допомогою математичних методів на основі узагальнення нагромадженої масової статистичної інформації із сфери їх експлуатації дає змогу встановлювати імірнісні закономірності та співвідношення між випадковими чинниками, які впливають на рівень надійності машин. При цьому застосовують апарат теорії ймовірностей та математичної статистики. Практичною основою у використанні цих розділів математичних наук є досвід, спостереження, активний експеримент.

Застосовують такі специфічні поняття: **випробування (дослід), подія, випадкова величина, імовірність, частота, частість.**

Випробування (дослід) – це практичне здійснення деяких умов чи правил. Під час виконання дослідів виникають явища (події). Вони бувають поодинокими, коли явище виникло один раз при багаторазовому повторенні дослідів і більше не виникає. Переважно події бувають масовими, тобто такими, які повторюються за багаторазового проведення дослідів. У практиці експлуатації АТЗ маємо справу з масовими подіями.

Власне **подія** – це явище, яке виникає у результаті дослідів. Отже, експлуатація АТЗ в позицій теорії ймовірностей – це випробування (дослід), а виникнення відмов їх за певний період часу чи пробігу – це події.

Події бувають: **вірогідні, неможливі, випадкові, сумісні, несумісні, рівноможливі та незалежні.**

Вірогідні такі, які в усіх дослідів завжди виникають (наприклад, зміна розмірів деталей внаслідок їх зношування).

Неможливі події – які в усіх дослідів ніколи не виникають (наприклад, наявність незношеного колінчастого вала ДВЗ, який надійшов у ремонт чи вичерпав свій ресурс).

Випадкові події, – які в результаті дослідів можуть виникати, або не виникати (відмова якогось конструктивного елемента АТЗ на заданому проміжку часу або пробігу).

Сумісні – це дві випадкових події, одна з яких не виключає можливості появи іншої (наприклад, відмова освітлювальних приладів АТЗ як подія А не виключає відмови його ДВЗ як події В).

Несумісні – це таких дві події, якщо при випробуваннях поява однієї виключає появу іншої (відмова ДВЗ і працездатний стан АТЗ – це події, які не можуть виникати одночасно).

Рівноможливі – це таких декілька можливих подій, які появляються у процесі випробування (відмови піднімального механізму вантажної платформи АТЗ, освітлювальних приладів, ходової частини тощо). До них належать і сумісні події.

Незалежні події – це такі, поява яких не залежить від того, яка подія виникла перед тим (наприклад, попередня відмова системи запалення не впливає на наступну відмову системи охолодження ДВЗ).

Очевидно, що факти виникнення подій (відмов) є якісною характеристикою результатів випробувань. Кількісну характеристику представляють випадкові величини та їх значення.

Випадковою величиною називається така, яка у результаті дослідження може набувати таке або інше значення, причому наперед (перед дослідом) невідоме. Наприклад, напрацювання (пробіг АТЗ) до, чи на відмову, середній ресурс, знос деталі тощо. Випадкові величини позначають заголовковими латинськими літерами (X , Y тощо), а їх можливі кількісні значення відповідними рядковими (x , y тощо). Випадкові величини можуть бути дискретними та безперервними.

Дискретна – це така, кількість можливих значень якої можна перерахувати, й вона має певний обсяг вибірки (наприклад, кількість дефектних деталей, значень зносу, відмов тощо).

Безперервна випадкова величина – це така, яка у деякому інтервалі часу може набувати будь-якого значення (тривалість безвідмовної роботи АТЗ, його ТО чи ремонту тощо). З метою кількісної оцінки виникнення випадкових подій під час реалізації різних дослідів користуються виразом, числове значення якого буде тим більшим, чим вища можливість появи подій. Цей вираз в теоретично-

му сенсі називається **імовірністю події** й визначається із співвідношення

$$P(A) = m/n, \quad (2.28)$$

де $P(A)$ – імовірність появи події A ; m – кількість випадків у досліді, які сприяють появі події A ; n – загальна кількість дослідів.

Експериментальне значення імовірності появи події називається **експериментальною (емпіричною) частістю** або відносною частотою (позначається через p_i) й визначається як

$$p_i = m_i/n, \quad (2.29)$$

тут m_i – частота появи випадкової події (відмови); n – загальна кількість проведених дослідів для визначення емпіричної частоти.

Приклад. Під час поточного ремонту двигунів КамАЗ-5511 на СТО розточують та хонінгують 50 гільз циліндрів до розміру $120^{+0,06}$ мм. При цьому задаються контрольними межами 120,02 – 120,04 мм й питають, яка емпірична частість падавання оброблених гільз у цей інтервал. Обмірами встановили, що $m = 34$ од. із всіх оброблених потрапляють у цей інтервал. Отже, $p_i = 34/50 = 0,68$.

Встановлено, що за необмеженого зростання кількості n , значення p_i буде наближатися до $P(A)$, тобто

$$P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} p_i. \quad (2.30)$$

Чисельно імовірність події виражають додатнім числом у межах від 0 до 1, тобто $0 \leq P(A) \leq 1$. Очевидно, що, якщо $m = n$, тоді $P(A) = 1$ (під час випробування подія A є вірогідною). Якщо ж $P(A) = 0$ – настання події A неможливе. Для того, щоб вважати подію практично неможливою, користуються показником, який називається рівнем значимості. Його беруть рівним, як правило, $\alpha = 0,01; 0,05; 0,10$

Імовірності випадкових величин або подій можна додавати та множити. Для цього користуються відповідними формулами додавання та множення імовірностей.

Формула додавання імовірностей випадкових величин A_i

$$P(A_1 + A_2 + \dots + A_n) = P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_n) = \sum_{i=1}^n P(A_i). \quad (2.31)$$

Читається так: імовірність появи однієї з декількох незалежних і несумісних подій дорівнює сумі імовірностей цих подій.

Для випадку повної групи таких подій A_i будемо мати

$$\sum_{i=1}^n P(A_i) = 1. \quad (2.32)$$

На практиці у дослідженнях надійності машин розглядають, як правило, дві несумісні протилежні події – працездатний стан з імовірністю P та стан їх відмов з імовірністю q . Тоді, очевидно, що

$$P + q = 1, \text{ а } q = 1 - P. \quad (2.33)$$

Формула множення імовірностей:

$$P(AB) = P(A) \cdot P(B). \quad (2.34)$$

Читається так: якщо дві події A і B є незалежними, то ймовірність сумісної появи їх дорівнює добуткові ймовірностей цих подій.

Якщо $P(A) = P(B)$, то $P(AB) = P(A)^2$.

Якщо маємо більше, ніж дві незалежних події, то

$$P(A_1, A_2, \dots, A_n) = P(A_1) P(A_2) \dots P(A_n) = \prod_{i=1}^n P(A_i). \quad (2.35)$$

При цьому, якщо $P(A_1) = P(A_2) = \dots = P(A_n)$, то

$$\prod_{i=1}^n P(A_i) = P(A)^n. \quad (2.36)$$

Користуючись формулою множення не важко встановити, що машина не може бути надійнішою від найменш надійних своїх конструктивних складових.

Приклад. Нехай машина складається з двох агрегатів, імовірність безвідмовної роботи яких становить $P_1 = 0,8$; $P_2 = 0,9$. Отже, імовірність безвідмовної роботи машини становитиме: $P_m = P_1 P_2 = 0,8 \cdot 0,9 = 0,72$.

Для залежних випадкових подій формула множення ймовірностей набуває такого вигляду:

$$P(AB) = P_B(A) \cdot P(B), \quad (2.37)$$

де $P(AB)$ – імовірність одночасної появи подій A і B ; $P_B(A)$ – імовірність появи події A за умови, що вже виникла подія B (цю імовірність ще називають умовною імовірністю).

Раніше йшлося про те, що показники надійності АТЗ – це випадкові величини. Вони, очевидно, мають якесь поле розсіювання своїх поточних значень навколо середнього. За багаторазового повторення досліду дискретна випадкова величина буде набувати окремих значень x_1, x_2, \dots, x_n , кожній з яких відповідатиме своє значення емпіричної частоти p_1, p_2, \dots, p_n . Розподіл цих значень можна подати у вигляді таблиць так званого **статистичного ряду**, або графічно **полігоном** (багатокутником) чи **гістограмою** (стовпчиковою діаграмою) (рис. 2.7 а).

Отже, по осі абсцис відкладають значення випадкової величини, по осі ординат – емпіричні частоти p_i її появи у кожному досліді. Це так звана **диференціальна функція емпіричного розподілу випадкової величини**.

Інтегральна функція цього розподілу дискретної випадкової величини (позначається через $F(x)$) має вигляд східчастої зростаючої, яка у своєму максимумі прямує до одиниці (рис. 2.7 б).

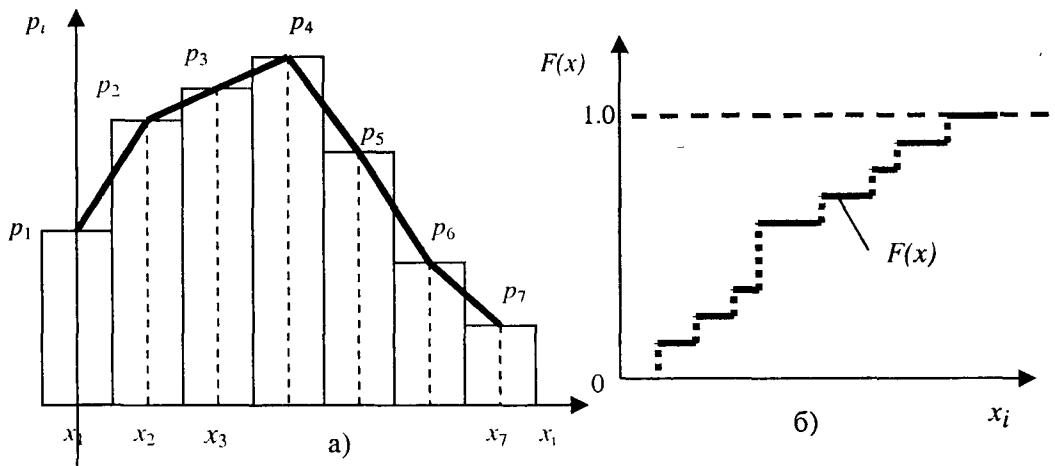


Рис.2.7. Гістограма, полігон та інтегральна емпіричні функції розподілів дискретної випадкової величини

Диференціальна та інтегральна емпіричні функції розподілу безперервних випадкових величин зображаються графічно відповідними плавними кривими (рис. 2.8).

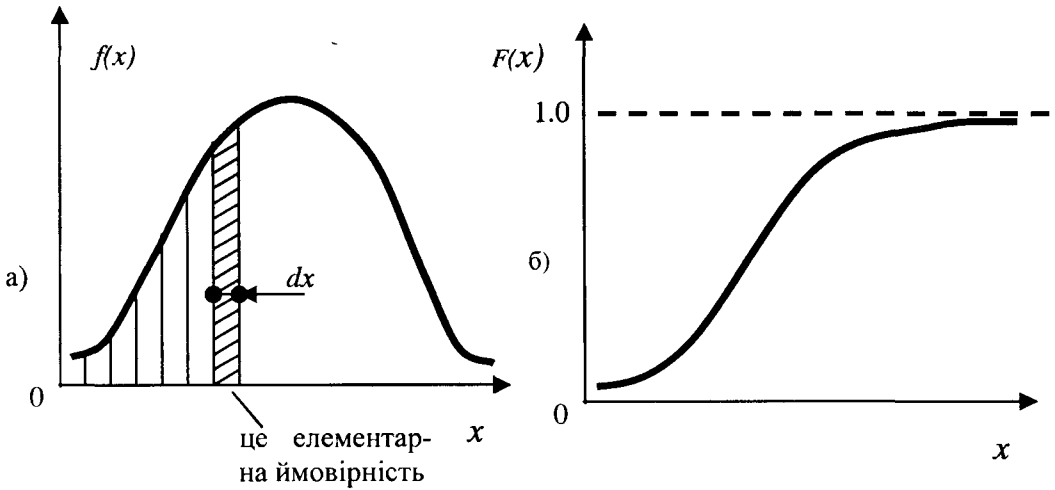


Рис. 2.8. Диференціальна (а) та інтегральна (б) емпіричні функції розподілів безперервної випадкової величини

Виходячи із формули додавання ймовірностей повної сукупності незалежних подій, площі, обмежені під багатокутником чи кривою диференціального розподілу й віссю абсцис дорівнюють одиниці.

Крім графічного подання розподілів, визначають розрахунками їх числові характеристики (по-іншому статистичні характеристики) Зокрема такі. Середнє арифметичне

$$\bar{X} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n) / n = \sum_1^n x_i / n . \quad (2.38)$$

Якщо з посеред отриманих дослідом значень випадкової величини є однакові й декілька разів повторюються, середньоарифметичне називається **середньозваженим**. Визначається за виразом:

$$\bar{X} = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots + x_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{\sum_1^n x_i m_i}{\sum_1^n m_i} , \quad (2.39)$$

гуг m – частота повтору однакових значень кожної з випадкових величин.

Взявши до уваги, що $\sum m_i = n$ й, замінивши m_i/n на емпіричні частоти p_i , отримаємо **математичне сподівання** MX ,

$$MX_{\text{д}} = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n = \sum_{i=1}^n x_i p_i. \quad (2.40)$$

При зростанні кількості дослідів ($n \rightarrow \infty$) середнє арифметичне значення випадкової величини прямує до її математичного сподівання. Для безперервної випадкової величини математичне сподівання визначають не через суму, а інтегралом:

$$MX_{\text{б}} = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx. \quad (2.41)$$

Ступінь розкиду (розсіювання) випадкових величин вимірюють дисперсією DX або середньоквадратичним відхиленням σ_x :

$$DX_{\text{д}} = \sum_{i=1}^n (x_i - MX)^2 p_i; \quad (2.42)$$

$$DX_{\text{б}} = \int_{-\infty}^{+\infty} (x_i - MX)^2 f(x) dx; \quad (2.43)$$

$$\sigma_x = \sqrt{DX}. \quad (2.44)$$

Середньоквадратичне відхилення визначає розмах полігону або кривої розподілу випадкових величин, а дисперсія – ступінь густини розкиду випадкових величин навколо математичного сподівання (рис. 2.9).

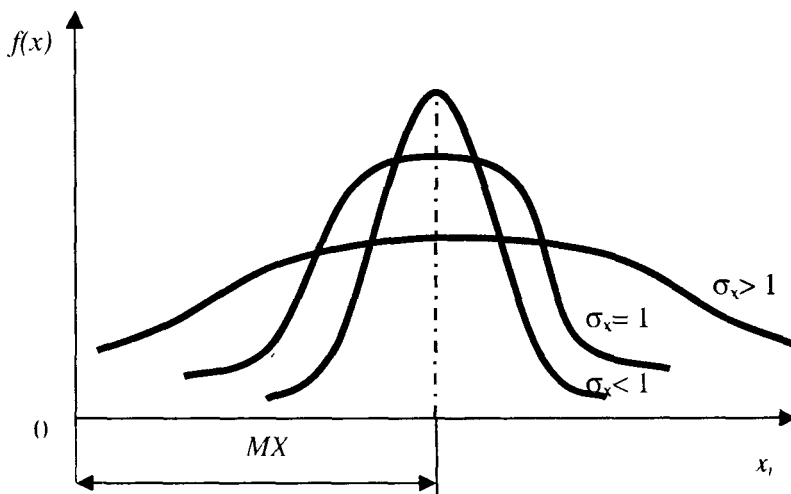


Рис.2.9 Характеристика ступеня розсіювання безперервної випадкової величини через середньоквадратичне відхилення

Відносним показником, який характеризує ступінь нерівномірності розподілу випадкової величини, є **коефіцієнт варіації** її:

$$v_x = \sigma_x / MX. \quad (2.45)$$

Ще однією кількісною характеристикою для оцінки розкиду випадкової величини може бути **розмах** її розподілу як різниця між максимальним та мінімальним значеннями:

$$R = X_{max} - X_{min}. \quad (2.46)$$

Додатковими кількісними характеристиками випадкових величин, які оцінюють особливості положень кривих на графіках їх розподілів є **мода** та **медіана**.

Мода емпіричного розподілу (M_o) – це значення дискретної випадкової величини, якій відповідає максимальне значення ординати полігону (гістограми) – емпіричної частоти. Мода теоретичного розподілу (M_{oo}) випадкової величини – це її значення для максимуму диференціальної функції розподілу – теоретичної імовірності.

Медіана або серединне значення (M_e) – це таке значення випадкової величини, відносно якого уся їх сукупність поділяється на дві рівні частини. На графіку – це вертикальна пряма, яка поділяє площу під кривою на дві рівні частини.

Для теоретичного описання розподілів випадкових величин теорія імовірностей має ряд аналітичних залежностей, які прийнято називати законами. Серед багатьох, найуніверсальнішим і таким, що використовується найчастіше, є **нормальний закон розподілу** (закон розподілу Гаусса). Універсальність його полягає в тому, що він є граничним законом, з якого витікають інші (**показниковий, Реллея, Вейбулла, гамма-розподіл, Пуассона, біноміальний** тощо).

Диференціальна функція густини імовірності розподілу випадкової величини для **нормального закону** має такий вигляд:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x_i - MX)^2}{2\sigma_x^2}\right). \quad (2.47)$$

Інтегральна функція для цього закону розподілу:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x_i} \exp\left(-\frac{(x_i - MX)^2}{2\sigma_x^2}\right). \quad (2.48)$$

Диференціальна функція на графіку має симетричну дзвіноподібну форму (рис. 2.10). Максимум цієї функції досягається, очевидно, тоді, коли $x_i = MX$. Очевидно також, що мода, медіана та математичне сподівання для цього закону чисельно рівні між собою, а також, що найбільша ордината кривої обернено пропорційна σ_x . Якщо MX та σ_x – довільні за значеннями показники, причому $MX \neq 0$, $\sigma_x > 0$, то нормальний закон називають загальним; якщо ж $MX = 0$, а $\sigma_x = 1$, нормальний розподіл називають **нормованим** (рис. 2.11).

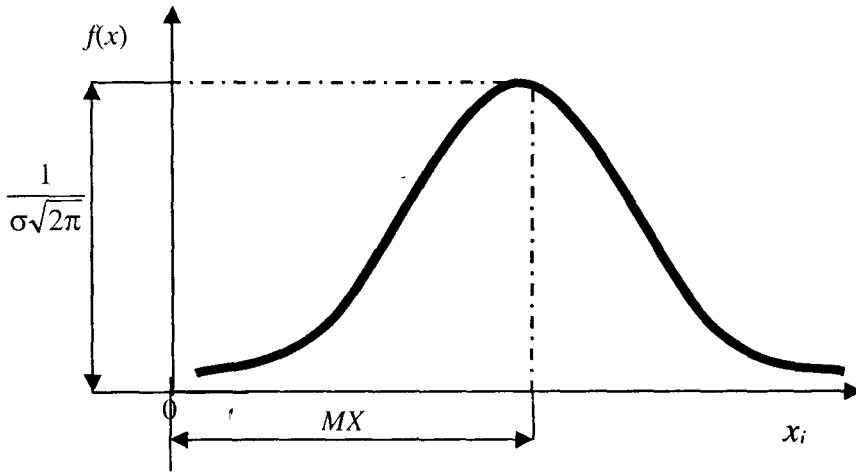


Рис. 2.10. Диференціальна функція розподілу випадкової величини згідно із законом Гауса

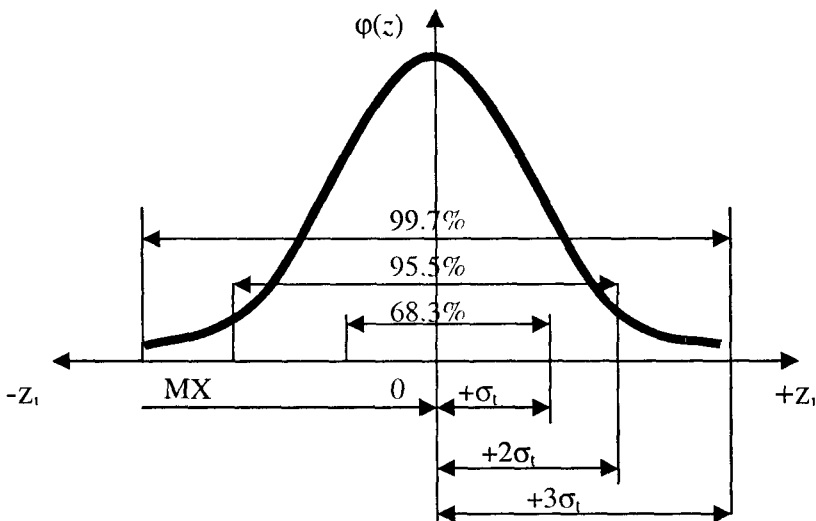


Рис. 2.11. Диференціальна функція нормованого нормального закону розподілу випадкової величини

Диференціальна функція густини розподілу згідно із цим законом визначається

$$\varphi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-z^2/2\right), \quad (2.49)$$

де $z = (x_i - MX) / \sigma_x$.

Значення цієї функції, так само як і для загального нормального закону протабульовані і даються у літературі з теорії імовірностей.

Виходячи із вищенаведеної густини, можна визначити імовірність $P(0 < x_i < x)$ попадання нормованої випадкової величини в інтервал $(0, x)$ користуючись **функцією Лапласа**:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp\left(-z^2/2\right) dz. \quad (2.50)$$

Тоді

$$P(0 < x_i < x) = \int_0^x \Phi(x) dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp\left(-z^2/2\right) dz = \Phi(x) \quad (2.51)$$

Маючи функцію Лапласа й, задаючись значеннями випадкової величини, наприклад, пробігом до відмов АТЗ – l_i , можна визначити імовірність P того, що значення випадкової величини l_i буде знаходитись у певних межах. Для визначення попадання значень l_i випадкової величини в інтервал L_γ для заданого рівня імовірності P , який позначають символом γ , користуються квантилем нормального розподілу U_γ (U_γ – табульовано для значень γ від 0,50 до 0,9999):

$$L_\gamma = \frac{U_\gamma \sigma_l}{\sqrt{n}} \pm \bar{L}. \quad (2.52)$$

Практично, з прив'язкою до теорії надійності, квантиль це, наприклад, напрацювання (пробіг) АТЗ, за якого матиме місце задана імовірність їх відмови.

Експоненційний (показниковий) закон описує, як правило, закономірність розподілу безперервних випадкових величин, зокрема часових інтервалів.

Наприклад, **густина розподілу** тривалості настання поступових відмов має вигляд:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.53)$$

де λ — інтенсивність відмов, t — поточне значення часу настання відмов

Інтегральна функція розподілу згідно із цим законом

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (2.54)$$

Середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт варіації відповідно рівні:

$$\sigma = \bar{\tau} = 1/\lambda; \quad v = \sigma / \bar{\tau} \approx 1 \quad (2.55 \quad 2.56)$$

тут $\bar{\tau}$ — математичне сподівання тривалості настання відмов

Рівність $\bar{\tau}$ і σ під час визначення числових характеристик емпіричних розподілів випадкових величин є однією з ознак можливого підпорядкування їх теоретичному експоненційному закону. Графіки розподілів випадкових величин за цим законом мають наступні вигляди (рис. 2.12).

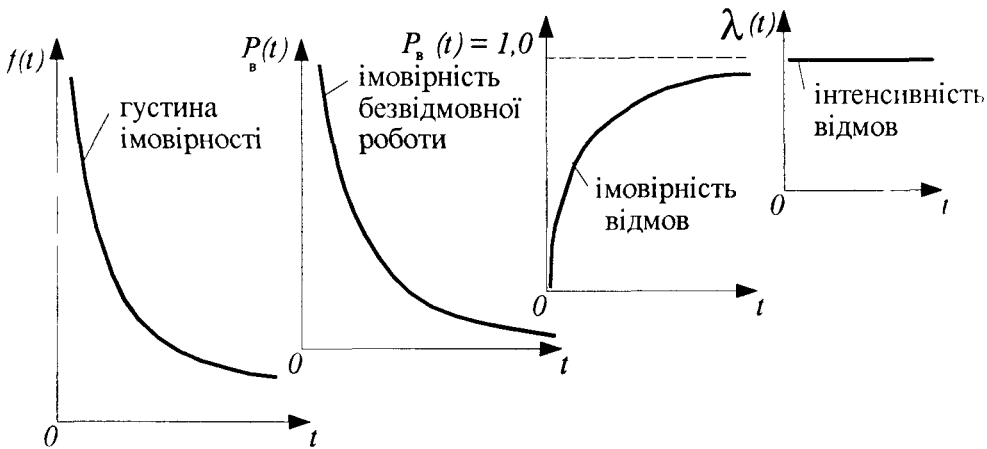


Рис. 2.12. Функції розподілів випадкових величин згідно з експоненційним законом та описання ними показників надійності машин

З використанням показникового закону можна визначати імовірність безвідмовної роботи АТЗ — $P(t)$, або імовірність відмов — P_B :

$$P(t) = e^{-\lambda t}; \quad P_B = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (2.57; 2.58)$$

Отже, якщо, наприклад, задана густина розподілу пробігів АТЗ на відмови (до відмов), то за цими функціями не важко визначити імо-

вірність безвідмовної роботи АТЗ чи їх відмов для будь-якого періоду їх подальшої експлуатації.

Приклад. Визначити, яка частина АТЗ АТП відмовить до моменту $t = t_{cp}$, якщо розподіл поступових відмов їх підпорядкований експоненційному закону і відмови АТЗ усуваються лише у виробничій зоні АТП. Знаходимо імовірність відмов АТЗ:

$$P_v = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-t/t_{cp}} = 1 - e^{-1} = (e-1)/e = (2.72-1)/2.72 = 0.632.$$

Це означає, що із, наприклад, 100 од. АТЗ до моменту напрацювання t_{cp} може відмовити 63 одиниці.

У дослідженнях потоків відмов автомобілів окремих АТП за, наприклад, тижневі чи одноденні інтервали часу для опису їх закономірностей застосовують **закон Пуассона**, функція якого визначає імовірність виникнення n -ї кількості відмов ($n = 0, 1, 2, \dots$):

$$P_n(t) = [(\omega t)^n / n!] e^{-\omega t}, \quad (2.59)$$

де ω – параметр потоку відмов АТЗ.

Оскільки розглядаються одиничні інтервали часу, то $t = 1$, а ωt – це не що інше як середня кількість відмов АТЗ, які виникають протягом часу t . Тобто $\omega t = a$ й тоді

$$P_n = (a^n / n!) e^{-a}. \quad (2.60)$$

Графічно закон Пуассона зображується ламаними кривими, оскільки випадкові величини (у даному разі це відмови АТЗ) є дискретними (рис. 2.13).

Відомо, що розподіл ресурсних пробігів АТЗ чи їх базових агрегатів може описуватися, крім нормального закону, і **законом Вейбулла з диференціальною та інтегральною функціями розподілів**:

$$f(l) = \frac{b}{a} \left(\frac{l}{a} \right)^{b-1} \exp \left[- \left(\frac{l}{a} \right)^b \right]; \quad (2.61)$$

$$F(l) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{l}{a} \right)^b \right], \quad (2.62)$$

де a і b – параметри розподілу, які визначаються за результатами випробувань (статистичних досліджень пробігів АТЗ), використовуючи або табличний метод за значеннями коефіцієнтів варіації, або методом максимальної правдоподібності. Графічно ці функції для різних значень b можуть мати такий вигляд (рис 2.14).

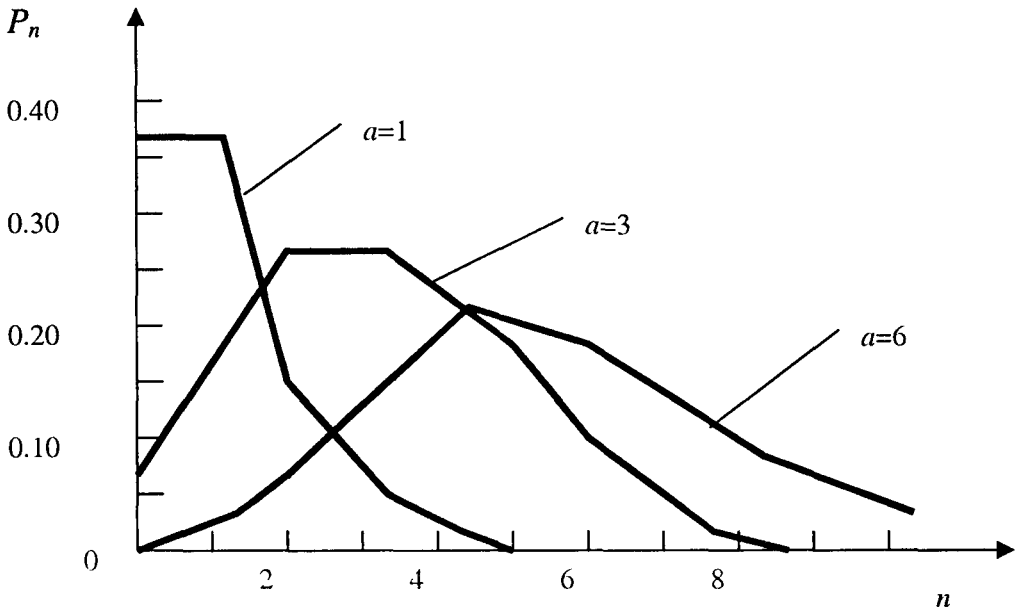


Рис. 2.13. Розподіли імовірностей виникнення відмов АТЗ з різними середніми інтенсивностями згідно із законом Пуассона

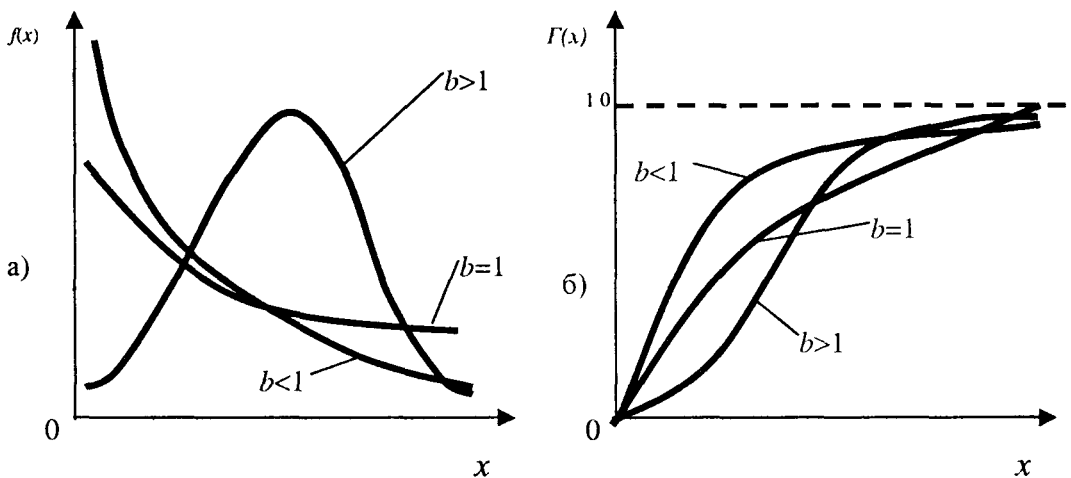


Рис. 2.14. Графіки диференціальних (а) та інтегральних (б) функцій розподілу випадкових величин згідно із законом Вейбулла

Щодо визначення параметрів a і b із застосуванням поширеного методу максимальної правдоподібності, то суть його полягає в наступному. Спочатку визначають параметр b з рівняння

$$\frac{N}{b} + \sum_{i=1}^k \ln \bar{l}_i m_i = N \sum_{i=1}^k \bar{l}_i \ln \bar{l}_i m_i / \sum_{i=1}^k \bar{l}_i^b m_i, \quad (2.63)$$

де N – величина вибірки (масиву) досліджуваної випадкової величини. \bar{l}_i – значення середини i -го інтервалу статистичного ряду емпіричного розподілу; m_i – кількість значень випадкової величини у відповідному інтервалі ряду. Підставляючи у це рівняння методом підбору різні значення b у межах $b = 1,0 - 3,5$, добиваються його рівності. Після цього визначають параметр a за формулою:

$$a = b \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^k \bar{l}_i^b m_i}. \quad (2.64)$$

Найпоширенішим у практиці узгодження статистичних (емпіричних) розподілів з теоретичними законами вважається **критерій згоди χ^2 -Пірсона**. Суть його полягає в тому, що порівнюють емпіричні частоти значень випадкової величини m_i (або частоти p_k) для кожного з k -х інтервалів статистичного ряду з теоретичними частотами m_i (або з ймовірностями p_k' чи теоретичними функціями $f(L)$).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{|m_i - m_i'|^2}{m_i'}. \quad (2.65)$$

За отриманими значеннями χ^2 з допомогою спеціальних таблиць визначають **імовірність узгодження $P(\chi^2)$** емпіричного розподілу з теоретичним гіпотетичним законом. При цьому допоміжним до χ^2 показником при визначенні $P(\chi^2)$ застосовують **кількість ступенів вільності r** :

$$r = k - q - 1, \quad (2.66)$$

ту k – кількість інтервалів статистичного ряду; q – кількість параметрів гіпотетичного закону, з яким узгоджують емпіричний розподіл

Якщо виявиться, що $P(\chi^2) < 0,10$, то для інженерних потреб висунена гіпотеза відкидається як неспроможна; якщо ж $P(\chi^2) > 0,10$ гіпотеза приймається як робоча й ведуться подальші цілеспрямовані розрахунки з використанням встановленої закономірності.

Процедури узгодження експериментальних розподілів випадкових величин з теоретичними законами можна виконувати й за іншими критеріями (Фішера, Стьюдента, Кохрена), або графічним способом з використанням так званого імовірнісного паперу.

Питання для самоконтролю

1. Застосування формул додавання та множення ймовірностей у визначенні показників надійності АТЗ.
2. Табличне і графічне подання розподілів показників надійності АТЗ.
3. Числові характеристики розподілів показників надійності .
4. Функції та графіки основних законів розподілів випадкових величин, якими можуть описуватися експериментальні розподіли показників надійності АТЗ.
5. Використання закономірностей розподілів показників надійності АТЗ у керуванні ТЕА.
6. Методика узгодження (за критерієм χ^2 -Пірсона) експериментальних розподілів показників надійності АТЗ з теоретичним законом.

2.4. Використання формули Байєса у визначенні найімовірніших причин втрати працездатності автомобілів

З використанням формул множення та додавання імовірностей і з урахуванням залежності та незалежності настання подій розроблено теоретичний апарат (у кінцевому вигляді – це формула Байєса), який застосовують для визначення найбільш імовірних подій у повній їх групі.

Формула Байєса виведена для таких умов. Нехай подія A_j з ознаками j може наступити лише за умови появи однієї з декількох подій (гіпотез) $B_1, B_2, \dots, B_b, \dots, B_n$ ($H_1, H_2, \dots, H_b, \dots, H_n$), які утворюють повну групу подій. Події A_j та H_i є такими, що $P(A_j) > 0$ та $P(H_i) > 0$.

Отже, на основі формули множення імовірностей залежних подій (див. формулу 2.37) маємо:

$$P(A_j | H_i) = P_{H_i}(A_j) P(H_i)$$

Якщо подія A вже відбулася, то імовірності подій $B_i (H_i)$ можуть бути оцінені за формулою Байєса:

$$P_{A_j}(H_i) = \frac{p(H_i) \prod_{j=1}^m p_{H_i}(A_j)}{\sum_{i=1}^n p(H_i) \prod_{j=1}^m p_{H_i}(A_j)}, \quad (2.67)$$

де $P_{A_j}(H_i)$ – імовірність стану H_i , який визначається комплексом ознак A_j ; $p(H_i)$ – імовірність стану H_i ; $p_{H_i}(A_j)$ – імовірність існування ознаки A_j у стані H_i .

У статистичних дослідженнях події B_i називають гіпотезами H_i , а $p(H_i)$ – апріорною (*a priori* – до досліді) імовірністю гіпотези H_i . Умовна імовірність $p_{H_i}(A_j)$ трактується як апостеріорна (*a posteriori* – після досліді) імовірність гіпотези H_i після того, як наступить подія A_j .

Розглянемо приклад практичного застосування формули Байєса. Перевіряли технічний стан передньої підвіски легкового автомобіля. Встановлено такі несправності (події): A_1 – підвищена вібрація передньої частини автомобіля; A_2 – прискорене зношування шин. Висуваються гіпотези H_1, H_2, H_3 , що причинами цього можуть бути: H_1 – неправильно виставлений кут розвалу коліс; H_2 – неправильно встановлено сходження коліс; H_3 – нормальний стан з геометрією встановлення напрямних коліс й існує інша причина.

Експертним опитуванням фахівців визначено такі імовірності станів:

H_i	$p_{H_i}(A_1)$	$p_{H_i}(A_2)$	$p(H_i)$
H_1	0,20	0,30	0,05
H_2	0,40	0,50	0,15
H_3	0	0,05	0,80

Необхідно визначити найбільш імовірну причину несправності передньої підвіски автомобіля.

Використовуючи формулу Байєса, визначимо імовірності кожної з гіпотез:

$$P_{A_j}(H_1) = 0,05 \cdot 0,20 \cdot 0,30 / (0,05 \cdot 0,20 \cdot 0,30 + 0,15 \cdot 0,40 \cdot 0,50 + 0,80 \cdot 0 \cdot 0,05) = 0,09;$$

$$P_{A_j}(H_2) = 0,15 \cdot 0,40 \cdot 0,50 / (0,05 \cdot 0,20 \cdot 0,30 + 0,15 \cdot 0,40 \cdot 0,50 + 0,80 \cdot 0 \cdot 0,05) = 0,91;$$

$$P_{A_j}(H_3) = 0,80 \cdot 0 \cdot 0,05 / (0,05 \cdot 0,20 \cdot 0,30 + 0,15 \cdot 0,40 \cdot 0,50 + 0,80 \cdot 0 \cdot 0,05) = 0.$$

Отже, найбільш імовірною причиною несправності передньої підвіски автомобіля, яка виражається підвищеною вібрацією її та інтенсивним зношуванням протекторів коліс, є неправильно встановлене (розрегульоване) сходження коліс.

Питання для самоконтролю

1. З використанням яких формул отримано формулу Байєса?
2. Що таке апіорна та апостеріорна інформації про надійність АТЗ?
3. За яких умов застосовують формулу Байєса для практичного використання?
4. Сформулюйте умову задачі, за якою з допомогою формули Байєса можна визначити найбільш імовірну причину погіршення технічного стану АТЗ.

2.5. Методика визначення показників експлуатаційної надійності автомобілів

З метою визначення числових характеристик розподілу випадкових величин (пробігів АТЗ на відмови, ресурсів чи термінів служби, тривалостей інтервалів між відмовами, тривалостей обслуговування чи ремонту тощо) застосовують відповідну методику опрацювання зібраних, відповідним чином, масивів експериментальних даних. Ця методика передбачає в цілому (разом із узгодженням експериментальних розподілів з теоретичним імовірнісним законом) виконання наступних математико-статистичних процедур:

- за масивами дослідних даних складаються (будуються) варіаційні та статистичні ряди;
- за результатами розрахунків частостей (частот) у статистичних рядах будуються полігони чи гістограми розподілів досліджуваних випадкових величин;
- з допомогою статистичних рядів розраховуються числові характеристики розподілів експериментальних даних;
- за отриманими графіками та даними розрахунків висувається гіпотеза про підпорядкування емпіричного розподілу якомусь теоретичному імовірнісному закону;
- використовуючи відповідний критерій згоди (розрахунковий чи графічний) оцінюють ступінь розходження між емпіричним та

гіпотетичним теоретичним розподілами; - приймають або відкидають гіпотетичний теоретичний закон, за яким можна (не можна) описувати експериментальний розподіл досліджуваної випадкової величини. Для кращого засвоєння цього матеріалу перших чотири пункти наведеної процедури розглянемо на конкретному прикладі.

Нехай вантажне АТП комплексного типу розміром 100 од. АТЗ ЗИЛ-130 випускає щоденно на лінію для виконання транспортної роботи в середньому 95 од. Протягом пів-року інженер служби експлуатації виконував цільові спостереження (з відповідним фіксуванням подій) за надійністю автомобілів на лінії. В результаті зібрано масиви статистичних даних про пробіги АТЗ, в яких відмовляли їх системи і агрегати. Необхідно визначити кількісні характеристики розподілу напрацювань /пробігів/ на відмови агрегатів і систем та побудувати гістограму і полігон цього розподілу та висунути гіпотезу про можливість підпорядкування його якось із теоретичних законів.

Масив пробігів АТЗ ЗИЛ-130 на їх відмови через втрату працездатності системи живлення таких (у тис. км):

287;247;275;250;253;310;245;328;330;338;281;247;291;265;254;321;358;366;254;373;390;415;258;278;258;321;340;330;281;291;287;397;340;368;368;380;310;295;317;295;300;340;345;350;300;317;300;352;340;300;290;291;321;380;281;321;281;352;354;360;321;355;435;398;345;358;360;358;385;262.

1. Із заданого масиву пробігів АТЗ, L_i ($i = 1, 2, 3, \dots, N$) складають варіаційний ряд, розташовуючи значення L_i у порядку їх зростання від мінімального L_{\min} до максимального – L_{\max} :

242;245;247;250;253;254;254;258;258;262;265;275;278;281;281;281;281;287;287;290;291;291;291;295;295;300;300;300;300;310;310;317;317;321;321;321;321;321;328;330;330;338;340;340;340;340;345;345;350;352;352;354;355;358;358;358;360;360;366;368;368;373;380;380;385;390;397;397;415;435;458.

2. Впорядковану послідовність пробігів на відмови АТЗ переформовують статистичний ряд. З цією метою визначають:

а) кількість інтервалів статистичного ряду k , виходячи із величини вибірки (масиву) N за формулою Стерджеса

$$k = 1 + 3,22 \lg N, \quad (2.68)$$

або за формулою Гейнгольда і Гайде

$$k = \sqrt{N}. \quad (2.69)$$

Практично k беруть у межах 5-9 (більші значення для вибірок $N > 25$); дробові значення заокруглюють до цілих чисел;

б) ширину інтервалів ΔL_k статистичного ряду, яка повинна бути однаковою для кожного з цих інтервалів

$$\Delta L_k = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{K} \quad (2.70)$$

Якщо ΔL_k дробове, його заокруглюють до цілого числа або залишають таким же (дробовим), заокруглюючи до другого або третього знаків, залежно від необхідної точності досліджуваної випадкової величини.

3. Отриману кількість інтервалів з шириною кожного ΔL_k розташовують у таблицю статистичного ряду (1-й рядок) (табл. 2.1). При цьому кожний інтервал ряду повинен прилягати один до одного, тобто ряд – неперервний. Числові значення випадкової величини L_i розміщують у горизонтальних рядках таблиці (від 3-го до 6-го) навпроти кожного з інтервалів K . Другий рядок відведено для означення середин кожнього із інтервалів \bar{L}_k .

Таблиця 2.1 Статистичний ряд розподілу пробігів на відмови автомобіля ЗИЛ-130, який використовується у 1-й категорії умов експлуатації, з причини виходу з ладу системи живлення двигуна

Показники	Інтервали, k						Су- ма
	1	2	3	4	5	6	
Величина інтервалу, $L_{k\max} - L_{k\min}$, тис.км	240 -280	280 -320	320- 360	360- 400	400- 440	440- 480	-
Середина інтервалу \bar{L}_k , тис. км	260	300	340	380	420	460	-
Частота попадання поточних L_i в інтервал, m_k	14	20	25	10	2	1	72
Емпірична частість p_k	0,194	0,278	0,347	0,139	0,028	0,014	1,000
$\bar{L}_{mk} = \bar{L}_k \cdot p_k$	50,44	83,40	117,98	52,82	11,76	6,44	322,8
$(\bar{L}_k - \bar{L}_n)^2$	3948,9	521,7	294,5	3267,3	9440,1	18813	-
$D_{ik} = (\bar{L}_k - \bar{L}_n)^2 \cdot p_k$	766,1	145,0	102,2	454,2	264,3	263,3	1995

4. Із попередньо складеного варіаційного ряду вибирають ту кількість значень пробігів автомобілів m_k , які належать кожному із k -х інтервалів статистичного ряду (третій рядок таблиці). Якщо значення пробігів АТЗ виявляться на межах k -х інтервалів, то їх зараховують у попередні $(k-1)$ -інтервали

5. Маючи значення m_k (частоту попадання випадкової величини L_i у кожний k -й інтервал ряду), визначають емпіричну частіть напрацювань L_i для кожного з k -х інтервалів – p_k (4-й рядок таблиці):

$$p_k = m_k / N. \quad (2.71)$$

Сума значень p_k повинна дорівнювати 1 або бути близькою до неї, якщо розрахунки заокруглені. Тобто,

$$\sum_1^k (m_k / N) = 1. \quad (2.72)$$

Цією сумою перевіряють правильність складеного статистичного ряду.

6. За значеннями середин інтервалів ряду \bar{L}_k та емпіричних частотей p_k знаходять кількісні характеристики:

а) математичне сподівання пробігів на відмови агрегатів АТЗ на підставі вирахування спочатку добутоків для кожного із інтервалів (5-й рядок таблиці)

$$\bar{L}_{i,k} = \bar{L}_k \cdot p_k, \text{ тис. км}, \quad (2.73)$$

сума яких для усього статистичного ряду (усієї статистичної вибірки) становить це математичне сподівання

$$\bar{L}_e = \sum_1^k (\bar{L}_k \cdot p_k), \text{ тис. км}; \quad (2.74)$$

б) дисперсію (розсіювання довкола математичного сподівання) пробігів на відмови агрегатів АТЗ, вираховуючи спочатку добутки для кожного з k -х інтервалів (7-й рядок таблиці; 6-й підготовчий, розрахунковий)

$$D_{i,k} = (\bar{L}_k - \bar{L}_e)^2 p_k \text{ тис.км}, \quad (2.75)$$

сума яких є власне дисперсією усієї вибірки

$$D_i = \sum_1^k (\bar{L}_k - \bar{L}_e)^2 p_k, \text{ тис. км}; \quad (2.76)$$

в) середньоквадратичне відхилення

$$\sigma_i = \sqrt{D_i} \text{ тис. км}. \quad (2.77)$$

7. Нерівномірність розподілу пробігів АТЗ L_i на відмови їх агрегатів оцінюють остаточно відносним показником – коефіцієнтом варіації v_L :

$$v_L = (\sigma_i / \bar{L}_e) 100\%. \quad (2.78)$$

У розгляненому прикладі:

$$N = \sum_1^k m_k = 72; \quad \bar{L}_e = \sum_1^k \bar{L}_k p_k = 322,84 \text{ тис. км};$$

$$D_i = \sum_1^k (\bar{L}_k - \bar{L}_e)^2 p_k = 1975 \text{ тис. км};$$

$$\sigma_l = \sqrt{D_l} = 44,7 \text{ тис. км}; v_l = (\sigma_l / \bar{L}_B) \cdot 100 = 138,4\%$$

Чим більше значення v_L , тим більшою нерівномірністю (нестабільністю) характеризуються моменти настання відмов агрегатів автомобілів на лінії. У такому разі інженерові технічної служби АТП необхідно досконало вивчити організацію та технологію ТО і ПР, АТЗ, дорожні умови та режими їх роботи, відношення до них з боку водіїв та інші чинники, які зумовили такий широкий розкид пробігів на відмови. Очевидно, що більшої уваги заслуговуватимуть ті автомобілі, у яких $L_i > \bar{L}_B$. Для наочної уяви про нерівномірність відмовних процесів на підставі статистичного ряду будують графіки емпіричного розподілу у вигляді гістограми (стовпчикової діаграми) або полігону (ламаних ліній, що проходять через точки поточних значень p_k) (рис. 2.15).

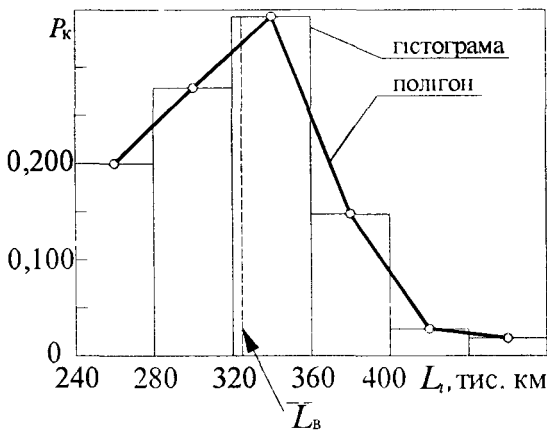


Рис. 2.15. Полігон та гістограма розподілу відмов АТЗ ЗИЛ-130 через відмови системи живлення їх ДВЗ

Ці емпіричні розподіли будуть потрібні дослідникові для узгодження їх з відповідними теоретичними законами розподілу випадкових величин, які у свою чергу кладуться в основу розрахунків таких важливих параметрів як завантаженість постів ТО і ПР виробничої зони АТП; тривалість виконання цих робіт; обсяги запасних частин, обмінних фондів окремих агрегатів, груп деталей та приладів АТЗ. Відомо, що, якщо v - коефіцієнт варіації нерівномірності

емпіричного розподілу випадкової величини ϵ меншим, ніж 33% - висувається гіпотеза про підпорядкування його теоретичному нормальному закону; якщо ж $33\% \leq v \leq 88\%$ - гіпотеза про логарифмічно-нормальний чи про закон Вейбулла; в разі, якщо $v > 88\%$ - гіпотетичний закон розподілу експоненційний.

Для розглядуваного прикладу можна висунути гіпотезу про підпорядкування емпіричного розподілу пробігів АТЗ ЗИЛ-130 на відмови з причин виходу з ладу системи живлення ДВЗ теоретичному експоненційному закону.

Розглянемо **приклад** узгодження статистичного ряду розподілу пробігів автомобілів до їх поточного ремонту.

За зібраними масивами пробігів АТЗ до поточного ремонту їх двигунів складено варіаційний ряд (у тис. км):

98;127;131;143;143;151;158;162;170;173;173;173;187;188;191;196;197;198;199;
200;203;204;207;217;218;222;222;226;228;228;229;240;241;242;244;252;252;254.
256;269;277;279;284;287;291;295;312;318;326;330;330;330;337;343;350;355;357;
357;364;370;380;386;390;445;463;470;479;501;522;546.

З варіаційного ряду пробігів АТЗ формують статистичний (табл. 2.2), користуючись методикою визначення кількості інтервалів його, подібно до того, як було викладено вище.

За отриманими даними розподілу по інтервалах статистичного ряду частостей p_k будують гістограму та полігон (рис. 2.16).

Відомо, що зібрана дослідна інформація про показники надійності машин є деякою вибіркою з генеральної сукупності можливих їх значень. Тому статистичний ряд розподілу, разом з числовими характеристиками розподілу, містять відповідні похибки, пов'язані із збиранням початкової інформації. Цих похибок можна позбутися, якщо підібрати для опису розподілу показників надійності АТЗ і використовувати в подальшому теоретичний закон розподілу. Останній характеризує співвідношення між можливими значеннями випадкової величини, якою є у даному разі ресурс двигунів АТЗ, та їх імовірностями.

Для цього ряду:

$$N = \sum_1^k m_k = 70; \bar{L}_{op} = \sum_1^k \bar{L}_k p_k = 272,84 \text{ тис. км};$$

$$D = \sum_1^k D_k = 11121 \text{ тис. км}; \sigma_p = \sqrt{D} = 105,46 \text{ тис. км};$$

$$v_p = (\sigma_p / \bar{L}_{op}) \cdot 100 = 38,65\%$$

Суть підбору теоретичної закономірності полягає в узгодженні емпіричного розподілу випадкової величини з гіпотетичним теоретичним. Оскільки отримане

значення коефіцієнта варіації $V_p = 0,387$ й вигляд полігону несиметричний. висувається гіпотеза про можливість описання емпіричного розподілу двопараметричним законом Вейбулла.

Таблиця 2.2. Статистичний ряд розподілу ресурсу двигунів АТЗ га узгодження його з теоретичним законом

Показники	Інтервали, k					Сума
	1	2	3	4	5	
Величина інтервалу, Δl гис км.	50-150	150-250	250-350	350-450	450-500	
Середина інтервалу, l гис км.	100	200	300	400	500	
Частота, m_k	5	30	20	9	6	70
Частість, p_k	0,0715	0,4285	0,2858	0,1285	0,0857	1,000
$\bar{L}_k = \bar{L}_i p_k$	7,15	85,7	85,74	51,4	42,85	272,84
$(\bar{L} - \bar{L}_{op})^2$	29874	5306	738	16170	51602	
$D = (\bar{L}_k - \bar{L}_{op})^2 p_k$	2136	2274	211	2078	4422	11121
Теоретична частість, p_k	0,126	0,335	0,328	0,154	0,048	0,991
$(p_k - p_k)^2 / p_k$	0,023	0,026	0,005	0,004	0,033	0,0913

Параметри a і b знаходять залежно від значення коефіцієнта варіації V_p за спеціальними таблицями, використовуючи додатково коефіцієнти K_b та C_b . Якщо реальний коефіцієнт V_p відрізняється від табличного, то значення b , K_b та C_b враховують, використовуючи метод інтерполяції. В даному разі $V_p = 0,387$ знаходиться між 0,365 та 0,428 (див. табл. додатків навчальної літератури з математичної статистики чи теорії імовірностей).

Для цих значень коефіцієнти b , K_b та C_b дорівнюють

b	K_b	C_b	v_p
2,5	0,887	0,380	0,428
x_1	x_2	x_3	0,387
3,0	0,893	0,326	0,365

Значення x_1 та x_3 знаходяться з використанням таких співвідношень:

$$\frac{0,428 - 0,387}{0,428 - 0,365} = \frac{0,380 - x_3}{0,380 - 0,326} = \frac{x_1 - 2,5}{3,0 - 2,5}$$

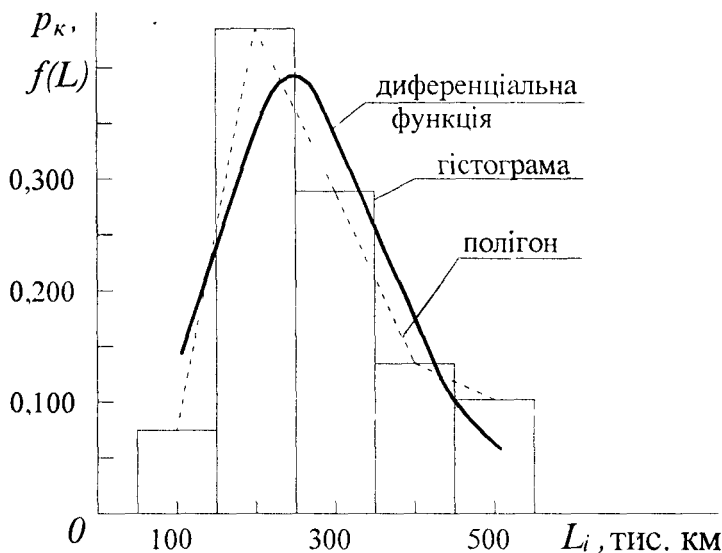


Рис. 2.13. Гістограма, полігон та теоретична крива розподілу доремонтного ресурсу двигунів АТЗ

Звідси

$$x_3 = 0,380 - \frac{0,041 \cdot 0,054}{0,063} = 0,345;$$

$$x_1 = \frac{0,041 \cdot 0,54}{0,063} + 2,5 = 2,825.$$

Отже, $b = 2,825$, $K_b = 0,890$ та $C_b = 0,345$. Тепер можна визначити коефіцієнт

$$a = \frac{\sigma_p}{C_b} = \frac{105,46}{0,345} = 305,68 \text{ тис. км.}$$

Уточнене значення середнього ресурсу двигунів АТЗ становитиме:

$$\bar{L}_{op} = a \cdot K_b + L_{3M} = 305,68 \cdot 0,890 + 50 = 322 \text{ тис. км.}$$

Оскільки диференціальна функція побудована по серединах інтервалів статистичного ряду, то поточні значення її визначатимуться за співвідношенням \bar{L}_i/a та відповідно знайденим за спеціальними таблицями параметром $b = 2,83$. Через те, що таблиці теоретичної диференціальної функції $f(L) = p_i$ не мають поточних значень b та \bar{L}_i/a , які вони набувають у даному прикладі, то шукані значення цих функцій знаходимо методом інтерполявання. Отримані результати теоретичної функції для кожного з інтервалів статистичного ряду з урахуванням

зміщення, $L_{3M}=50$ тис. км. наведені у передостанньому рядку табл. 2.2. Числові значення відносних розбіжностей між емпіричною p_k та теоретичною p'_k частотами у кожному з k -х інтервалів наведено в останньому рядку цієї ж таблиці 2.2. Сума його становить шукане значення χ^2 . Отже, $\chi^2 = 0.0913$.

Зважаючи на те, що закон Вейбулла є двопараметричним ($q = 2$), кількість степеней вільності у даному разі становитиме:

$$r = k - q - 1 = 5 - 2 - 1 = 2.$$

За спеціальною таблицею, на підставі значень χ^2 та r знаходимо, що імовірність узгодження експериментального розподілу ресурсу двигунів АТЗ з теоретичним законом Вейбулла становить $P(\chi^2) = 0,95$. Згідно із значеннями $f(L)$ побудовано відповідну теоретичну криву (див. рис. 2.16). Таким чином, висунена гіпотеза підтверджується і знайдена закономірність розподілу приймається як робоча для подальших розрахунків (визначення гамма-відсоткового ресурсу, імовірності того, що цей ресурс буде знаходитися у певних інтервалах пробігу АТЗ тощо) та вироблення і прийняття відповідних інженерно-технічних та організаційних заходів щодо підвищення експлуатаційної надійності АТЗ.

Питання для самоконтролю

1. Перелічіть процедури узгодження експериментальних розподілів показників надійності АТЗ з теоретичними законами.
2. Як визначити кількість інтервалів статистичного ряду розподілу?
3. Як визначити математичне сподівання пробігу на відмови?
4. Що таке дисперсія, середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт варіації розподілу показників надійності АТЗ?
5. Полігон, гістограма та теоретична крива розподілу показників надійності АТЗ.
6. За якими параметрами знаходиться імовірність згоди експериментального розподілу з гіпотетичним теоретичним законом?

СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО

3 ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ 3 АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

3.1. Основні положення та означення

Викладений перед цим матеріал стосувався теоретичних основ технічної експлуатації автомобілів, у якому розглядалися особливості втрати працездатності та ресурсу їх з різних як природних (об'єктивних), так і суб'єктивних причин, методи та способи оцінювання рівня цих втрат показниками експлуатаційної надійності. Практика виробила відповідні організаційні та техніко-технологічні заходи, якими підтримуються у відповідних межах ці показники, відновлюється працездатність та ресурс АТЗ.

Основним документом державного рівня, який охоплює і регламентує усі названі заходи є “Система технічного обслуговування та ремонту автомобільної техніки”. Вона належить до переліку документів, які називають Державним стандартом України. Він, як галузевий, узгоджений із загальнодержавним, чинним стандартом 5151-85 “Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения”.

У зв'язку із змінами у макро- та мікроекономіці держави, зазнають змін і галузеві законодавчі та нормативні документи (Закони, Положення, Правила, Інструкції тощо). Це стосується, зокрема, Закону України “Про транспорт”, уведеного в дію у 1994 році, та Закону України “Про автомобільний транспорт” (1998 р.), відповідних стандартів і, розроблених у 1994 та 1998 роках під ці документи. “Положень”. Зазнавали змін не лише змісти, але й назви цих положень, наприклад, попереднє “Положення про профілактичне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту” (Положення-94) та чинне “Положення про технічне обслуговування

і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту” (Положення-98). До речі, перше таке “Положення” було розроблене і запроваджене у 1957, друге – у 1963, третє – у 1976, останнє, четверте – у 1986 році. Перед 1957 роком існували відповідні “Інструкції” (починаючи із 1926 р.), які регламентували особливості виконання ТО і Р автомобільної техніки.

Положення визначає порядок проведення технічного обслуговування і ремонту АТЗ й розповсюджується на усіх юридичних та фізичних осіб, які реалізують комерційну і технічну експлуатації АТЗ, незалежно від форми власності.

Згідно з “Положенням-98” **система ТО і ремонту АТЗ** – це сукупність (система) взаємопов’язаних засобів, документації з ТО і ремонту АТЗ та виконавців, які необхідні для підтримання і відновлення працездатності та ресурсу їх. Останні також вважаються складовим елементом системи. Виконавці – це слюсарі-ремонтники, діагности й інші основні та допоміжні виробничники, зайняті ТО, діагностуванням та ремонтом АТЗ. Тут поняття “система” вбирає як сукупність фізичних елементів, так і відповідних дій (робіт та операцій), які виконуються за відповідними правилами (періодичністю) із конкретною метою.

Технічне обслуговування – це комплекс операцій або одна операція, необхідні для підтримання працездатності чи справності АТЗ, які виконуються під час використання їх за призначенням.

За призначенням, змістом операцій, місцем виконання система передбачає такі види ТО автомобілів: передпродажне; під час обкатування АТЗ, під час їх консервації (зберігання); сезонне обслуговування (СО); щоденне (ЩО); обслуговування №1 (ТО-1); обслуговування №2 (ТО-2). Три останні займають в експлуатаційному циклі АТЗ найвагоміше місце, оскільки виконанням операцій саме цих профілактичних ТО забезпечується щоденна якість та працездатність автомобільної техніки. Дотримання відповідної періодичності виконання ТО, основних регламентів щодо операцій зумовило приєднання системі ТО і ремонту АТЗ статусу планово-запобіжної (за-

плановане виконання ТО з метою запобігання непередбачуваних втрат працездатності АТЗ на лінії).

Ремонт – це комплекс операцій, які виконують з метою відновлення справності чи працездатності АТЗ та відновлення ресурсів їх конструктивних елементів.

Розрізняють **поточний та капітальний ремонти (ПР, КР)**. **Поточний** – це такий, який виконується для забезпечення або відновлення працездатності (справності) АТЗ під час використання їх за призначенням і полягає у заміні та (або) відновленні окремих конструктивних елементів, крім базових. Виконується за потребою, без вилучення АТЗ із сфери експлуатації, залежно від їх технічного стану на основі результатів діагностування. Може реалізуватися двома методами – **знеособленим агрегатним і незнеособленим**.

Знеособленість полягає у швидкій заміні несправного агрегату автомобіля, який ремонтують, справним новим чи заздалегідь відремонттованим з іншого автомобіля. Такий ПР зводиться до лише виконання демонтажно-монтажних операцій. Незнеособленість не допускає таку заміну: автомобіль “очікує” на повернення з ремонту “свого” агрегату. Теоретично (рідко на практиці) існує третій різновид ПР – **комбінований**. Суть його полягає в тому, що для тимчасового швидкого відновлення працездатності АТЗ несправні агрегати заміняють “чужими” (знеособлений метод), оскільки на відновлення “своїх” потрібно тривалого часу через значну трудомісткість або ж відсутність запасних частин. Після того, як ці агрегати відновлені, вони встановлюються на “свій” АТЗ.

Автомобілі, які не використовуються за призначенням з причин, наприклад, втрати працездатності і проходження відповідних аварійних або планових відновних робіт, переходять із сфери основного виробництва (комерційної експлуатації) у сферу обслуговувального (технічну експлуатацію). Тут вони “перетворюються” з об’єктів праці у предмети праці, над яким виконують відповідні ремонтно-обслуговувальні та відновні операції. Після відновлення працездатності АТЗ знову повертається у сферу основного виробництва і стає об’єктом праці.

Передумовами широкого застосування знеособленого агрегатного методу поточного ремонту АТЗ повинні стати, перш за все, високий рівень їх ремонтної технологічності (швидкі та не трудомісткі демонтаж-монтаж агрегатів), уніфікації (взаємозамінності агрегатів у рамках моделі АТЗ та її модифікацій). Крім цього, важливим є створення мережі обмінних пунктів та розміщення в них і у АТП відповідних запасів обмінних фондів агрегатів та відремонтованих деталей АТЗ, запасних частин до них.

Капітальний ремонт – це ремонт, який виконується з метою відновлення справності та повного або близького до повного ресурсу АТЗ із заміною чи відновленням будь-яких конструктивних елементів, у тому числі базових. Реалізується КР на спеціалізованих підприємствах з вилученням АТЗ із сфери експлуатації і переведенням їх у ремонтну.

До базових конструктивних елементів належать:

1 – двигун з картером зчеплення у зборі; 2 – КП та роздавальна коробка; 3 – гідромеханічна передача; 4 – задній міст (вісь); 5 – середній міст (вісь); 6 – передня вісь (міст); 7 – кермове керування; 8 – кабіна вантажного та кузов легкового АТЗ; 9 – кузов автобуса; 10 – рама; 11 – підйомне обладнання самоскида.

Капітальний ремонт виконується повнокомплектно, або агрегатами знеособленим чи незнеособленим методами. Крім цього, існує третій різновид ремонту АТЗ – **ремонт на лінії**, тобто безпосередньо на місці втрати працездатності, або ж з евакуацією його до стаціонарних пунктів технічної допомоги (ПТД) чи пунктів автомобільного сервісу (ПАС). В цілому систему технічного обслуговування та ремонту АТЗ можна зобразити такою схемою (рис.3.1).

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте положення системи ТО і ремонту АТЗ.
2. Що таке технічне обслуговування АТЗ? Їх різновиди.
3. Що таке поточний ремонт АТЗ? Його різновиди.
4. Що таке капітальний ремонт АТЗ? Його різновиди.

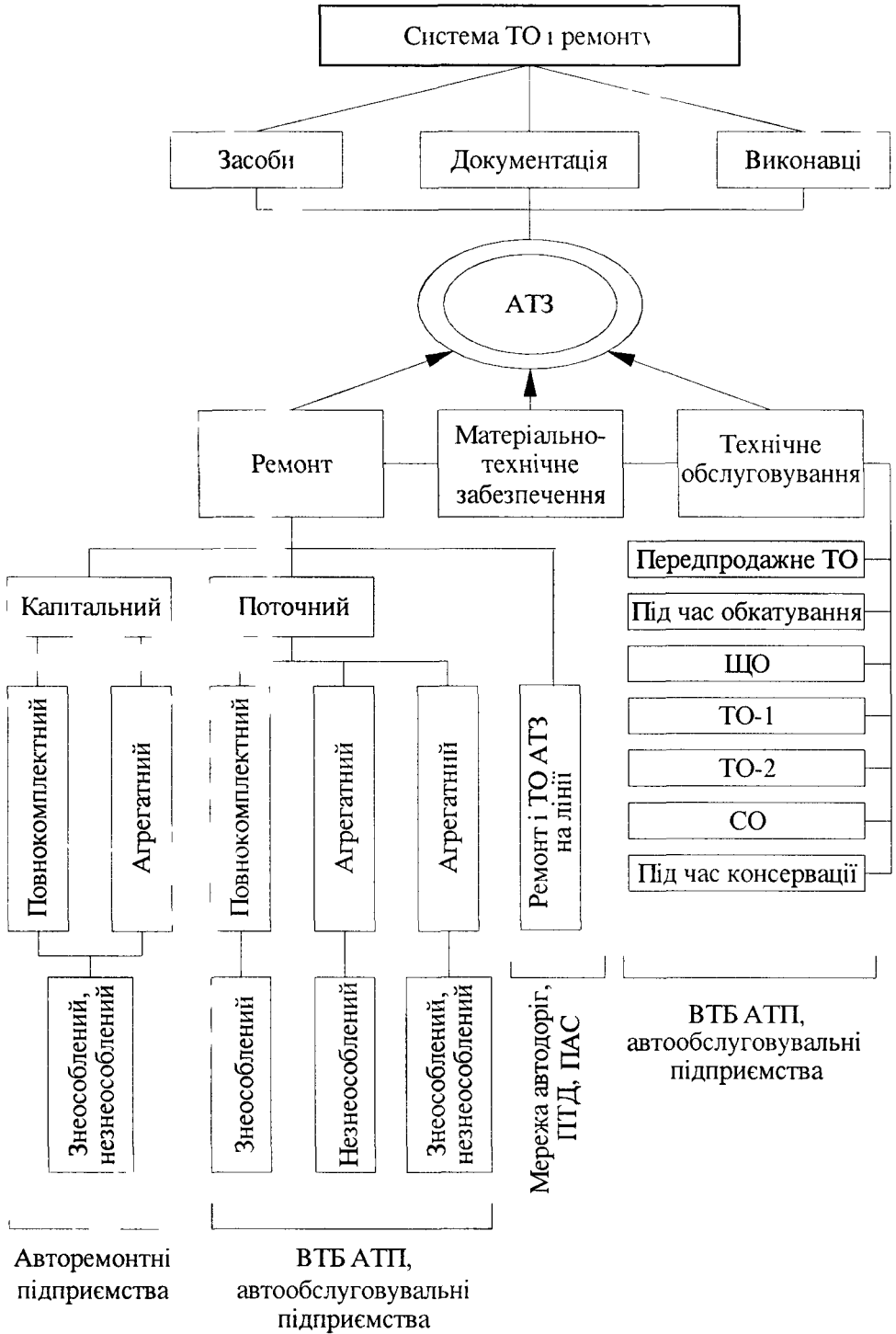


Рис. 3.1. Система ТО і ремонту АТЗ та особливості її реалізації

3.2. Характеристика нормативно-технічних регламентів системи

Основний сучасний робочий документ системи технічного обслуговування та ремонту АТЗ – “Положення про технічне обслуговування та ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту” (Положення-98) – регламентує для різних видів АТЗ наступні періодичності виконання профілактичних ТО (табл.3.1).

Таблиця 3.1. Періодичність виконання ТО АТЗ згідно з Положенням-98

Тип АТЗ	Періодичність видів ТО, тис. км		
	ЩО	ТО-1	ТО-2
Легкові автомобілі, автобуси	Один раз на робочу добу незалежно від кількості робочих змін	5,0	20,0
Вантажні автомобілі, автобуси на базі вантажних автомобілів або з використанням їх базових агрегатів, автомобілі повнопривідні, причіпи, напівпричіпи	Один раз на робочу добу незалежно від кількості робочих змін	4,0	16,0

Якщо у документації заводу-виготівника АТЗ вказані інші періодичності, ніж зазначені у Положенні-98, необхідно керуватися інструкціями заводу-виготівника.

Передбачається, що значення періодичності ТО можуть бути зменшені власниками АТЗ до 20% залежно від категорії умов їх експлуатації. Щодо періодичності поточного ремонту АТЗ, то вона не регламентується, бо виконується за потребою. Якщо виникає потреба у ПР (за оцінками водіїв АТЗ чи за результатами діагностування технічного стану), то його виконують, якщо ж немає потреби (незалежно від пробігу АТЗ) – автомобіль не ремонтують. Нормативними документами регламентується лише зведена до 1000 км пробігу АТЗ трудомісткість (люд.-год./1000 км).

Альтернативою щодо періодичності ТО за пробігом АТЗ є періодичність у літрах (кг, т) спаленого палива. Така періодичність рег-

ламентувалась Положенням-94. До нього (ранішими Положеннями) вказувалося (на підставі практичного досвіду) на необхідність регламентування низки робіт з ПР для попередження відмов автомобілів, які впливають на безпеку руху або дають значні збитки при їх виникненні. Це так званий попереджувальний ремонт. У ньому частину робіт з ПР незначної трудомісткості пропонувалось суміщати з проведенням відповідних ТО (супутній ПР). А решта робіт з ПР, які стосувались підтримання справного стану кузовів, кабін, повинні виконуватись у вигляді самостійного комплексу 2-3 рази за термін служби автомобіля.

Положення-94 вказувало також, що "...заводи-виготовлювачі встановлюють періодичності і перелік профілактичних впливів; виходячи з результатів випробувань і досвіду експлуатації своїх моделей". Крім цього, вказувалось, що процеси втрати працездатності автомобіля прискорюються або сповільнюються, залежно від кількості транспортної роботи, яку вони виконують. Ця робота може виконуватись лише, очевидно, за рахунок витраченого відповідного обсягу палива.

З наближенням можна вважати, що автомобіль, витративши певну кількість палива, здійснить еквівалентну роботу A , тобто:

$$1000 \cdot l_{\text{км}} \cdot H \frac{\text{літрів}}{100 \text{ км}} = Q \text{ літрів} \equiv A \text{ ткм}, \quad (3.1)$$

де l – пробіг, км; H – лінійна норма витрати палива, л/100 км; Q – сумарна витрата палива на пробігу l , яка еквівалентна виконаній роботі A , ткм.

Можна також припустити, що ТО і ремонт АТЗ виконують після здійснення ним відповідної роботи, що рівнозначно витраті палива. Тобто, $A = Q_n$, л:

$$A = Q_n = l_1 H_1 + l_2 H_2 + l_3 H_3 + \dots + l_n H_n = \text{const}, \quad (3.2)$$

де $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$ – періодичність ТО автомобілів, яка зменшується (скоректована) у зв'язку із зростаючою скрутністю умов їх експлуатації, км; $H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$ – норми витрати палива (лінійна + додат-

кова), які збільшуються у зв'язку із зростаючою скрутністю умов експлуатації АТЗ, л/100 км.

Оскільки регламентовані періодичності пробігів АТЗ до відповідних РОД $l_{РОД}$ задаються для першої категорії умов експлуатації, а норми витрати палива H – для опосередкованих умов, то, очевидно, їх потрібно звести до однієї категорії – опосередкованої. В такому разі сумарну витрату палива Q_c між окремими РОД можна визначити за формулою

$$Q_c = 0,01 \cdot 0,77 l_{РОД} H = 0,0077 l_{РОД} H, \text{ л}, \quad (3.3)$$

де 0,77 – коефіцієнт коректування періодичності РОД для опосередкованих умов експлуатації АТЗ.

З урахуванням цього, періодичності пробігів за витратою палива вантажних АТЗ до капітального ремонту та ТО-1, ТО-2 становитимуть

$$Q_{cKP} = 0,0077 l''_{KP} (H_0 + H_0 q \gamma \beta), \text{ л}, \quad (3.4)$$

$$Q_{cTO-2} = 0,0077 l''_{TO-2} (H_0 + H_0 q \gamma \beta), \text{ л}, \quad (3.5)$$

$$Q_{cTO-1} = 0,0077 l''_{TO-1} (H_0 + H_0 q \gamma \beta), \text{ л}, \quad (3.6)$$

для легкових автомобілів та автобусів

$$Q_{cРОД} = 0,0077 \cdot l''_{РОД} \cdot H_0, \text{ л}, \quad (3.7)$$

де l''_{KP} , l''_{TO-2} , l''_{TO-1} – нормативи пробігів АТЗ до відповідних РОД, км; H_0 , H_0 – відповідно основна та додаткова норми витрати палива, л/100 км; q – номінальна вантажність АТЗ, т; γ , β – коефіцієнти використання відповідно вантажності та пробігу АТЗ.

Зміст використання цього показника у нормуванні періодичностей ТО автомобіля полягає в тому, наприклад, що, якщо він витратив $84,7 \cdot 10^3$ літрів палива, його потрібно відправляти у капітальний ремонт. Якщо використає 4500 л – у ТО-2, якщо ж 1100 л – у ТО-1.

Відомо, що заводи-виготівники та Положення вказують на періодичність профілактичних ремонтно-обслуговувальних дій для першої категорії умов експлуатації з коефіцієнтом використання пробігу АТЗ $\beta = 0,5$ і статичним коефіцієнтом використання вантажності $\gamma = 0,75$. Положення-84 передбачало, наприклад, що усі нормативи щодо РОД, потрібно прив'язувати до еталонних умов експлуатації АТЗ, які дещо уточнюють поняття першої категорії.

За еталонні умови прийнято роботу базових моделей автомобілів, які мають пробіг від початку експлуатації у межах 50-75% від норми пробігу до капітального ремонту, в умовах експлуатації 1-ї категорії у помірному кліматичному районі з помірною агресивністю довкілля. Технічні обслуговування і ПР повинні виконуватися при цьому у виробничій зоні АТП розміром 200-300 одиниць автомобілів, які становлять три технологічно сумісні групи.

Отже, якщо для певної моделі автомобіля розрахована сумарна витрата палива Q_c для пробігу $l_{РОД}$, рівному між профілактичними ТО для еталонних умов експлуатації, то інший, довільний автомобіль такої ж моделі, який експлуатується у будь-яких інших, важчих умовах, повинен бути зупинений для виконання ТО до витрати Q_c . Скоректовану періодичність в умовах, відмінних від еталонних, можна визначити із співвідношення:

$$L_n^k = \frac{L_n \cdot q_n}{q_n^k}; \text{ якщо } q_n^k / q_n = K_{kn}, \text{ тоді } L_n^k = L_n / K_{kn} \quad (3.8)$$

тут L_n^k – відкоректована періодичність профілактичних ТО, км; L_n – періодичність, рекомендована заводом-виготівником для еталонних умов експлуатації; q_n – норма витрати палива для цих же умов експлуатації ($q_{лин} + q_{доо}$) для $\beta = 0,5$; $\gamma = 0,75$, л/100 км; q_n^k – норма втрати палива для відкоректованих умов експлуатації, л/100 км; K_{kn} – коефіцієнт коректування пробігу за витратою палива (табл.3.2).

Приклад. Визначити за сумарною витратою палива періодичність виконання РОД для автомобіля ЗИЛ-431410 в опосередкованій категорії умов експлуатації якщо нормативні дані такі: $L''_{KP} = 300$ тис. км; $L''_{ТО-2} = 16$ тис. км; $L''_{ТО-1} = 4$ тис. км; $H_o = 30,35$ л/100 км; $H_o = 2,8$ л/100 км. Середні значення коефіцієнтів γ та β відповідно рівні 0,75 та 0,5.

$$\text{Тоді } - Q_{c.KP} = 0,0077 \cdot 300000 \cdot (30,35 + 2,8 \cdot 6,3 \cdot 0,75 \cdot 0,5) = 84,7 \cdot 10^3 \text{ л;}$$

$$Q_{c.ТО-2} = 4,5 \cdot 10^3 \text{ л; } Q_{c.ТО-1} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ л.}$$

Застосування цього методу дає змогу оминуту громіздкі розрахунки кількості ТО через інші спеціальні коефіцієнти коректування умов експлуатації. Вважається також, що зміни у витратах автомо

білем палива є параметром діагностування, який другорядним чином вказує на фактичний технічний стан АТЗ.

Таблиця 3.2. Коефіцієнт коректування періодичності РОВ за витратою палива, K_{kn}

Категорія умов експлуатації АТЗ	Коефіцієнт коректування нормативів, K_{kn}			
	ресурсу автомобіля (агрегату)	витрати палива, л на 100 км, ($H_o + H_o$)	витрати запчастин	періодичності профілактичних РОД
1	1	1	1	1
2	0,88	1,13	1,13	0,88
3	0,75	1,33	1,33	0,75
4	0,63	1,59	1,59	0,63
5	0,50	2,00	2,00	0,50

Таким чином, якщо, наприклад, автомобіль ЗИЛ-431410 працює на лінії без вантажу на дорогах з удосконаленими покриттями перший рік, норматив витрати палива $H = 28$ л/100 км. Тоді $L_{kp} = 300000$ км. Якщо ж він використовується у важких (скрутних) умовах з повним навантаженням (5-та категорія умов експлуатації), то $H^k = 56$ л/100км ($H^k = H \cdot K_{k5} = 28 \cdot 2,00 = 56$ л/100км), то пробіг до капітального ремонту зменшиться до $l'_{kp} = 150$ тис. км ($l'_{kp} = L_{kp} / K_{k5} = 150$ тис. км).

Як видно з таблиці, зміна коефіцієнта коректування періодичності РОД відповідає зміні коефіцієнта коректування витрати ресурсу автомобіля і обернено пропорційно витраті палива та запасих частин. Отже, якщо періодичність виконання профілактичних ТО регламентується лише витратою палива, то все ж, не враховується безпосередньо технічний стан автомобіля та його агрегатів.

Крім категорій умов експлуатації АТЗ, на періодичність РОД, їх трудомісткість впливають й інші чинники, наприклад, природно-кліматична зона, у якій експлуатуються АТЗ, спосіб їх використання (поодинокий чи у складі автопоїзда тощо). Усі ці особливості відображаються відповідним коефіцієнтами коректування періодичностей РОД їх трудомісткостей і тривалостей виконання.

Питання для самоконтролю

1. Основні регламенти “Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту”.
2. Особливість визначення періодичності ТО і ремонту АТЗ за лінійною витратою палива.
3. Що таке еталонні умови експлуатації АТЗ?
4. Яким чином коректуються нормативи (за витратою палива) пробігів АТЗ до відповідних РОД?

3.3. Оптимізація періодичностей профілактичних РОД

Зрозуміло, що скільки б і яких коефіцієнтів не існувало, відобразити адекватно технічний стан АТЗ, його потребу в РОД – неможливо, оскільки вони емпіричні і незмінні. Існують методи, які враховують особливість експлуатації АТЗ, їх технічний стан. Це, перш за все, метод визначення періодичності РОД за **допустимим рівнем безвідмовності автомобілів (імовірнісний метод)**. Вона враховує вибір такої періодичності, за якої імовірність відмов $P_b = F$ АТЗ не перевищить заданої допустимої величини, яку називають ризиком, або допустимою імовірністю його відмов – R_o (рис.3.2). Якщо брати до уваги протилежну величину, тобто імовірність безвідмовної роботи АТЗ, то:

$$P_{op}(l_i \geq l_o) = 1 - P_b = 1 - F \geq R_o = \gamma, \text{ тобто } l_o = l_\gamma, \quad (3.9)$$

тут l_i – пробіг автомобіля на відмови; l_o – оптимальна періодичність РОД; R_o – задана допустима імовірність його безвідмовної роботи; $F = 1 - \gamma$ – ризик відмов АТЗ з імовірністю γ -відсотків; l_γ – γ -відсотковий пробіг АТЗ на відмови (тут γ -відсотковий пробіг АТЗ – це його пробіг, протягом якого він не досягне граничного стану із заданою імовірністю γ , вираженою у відсотках).

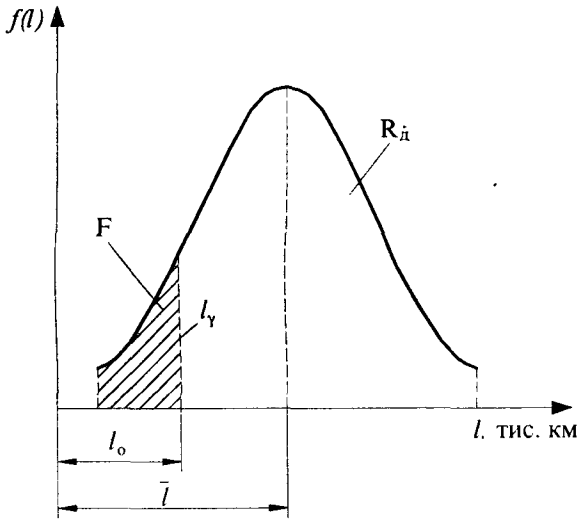


Рис. 3.2. До визначення періодичності РОД автомобілів за критерієм безвідмовності

Показником R_o задаються залежно від типу агрегатів та механізмів автомобіля: для тих, які безпосередньо впливають на безпеку руху, $R_o = 0,9-0,98$; для усіх решти – $R_o = 0,85-0,90$. Для різних гамма-відсоткових ресурсів різних агрегатів автомобілів визначено за цією методикою періодичності, які значно менші від середніх значень \bar{l} .

Оптимальна періодичність l_o пов'язана з середнім пробігом \bar{l} через коефіцієнт раціональної періодичності β :

$$l_o = \beta \bar{l}. \quad (3.10)$$

Цей коефіцієнт враховує значення та характер варіації пробігів АТЗ на відмови, а також прийняті допустимі імовірності безвідмовної роботи R_o (табл. 3.3).

Очевидно, що, чим менша варіація пробігів АТЗ на відмови, тим більша періодичність РОД. Жорсткіші вимоги до безвідмовності АТЗ зменшують раціональну періодичність РОД. Встановлено, що виконанню окремо лише кріпильних робіт під час ТО відповідають значення β у межах 0,4-0,6, й цим забезпечується імовірність безвідмовної роботи АТЗ на рівні 0,85.

Таблиця 3.3 . Коефіцієнти раціональної періодичності виконання РОД, β

Задана імовірність без- відмовної роботи, R_0	Коефіцієнт варіації пробігів, v			
	0,2	0,4	0,6	0,8
0,85	0,80	0,55	0,40	0,25
0,90	0,67	0,37	0,20	0,10
0,98	0,52	0,28	0,13	0,06

Відомий також і **техніко-економічний метод** визначення оптимальної періодичності ТО, який ґрунтується на мінімізації питомих витрат на ремонт C_p та таких же витрат на ТО $C_{ТО}$. Чим з більшою періодичністю l виконуються операції ТО (менше витрачається коштів), тим частіше вони відмовляють, потребуючи виконання більших обсягів ремонтних робіт. Графічно цей підхід ілюструється таким чином (рис. 3.3).

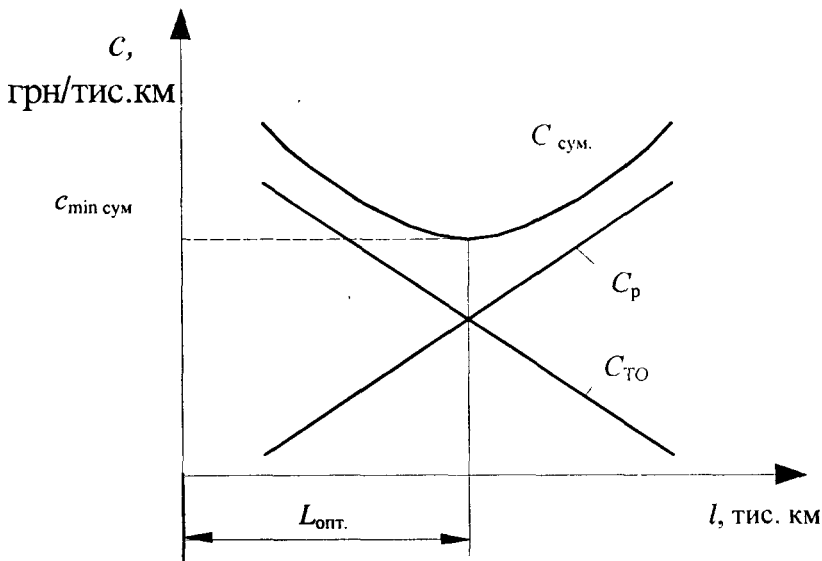


Рис.3.3. Графічна ілюстрація техніко-економічного методу визначення оптимальної періодичності виконання РОД

Оптимальна періодичність виконання профілактичних робіт буде, очевидно, при досягненні мінімуму сумарних витрат на ТО і ПР. Аналітично у загальному вигляді відшукування цього мінімуму записується так:

$$C_{\min \text{ сум}} = C_p + C_{TO} = \frac{c}{L} + \frac{d}{l} \rightarrow \min, \quad (3.11)$$

тут c, d – відповідно, зведені витрати на ремонт і виконання операцій ТО, грн./ тис. км, L, l – відповідно, ресурс автомобіля до ремонту і періодичність ТО.

Застосовують також **економіко-імовірнісний метод**. Він охоплює попередні і враховує економічні та імовірнісні чинники, дає змогу порівнювати різні стратегії підтримання та відновлення працездатності автомобілів. Першою стратегією виконання РОД є усунення несправностей АТЗ у міру їх виникнення (визначення періодичності ТО за критерієм безвідмовності) (рис.3.4). При цьому витрати становитимуть:

$$C_{\min_1} = \frac{c}{F(\bar{l})} = \frac{c}{\sum_{l_{\min}}^{l_{\max}} l_i f(l) dl}, \text{ грн. /тис. км}, \quad (3.12)$$

де $\bar{l}, l_{\min}, l_{\max}$ – відповідно, середній, мінімальний і максимальний пробіги на відмови АТЗ, км; c – разові витрати на усунення відмов (ремонт), грн.

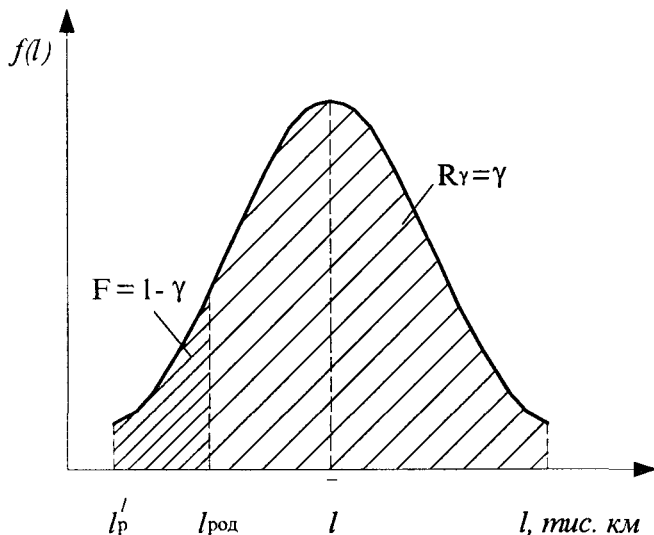


Рис. 3.4. Графічна інтерпретація реалізації РОД у міру виникнення відмов АТЗ

Переваги цієї стратегії – простота, а недолік – невизначеність технічного стану автомобіля, який може відмовити у будь-який момент, а також утруднене планування та організація РОД.

Друга стратегія, альтернативна до першої, передбачає попередження відмов і пошкоджень, відновлення початкового або близького до нього стану автомобіля перед тим, як він досягне граничного стану. Вона реалізується за умови проведення ТО і попереджувальних заміні деталей вузлів і механізмів автомобіля.

Механізм реалізації цієї стратегії РОД наступний. У зв'язку з тим, що теоретично відмова може виникнути у будь-який, скільки завгодно, малий період напрацювання АТЗ, то стратегія не може реалізуватись у чистому вигляді, а у змішаному. Тобто, допускають незначну імовірність відмов, а раціональну періодичність виконання попереджувальних РОД призначають в інтервалі $l_{\min} < l_{\text{РОД}} < \bar{l}$. При цьому, ті відмови, які виникли раніше $l_{\text{РОД}}$ (тобто $l_i < l_{\text{РОД}}$) усувають у міру їх виникнення, тобто - за першою стратегією. Вартість виконання РОД і усунення відмов практично однакові для обох стратегій і рівні C . Для розв'язання задачі задаються, як правило, або допустимою імовірністю відмов F , чи необхідною імовірністю безвідмовної роботи R_0 автомобілів на лінії. Тоді середня періодичність, за якою реалізуватиметься ця непопереджувальна частина стратегії, дорівнюватиме

$$l'_p = \frac{\sum_{l_{\min}}^{l_{\max}} l_i f(l_i) dl}{\sum_{l_{\min}}^{l_{\text{РОД}}} f(l) dl}. \quad (3.13)$$

Попереджувальні роботи будуть виконуватися з періодичністю $l_{\text{РОД}}$, вартістю d та імовірністю $f(l)$ (рис. 3.5). Переваги цієї стратегії полягають в наступному. По-перше, можна гарантувати відповідний рівень надійності АТЗ. По-друге, затрати на підтримання працездатного стану проведенням профілактичних РОД, як правило нижчі, ніж при відмовах АТЗ ($d < c$), які можуть супроводжуватися додат-

ковими витратами на лінії (втрати від простоїв АТЗ, втрати, пов'язані з викликом технічної допомоги, буксируванням). По-третє, попереджувальний характер цієї стратегії створює умови для планування виконання профілактичних РОД. Недоліком цієї стратегії є те, що попереджувальні роботи зумовлюють недовикористання ресурсу автомобіля у зв'язку з тим, що середнє значення періодичності профілактичних РОД є меншим, ніж середнє напрацювання АТЗ на відмови ($l_{РОД} < l_p$).

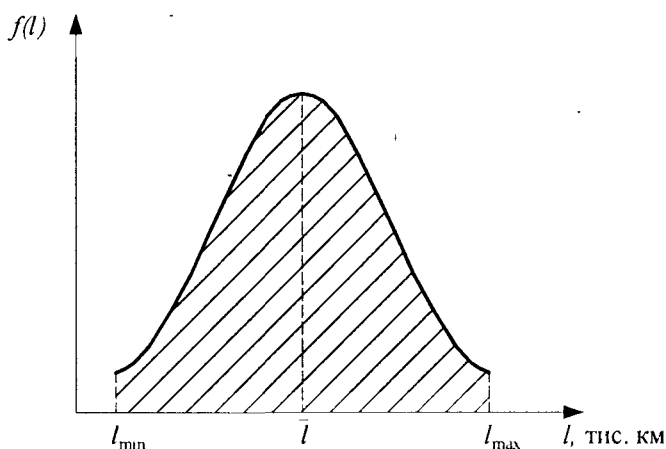


Рис. 3.5. Графічна інтерпретація реалізації РОД за напрацюванням

Питомі витрати у цій стратегії визначаються як відношення середньозваженої вартості однієї операції РОД до середньозваженого пробігу з урахуванням виникнення відмов частини автомобілів:

$$C_{шт2} = \frac{cF + dR}{l_p R + l'_p F}, \text{ грн. /тис. км} \quad (3.14)$$

Продиференціювавши цей вираз по l і прирівнявши першу похідну до нуля, визначають оптимальну періодичність l_o , яка відповідатиме мінімуму $C_{шт2}$. Після цього порівнюють питомі витрати за 1-ю та 2-ю стратегіями. Якщо виявиться, що $C_{шт2} < C_{шт1}$, то перевагу надають другій попереджувальній стратегії, тобто профілактичному ТО. У цьому економіко-ймовірносному методі, подібно як і методі, основаному на безвідмовності, використовують поняття ко-

ефіцієнта раціональної періодичності β_o . Його визначають за формулою:

$$\beta_o = \frac{l_o}{\bar{l}} = \left[\frac{2K_n v}{(1+v^3)(1-v)} \right]^v, \text{ для } v < 1, \quad (3.15)$$

де $K_n = d/c$; v – коефіцієнт варіації пробігів АТЗ на відмови для 1-ї стратегії.

Приклад. Для автомобілів з показниками $K_n = 0,4$ та з математичним сподіванням пробігів на відмови, рівним $\bar{l} = 15,5$ тис. км; коефіцієнт варіації розподілу їх становив $v = 0,4$. За формулою 3.15 отримують $\beta_o = 0,78$. Йї тоді оптимальна періодичність ТО становитиме $l_o = \beta_o \bar{l} = 0,78 \cdot 15,5 = 12$ тис. км.

Якщо ставиться мета розрахувати раціональну періодичність ТО з метою зниження інтенсивності потоку відмов автомобілів між двома послідовними ТО, то коефіцієнт раціональної періодичності β'_o визначають за виразом:

$$\beta'_o \leq \left[\frac{K_\omega}{0,5(v^2 + 1)} \right]^{\frac{v}{1-v}}, \text{ для } v < 1, \quad (3.16)$$

де $K_\omega = \omega_1/\omega_2$ – коефіцієнт скорочення параметра потоку відмов автомобілів; ω_1, ω_2 параметри потоків відмов при застосуванні відповідно попереджувальної стратегії та стратегії, за якою усуваються відмови за потребою (за черговістю їх виникнення).

Приклад. Якщо $K_\omega = 0,2$, тобто необхідно скоротити потік відмов автомобілів (тих, про які ішлося у прикладі вище) у 5 разів, то коефіцієнт раціональної періодичності, вирахований за формулою 3.16 становитиме $\beta'_o = 0,48$, а оптимальна періодичність $l'_o = \bar{l} \cdot \beta'_o = 15,5 \cdot 0,48 = 8,4$ тис. км. Отже, додатковими інженерно-технічними заходами можна підвищити рівень безвідмовності АТЗ скороченням періодичності РОД, порівняно із стратегією, коли використовується економічний критерій: $\Delta l_o = l_o - l'_o = 12 - 8,4 = 3,6$ тис. км.

Питання для самоконтролю

1. Оптимізація періодичності ТО АТЗ за допустимим рівнем їх безвідмовності.
2. Що таке коефіцієнт раціональної періодичності виконання РОД? Як його визначають?
3. Оптимізація періодичності ТО АТЗ за техніко-економічним критерієм.
4. Оптимізація періодичності ТО АТЗ з використанням економіко-імовірнісного методу.
5. Дві стратегії виконання ТО АТЗ з використанням економіко-імовірнісного методу.

3.4. Виробничий і технологічний процеси технічного обслуговування та ремонту АТЗ й місця їх реалізації

Перед розглядом особливостей процесів технічного обслуговування та ремонту АТЗ, варто докладніше ознайомитись з поняттями і означеннями “виробничий процес”, “технологія”, “технологічний процес”, їх різновидами та складовими елементами. Терміни ці стандартизовані і поширюються не лише на сферу обслуговування, ремонту, але й, передовсім, – на процеси виготовлення машин. Фактично ця термінологія перейшла у сферу ремонту і обслуговування з машинобудування, а до нього – з ремісничих цехів.

Отже, згідно із стандартом 14.004-83, **виробничий процес** – це сукупність усіх дій, виконавців та знарядь праці, необхідних на розглядуваному підприємстві для виготовлення, ремонту і обслуговування продукції (машин, обладнання, приладів тощо).

Технологічний процес (згідно із ГОСТ 3.1109-82) – це частина виробничого процесу, що містить цілеспрямовані, у встановленому порядку, дії щодо зміни і (або) визначення технічного стану предмета праці. Предметом праці в даному разі є повнокомплектні АТЗ, їх

агрегати та інші конструктивні елементи, які підлягають ремонту, або ТО.

Близьким до технологічного процесу є термін “технологія”. Отже, **технологія** (*technē* – ремесло, наука; *logos* – поняття, уміння) – це сукупність знань про способи та методи реалізації цілеспрямованих дій щодо зміни чи визначення технічного стану АТЗ. Отже, технологія технічного обслуговування (ремонту) АТЗ не одне і те ж, що їх технологічний процес. Технологією можна володіти, однак цього недостатньо, щоб реалізувати технологічний та виробничий процеси. Залежно від призначення виробничі процеси поділяються на **основні, допоміжні та обслуговувальні**.

Основні – це такі, які призначені для безпосередніх змін (відновлення) форми чи експлуатаційних (фізико-механічних) властивостей деталей АТЗ, та його агрегатів, механізмів і систем, які становлять основу продукції ремонтно-обслуговувальних підприємств. Для їх виробничо-технічної бази (ВТБ) – це обслужені або відремонтовані АТЗ.

Допоміжні виробничі процеси служать для виготовлення продукції, яка споживається (використовується) безпосередньо підприємством (АТП), що випускає основну продукцію. Наприклад, для цієї ж ВТБ – виготовлення запасних частин, металовиробів (кріпильні та закладні деталі), пристроїв, інструментів тощо.

Обслуговувальні процеси забезпечують функціонування основних та допоміжних виробничих процесів. До них належать транспортні та складські процеси (транспортування предметів праці - АТЗ та їх конструктивних елементів по відповідних робочих місцях, постах, зонах, дільницях, міжопераційне пролежування їх, очікування обслуговування тощо).

Однією з важливих складових технологічного процесу є операція. Згідно із стандартом 3.1109-82, **операція** – це закінчена частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці. Перелік та послідовність виконання операцій, їх тривалість визначає тривалість окремого технологічного процесу. А перелік і послідовність, тривалість виконання усієї сукупності технологічних процесів

визначають тривалість (як правило у годинах, робочих днях або змінах) виробничого процесу, наприклад ТО чи ремонту АТЗ. Якщо розглядається складова технологічного процесу – операція, то тривалість виконання визначається оперативним часом у хвилинах чи годинах.

У свою чергу, складовими частинами операцій є: переходи, проходи, установи, прийоми, трудові рухи. **Перехід** – це частина операції, яка виконується виконавцем на одному і тому ж робочому місці з метою зміни положення предмета праці, його фізичного стану (підрозібраний агрегат, наплавлена одним проходом поверхня деталі).

Поділ операцій нижче переходів характерний для технологічного процесу ПР, зокрема його ремонтно-відновних операцій. Ділення операцій ТО нижче переходів позбавлене сенсу, оскільки проходи, установи, прийоми, трудові рухи важко виділити тут як окремі складові. Зазначимо, що ТО автомобілів, крім регламентованих “Положенням - 98”, поділяється на:

- 1) ТО під час їх використання (підготовка до використання – використання – безпосередньо після завершення використання);
- 2) ТО під час транспортування (підготовка до транспортування – транспортування – після безпосередньо транспортування);
- 3) ТО під час зберігання (підготовка до зберігання – зберігання – після безпосередньо зберігання);
- 4) ТО з періодичним контролем (контроль технічного стану окремих складальних одиниць (агрегатів) з певною періодичністю і виконання при цьому лише необхідних операцій відповідних об’ємів, решти складальних одиниць – ТО залежно від їх технічного стану).

Щодо понять тривалості та трудомісткості. **Тривалість** ТО (ПР) – це затрати часу (у хвилинах, годинах) на виконання відповідного технологічного процесу. **Трудомісткість** ТО (ПР) – це затрати праці на виконання одного ТО (ПР) відповідного виду одним виконавцем. Розмірність її – люд-год.

Крім цього, розрізняють ще **питому сумарну тривалість та трудомісткість** ТО (ПР). Це відношення середньої сумарної тривалості (трудомісткості) ТО (ПР) до заданого пробігу автомобіля (год./тис.км, люд.-год./тис.км).

Послідовність та зміст операцій ТО визначається потребами виконання тих або інших робіт, залежно від технічного стану автомобіля, його марки, умов та режимів експлуатації. Однак, з метою спрощення нормувань, спеціалізовані проектні організації розробили типові технологічні процеси, які легше і дешевше прив'язати до конкретних умов експлуатації АТЗ та ВТБ. Розроблення (прив'язка) і дотримання вимог технологічних процесів ТО і ПР є гарантією оптимізації матеріально-технічних засобів, трудозатрат грошових коштів, безпеки праці, якості робіт.

Реалізація технологічних процесів вимагає виконання інших супровідних операцій (робіт), які не входять у їх склад: міжопераційне транспортування, пролежування, зберігання запасних частин, матеріалів і АТЗ, очікування обслуговування тощо. Усю сукупність технологічних процесів і супровідних операцій, які реалізуються у виробничій зоні автотранспортного підприємства, становить його виробничий процес. Очевидно, що головним стрижнем виробничого процесу АТП є його технологічні процеси.

Виробничі процеси ТО і ПР можуть реалізуватися як безпосередньо в АТП, так і на автообслуговувальних підприємствах (див. рис. 3.1). Якщо технічні обслуговування і ПР автомобілів виконуються у виробничо-технічній базі АТП, то останні належать до **комплексних**. Тобто, вони виконують, у першу чергу, відповідні обсяги транспортних робіт та усі види ТО і ПР, а також зберігання АТЗ. Це підприємства, розмірами 200-400 одиниць автотранспортних засобів. Якщо АТП **коопероване** (на 700-1000 одиниць автомобілів) і має у своєму складі кілька філій АТП (автотранспортні об'єднання - АТО), то ТО-2 і ПР виконують на головному підприємстві, ЩО, ТО-1 – на філіях.

Ремонтно-обслуговувальні дії виконують і на спеціалізованих підприємствах: бази централізованого технічного обслуговування

(БЦТО), станції ТО (СТО) гаражі (стоянки), автозаправні станції .

Бази централізованого ТО призначені для централізованого виконання складних видів ТО та значних трудомісткостей ПР автомобілів, які експлуатують у невеликих АТП, що не мають належної ВТБ. Потужність БЦТО вимірюється кількістю приписаних до неї автомобілів. Вважають, що оптимальною є потужність – 1000-2000 одиниць АТЗ. БЦТО за призначенням поділяються на бази для виконання РОД вантажних автомобілів, легкових, автобусів та змішані. Тут може бути організовано централізований ремонт окремих агрегатів та відновлення їх деталей.

Станції ТО автомобілів призначені, в основному, для виконання обслуговування окремо легкових та вантажних автомобілів і автобусів або змішано як у повних обсягах ТО і ПР, так і окремих їх операцій. Залежно від місць розміщення, вони поділяються на міські та придорожні.

Гаражі і стоянки призначені, головню, для зберігання автомобілів (переважно індивідуального користування). До них відносять також кемпінги, мотелі. На цих об'єктах можуть виконуватись нескладні операції ТО і ПР, а також продаж запасних частин, експлуатаційних матеріалів.

Автозаправні станції призначені для забезпечення автомобілів паливом та мастильними матеріалами, антифризами, газом (газозаправні станції), стисненим повітрям, іншими експлуатаційними матеріалами, а також запчастинами. АЗС може бути розташована безпосередньо на території АТП, якщо розмір його перевищує 250 автомобілів. Розміри АЗС зумовлюються максимальною добовою кількістю заправок. Якщо їх 1500-1000 – це міська станція, якщо ж 500-1500 – це дорожня АЗС.

Переліки операцій усіх технологічних процесів ТО і ПР можна об'єднати у наступні види робіт:

- 1) прибирально-мийні (прибирання кузова, миття автомобілів, сушіння і полірування кузова);
- 2) контрольно-діагностувальні та регулювальні роботи;

- 3) кріпильні (розбирання і складання різьбових з'єднань, стопоріння з'єднань, захист різьб тощо);
- 4) підйомно-транспортні;
- 5) розбирально-складальні;
- 6) слюсарно-механічні;
- 7) ковальські;
- 8) зварювальні;
- 9) бляхарські;
- 10) мідницькі;
- 11) змащувально-заправні та очисно-промивні роботи;
- 12) акумуляторні;
- 13) вулканізаційні;
- 14) фарбувальні роботи.

Перелічені роботи виконуються у відповідних зонах, дільницях, відділках і робочих місцях виробничо-технічної бази автотранспортних підприємств з використанням обладнання, пристроїв, інструментів спеціалізованого і універсального призначення. До універсального належать металорізальні і деревообробні верстати, кранбалки, підйомно-транспортне обладнання (монорейки, електротельфери, електрокари, конвеєри, вантажні візки і таке інше), зварювальні апарати тощо. До спеціалізованих обладнання та пристроїв відносять підйомно-оглядове обладнання (оглядові канали, естакади, підйомники, перекидачі, гаражні домкрати); мийне обладнання (струменеві, щіткові, шлангові мийні машини); діагностувальне обладнання (для перевірки ефективності гальм, гальмівні стенди інерційного та силового типів, димоміри, мотор-тестери, для перевірки фаз газорозподілу, карбюраторів, витратоміри палива, компресометри, для перевірки (контролю) кутів установки коліс); змащувально-заправне обладнання.

Питання для самоконтролю

1. Означення поняття “технологічний процес”.
2. Означення поняття “технологія”.
3. Означення поняття “виробничий процес”.

4. Означення поняття “тривалість РОД”, “трудомісткість РОД”, “питома трудомісткість”.
5. Охарактеризуйте об’єкти виробничо-технічної бази, на яких реалізується система ТО і ремонту АТЗ.

3.5. Перспектива розвитку системи технічного сервісу автомобілів

Спочатку про розвиток ремонтно-обслуговувальної бази автомобільного транспорту та реалізацію виробничих процесів ТО і ремонту АТЗ. З метою підвищення ефективності використання АТЗ старих моделей та забезпечення якісної експлуатації сучасних вітчизняних і закордонних у ринкових умовах господарювання, колишні великі АТП з їх гіпертрофованою виробничо-технічною базою роздержавлені та поділені на менші за розмірами частини з відповідними власниками. Через високі податки на утримання значних розмірів пасивної частини основних фондів (споруди, ремонтно-технологічне обладнання), а також конкуренцію, вони відмовляються від виконання усіх видів та обсягів ТО і Р своїми силами. Надають перевагу спеціалізованим станціям технічного обслуговування чи авторемонтним підприємствам, майстерням, залишаючи за собою проведення щоденних ТО й усунення нескладних відмов АТЗ.

На СТО впроваджуються прогресивні, запозичені в автомобільно розвинених країнах, технології та технологічні процеси ТО і Р із застосуванням досконалих конструкцій діагностувального та ремонтно-технологічного устаткування. Авторемонтні підприємства, крім основної діяльності, розгортають виробництво широкої номенклатури запасних частин, нескладної конструкції гаражного обладнання, а також (окремі з них) стали доброю базою автоскладальних підприємств вітчизняних та російських автомобільних заводів.

Повинні набути відповідного розвитку конструкції виробничих будівель, які забезпечать їх пристосованість до зміни конструкції та габаритних розмірів АТЗ, а також до нових технологічних процесів і видів виконуваних робіт без чи з мінімальною реконструкцією їх.

Цього досягають збільшенням кроку колон, використанням безколонних перекриттів майстерень та зон ТО і Р. Можуть бути використані такі планування майстерень, зон та ділянок, які допускають їх трансформацію.

З метою покращення умов праці персоналу буде широко використовуватись підвісне розміщення більшості комунікацій. Розташування робочих місць, технологічного обладнання і автомобілів залишиться долівковим з можливостями виконання відповідних робіт на певній висоті (підйомники, крани, підвісне обладнання).

У зв'язку із ростом частки у господарському комплексі вантажних автомобілів 5 та 6 класів, які зумовлюють зростання маси їх основних агрегатів і механізмів, потребуватимуть механізації демонтажних-монтажних робіт, транспортні і складські операції (рівень механізації цих робіт повинен збільшитись у 1,5-2 рази). Крім цього, зросте продуктивність цього обладнання.

Збільшення габаритних розмірів автомобілів, широке використання автопоїздів зумовлює використання потокових методів ТО. Виникає потреба в організації прямого руху на постах і в зонах обслуговування, ремонту та зберігання. Набуває особливої актуальності технологія обслуговування та ремонту автопоїздів без їх розчленування.

Разом із підвищенням вантажності та місткості автомобілів зростуть затрати, пов'язані з простоями їх в ТО і Р. Для скорочення їх необхідно збільшити пропускну здатність постів, ділянок та зон ТО і ремонту шляхом реалізації таких заходів:

- підвищення концентрації робочої сили і забезпечення для неї необхідного фронту робіт;
- вдосконалення технології і організації виробництва;
- механізації та автоматизації технологічних процесів;
- використання засобів діагностування на базі комп'ютеризованих експертних систем, які дають змогу зменшити обсяги ремонтів та підвищити якість виконуваних робіт.

На найближче майбутнє очікується розширення номенклатури об'єктів ремонтно-обслуговувальної бази, пов'язане з ускладненням

конструкції АТЗ, використанням додаткового устаткування і його спеціалізацією. Це вимагає спеціалізації і кооперації виробничо-технічної бази, використання принципово нового обладнання. Поряд із спеціалізованими автомобільними центрами технічного обслуговування і ремонту провідних автомобільних заводів розвиватиметься мережа приватних невеликих майстерень і СТО як для автомобілів приватного сектора, так і державного. Розвиватиметься і конкуренція у наданні послуг різними об'єктами РОБ різних форм власності.

Зараз виконуються науково-прикладні дослідження та широко дискутуються питання з проблеми запровадження системи технічного обслуговування і ремонту АТЗ за потребою на основі результатів загального та поелементного діагностування. Власне підлягатиме регламентуванню та плануванню періодичностей та обсягів робіт не з ТО, а з технічного діагностування автомобілів. У таку систему покладено принцип запобігання відмов АТЗ та втрат ними працездатності. Передумовою запровадження її є розроблення та використання попереджувальних допусків по усіх конструктивних елементах автомобіля. **Попереджувальні допуски** – це сукупність значень діагностичних параметрів, яка розміщена між граничними та передвідмовними їх рівнями. Якщо діагностуванням будь-якого агрегату чи вузла автомобіля встановлено вихід параметра за його передвідмовні межі – це вказуватиме на потребу обов'язкового виконання відповідних профілактичних (регулювальних чи замінних) робіт. Очевидно, що не менш важливою передумовою є формування необхідного парку діагностичного обладнання (стендів), приладів та пристроїв з урахуванням їх сучасних та перспективних вітчизняних (закордонних) конструкцій. Вважається, що цей напрям системи ТО і ремонту повинен розвиватися за двома варіантами:

- з контролем рівня надійності конструктивних елементів АТЗ;
- з контролем діагностичних параметрів, які визначають рівень технічного стану конструктивних елементів.

Щодо першого, то тут важливою буде потреба у розробленні методик і документації збору та опрацювання відповідної інформації

про експлуатаційну надійність АТЗ і прийняття на цій основі адекватних інженерних рішень. Основними показниками надійності, які у повній мірі характеризують властивість безвідмовності є імовірність безвідмовної роботи АТЗ та параметр потоку відмов. Очевидно, фактичні значення їх будуть прийняті за визначальні для першого варіанту системи.

Другий варіант стосується ідентифікації технічного стану агрегатів АТЗ після відпрацювання ними заданого ресурсу. За результатами періодичного контролю (діагностування) повинні прийматися рішення про продовження їх експлуатації до наступної перевірки, або припинення та заміни їх новими чи відремонтованими.

Відомо, що такі системи почали розроблятися в Україні раніше (60-ті роки минулого століття). Ідеться на початку розділу, зокрема про так звану систему ОР-Д-УН (ОР – обов'язкові роботи; Д – діагностування; УН – усунення несправностей), у якій планові розподіли відповідних робіт повинні бути у межах: обов'язкові роботи – 15-25% від загальної трудомісткості усіх робіт; діагностування – 8-12%; усунення несправностей – 65-75%. Система розроблена харківськими ученими під керівництвом професора Говоруценка М.Я. і була покладена в основу Положення-94, яке, як виявилось, для умов перехідного періоду в автомобільній галузі нашої держави, було передчасним й тому замінене простішим Положенням-98. Однак, у перспективі ми наблизатимемося до такого принципу функціонування системи забезпечення працездатності автомобілів.

На це вказують досягнення автомобільно розвинених країн світу. У системі технічного обслуговування, наприклад, японських АТЗ не передбачено жорсткої періодичності та нумерації ТО для повнокомплектного автомобіля. Даються періодичності виконання відповідних операцій ТО окремих агрегатів (двигун, зчеплення, коробка передач, кермове керування, підвіска, гальмова система, карданні передачі) нового автомобіля – після 20 тис. км пробігу, а після цього ТО – через кожні 40 тис. км, але не рідше, ніж 1 раз на 2 роки; електрообладнання – через кожні 40 тис. км, але не рідше одного разу на

4 роки. При цьому чітко регламентовані переліки контрольних, діагностичних, регулювальних та замінних операцій (8-10 операцій).

Закордонні системи технічного сервісу АТЗ за весь термін їх служби поділені на 3 періоди: 1 – передпродажне ТО; 2 – ТО у період гарантійного терміну; 3 – ТО після гарантійного терміну. Гарантійні терміни для АТЗ різних фірм коливаються від 10-20 тис. км (0,5-1 рік) до 80-100 тис. км (5 років). Крім цього, продуценти працюють за окремими програмами щодо зниження витрат на експлуатацію своїх АТЗ за такими напрямками: вдосконалення конструкцій АТЗ з використанням високоякісних та зносостійких матеріалів; вдосконалення процесів ТО із застосуванням обов'язкового діагностування.

Бурхливий розвиток мікропроцесорної техніки на основі інтегральних технологій забезпечують побудову необхідних систем контролю, діагностування, опрацювання інформації та керування надійністю АТЗ через виконання відповідних ремонтно-обслуговувальних дій. Усі ці функції покладаються на сучасні ЕОМ, до яких під'єднується так звана периферія від мікропроцесорів, давачів, перетворювачів та засобів технічного діагностування. Весь процес ідентифікації технічного стану конструктивних елементів АТЗ, опрацювання діагностичної інформації й вироблення та прийняття відповідних рішень здійснюється через експертні комп'ютеризовані системи керування працездатністю автомобілів. Звісно, що такі системи виконують лише допоміжну важливу функцію, а реалізація безпосередньо технологічних процесів діагностування, ТО та ремонту автомобілів – за кваліфікованими виконавцями.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте систему ТО і ремонту АТЗ, яка побудована на засадах діагностування їх технічного стану.
2. Охарактеризуйте систему ТО і ремонту АТЗ “ОР-Д-УН”.
3. Охарактеризуйте систему ТО і ремонту АТЗ закордонних провідних автомобільних фірм світу.

4 ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ 4

4.1. Основні терміни та означення

Згідно з стандартом 20911-89 **технічна діагностика** визначається як галузь знань, що охоплює теорію, методи і засоби визначення стану технічних об'єктів. **Технічним станом** називають множину властивостей технічного об'єкта, які зазнають змін в часі, а перелік і зміст їх регламентується технічною документацією.

Часто формулюють завдання вибору одного з двох можливих діагнозів, наприклад, справний стан, несправний стан. Така діагностика називається **диференціальною**. В інших випадках потрібно докладніше розглядати несправний технічний стан для визначення, наприклад, місця виникнення несправності. Таку докладну діагностику називають **локалізацією несправності**. Кількість можливих технічних станів (діагнозів, класів) залежить від особливостей і мети діагностування. Загальною метою технічної діагностики є підвищення надійності АТЗ. Отже, потрібно з'ясувати наявність чи відсутність несправностей, спрогнозувати момент і місця їх виникнення. Це дасть змогу вчасно виконати відповідні РОД. Як правило, кінцевої інформації для цього немає. Щоб її здобути, потрібно витратити певні матеріальні й енергетичні ресурси. Тому основне завдання діагностування – розпізнати технічний стан в умовах невизначеності з мінімальними матеріальними й енергетичними втратами.

Аналіз технічного стану виконують в умовах експлуатації, у яких отримати інформацію не просто. У таких випадках застосовують часткове підрозбирання. Технічний об'єкт, стан якого визначають без його розбирання, або з частковим підрозбиранням, називають **об'єктом діагностування (ОД)**. Ним може бути автомобіль, його

системи, агрегати, вузли, механізми. Безпосереднє вимірювання діаметра корінної шийки колінвала ДВЗ після його розбирання, наприклад, не можна назвати діагностуванням, а, відповідно, ані ДВЗ, ні його колінвал не є об'єктами діагностування. Якщо ж згаданий розмір оцінюють опосередковано, наприклад, через вимірювання тиску в системі змащування, то ОД – це ДВЗ в зборі. Складові частини ОД, з точністю до яких бажано проводити пошук дефектів, називають **змінними блоками**, припускаючи при цьому, що в кожному конкретному випадку змінний блок може складатися як з одного, так і з декількох вузлів (деталей). Наприклад, ОД є система живлення ДВЗ. Змінними блоками у ній можуть бути, наприклад, бензобак, бензопомпа, а також системи карбюратора: основна дозуюча, економайзер, система ялового ходу тощо. Точність виділення змінних блоків залежить від багатьох чинників: складності конструкції ОД, технічного рівня ЗД, технології діагностування, обраних техніко-економічних критеріїв.

Об'єкт діагностування завжди входить до складу **системи діагностування (СД)** – сукупності об'єкта діагностування і **засобів діагностування (ЗД)**, які взаємодіють за певними правилами (алгоритмами) з метою отримання кінцевої інформації про технічний стан ОД. Іноді СД розглядають в сукупності з операторами – суб'єктами, які сприймають і використовують цю інформацію (людина-оператор, комп'ютер). Взаємодія ОД і ЗД становить частину **процесу діагностування** – дослідження ОД з обов'язковим виконанням принаймні одного діагностичного експерименту.

Процес діагностування – це багаторазовий вплив на ОД і аналіз його реакції. Впливи можуть формуватися опосередковано – з допомогою ЗД, або визначатися безпосередньо – функціонуванням ОД. У першому випадку говорять про **тестове**, а у другому – про **функціональне діагностування**. Згідно з цим розрізняють тестові і функціональні системи діагностування. На рис. 4.1 приведені узагальнені функціональні схеми систем тестового (а) і функціонального (б) діагностування відповідно. Системи функціонального діагно-

стування, зазвичай, забезпечують контроль АТЗ у процесі їх експлуатації, тестового – під час виробництва і ремонту.

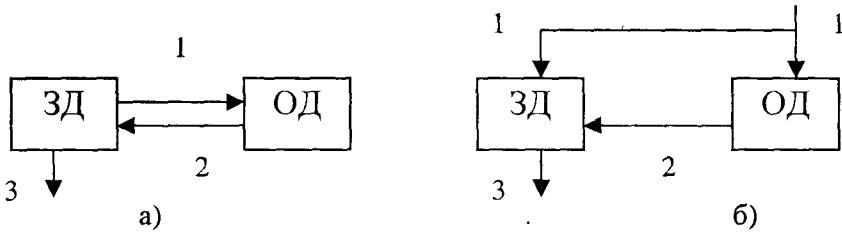


Рис. 4.1. Типові схеми систем діагностики (а) тестові, (б) функціональні:
1 – тестовий сигнал; 2 – сигнал відгуку ОД; 3 – діагностична інформація

Процес діагностування можна розбити на елементарні, технологічно неподільні частини, кожна з яких характеризується окремим тестовим чи робочим впливом і відповіддю, що аналізується. Такі частини називають **елементарними перевірками**. Послідовність елементарних перевірок, що здійснюється з ОД у процесі діагностування, називають **діагностичним тестом**.

Відповіді ОД можуть зніматися з основних виходів, тобто з виходів, необхідних для застосування ОД за призначенням, так і з додаткових виходів, організованих спеціально для діагностування. Основні і додаткові виходи називають **контрольними точками**, або **контрольованими виходами**. Виміряні на них параметри називають **контрольованими**, або **діагностичними параметрами**. В одному контрольованому виході може вимірюватися декілька параметрів. Наприклад, під час контролю сигналу синусоїдальної форми часто вимірюють одночасно його частоту й амплітуду.

Технічна діагностика тісно пов'язана з теорією інформації та кодуванням. Засадничими термінами в цій теорії є **дані, повідомлення, інформація**. Під даними розуміють усі відомості, здобуті від навколишнього світу, та подані у нормалізованому вигляді (літери, цифри, символи тощо), наприклад, покази цифрових індикаторів температури, частоти обертання, тиску. Дані, які підлягають передачі, називаються **повідомленнями**. Повідомлення стають ін-

формацією тільки в момент їх застосування, тобто **інформація** – це сукупність повідомлень, що використовуються, відзначаються новизною і раніше не були відомі отримувачу (оператору-діагносту).

Приклад. Температура охолоджувальної рідини ДВЗ становить 40°C і водій спостерігає цей показник упродовж тривалого часу. Таке повідомлення не є діагностичною інформацією. Якщо ж стане відомо, що температура утримується понаднормово для режиму прогрівання двигуна в зимовий період, то цю сукупність повідомлень можна використати для висновку про несправність термостату системи охолодження і, відповідно, назвати інформацією.

Для уможливлення технічного опрацювання (передачі, запису тощо) повідомлення перетворюють на **сигнал** – матеріальний носій, що відображує повідомлення. Розрізняють сигнали звукові (акустичні), електричні, оптичні, гідравлічні та інші. Один вид сигналу можна перетворювати на інший (електричний на звуковий, оптичний на електричний тощо). Сигнали характеризуються тривалістю, шириною частотного спектру та динамічним діапазоном.

Реалізація процесу діагностування вимагає застосування джерел тестового впливу, вимірювальних пристроїв і пристроїв їх зв'язку з ОД. Для керування ЗД й аналізу реакції ОД застосовують електронні обчислювальні пристрої. У сучасних СД для цього найчастіше служать мікропроцесори.

За великого обсягу контрольно-діагностичних операцій (наприклад, в умовах спеціалізованих сервісних підприємств) системи тестового діагностування, зазвичай, керуються ПЕОМ. Основні складові таких систем показані на рис.4.2.

Оскільки технічна діагностика АТЗ пов'язана з опрацюванням значного обсягу інформації, то прийняття рішення (розпізнавання) часто здійснюють з допомогою ЕОМ. Множину послідовних дій під час розпізнавання називають **алгоритмом діагностування**. Це є дії, пов'язані з оцінкою обраних параметрів ОД. Вони дають змогу визначати послідовності: виконання перевірок окремих конструкційних частин (блоків) ОД при пошуку дефектів; показників, що характеризують працездатність усього об'єкта, або його окремого блоку

при виявленні в ньому дефектів; операцій при обробці отриманої інформації.

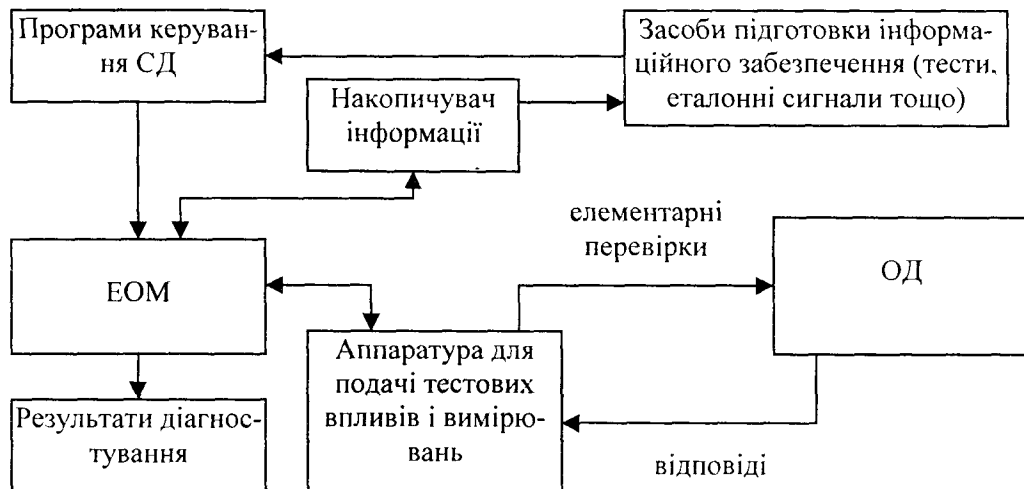


Рис. 4.2. Структурна схема комп'ютеризованих систем діагностування

Алгоритми об'єднуються у **програму діагностування** – оцінювання множини показників, що характеризують стан ОД впродовж певного терміну експлуатації. Складні технічні об'єкти, у тому числі АТЗ, складаються з різномірних частин (структурних одиниць, блоків), які варто діагностувати через різні проміжки часу. У таких випадках програма діагностування повинна враховувати різні періоди перевірки структурних одиниць.

Питання для самоконтролю

1. Що є предметом вивчення технічної діагностики?
2. Що називають діагностичним експериментом?
3. Чим відрізняються тестові і функціональні системи діагностування?
4. Що спільного в термінах “сигнал”, “інформаційне повідомлення”, “інформація”.

4.2. Параметри технічного стану АТЗ

Якщо абстрагуватися від внутрішньої структури і процесів, які проходять у середині ОД, то у загальному випадку його можна розглядати як “чорну скриньку” (рис. 4.3), пов’язану з довкіллям (іншими об’єктами, структурними одиницями, системами, середовищем) через зовнішні зв’язки. Взаємодія ОД із довкіллям характеризується такими параметрами і чинниками: x_i ($i = 1, 2, \dots, m$) – вхідні параметри; z_k ($k = 1, 2, \dots, l$) – зовнішні шуми; α_γ ($\gamma = 1, 2, \dots, \xi$) – внутрішні завади, що виникають через знос, поломки і дефекти; y_j ($j = 1, 2, \dots, n$) – вихідні параметри.

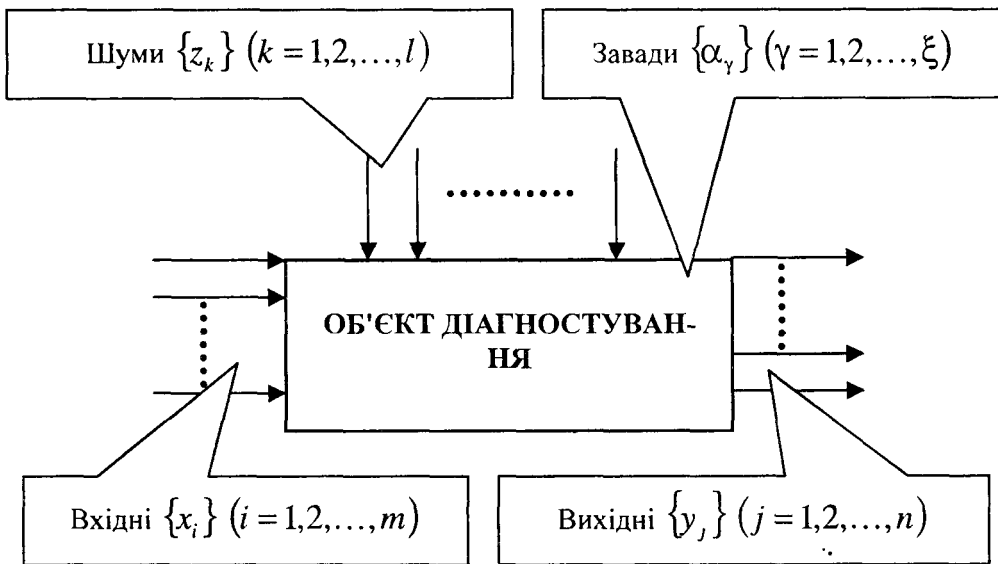


Рис. 4.3. Схема діагностичного експерименту

Вхідними називають параметри, які задають умови і обмеження функціонування ОД. Наприклад, для ДВЗ вхідними параметрами є навантаження (крутний момент на маховику), ступінь відкриття дросельної заслінки, положення октан-коректора, температура зовнішнього повітря, якість палива тощо. Вхідні параметри з точки зору керування ОД є контрольованими.

Зовнішні шуми – це параметри процесів, джерелами яких є неконтрольовані зовнішні чинники. Якщо, наприклад, ОД – це циліндро-поршнева група ДВЗ, робота якої оцінюється за акустичними параметрами, то зовнішніми шумами є параметри, які надходять від інших механізмів двигуна. Зазвичай, елементи множин $\{x_i\}$, $\{y_j\}$, $\{z_k\}$, $\{\alpha_\gamma\}$ – це випадкові послідовності.

Завади – це такі сигнали, які надходять від іншого, неконтрольованого в даний момент джерела, яке вносить дезінформацію про технічний стан ОД.

Множину $Y \equiv \{y_j\}$ називають **вихідними параметрами** ОД, які можна реєструвати (для автомобіля – це параметри тягово-швидкісні, витрати палива, керованості, гальмівні, кінематичні, гідравлічні, вібрації, шуму, шкідливих речовин у відпрацьованих газах; для ДВЗ автомобіля – це ефективна потужність, частота обертання колінчастого вала, витрата палива, температура охолоджувальної рідини, вібрації, шуму; для системи живлення ДВЗ карбюраторного типу – склад паливної суміші, витрата палива, рівень палива у поплавковій камері, пропускна здатність жиклерів карбюратора, момент увімкнення обмежника обертів, продуктивність прискорювальної помпи карбюратора тощо).

Серед множини вихідних параметрів, що реєструються, є такі підмножини R , $R \subset Y$, $R \neq \emptyset$, які характеризують основні функції процесу, для реалізації якого створений ОД. Вони називаються **робочими характеристиками**. Серед названих вище вихідних параметрів системи живлення робочими характеристиками є витрата палива і склад паливної суміші, оскільки вони відповідають її основному призначенню.

При переході ОД з одного стану в інший елементи множини Y змінюються (рис. 4.4). У загальному випадку значення вихідних параметрів $\{y_j\}$, а, отже, і робочих характеристик R , залежать від декількох чинників: вхідних параметрів $X \equiv \{x_i\}$; зовнішніх шумів

$Z \equiv \{z_k\}$; завад зовнішнім параметрам $A \equiv \{\alpha_\gamma\}$, що становлять деяку множину $K \subset \{x_i, \{z_k\}, \{\alpha_\gamma\}\}$.

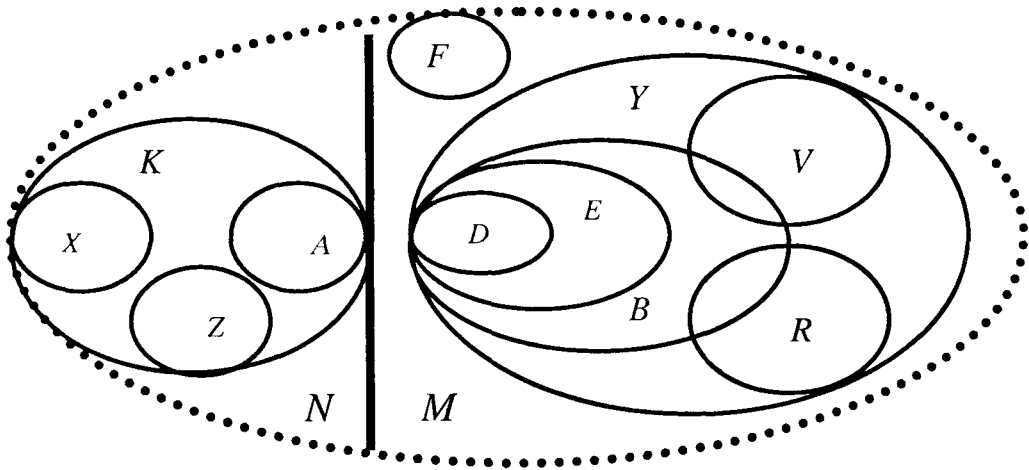


Рис. 4.4. Класифікація параметрів діагностичного експерименту: N – множина параметрів довкілля; M – множина параметрів СД; K – множина вхідних параметрів; X – вхідні (керівні) параметри; Z – зовнішні шуми; A – завади вхідним параметрам; Y – вихідні параметри СД; V – параметри супутніх процесів; F – параметри функціонування ОД; B – діагностичні параметри; R – робочі характеристики; D – структурні параметри, що регламентують наявність дефектів; E – структурні параметри

Внутрішні параметри СД також, як і значення величин $\{y_j\}$, міняються залежно від вхідних сигналів $\{x_i\}$, шумів $\{z_k\}$ і завад $\{\alpha_\gamma\}$. Множину внутрішніх параметрів розбивають на низку підмножин.

Параметри процесу функціонування ОД є характеристиками множини підпроцесів, які становлять основний процес функціонування структурного блоку (елемента), що дає змогу виконувати йому своє функціональне призначення. Ці параметри становлять множину F таку, що $F \subset M$. При цьому припускається, що $R \cap F = \emptyset$, а також $Y \setminus R = Y^*$, $Y^* \cap F \neq \emptyset$, де Y^* – підмножина вихідних пара-

метрів ОД, які не є характеристиками. Якщо, наприклад, основний процес функціонування ОД – це перетворення кінетичної обертової енергії від ДВЗ в електричну – вироблення постійного струму генераторною установкою, то підмножина F в цьому випадку – це низка параметрів, в тому числі: спад напруги на роторі генератора; магнітний потік статора і ротора і таке інше.

Множина допоміжних (супутніх) параметрів V , в яку зручно включати величини супутніх процесів чи характеристик, що не реалізують головний робочий процес і побічні явища, що описують – шуми, вібрації, нагрівання, биття тощо. Множина $V \subset M$, крім цього, $R \cap V = \emptyset$.

Структурні параметри ОД об'єднані у підмножину $E \subset M$ і $Y \cap E \neq \emptyset$, $R \cap E = \emptyset$. Ця група параметрів пов'язана з конструкцією ОД, тобто сюди відносяться фізичні, хімічні, електричні, геометричні властивості структурних блоків, характеристики динамічних ланок, взаємозв'язків тощо. Функціонування ОД тісно пов'язане з його структурою, під якою розуміють сукупність взаємозалежних структурних елементів, властивості і характер яких мають істотне значення для працездатності ОД. Структура характеризується низкою кількісних параметрів, що відносяться до класу структурних. Відтворення структурної організації ОД за посередництвом структурних параметрів описує його технічний стан, виявлення якого і є головною задачею технічного діагностування. Вона змінюється, як відомо, під впливом зовнішніх умов, впливами керування технічним об'єктом, природного старіння і якості виготовлення (початкові умови стану), як наслідок – появою дефектів.

Дефектами в технічній діагностиці називають невідповідність множини наперед заданих значень структурних параметрів ОД еталонним значенням. Якщо технічний об'єкт працює справно, то множина структурних параметрів невідповідності $D = \emptyset$. В іншому разі задача діагностування полягає у виявленні та оцінці місцезнаходження елементів ОД, які мають дефекти. Частина з них може бути знайдена методом безпосередніх спостережень або вимірювань. Однак, велика частина дефектів визначається за непрямими проява-

ми параметрів множини D у значеннях елементів множин R – характеристик процесів, F – параметрів функціонування, V – супутніх процесів і E – структурних параметрів ОД.

Діагностичними параметрами називаються елементи множин R, F, V, E , які містять інформацію про несправності ОД.

Існують розходження між множинами вихідних величин Y і діагностичних параметрів B . На відміну від параметрів, що утворюють множину вихідних величин, склад яких невідомий і не постійний, на множину діагностичних параметрів накладаються додаткові обмеження. Тому вимоги до складу елементів $b \in B$ пов'язані, насамперед, з контролепридатністю ОД, а також з іншими критеріями оцінки процесу діагностування. Множина діагностичних параметрів B , визначена на множині можливих станів, оптимізованих за будь-яким придатним критерієм (наприклад, максимум інформативності), утворює **робочий діагностичний простір**. Основна задача діагностичного експерименту полягає в опрацюванні значень вихідних параметрів та встановленні їх приналежності до однієї із множин робочого діагностичного простору.

Характерними прикладами результатів діагностування автомобілів є висновки типу: справний, несправний, працездатний, непрацездатний, функціонально придатний, або непридатний, в автомобілі, або в певному його елементі, є той чи інший дефект, та чи інша несправність, збій тощо. Справний і всі несправні стани утворюють скінчену множину технічних станів ОД. Якщо вони є наперед відомі, то їх розпізнавання називають **класифікацією**.

Під час експлуатації автомобіля його деталі, вузли, агрегати зношуються, відбувається розрегулювання систем і механізмів, тобто змінюються значення структурних параметрів. Щоб виявити цю зміну, треба виконати трудомісткі розбирально-складальні операції. Це стосується, наприклад, таких параметрів, як зазори у спряженнях деталей циліндро-поршневої групи двигуна, нещільності у системі живлення дизелів, люфти в підшипникових вузлах тощо. Розбирання ОД під час визначення його технічного стану є не виправданим (не підтверджується гіпотеза про несправний технічний стан), або

навіть шкідливим (порушується припрацювання у спряженнях механізмів). Зміна структурних параметрів супроводжується зміною параметрів робочих і супутніх процесів автомобіля, які можна спостерігати і виміряти ззовні, без розбирання, або з частковим розбиранням ОД. Наприклад, через зношування корінних та шатунних підшипників і шийок колінчастого вала збільшується витікання оливи і знижується тиск у системі мащення двигуна. Якщо ці функціональні параметри мають достатню і однозначну інформацію про стан ОД, то їх можна віднести до діагностичних, які опосередковано характеризують технічний стан.

Зв'язки між структурними і діагностичними параметрами можна умовно поділити на три групи: **однозначні, множинні, невизначенні, випадкові** (рис. 4.5).

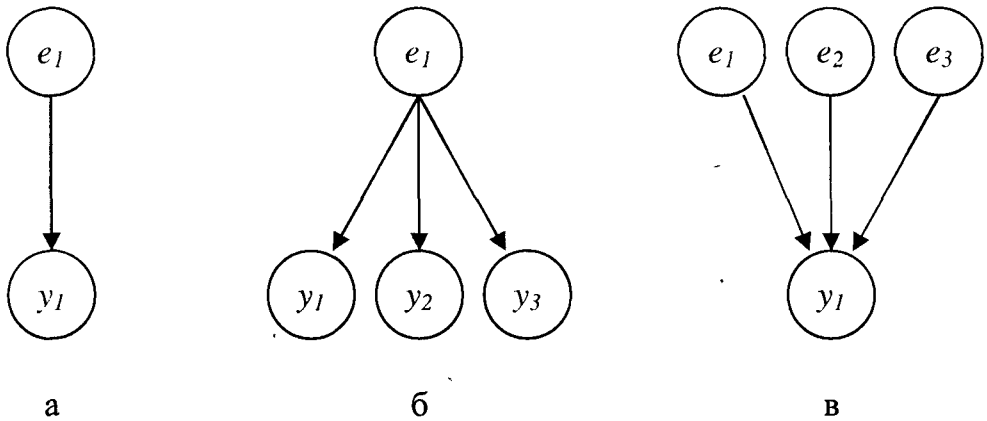


Рис. 4.5. Схеми зв'язків між структурними і діагностичними параметрами:
а – однозначний; б – множинний; в – неоднозначний

Однозначні зв'язки характеризуються тим, що зміна одного діагностичного параметра y_1 спричинена зміною лише одного структурного параметра e_1 .

Такі зв'язки описуються однозначними алгебраїчними функціями (лінійними, показниковими тощо). З їх допомогою можна майже безпомилково визначити технічний стан ОД за виміряним діагностичним параметром. Проте, такі зв'язки зустрічаються на практиці діагностування автомобілів дуже рідко. До них можна віднести за-

зор у спряженні підшипника ковзання типу “вал-втулка”, який призводить до збільшення амплітуди вібрацій вала; зниження герметичності плунжерних пар – до втрати тиску подачі палива.

Множинні зв'язки (рис. 4.5, б) характеризуються тим, що один структурний параметр e_1 впливає на зміну декількох діагностичних y_1, y_2, y_3 . Фактично множинний зв'язок можна звести до однозначного, якщо застосувати декомпозицію залежностей. Наприклад, збільшення зазору у підшипниках колінчастого вала двигуна призводить до зниження тиску оливи, підвищення рівня вібрації, стукотів, росту концентрації продуктів зносу в оливі. Кожна з цих залежностей може бути окремим самостійним методом діагностування, доповнюючи одна одну.

Неоднозначні зв'язки (рис. 4.5, в) характерні тим, що зміна одного діагностичного параметра y_1 зумовлена зміною декількох структурних e_1, e_2, e_3 . Наприклад, зниження компресії в циліндрах двигуна (діагностичний параметр) може бути спричинена кількома структурними параметрами: збільшенням зазорів у спряженнях деталей циліндро-поршневої групи, пошкодженням прокладки головки блока, нещільністю прилягання клапанів газорозподільного механізму до сідел. Невизначені зв'язки не можна описати алгебраїчними функціями, проте вони використовуються під час діагностування, оскільки дають змогу своєчасно визначити відхилення будь-якого із структурних параметрів від встановлених норм.

Випадкові зв'язки діагностичних і структурних параметрів характеризуються тим, що проявляються лише за певних обставин з певною ймовірністю. Вони зумовлені наявністю шумів, завад, а також невизначених зв'язків. Випадкові зв'язки можна оцінювати коефіцієнтом кореляції, або описувати імовірнісними функціями. Якщо коефіцієнт кореляції між структурним і діагностичним параметром близький до 1, то випадковий зв'язок переходить в ранг однозначного, якщо близький до нуля, то – до невизначеного.

Діагностичні параметри класифікують за різними ознаками (табл. 4.1). Наприклад, за видом процесів, що відбуваються в ОД діагностичні параметри поділяються на параметри робочих процесів, супу-

тні та структурні (геометричні). За обсягом і характером інформації, яка передається, – на **часткові, загальні і взаємозалежні**.

Часткові діагностичні параметри незалежно від інших вказують на визначену конкретну несправність. Наприклад, кут замкнутого стану контактів переривника-розподільника визначає зазор у контактах переривника. Часткові діагностичні параметри, як правило, пов'язані із структурними однозначними зв'язками.

Загальні діагностичні параметри характеризують технічний стан ОД в цілому. Наприклад, вільний хід вихідного валу коробки передач характеризує її загальний технічний стан, але не стан конкретної зубчастої пари.

Взаємозалежні діагностичні параметри вказують на несправність ОД тільки за сукупністю декількох вимірних параметрів. Наприклад, знос поршневих кілець визначається тиском у циліндрі наприкінці такту стиску, проривом відпрацьованих газів у картер двигуна, наявністю «хлопків» у карбюраторі під час пуску двигуна.

Зміну параметрів як носія діагностичної інформації називають **сигналом**. Сигнали бувають дискретні і неперервні. **Неперервними** називають сигнали, за яких параметр змінюється плавно, залишаючись функцією часу. Прикладом може служити сигнал від давача температури охолоджувальної рідини двигуна автомобіля, який реєструється стрілковим приладом. **Дискретні** сигнали характеризуються короткочасними (імпульсними) змінами параметра носія діагностичної інформації. У проміжках між імпульсами змін параметр набуває так званого **нульового рівня**. Дискретні сигнали виражають розряди (інтервали), які називаються **діагностичними ознаками**. Якщо технічний стан ОД описується простими діагностичними ознаками (параметр реалізований, нереалізований), то компоненти вектора вихідних параметрів Y виражаються числами 0, 1.

За змістом інформації, яка передається, діагностичні параметри поділяють на три групи: параметри, що надають інформацію про технічний стан об'єкта, але не характеризують його функціональні можливості; параметри, що надають інформацію про функціональні можливості об'єкта, але не надають про його технічний стан; пара-

метри (комбіновані), що надають інформацію як про технічний стан об'єкта, так і про його функціональні можливості.

Діагностичні параметри, які використовуються для визначення технічного стану машин (температура, шум, вібрація, герметичність, тиск, витрата оливи тощо), в основному опосередковано характеризують структурні параметри елементів автомобіля. У тому разі, коли структурний параметр визначається під час діагностування прямим вимірюванням, він виступає, одночасно, як діагностичний параметр. Структурні параметри, у свою чергу, можна розділити на дві групи: **ресурсні і функціональні параметри** машини, чи її складових частин.

Ресурсним називають структурний параметр, вихід якого за гранично допустиме значення зумовлює втрату працездатності об'єкта з причини вичерпання ресурсу. Відновлюють його за допомогою капітального, або поточного ремонту. До ресурсних параметрів відносяться: зазори у спряженнях гільза-поршень, підшипник-шийка вала, знос спряження клапан-гніздо, голка-корпус розпилювача форсунки, знос фрикційних накладок зчеплення, шестерень, шліців, валів коробки передач тощо.

Функціональним називають параметр, вихід якого за граничне значення обумовлює втрату працездатності ОД, або несправність його складових частин. Відновлюють під час технічного обслуговування, або поточного ремонту. До таких параметрів відносяться: ефективна потужність двигуна, частота обертання колінчастого вала, фази паливоподачі і газорозподілу, тепловий зазор у клапанному механізмі, подача оливної помпи, тиск відкриття перепускного і запобіжного клапанів, тиск повітря у шинах, кути установки керованих коліс, напруга на елементах акумуляторної батареї тощо.

Неважко помітити, що функціональні параметри – це, звичайно, вихідні технічні і робочі характеристики машини та її агрегатів, що інтегрально відображають певну сукупність структурних параметрів. Якщо ОД характеризує сукупність елементів і зв'язки між ними, то саме функціональні параметри визначають ці зв'язки.

Таблиця 4.1. Класифікація діагностичних параметрів

Класифікаційна ознака	Діагностичні параметри	
	Класи	Приклади
Джерело інформації	Робочих процесів	Потужність двигуна, гальмівна сила,
	Супутніх процесів	Вібрація, нагрівання, шум
	Геометричні	Натяг паса, висота рисунка протектора шини, товщина гальмівної накладки
Обсяг інформації, що передається	Часткові	Кут замкненого стану контактів переривника-розподільника,
	Загальні	Сумарний люфт трансмісії, гальмівний шлях, люфт кермового колеса
	Взаємозалежні	Витрата картерних газів, компресія в циліндрах, витрата оливи, колір випускних газів
Зміст інформації, що передається	Про технічний стан ОД	Рівень компресії у циліндрах ДВЗ – характеризує технічний стан ЦПГ
	Про функціональні можливості ОД	Максимальний крутний момент ДВЗ – характеризує здатність агрегату виробляти кінетичну енергію
	Комбіновані	Тиск оливи в гідросистемі підйому кузова автомобіля-самоскида – характеризує технічний стан агрегатів гідросистеми і здатність автомобіля самоскида самовивантажуватися
За типом величин	Дискретні	Наявність-відсутність підтікання рідини, сигнал про граничний тиск оливи, граничну температуру охолоджувальної рідини
	Неперервні	Величина компресії, сила зарядного струму, напруга, частота обертання, витрата палива
За фізичним змістом	Вібраційні	Амплітуда, частота, віброприскорення
	Акустичні	Сила звуку, частота
	Напруження, деформації, сили	Зусилля стискання пружин підвіски, напруження у важелях незалежної підвіски, напруження болтів кріплення корпусних деталей
	Стану контактних середовищ	Вміст продуктів зносу в оливі, склад відпрацьованих газів, охолоджувальної рідини
	Зміни параметрів робочого процесу	Частота обертання, тиск, температура, витрата рідини, газу
	Дефектоскопії	Інтенсивність ультразвуку, ультрафіолетове випромінювання, огинання магнітними лініями перешкоди
	Оптичні	Візуальні спостереження з діаметром поля зору 3-20 мм

З можливих діагностичних параметрів вибирають і використовують на практиці тільки ті, які відповідають вимогам **однозначності, чутливості, стабільності і технологічності**.

Вимога **однозначності** передбачає, що кожному значенню структурного параметра відповідало б одне-єдине значення діагностичного. Так, діагностичний параметр B , зміна якого описана кривою 1 відповідає вимогам однозначності, бо структурним параметрам e_1, e_2 відповідають діагностичні b_1, b_2 (рис. 4.6, а). Крива 2 описує неоднозначний діагностичний параметр, бо одній з його реалізацій – b_3 відповідає ціла низка структурних параметрів – e_0, e_3, e_4, e_7 . Отже, умову однозначності можна сформулювати як відсутність екстремуму функції $B=f(E)$ на певному інтервалі області визначення:

$$\frac{db}{de} \neq 0, \quad e \in E, \quad (4.1)$$

де E – область визначення (інтервал зміни структурного параметра).

Чутливість діагностичного параметра – це відношення його зміни до відповідної зміни структурного параметра. Чутливість діагностичного параметра виражають коефіцієнтом чутливості

$$K_{\eta} = \frac{\Delta b}{\Delta e}, \quad (4.2)$$

де Δb – зміна діагностичного параметра; Δe – відповідна зміна структурного параметра. Вимога чутливості дотримується, якщо $K_{\eta} \rightarrow \infty$. На рис. 4.6, б коефіцієнт чутливості діагностичного параметра b , який виражений залежністю 3, є більшим, ніж параметр, виражений залежністю 4.

Стабільність діагностичного параметра визначається граничним відхиленням його числових значень від середнього за незмінних умов вимірювання. Стабільність впливає на похибку вимірювання. Практично вимогу стабільності формують так, щоб на усій області значень дисперсія (розсіювання) діагностичного параметра була сталою. Цій вимозі відповідає крива 6 (див. рис. 4.6 в) і не відповідає крива 5. Найчастіше на вимогу стабільності зважають при використанні віброакустичних параметрів для встановлення діагнозу механізмів ДВЗ. Залежно від вибраної смуги частот віброакустичного

сигналу можна отримати різні граничні відхилення і середні значення віброприскорення, віброшвидкості тощо.

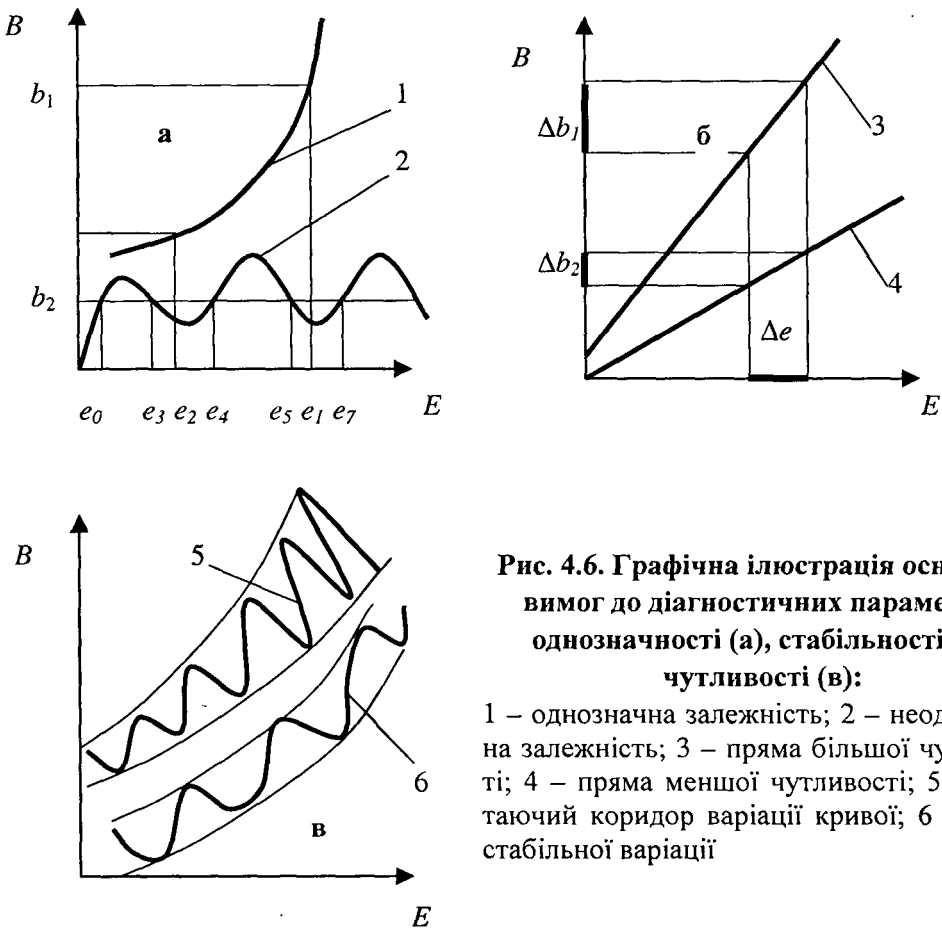


Рис. 4.6. Графічна ілюстрація основних вимог до діагностичних параметрів однозначності (а), стабільності (б), чутливості (в):

1 – однозначна залежність; 2 – неоднозначна залежність; 3 – пряма більшої чутливості; 4 – пряма меншої чутливості; 5 – зростаючий коридор варіації кривої; 6 – крива стабільної варіації

Технологічність діагностичного параметра – це можливість виміряти його з мінімальними витратами ресурсів. Вона залежить від контролепридатності ОД і від технічного рівня засобів діагностування.

Сучасні автомобілі оснащують бортовими СД. Традиційні тестові СД відходять в минуле. У зв'язку з цим постає питання вибору тих діагностичних параметрів, які потрібно визначати у функціональних СД. Вибір діагностичних параметрів для оцінювання технічного стану ОД здійснюють з номенклатури, що рекомендуються державними стандартами, та іншою нормативно-технічною документацією.

Питання для самоконтролю

1. Які з вихідних параметрів автомобіля можуть бути діагностичними? За якими критеріями їх вибирають?
2. Наведіть приклади однозначного, множинного, випадкового і невизначеного зв'язків між структурними і діагностичними параметрами.
3. За якими ознаками класифікують діагностичні параметри автомобілів?
4. Наведіть приклади, в яких структурний параметр автомобіля є одночасно діагностичним.
5. Що спільного між функціональними параметрами і робочими характеристиками автомобіля?
6. Яким чином можна перетворити неперервний діагностичний сигнал в дискретний?

4.3. Інформаційно-нормативна база технічної діагностики

Інформацію, яку використовують в діагностиці автомобілів, поділяють на дві категорії. До першої відноситься базова інформація, яка містить дані про фізичні основи робочих процесів агрегатів і систем АТЗ. Базова інформація є відкрита і доступна. Її можна почерпнути з підручників, спеціалізованих книг і періодичних видань.

Друга категорія інформації – довідкова. Вона досить специфічна і конкретна. Процес діагностування пов'язаний з вимірюванням великого масиву параметрів, які відображають технічний стан ОД. Мета вимірювань – встановити, чи відповідають параметри ОД нормам? Щоб дати відповідь на це, потрібно знати нормативний рівень діагностичних параметрів, що визначається автомобілеви-робником, стандартами та іншими нормами, в тому числі міжнародними. Діагностичні нормативи окреслюють початкове, граничне і допустиме значення діагностичного, або структурного параметрів.

Норми, які встановлені виготівником АТЗ – це, переважно, технічні допуски структурних, або діагностичних параметрів, які

пов'язані з показниками надійності і економічності автомобіля. Наприклад, допустимі і граничні зазори у спраженнях ЦПГ, ГРМ, регулювальні показники паливної апаратури тощо.

Нормативи, які формуються на рівні держави, характеризують технічний стан механізмів і вузлів, що забезпечують безпеку руху або шкідливо впливають на довкілля. До них належать параметри гальмівної системи, кермового керування, світлової сигналізації, вміст токсичних компонентів у відпрацьованих газах, рівень шуму автомобілів, питомих тисків на дорожнє покриття.

Сучасні вимоги держав Європейського союзу щодо ефективності роботи гальмівних систем визначають гранично допустимі значення гальмівного сповільнення, регламентують правильність функціонування антиблокувальних та антибуксувальних систем, визначають рівень параметрів стійкості автопоїздів під час гальмування. Так, наприклад, гранично допустимі значення сповільнення одиночних автомобілів під час гальмування основною гальмівною системою становить 0,6g, тягачів, автопоїздів – 0,55g, запасною – 0,25g. Встановлені також нормативи токсичності і рівня шуму (табл. 4.2, 4.3).

Системи сучасного автомобіля складаються з великої кількості електромеханічних і електронних елементів. Вони об'єднані в єдине ціле складною логікою функціонування. Часто для виявлення їх несправності потрібне точне знання будови кожного з елементів, їх взаємозв'язку з іншими. Іноді доводиться витратити багато часу тільки лише на те, щоб знайти потрібний елемент на автомобілі. Тримати ці дані у пам'яті водія чи працівника станції ТО, особливо якщо мова йде про роботу в умовах універсального автосервісу, нерационально. Ознайомитися із структурою електричних чи електронних схем, довідатися про розташування їх елементів можна, використовуючи довідкову інформацію.

У технічній інформації для діагностів можна знайти і такі розділи, як алгоритми або блок-схеми пошуку несправностей. Вони містять підказки, що дають змогу за симптомами несправностей вести системний пошук дефектів. Цінність цих зведень для діагноста залежить від рівня його кваліфікації. Практика показує, що алгорит-

ми пошуку несправностей частіше використовують у роботі початківці-діагности. З ростом професійного досвіду до такої інформації звертаються рідше.

Таблиця 4.2 Норми граничних викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигунів АТЗ

Екологічні стандарти (рік уведення в дію)	Викиди шкідливих речовин, г/кВтхгод				Димність
	СО	СН	NO _x	тверді частинки	
Правило 49 ЄЕК ООН (до 2000 р.)	14,0	3,5	18,0	-	-
Євро-3 (2000/01)	2,1	0,66	5,0	0,10	0,8
Євро-4 (2005/06)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
Євро-5 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5

Таблиця 4.3. Граничні норми шуму

Потужність двигуна вантажного автомобіля	Рівень шуму за нормативами, дБ		
	81/334/ЄС	84/424/ЄС	Пропозиції на перспективу
До 75 кВт	86	81	77
Від 75 кВт до 150 кВт	86	83	79
Понад 150 кВт	88	84	80

До іншої довідкової інформації, що часто використовується у роботі, можна віднести: регульовальні дані й описи специфічних процедур регулювання параметрів, якщо такі передбачені виробником; навантажувальні характеристики двигуна; розшифрування кодів несправностей (на випадок, якщо сканер не дає такої інформації); позначення і заводські номери запасних частин і агрегатів тощо. Деякі джерела довідкової інформації містять такий цікавий розділ, як TSB (Technical Service Bulletin). Це – сторінки обміну досвідом. У розділі описуються незвичні випадки або проблеми, з якими діагности зіштовхувалися на практиці під час обслуговування і ремонту різних систем автомобіля, пропонуються можливі методи їх розв'язку.

Чи можна при пошуку несправностей обійтися без користування довідковою технічною інформацією? У ряді випадків можна. Багато дефектів вдається знайти й усунути, не звертаючись до довідкових даних. Для цього діагност повинен бути добре знайомий із будовою ОД і мати чітку уяву про особливості роботи несправної системи, тобто мати добрий багаж базових знань. Практика показує, що, залежно від досвіду, тобто якості базових знань, діагностові у 6-8 випадках з десяти вдається справитись з розв'язком задачі визначення технічного стану АТЗ, не звертаючись до довідкової технічної інформації. Це в жодному разі не применшує її значення. Адже у випадках, що залишилися, без неї просто не обійтись.

Необхідно зауважити, що останнім часом значимість технічної інформації стрімко зростає. Цьому сприяє збільшення кількості електронних систем у сучасних автомобілях. Крім складності, вони характеризуються утрудненим доступом до їх компонентів, що вимагає використання спеціальних методів дослідження, наприклад, застосування сканерів. У той же час і система самодіагностування двигуна ускладнюється. Кількість параметрів, що зчитуються сканером, збільшується так стрімко, що досвід, відходить на другий план. Якщо говорити про класифікацію довідкової технічної інформації, то її можна розділити на авторизовану і неавторизовану. Авторизована інформація готується самим виробником автомобілів і призначається для використання офіційними дилерами (посередниками між ними і споживачами). Дилерська інформація – вузькоспеціалізована. Вона стосується автомобілів тільки однієї марки. Випускаючи на ринок нову модель, чи серію автомобілів, виробник одночасно з цим поширює технічну інформацію, що забезпечує можливість їх обслуговування. Первинна інформація – найактуальніша, у ній можна знайти найновіші дані.

Загальних стандартів, які встановлюють вимоги до авторизованої інформації, не існує. Тому інформація різних виробників істотно відрізняється. Відмінності можуть полягати у складі, структурі, у підході до викладу матеріалу, ступеня пророблення і деталізації тих чи інших питань. Так, наприклад, авторитетом найповніших і

докладно викладених користуються бази даних американських автовиробників і, насамперед, концерну General Motors. Авторизована інформація європейських виробників поступає американській. Далеко не всі автоконцерни зацікавлені в тому, щоб перекладати технічну літературу на мови країн-споживачів їх продукції, зокрема, на українську. Частіше вона буває доступна мовою виробника, або поширеними європейськими мовами (англійською, німецькою).

Джерелом неавторизованої технічної інформації є фірми і видавництва, які займаються опрацюванням і публікацією даних, придбаних у автовиробників, отриманих чи здобутих іншим шляхом. Таким чином, неавторизована інформація – це інформація вторинна. Її якість залежить, як мінімум, від двох чинників: від того, на скільки повні дані вдалося здобути у виробника і на скільки вдало їх опрацьовано. Неавторизована інформація може бути як вузько-спеціалізованою (стосуватися однієї марки або моделі автомобіля, розглядати особливості однієї з його систем), так і універсальною. Універсальна інформація містить різнобічні зведення про якийсь технічний пристрій великої кількості автомобілів. У цьому разі говорять про **довідково-інформаційну базу даних**. Вона характеризується широтою охоплення по моделях і глибиною поданого матеріалу. З розвитком комп'ютерної техніки більшість масивів технічної інформації стала поширюватися на електронних носіях, в тому числі на компакт-дисках.

Які інформаційні бази з діагностування АТЗ найкорисніші? У роботі з автомобілями американського ринку добре зарекомендувала себе технічна інформація видавництва Mitchell. Вона порівняно давно випускається в електронному виді і являє собою збірник з півтора десятків компакт-дисків. У ній наведена ілюстрована різнобічна інформація про всі автомобілі у США з початку 80-х років, великий обсяг даних по двигунах та їх системах: розташування електричних компонентів, електросхеми, коди несправностей, навантажувальні характеристики тощо. Цінність бази ще й у тому, що в ній можна знайти інформацію щодо європейських та японських автомобілів, якщо вони надходять на ринок США. Серед ана-

логічних продуктів є база даних видавництва AllData. З доступної технічної інформації можна навести книги видавництв Chilton і Haynes. Перше з них випускає літературу, що відповідає професійним вимогам. Друге – у більшій мірі напівпрофесійного рівня.

Для роботи з автомобілями європейського ринку (включаючи японські автомобілі) з універсальних баз даних на компакт-дисках можна відмітити довідково-інформаційну базу даних ESI фірми Bosch. За даними фахівців фірми, вона містить основні технічні дані майже про 40 тисяч автомобілів 38 автовиробників. Найповніші дані наведені по автомобілях, на які Bosch постачає запчастини й агрегати. ESI містить спеціальний діагностичний розділ, який містить програмне забезпечення фірмового сканера моделі KTS, і обширну інформацію щодо дизельних двигунів (регульовальні дані, конструкція, інструменти).

Якими б великими і докладними не були довідкові дані, у них не завжди вдається знайти потрібну інформацію. Тому, крім користування готовими базами даних, під час роботи варто накопичувати свою власну. Багато сучасних діагностичних приладів дають змогу виводити контрольовані параметри на комп'ютер, друк. Діючи таким чином впродовж певного часу, вони збирають безцінну «авторську» інформацію. Інформаційну базу краще формувати поступово, відповідно до потреб. Офіційно тиражована довідкова літератури не є ідеально досконалою і не може бути перешкодою в технічній діагностиці. У більшості випадків головне – базові знання, практичний досвід і логіка мислення.

Питання для самоконтролю

1. Яка різниця між базовою і довідковою діагностичною інформацією?
2. Які норми технічного стану встановлені в Україні, Європейському союзу?
3. Назвіть конкретні приклади, коли під час пошуку несправностей можна обійтися без довідкової технічної інформації.
4. Що називають авторизованою діагностичною інформацією? Який її зміст?

4.4. Теоретичні основи технічної діагностики

Технічна діагностика застосовується на кожному етапі життєвого циклу автомобіля. Проте, найвищі вимоги і найскладніші задачі стоять перед нею на етапі експлуатації. Засади застосування діагностики автомобілів на етапі їх експлуатації проілюстровано на рис. 4.7. Під час комерційної експлуатації АТЗ найчастіше використовують **спостереження** за функціональними параметрами автомобіля, такими як тягово-швидкісні, активної та пасивної безпеки. Перехід автомобіля у підсистему технічної експлуатації (технічного обслуговування і ремонту) здійснюється на підставі **загального діагностування**, після якого приймається рішення про його працездатність.

Поелементна діагностика застосовується для того, щоб виявити місце виникнення несправності. Якщо автомобіль працездатний, то результати діагностування використовують для подальшого **прогнозування** його залишкового ресурсу.

Отже, основними задачами технічної діагностики автомобілів є:
визначення справності і працездатності ОД;
виявлення відмови і локалізація дефектів;
прогнозування залишкового ресурсу.

Розв'язування цих задач повинен супроводжуватись мінімальними витратами ресурсів на контрольні-вимірні операції, достатнім рівнем точності і, відповідно, вірогідності результатів. Кожній з трьох задач відповідає визначений методологічний апарат. Враховуючи, що для розв'язування діагностичних задач використовуються інформаційно-аналітичні бази, то можна виділити загальну схему розв'язання (рис. 4.8). На цій схемі зображено процедури, виконання яких в тій чи іншій формі включає в себе розв'язування діагностичних задач.

Початковою у розв'язанні є база знань, яка включає опис з визначеною мірою деталізації кожного з відомих технічних станів автомобіля; закономірності функціонування ОД; способи та засоби діагностування і фізичні процеси, пов'язані з ними.

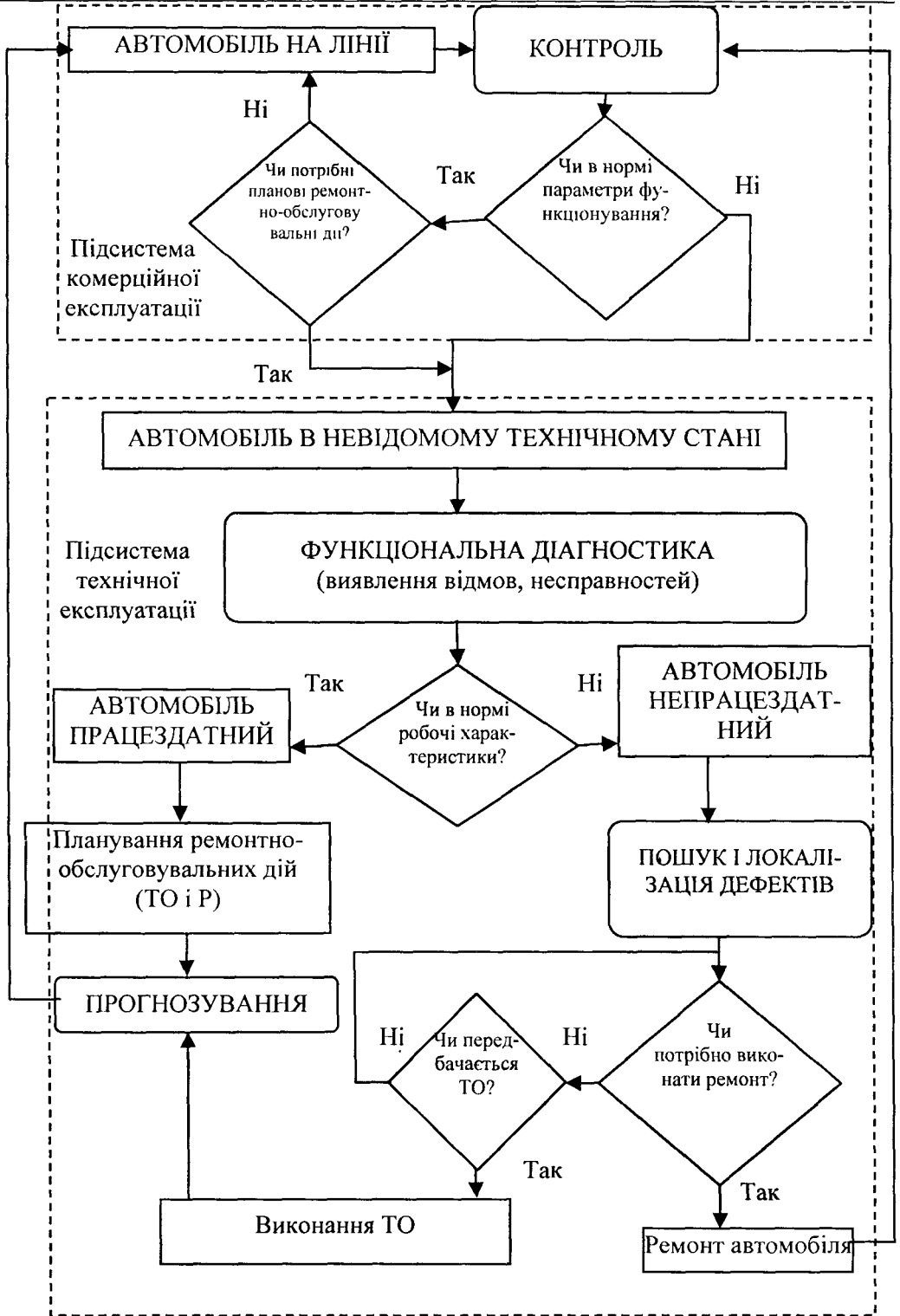


Рис. 4.7. Застосування діагностики автомобіля на етапі його експлуатації

Спосіб генерації діагностичної інформації дає відповідь на питання про те, як і де вимірювати вихідні параметри, як перетворити їх в ознаки технічного стану, якою є міра діагностичного сигналу? Вибір діагностичних параметрів залежить від властивостей ОД, ЗД, обраних критеріїв.

Методика діагностичних досліджень включає в себе сукупність способів вимірювання діагностичних параметрів, а також методів їх опрацювання і прийняття рішення. Для забезпечення потрібного рівня вірогідності діагнозу діагностичні дослідження повторюють з уточненням умов за кожен ітерацію. Прийняте рішення порівнюють з результатами прогнозування, отриманими раніше.

Діагностична інформація, методи досліджень, властивості СД відображаються у діагностичних моделях.

Оптимальні рішення про ремонтно-обслуговувальні дії можуть бути отримані в результаті аналізу множини технічних станів, в яких ОД може знаходитися в період експлуатації. Для цього потрібно застосовувати методи, які ґрунтуються на дослідженні графоаналітичних подань властивостей ОД, що називаються **діагностичними моделями**. Їх класифікація наведена на рис.4.9.

Діагностична модель ОД може бути задана у явному або неявному видах. **Явна модель** ОД являє собою сукупність формальних описів справного ОД й усіх його несправних станів. **Неявна модель** ОД містить будь-який один формальний опис ОД, математичні моделі його несправностей і правила отримання за цими даними всіх інших потрібних описів. Найчастіше заданою є математична модель справного ОД, за якою можна побудувати моделі його несправних технічних станів. Загальні вимоги до моделей справного ОД, а також до моделей несправностей полягають у тому, що вони повинні з необхідною точністю описувати об'єкти діагностування.

Об'єкти діагностування, усі сигнали яких можуть набувати значень з неперервних множин, відносять до класу аналогових (неперервних). До класу дискретних об'єктів відносять ті ОД, значення сигналів яких задаються на скінчених множинах, а час відраховується дискретно. Характерно, що аналоговий ОД можна подати як цифровий, але не навпаки. Наприклад, аналоговий ОД – систему охолодження двигуна автомобіля можна описати вхідним параметром –

частотою обертання вала вентилятора, та вихідним – температурою охолодної рідини. Обидва параметри є неперервними. Проте, якщо подати їх у дискретних інтервалах (наприклад в інтервалах допустимих значень), то й сам ОД стає дискретним, або цифровим. Якщо значення частини діагностичних параметрів ОД задані на неперервних, а значення інших – на скінчених множинах, то об'єкт є аналого-цифровим (гібридним).

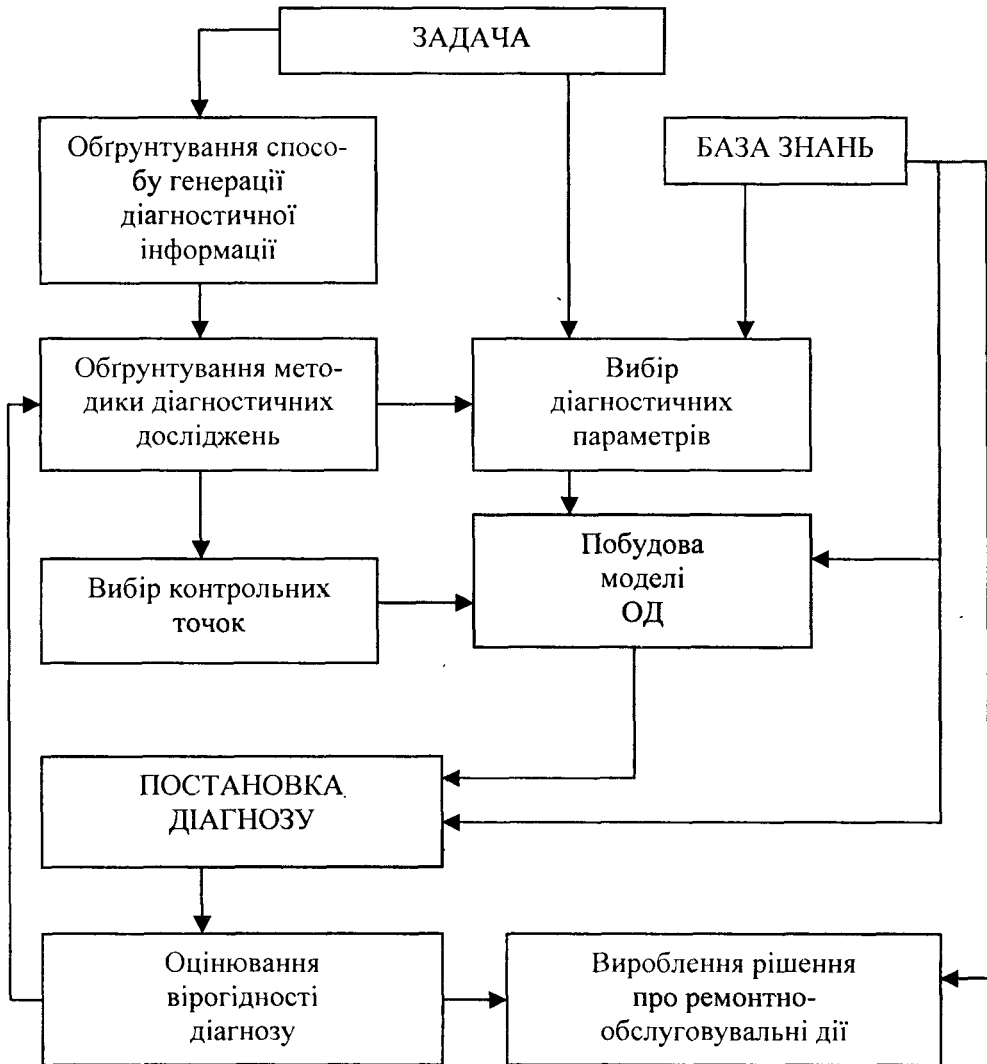


Рис. 4.8. Схема розв'язування діагностичних задач

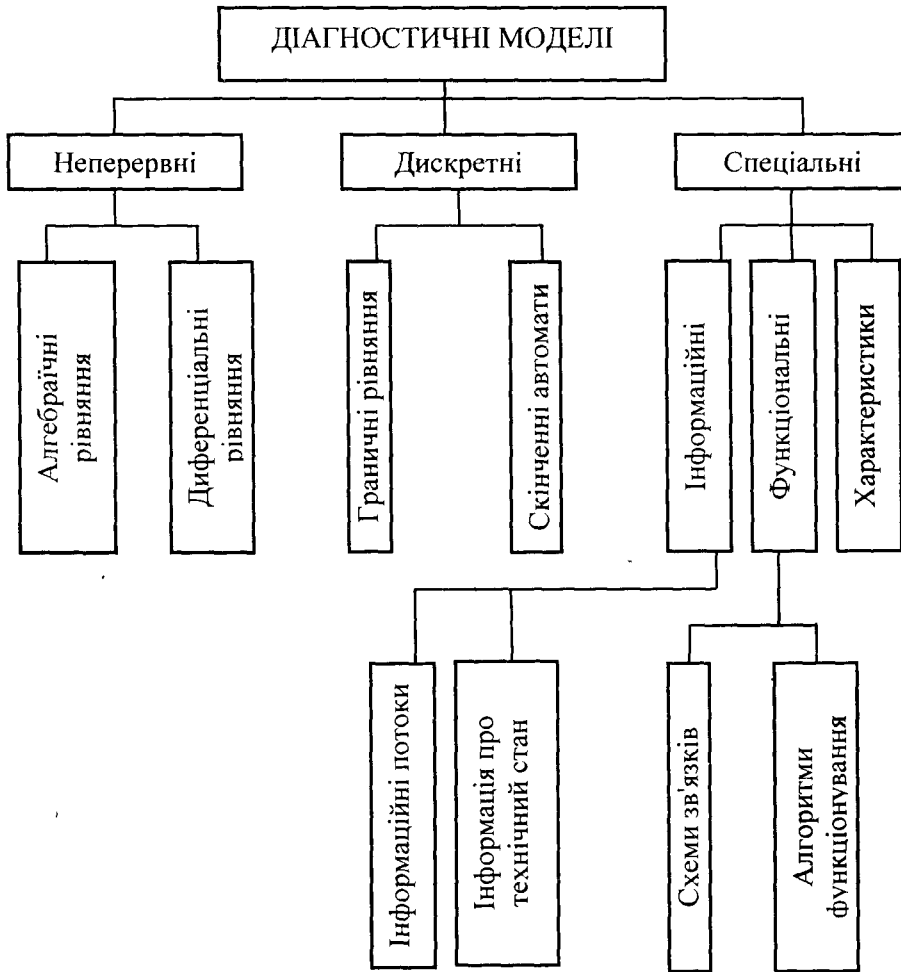


Рис. 4.9. Класифікація діагностичних моделей

Неперервні моделі описують стан аналогового, або дискретного ОД в тому разі, коли змодельовані процеси проходять безупинно, а час є аргументом відповідних функцій. Неперервні моделі становлять найбільший гурт, тому що основні процеси змін якості технічних об'єктів носять поступовий характер.

Справний чи несправний ОД подається як динамічна система, стан якої в кожен момент часу визначається значеннями вхідних, внутрішніх і вихідних параметрів. В такому разі діагностичну модель називають динамічною. Частковим є випадок, коли стан ОД не

залежить від часу. Така модель є статичною. Наприклад, статичні моделі використовуються для опису електронних блоків автомобіля.

Існує низка діагностичних моделей, якими описують процеси, що проходять в ОД безвідносно до часу, тому їх не можна віднести ані до дискретних, ані до неперервних. Такими моделями є інформаційні, функціональні та технічні характеристики.

Моделі інформаційних систем, або **інформаційні моделі** можна поділити на такі, що стосуються передачі даних; інформаційно-вимірювальні; перетворення інформації; інформаційно-пошукові; зберігання інформації; керування; експериментальних досліджень. Найпоширенішими у практиці діагностування автомобілів є моделі, які об'єднують під назвою **системи передачі інформації**. Такими є, наприклад, системні аналізатори двигуна (FSA 560 фірми BOSCH), мотор-тестери MOT-240, 251 цієї ж фірми.

Неперервний ОД під час розв'язку задач діагностування можна подати детермінованою моделлю – адекватним математичним (формальним) описом у вигляді сукупності функціональних співвідношень, диференціальних рівнянь, або передатних функцій. Такі моделі широко використовуються для опису об'єктів будь-яких типів, наприклад, механічних, електричних, електромеханічних, або пневмогідравлічних. Вони являють собою залежності вихідних діагностичних параметрів від вхідних. При цьому несправності автомобіля моделюються як недопустимі зміни значень діагностичних параметрів.

Великий клас ОД припускає використання детермінованого моделювання через свою складну структуру, або ж створення повної аналітичної моделі буває важким через відсутність відповідної інформації. У цьому разі для розв'язку задач розпізнавання технічних станів об'єктів механічного чи пневмогідравлічного типу використовують випадкові моделі. Найхарактерніші з них – це регресійні. Ці моделі будуються з допомогою методів математичної статистики, а саме дисперсного і регресійного аналізу. Регресійні моделі відображають зв'язок, або взаємозв'язок діагностичних, структурних, або параметрів надійності автомобіля.

Дискретні або топологічні моделі задаються в робочому діагностичному просторі параметрів у вигляді сукупності фізичних властивостей ОД і його структури у вигляді графа або бінарної матриці з причинно-наслідковими зв'язками між фізичними величинами. Якщо модель подається у вигляді графа, то вершинам відповідають параметри ОД (вихідні і входні, основні і допоміжні, структурні параметри), а дугам – відомі аналітичні чи статистичні залежності і якісні співвідношення між параметрами.

Різновидом топологічних моделей є **двозначні логічні моделі**, що охоплюють великий клас реальних технічних об'єктів, які зображаються блоковою функціональною чи структурною схемами: система запалення, система освітлення та сигналізації система живлення з впорскуванням палива тощо. При побудові логічної моделі кожному функціональному елементу ОД надається у відповідність сукупність логічних блоків так, щоб вихід кожного логічного блоку характеризувався тільки одним параметром, і при цьому залишилися тільки ті входи, які формують цей вихід. Застосування логічної моделі ґрунтується на застосуванні **порогових способів діагностування**, які характеризуються тим, що висновок про правильність функціонування ОД робиться на підставі якісної оцінки деякої сукупності діагностичних параметрів. Якщо значення сигналу знаходиться в допустимих межах, то значення вихідного сигналу приймається логічне "1", в іншому випадку – логічне "0".

Багато формулювань та розв'язків задач технічної діагностики передбачають задавання формалізованого опису множини допустимих несправностей (моделей несправностей). Як правило кожній несправності можна надати у відповідність деяку зміну параметрів елементів ОД. Наприклад, часто як допустимі розглядаються несправності типу втрати герметичності, відсутності напруги, низької частоти. Зазвичай модель несправності залежить від елементної бази ОД, а також від типу моделі ОД. Так, для ОД, що містить електричні елементи (електромашини, резистори, конденсатори, діоди, транзистори), несправностями можуть бути обриви і короткі замикання. Для ОД, що складається з гідравлічних і пневматичних елементів (клапанів, дроселів, акумуляторів, гідроциліндрів тощо), до-

пустими несправності – втрата гідро- і пневмоцільності, невідповідна витрата рідини, газу тощо. Для механічних ОД – зазори, натяги, деформації тощо.

Розрізняють **одиничні і кратні несправності**. Під одиничною розуміють несправність, прийняту як елементарну, тобто таку, котра не може бути подана сукупністю декількох інших, “дрібніших” несправностей. Кратна несправність є сукупністю одночасно існуючих двох або більшої кількості поодиноких несправностей.

Таблиця функцій несправностей (ТФН) і таблиця несправностей (ТН) – це спеціальні форми подання поведінки ОД у справному та несправному станах. Методи на основі ТФН і ТН доцільно застосовувати у серійному сервісі, коли може бути виділеною обмежена кількість можливих несправностей, а витрати на підготовку необхідної інформації покриваються за рахунок діагностування великої кількості однотипних ОД. Крім цього, ТФН і ТН є наочними і зручним для ілюстрацій результатів теоретичних досліджень. Таблиця функцій несправностей містить зведення про поведінку справного ОД, а також ОД з кожною з можливих несправностей (табл. 4.4). Вона складається з $r+1$ підтаблиць (далі матриць) M_0, M_1, \dots, M_r . Рядки ТФН відповідають окремим вхідним елементарним перевіркам послідовності $X = x_1, \dots, x_k, x_n$, що подаються на ОД під час діагностування.

Таблиця 4.4. Структура таблиці функцій несправностей

Перевірки	M_0			M_1					M_r		
	b_1	...	b_m	b_1	...	b_m			b_1	...	b_m
x_1	t_0^{11}		t_0^{1m}	t_1^{11}		t_1^{1m}			t_r^{11}		t_r^{1m}
.
x_n	t_0^{n1}		t_0^{nm}	t_1^{n1}		t_1^{nm}			t_r^{n1}		t_r^{nm}

Примітка: b_1, \dots, b_m – діагностичні параметри; M_0, \dots, M_r – матриці відповідних технічних станів (S_0, \dots, S_r); x_1, \dots, x_n – вхідні параметри; t_k^{ij} – допустиме значення (числовий інтервал – у випадку аналогового сигналу) i -го діагностичного параметра, виміряного в ОД j -го технічного стану після проведення x_k -ї елементарної перевірки.

Матриця M_o задає поведінку справного ОД; матриця M_i ($i = 1, \dots, r$) – поведінку ОД з несправностями з множини $S = \{s_1, \dots, s_r\}$ можливих несправностей. Кількість стовпців кожної матриці дорівнює кількості діагностичних параметрів, причому l -й стовпець співставлений параметру b_l з множини допустимих діагностичних параметрів $B = \{b_1, \dots, b_m\}$. На перетині k -го рядка і i -го стовпця матриці M_i ($i = 0, 1, \dots, r$) проставляється допустиме значення t_i^{kl} параметра b_l на наборі x_k під час діагностування ОД, що знаходиться в технічному стані s_i . У випадках цифрових діагностичних параметрів зазвичай значення $t_i^{kl} \in \{0, 1, x\}$, де $x = \{0, 1\}$; для аналогових діагностичних параметрів значення параметра – деякий неперервний інтервал, або номінальне значення. Для інтервалу вказуються значення його верхньої і нижньої меж. Іноді для значень аналогових діагностичних параметрів використовується багатозначний скінченний алфавіт, у якому кожному символу ставлять у відповідність визначений інтервал значень.

При переході від аналогових значень діагностичних параметрів до цифрових застосовують перетворення:

$$b_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо } b_i \in (a, c); \\ 0, & \text{якщо } b_i \notin (a, c) \end{cases}, \quad (4.3)$$

де a, c – відповідно горішня і долішня межі допуску діагностичного параметра; (a, c) – допуск числового значення діагностичного параметра.

Структура ТН наведена у табл. 4.5. Вона відрізняється від ТФН, по-перше, відсутністю матриці, що описує справний ОД. По-друге, значення елемента \tilde{t}_i^{kl} являє собою результат порівняння елементів t_i^{kl} і t_o^{kl} із ТФН (див. табл. 4.5).

Варіанти кодування результатів порівняння для аналогового ОД різноманітніші (табл. 4.6). Наприклад, можна використовувати тризначний алфавіт $\{0, 1, x\}$, присвоюючи \tilde{t}_i^{kl} значення 1, x чи 0, якщо інтервали t_o^{kl} і t_i^{kl} не перетинаються, частково перетинаються, або всі значення t_i^{kl} входять у t_o^{kl} .

Таблиця 4.5. Структура таблиці несправностей

Елементарні перевірки	\tilde{M}_1			...		\tilde{M}_r		
	b_1	...	b_m	...	...	b_1	...	b_m
x_1	\tilde{t}_1^{1l}		\tilde{t}_1^{1m}	...	...	\tilde{t}_r^{1l}		\tilde{t}_r^{1m}
...
x_n	\tilde{t}_1^{nl}		\tilde{t}_1^{nm}	...	...	\tilde{t}_r^{nl}		\tilde{t}_r^{nm}

Таблиця 4.6. Варіанти кодування аналогових діагностичних сигналів

Сигнали		t_i^{kl}		
		1	0	x
t_o^{kl}	1	0	1	x
	0	1	0	x
	x	0	0	0

На основі побудованої моделі діагностування здійснюється розпізнавання технічного стану. Це можна робити різними методами (рис. 4.10). Наприклад, використовують методи теорії графів. Для цього будують впорядкований граф, і відповідну йому матрицю контрольних пар, рядки якої відповідають елементарним перевіркам, а стовпці – номерам блоків. При цьому елементи рядка дорівнюють "1", якщо перевірки охоплюють ОД, і "0" – якщо не охоплюють. Умова розпізнавання станів формулюється як розпізнавання стовпців матриці. У разі невизначеності станів передбачається введення додаткових точок контролю.

Контроль ОД за допомогою моделей здійснюють так. Подають задані у ТФН тести X і вимірюють діагностичні параметри B . За результатами вимірювань формують матрицю M_x такого ж формату, що і матриці M_i ($i = 0, \dots, r$). Порівнюють поелементно матриці M_x і M_o . Якщо $M_x = M_o$, то вважають ОД справним, якщо $M_x \neq M_o$ – несправним.

Для визначення місця несправності ОД виконують такі дії. Матрицю M_x почогово порівнюють з кожною матрицею M_i , де $i = 1, \dots, r$. Якщо $M_x = M_i$, то несправність s_i заносять у список можливих несправностей. У цей список може потрапити декілька несправностей,

за яких ОД має цю ж реакцію. Щоб скоротити обсяг ТФН і ТН несправності з однаковими вихідними сигналами поєднуються у групи еквівалентних несправностей, а в ТФН і ТН під кожну таку групу формується тільки одна матриця. Пошук несправності з використанням бінарної ТН виконується аналогічно.

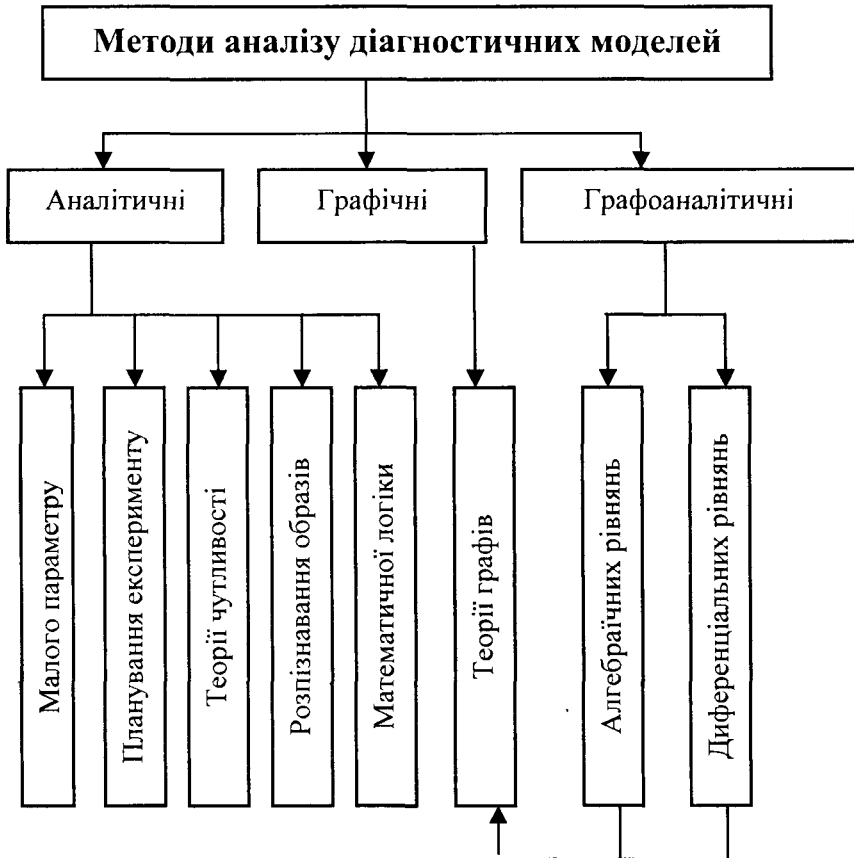


Рис.4.10. Класифікація методів, які використовуються у дослідженнях діагностичних моделей

Головним у технічній діагностиці є розуміння перевірки і розпізнавання несправностей. Розглянемо спочатку ці терміни стосовно цифрових ОД, а потім поширимо їх на аналогові ОД.

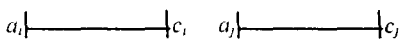
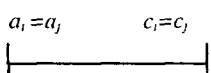

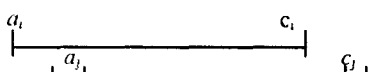
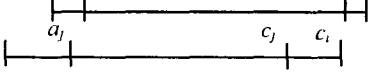
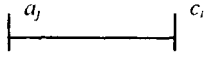
Несправність $s_k \in S$ називається такою, що **однозначно перевіряється**, якщо $M_o \cap M_k = \emptyset$. Практично, це означає, що за наявності в ОД однієї з несправностей, значення будь-якого діагностичного па-

раметра на будь-який вхідний сигнал буде відрізнятися від його значення в справному ОД. Несправність $s_k \in S$ називається такою, **що не може бути виявлена**, якщо $M_k \subseteq M_o$. Несправність $s_k \in S$ називається такою, **яку можна умовно виявити**, якщо $M_o \cap M_k \neq \emptyset$ і $M_k \not\subseteq M_o$. Якщо є така несправність, то результати вимірювань діагностичних параметрів можуть у деяких випадках збігатися з можливими значеннями справного ОД, а в інших – ні.

Несправності s_i і s_j називаються такими, які **можна розрізнити**, якщо $M_i \cap M_j = \emptyset$. Несправності s_i і s_j називаються такими, які **не можна розрізнити**, якщо $M_i = M_j$.

Розглянуті порівняння можуть бути поширені і на аналогові ОД, якщо можливі значення діагностичних параметрів задані інтервалами. У табл. 4.7 показані умови перевірки для аналогового ОД.

Таблиця 4.7. Класифікація несправностей для аналогових ОД

Співвідношення інтервалів	Результат перетину	Категорія несправностей
	\emptyset	Розрізняються
		Не розрізняються
а)  б) 		Умовно розрізняються

У таблиці через a_o і c_o , a_k і c_k позначені долішня і горішня межі інтервалу можливих значень діагностичного параметру для справних ОД і з несправністю s_k , відповідно.

Діагностування у часі можна розбити на декілька інтервалів, кожному з яких ставиться у відповідність деяка множина елементарних перевірок і результати вимірювань. Нехай X – множина усіх можливих послідовностей вхідних тестів, кожен з яких можна подати на ОД під час діагностування; $S = \{s_1, \dots, s_r\}$ – множина допусти-

мих несправностей. Позначимо $M_i(E)$ і $M_i(T)$ – матриці ТФН i -о технічного стану ($i=0, 1, \dots, r$) для деяких послідовностей X і T . Послідовність $T \subseteq X$ називається **контрольним тестом**, якщо для будь-якої несправності $s_k \in S$, для якої $M_o(X) \cap M_k(X) = \emptyset$, виконується умова: $M_o(T) \cap M_k(T) = \emptyset$. Іншими словами, контрольний тест забезпечує перевірку всіх несправностей, які можуть бути перевірені.

Послідовність $T \subseteq X$ називається **діагностичним тестом**, якщо для будь-якої пари s_i, s_j несправностей, для якої $M_i(X) \cap M_j(X) = \emptyset$ виконується умова: $M_i(T) \cap M_j(T) = \emptyset$. Іншими словами діагностичний тест – це тест, з допомогою якого можна розрізнити максимально можливу кількість пар несправностей.

Контрольний (діагностичний) тест T називають **глухокутнім контрольним (діагностичним)**, якщо будь-який тест $T' \subset T$ не є контрольним (діагностичним).

Очевидно, що під час виконання діагностування бажано мати тести з якомога меншою кількістю елементарних перевірок, або найменш трудомісткі. Це скорочує тривалість діагностування й обсяг необхідного інформаційного забезпечення. Задача побудови тесту – одна з головних і найскладніших у технічній діагностиці автомобілів. Процес побудови тестів складається з таких етапів:

- 1) визначення списку можливих несправностей;
- 2) обчислення тестового набору для кожної несправності списку;
- 3) моделювання схеми на тестовому наборі для виявлення підмножини несправностей, що виявляються;
- 4) визначення повноти перевірки схеми на побудованому тесті.

Розрізняють методи випадкового і детермінованого формування тестів. Методи випадкового вибору тестових наборів практично не використовуються. У зв'язку з високою складністю і трудомісткістю процесу побудови тестів широко застосовуються інтерактивні системи побудови тестів, що припускають активну участь оператора в цьому процесі. У вивченні методології побудови тестів виберемо для прикладу цифровий ОД. З усіх відомих найчастіше застосовують **метод з використанням ТН**.

Визначення мінімальних тестів у цьому методі поляє у таких кроках:

1. Для кожної матриці визначають множину рядків L_i ($i=1, \dots, r$), у яких хоча б в одному стовпці є "1".
2. Розглядаючи позначення рядків як деякі логічні змінні, записують логічні вирази Σ_i , де Σ_i – логічна сума змінних, співставлених рядкам з L_i .

3. Складають вираз $\prod_{i=1}^r \Sigma_i$ – логічний добуток логічних сум змінних.

4. Отриманий вираз із застосуванням операцій алгебри логіки приводять до диз'юнктивної форми (виконують логічне перемноження доданків і зведення результатів. Отримують вираз $\sum_i \prod_{i=1}^r$ При цьому зі змінними виконують перетворення виду:

$$A A = A; A \vee AB = A; (A \vee B)(A \vee C) = A \vee BC.$$

Змінні, які входять в одну кон'юнкцію результату, утворюють глухокутний тест. Кон'юнкції з найменшою кількістю елементарних перевірок визначають мінімальні глухокутні контрольні тести.

Об'єкт діагностування може перебувати в одному з n випадкових технічних станів s_i ($i = \overline{1, n}$). Відома множина діагностичних параметрів B , кожен з яких, з деякою ймовірністю характеризує технічний стан ОД. Потрібно побудувати діагностичну модель, яка за визначеною під час діагностування множиною ознак, дає змогу зробити висновок про наявність ОД в одному з можливих технічних станів. Таку задачу можна розв'язати з допомогою методу Байєса, який базується на використанні однойменної формули. Цей метод відноситься до статистичних (недетермінованих). Основна перевага статистичних методів встановлення діагнозу полягає у можливості одночасно враховувати діагностичні параметри різної фізичної природи, оскільки вони характеризуються безрозмірними величинами – ймовірностями їх появи за різних станів ОД. Такі методи мають і

низку недоліків: великий об'єм попередньої інформації, не враховують технічні стани, які рідко зустрічаються тощо.

Умовна ймовірність появи технічного стану s після того як в ОД виявлено діагностичну ознаку b , визначається за формулою Байєса:

$$P(s/b) = \frac{P(s)P(b/s)}{P(b)} \quad (4.4)$$

де $P(s)$ – ймовірність появи технічного стану s , яка визначається за статистичними даними (апріорна ймовірність); $P(b/s)$ – умовна ймовірність появи діагностичної ознаки b в об'єктах із станом s ; $P(b)$ – ймовірність появи діагностичної ознаки b в усіх об'єктах, незалежно від їх технічного стану.

Так, якщо попередньо досліджено N об'єктів, з яких в N_r виявився стан s , тоді: $P(s) = N_r/N$. Якщо серед N_r об'єктів, у яких наявний стан s , ознака b проявилась у N_{rs} випадках, тоді: $P(b/s) = N_{rs}/N_r$. Нехай, із загальної кількості N об'єктів ознака b була виявлена у N_j випадках, тоді: $P(b) = N_j/N$.

Для визначення ймовірності технічного стану ОД за формулою Байєса, необхідно скласти ймовірнісну діагностичну матрицю (табл. 4.8), яку формують на підставі попереднього статистичного дослідження. Імовірнісна діагностична матриця містить апріорні ймовірності за різних технічних станів ОД.

Таблиця 4.8. Імовірнісна діагностична матриця, сформована з використанням методу Байєса

Технічні стани S	Діагностичні параметри B				$P(s_i)$
	b_1	b_2	...	b_m	
	$P(b_1/s_i)$	$P(b_2/s_i)$	...	$P(b_m/s_i)$	
s_1	$P(b_1/s_1)$	$P(b_2/s_1)$	...	$P(b_m/s_1)$	$P(s_1)$
s_2	$P(b_1/s_2)$	$P(b_2/s_2)$	...	$P(b_m/s_2)$	$P(s_2)$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
s_n	$P(b_1/s_n)$	$P(b_2/s_n)$	...	$P(b_m/s_n)$	$P(s_i)$

Рішення щодо постановки діагнозу (встановлення дійсного технічного стану) приймається за таким правилом: ОД перебуває в технічному стані s_i , якщо виконується умова:

$$P = \max_i P(s_i / B^*) \quad (4.5)$$

Приклад. Технічний стан кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів ДВЗ оцінюють за двома ознаками: зниження компресії нижче гранично допустимого рівня b_1 і кількістю газів, що прориваються у картер b_2 . При цьому спостерігають два можливих дефекти: s_1 – понаддопустиме зниження пневмощільності клапанів ГРМ, s_2 – понаддопустиме збільшення зазору в спряженні гільза-поршень і гільза-компресійне кільце. У справному стані s_3 ознаки b_1 і b_2 є неприпустимими. Після випробування 30 двигунів впродовж визначеного часу 20 з них залишались справними. Результати спостережень за діагностичними ознаками і дефектування подані в табл. 4.9. Потрібно визначити ймовірність кожного з трьох можливих діагнозів у наступній експлуатації двигунів, якщо їх стан буде визначатися за діагностичними ознаками b_1 і b_2 .

Таблиця 4.9. – Результати випробувань двигунів на наявність дефектів s_1, s_2

Кількість виявлених дефектів	Кількість проявів діагностичної ознаки		
	b_1	b_2	b_1 і b_2
s_1	0	3	3
s_2	2	5	7
Разом	2	8	10

Для розв'язку такої задачі складемо діагностичну матрицю. Вважатимемо, що діагностичні ознаки є незалежними. Визначимо ймовірності, що входять у формулу (4.5):

$$P(b_1/s_1) = \frac{0}{3} = 0; \quad P(b_1/s_2) = \frac{2}{7} = 0,286;$$

$$P(b_2/s_1) = \frac{3}{3} = 1; \quad P(b_2/s_2) = \frac{5}{7} = 0,714;$$

$$P(s_1) = \frac{3}{30} = 0,10; \quad P(s_2) = \frac{7}{30} = 0,23;$$

$$P(b_1) = \frac{2}{30} = 0,067; \quad P(b_2) = \frac{8}{30} = 0,267.$$

Скориставшись цими обчисленнями, заповнимо діагностичну матрицю (табл. 4.10), в клітинках якої є відповідні числові значення $P(b/s)$.

З обчислених результатів видно, що майже достовірний діагноз s_2 про технічний стан ДВЗ можна отримати за рівнем компресії: якщо вона є нижче граничного

рівня, то двигун має дефекти ЦПГ, якщо компресія – в нормі – то й стан ЦПГ в нормі. Технічний стан ГРМ – s_1 , а саме спряження клапан-сідло клапана лише з малою вірогідністю 0,251 можна оцінити за проривом газів у картер.

Таблиця 4.10. – Діагностична матриця визначення технічного стану КШМ і ГРМ з використанням методу Байєса

Виявлені дефекти	Діагностичні ознаки	
	b_1	b_2
s_1	0	0,251
s_2	0,995	0,623

Метод мінімального ризику. Розглянемо спочатку процес діагностування за наявності одного діагностичного параметра. Нехай визначають стан двигуна за вмістом продуктів зношування в оливі (параметр b). Завдання полягає у виборі значення b_0 параметра b так, що за $b > y_0$, (y_0 – граничне значення діагностичного параметра) варто приймати рішення про зняття двигуна з експлуатації, а за $b < b_0$ допускати подальшу його експлуатацію.

Нехай S_1 – справний стан і S_2 – наявність дефекту. Тоді задача визначення технічного стану полягає в наступному: технічний стан є S_1 якщо $b < y_0$ і S_2 якщо $b > y_0$. Вміст продуктів зносу в оливі неоднозначно характеризує стан підшипників колінчастого вала (в оливу потрапляють частки від інших тертьових поверхонь: шестерень, шліців тощо). Розподіл параметра b для дефектних і справних підшипників показаний на рис. 4.11. Як видно, області справного S_1 і дефектного S_2 станів перетинаються і тому принципово неможливо вибрати значення b , за якого наведене правило не давало б помилкових рішень. Завдання полягає в тому, щоб вибір b був оптимальним, наприклад, давав найменшу кількість помилкових рішень.

Розглянемо спочатку можливі помилки під час прийняття рішення. Помилковою тривоною називається випадок, коли приймають рішення про наявність дефекту, коли фактично ОД знаходиться у справному стані. Пропуск мети — прийняття рішення про справний стан, тоді як ОД містить дефект.

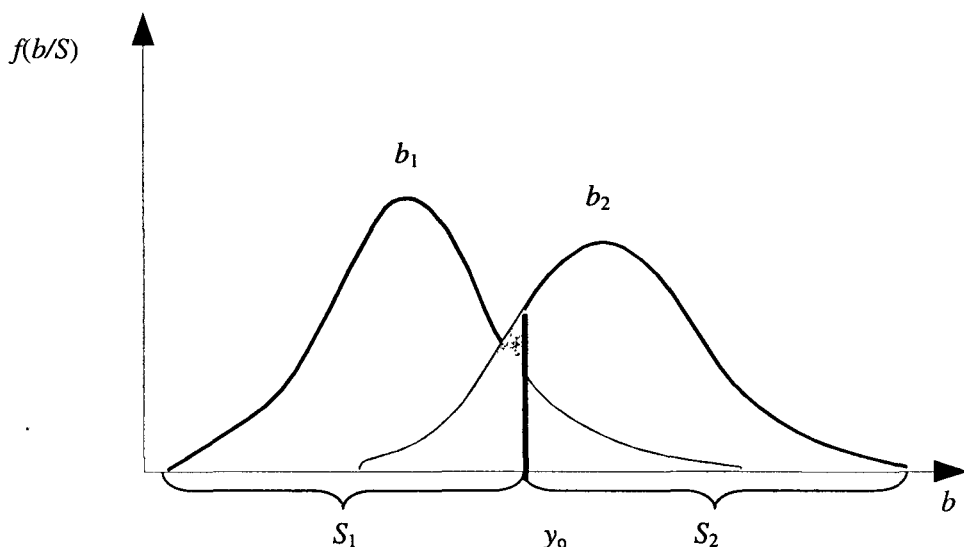


Рис. 4.11 Розподіл густини ймовірностей діагностичного параметра b для справного S_1 і дефектного S_2 станів: b_1, b_2 – числові значення параметра, які виявлено, відповідно у справних і несправних ОД

У технічній діагностиці ці помилки можуть мати різні наслідки за різними критеріями. Позначимо H_{ij} ($i, j = 1, 2$) можливі рішення. Перший індекс H_{ij} відповідає номеру встановленого діагнозу (1 – справний, 2 – несправний) другий – індексу дійсного стану. Тоді $H_{1,2}$ – пропуск дефекту $H_{2,1}$ – помилкова тривога; $H_{1,1}, H_{2,2}$ – правильні рішення.

Розглянемо імовірність помилкової тривоги $P(H_{2,1})$. Випадок, коли при $b_1 > b_0$ ОД є справним, але розглядається як дефектний. Площа під кривою густини ймовірності справного стану (незатушована), що відповідає $b_1 > b_0$, виражає умовну ймовірність такої ситуації для справного ОД

$$P(b > y_0 / S_1) = \int_{y_0}^{\infty} f(b/S_1) db. \quad (4.6)$$

Імовірність помилкової тривоги дорівнює імовірності добутку двох подій: наявності справного стану і значення $b > y_0$. Тоді

$$P(H_{21}) = P(S_1)P(b > y_o/S_1) = P_1 \int_{y_o}^{\infty} f(b/S_1)db, \quad (4.7)$$

де $P_1 = P(S_1)$ – апіорна ймовірність діагнозу S_1 (відома на підставі попередніх статистичних даних). Подібним чином знаходиться ймовірність пропуску дефекту

$$P(H_{12}) = P(S_2)P(b < y_o/S_2) = P_2 \int_{-\infty}^{y_o} f(b/S_2)db. \quad (4.8)$$

$P_2 = P(S_2)$ – апіорна ймовірність діагнозу S_2 (відома на підставі попередніх статистичних даних).

Ймовірність прийняття помилкового рішення складається з ймовірностей помилкової тривоги і пропуску дефекту. Якщо надати оцінку цим помилкам, то отримаємо вираз для середнього ризику. Зрозуміло, що ціна помилки має умовне значення, але вона повинна враховувати передбачувані наслідки помилкової тривоги і пропуску дефекту. У задачах надійності ціна пропуску дефекту істотно більша ціни помилкової тривоги. Іноді задають ціну правильних рішень, яка порівняно з вартістю втрат (помилки) є умовно негативною. У загальному випадку середній ризик (очікувана величина втрати) виражається

$$R = C_{11}P_1 \int_{-\infty}^{b_2} f(b/S_1)db + C_{21}P_1 \int_{b_o}^{\infty} f(b/S_1)db + C_{12}P_2 \int_{-\infty}^{b_2} f(b/S_2)db + \\ + C_{22}P_2 \int_{b_o}^{\infty} f(b/S_2)db \quad (4.9)$$

де C_{ij} – витрати (енергії, матеріалів, коштів тощо) з умовою, що прийнято рішення j , а технічний стан, насправді є i -й.

Діагностичний параметр b є випадковою величиною і тому рівняння (4.7) і (4.8) виражають собою середнє значення (математичне сподівання) ризику.

Знайдемо граничне значення b_o з умови мінімуму середнього ризику. Диференціюючи (4.9) по b і прирівнюючи першу похідну до нуля, отримаємо

$$\frac{f(y_o/S_1)}{f(y_o/S_2)} = \frac{(C_{12} - C_{22})P_2}{(C_{21} - C_{11})P_1}. \quad (4.10)$$

У цій умові присутні два значення ймовірності, одне з яких відповідає мінімуму, друге – максимуму ризику. Співвідношення (4.10) є необхідною, але недостатньою умовою мінімуму ризику. Для його існування в точці b_o друга похідна функції густини розподілу повинна бути додатною. Кінцеву достатню умову запишемо

$$\bar{b}_1 < y_o < \bar{b}_2, \quad (4.11)$$

де \bar{b}_1, \bar{b}_2 – математичні сподівання діагностичних параметрів за різних технічних станів ОД.

Оцінки якості діагностування. У проектуванні процесів діагностування виникають питання оцінки якості алгоритмів і діагностичних процедур. Найважливішими параметрами є: повнота контролю, глибина пошуку несправностей, вірогідність результатів контролю. **Повнота контролю** – характеристика, що визначає можливість виявлення всіх відомих несправностей в ОД за обраного методу його діагностування (контролю). **Глибина пошуку місць несправностей** – характеристика, що задається змінним блоком ОД, з точністю до якого визначається місце несправності. **Вірогідність контролю** – рівень об'єктивної відповідності результатів діагностування (контролю) дійсному технічному стану ОД. Розглянемо, як отримують числові значення оцінок якості діагностування.

Повнота контролю – це основний критерій оцінки якості тестів і процедур контролю. Вона визначається через коефіцієнт повноти, який обчислюють за формулою:

$$P_1 = \frac{N - N_1}{N} \cdot 100\%, \quad (4.12)$$

де N – кількість всіх можливих несправностей ОД; N_1 – кількість несправностей, які не перевіряються.

Із збільшенням складності ОД зростає кількість несправностей, які перевіряються. Причому їх пошук становить складну проблему. За наявності несправностей, що перевіряються лише за певних умов

діагностування, для оцінки повноти контролю доцільно додатково застосовувати ще два коефіцієнти

$$P_2 = \frac{N - \left(N_1 + N_2 \cdot \sum_{k=1}^{N_2} P_k \right)}{N} \cdot 100\% ; \quad (4.13)$$

$$P_3 = \frac{N - (N_1 + N_2)}{N} \cdot 100\% , \quad (4.14)$$

де N_2 – кількість несправностей, що умовно перевіряються; P_k – ймовірність того, що k -та несправність з числа тих, що умовно перевіряються, не може бути виявлена.

Коефіцієнт P_2 ($P_3 < P_2 < P_1$) визначається з урахуванням ймовірностей несправностей, які не перевірені, але за певних умов могли б бути виявлені. Для великої кількості несправностей, що умовно перевіряються, P_2 може стати основною оцінкою. Наприклад, згідно з умовами діагностування, з'ясовано, що серед 12 можливих несправностей ОД однозначно можна виявити 7, неможливо виявити 3. Дві несправності виявляються лише за певних числових значень діагно-

стичного параметра. Відомо також, що величина $\sum_{k=1}^3 P_k = 0,5$. Для заданих умов коефіцієнти повноти діагнозу набудуть значень: $P_1=0,58$, $P_2=0,71$, $P_3=0,87$.

Для чисельної оцінки глибини пошуку несправностей, яку можна одержати при діагностуванні, застосовуються різні формули. Розглянемо три оцінки, що відбивають різні стратегії ТО і ремонту: роздільна здатність діагностування

$$R = \sum_{j=1}^r p_j \mu_j ; \quad (4.15)$$

ризик оператора $N(I) = \sum_{j=1}^r p_j \gamma_j ; \quad (4.16)$

ентропійний показник $H = \sum_{j=1}^r p_j \log_2 \mu_j . \quad (4.17)$

У наведених формулах p_j – імовірність стану $s_j \in S$ ($j= 1, \dots, r$); μ_j – середня кількість можливих несправностей за наявності стану s_j ; I – задана послідовність аналізу несправностей у списку підозрюваних несправностей; γ_j – середня кількість несправностей, аналізованих у цьому списку до несправності s_j .

Спільним для всіх аналізованих показників (4.15)-(4.17) є те, що із зменшенням їх значень збільшується глибина пошуку несправностей. Це означає, що з множини аналізованих варіантів оптимальним є той, для якого отримано мінімальне значення відповідного параметра.

Вірогідність контролю є мірою визначеності його результатів. Будь-яка СД працює з помилками. Крім цього, контролю підлягає тільки частина параметрів ОД. Тому одержана в результаті контролю інформація містить невизначеність. Вірогідність контролю залежить від точності вимірювань і обсягу контролю.

Питання для самоконтролю

1. Розкрийте зміст основних задач технічної діагностики автомобілів.
2. В якій послідовності розв'язують задачі виявлення несправностей та їх локалізації?
3. Назвіть приклади аналогових та дискретних об'єктів діагностування.
4. В якому випадку для розв'язку задач діагностування використовують аналогові, а коли – цифрові діагностичні моделі?
5. Яку інформацію містить таблиця функцій несправностей?
6. Як перетворити таблицю функцій несправностей у таблицю несправностей?
7. Як класифікують несправності цифрових та аналогових об'єктів діагностування?
8. Як побудувати глухокутній контролюючий тест, використовуючи таблицю несправностей?
9. Назвіть відомі методи побудови тестів. У чому їх зміст?
10. За якими критеріями оцінюють якість діагностування?

4.5. Методи діагностування автомобілів

Складність конструкцій сучасних автомобілів і відповідальність за якість діагностичних досліджень зростають. Досягти потрібного рівня вірогідності і якості діагностичної інформації дають змогу сучасні методи діагностування. Методи діагностування поділяються на організаційні і технологічні. **Організаційні методи** визначають характер основних задач діагностування, застосування і вибір ЗД, алгоритми та програми діагностування.

Технологічні методи діагностування – це множина способів і прийомів подачі вхідних, реєстрації вихідних сигналів, вимірювання діагностичних параметрів і виявлення діагностичних ознак технічного стану. Класифікацію технологічних методів діагностування автомобілів наведено подано в табл. 4.11.

За застосуванням ЗД методи діагностування поділяють на два класи: органолептичні (суб'єктивні), інструментальні (об'єктивні).

Органолептичні методи включають прослуховування, огляд, перевірку дотиком і нюхом. Прослуховуванням виявляють місця і характер ненормальних стукотів, шумів, перебоїв у роботі двигуна, відмов у силовій передачі та ходовій частині (за шумом), нещільності (за шумом повітря, що проривається) і таке інше. Оглядом установлюють місця підтікання води, оливи, палива, колір випускних газів, диміння із сапуна, биття обертових частин, натяг ланцюгових передач тощо. Дотиком визначають місця і ступінь ненормального нагріття, биття, вібрації деталей, в'язкість, липкість рідини тощо. Нюхом виявляють за характерним запахом несправність зчеплення, витікання бензину, електроліту, підгоряння електропровідників тощо.

Інструментальні методи застосовують для вимірювання і контролю всіх параметрів технічного стану, використовуючи при цьому ЗД.

За періодичністю методи діагностування поділяють на такі, що застосовують у плановому регламентованому і в позаплановому, заявковому порядках. Діагностуванням, виконаним згідно з планом, розв'язують задачі перевірки працездатності, а також визначення

Таблиця 4.11. Класифікація технологічних методів діагностування

Ознака	Класи	Підкласи	Приклади
1	2	3	4
Нааяність засобів діагностування	Органолептичні (суб'єктивні)	Зорові	Виявлення підтікань, очевидних відхилень кінематичних параметрів, зносу шин
		Дотикові	Відчуття нагрівання зовнішніх поверхонь агрегатів, вібрації, нерівномірного зносу протектора шин
		На слух	Розпізнавання частоти обертання двигуна, виявлення шумів, стуків, вихлопів тощо
		На запах	Відчуття підгоряння електропровідників, наявності парів бензини, або оливи
		На основі досвіду	Відчуття керованості, "тяги" автомобіля
	Інструментальні (об'єктивні)	Безпосереднього вимірювання	Вимірювання шаблонами, лінійками, щупами, штангенциркулем, мікрометром тощо
Опосередкованого вимірювання		Стенові випробування, вимірювання тиску, температури, витрати газу чи рідини, інших діагностичних опосередкованих параметрів	
Фізична суть процесу	Енергетичні	Гальмівний	Вимірювання потужності двигуна на електричних, гідравлічних гальмівних стендах, режим повного гальмування стартера
		Парціальний	Вимірювання потужності двигуна з частиною вимкнених циліндрів
		Безгальмівний	Дроселювання випускних газів дизеля, оливи в гідросистемі автомобіля
		Диференціальний	Вимірювання потужності окремих циліндрів двигуна (мінімального гурту)
	Пневмогідравлічний		Визначення гідроцильності форсунок, випробування гідроциліндрів, визначення пневмоопору повітряного тракту
	Кінематичний		Вимірювання сумарного кутового зазору трансмісії, сумарного зазору спряжень кривошипно-шатунного механізму
	Тепловий		Температура і теплота каталітичного догоряння випускних газів, температура системи охолодження
	Віброакустичний	Фазово-частотний	Вібродіагностика деталей ЦПГ
Спектральний		Аналіз періодичних сигналів з давачів струму, тиску, шуму, електричних, гідравлічних машин	

Продовження табл. 4.11

1	2	3	4
Фізична суть процесу	Віброакустичний	Ударних імпульсів	Діагностика підшипникових вузлів кочення
		Твірної коливаль	Діагностика високошвидкісних електричних, пневматичних, гідравлічних машин
	Феромагнітний		Вимірювання вмісту продуктів зношення в оливі
	Оптичний	Гнучкий	Для огляду ОД, якщо не можливий прямий доступ до чи нього, або ОД має складну геометрію. Внутрішні поверхні двигунів, агрегатів трансмісії.
		Жорсткий	Огляд порожнин машин і механізмів, каналів і труб малого діаметра, порожнин виливків, шліфованих і хонінгованих отворів.
		Відео	Те ж, що й жорсткий з можливістю реєстрації проведеного обстеження на відеомагнітофоні, або комп'ютері і створення баз даних; застосування на деяких моделях систем вимірювання виявлених дефектів.
Радіоактивний		Для діагностики АТЗ використовується обмежено	
Тип носія інформації	Робочі процеси	Вимірювання потужності	Стендові випробування АТЗ на барабанах силового та інерційного типів
		Оцінка якості функціонування	Вимірювання максимальної швидкості, характеристик розгін-гальмування, швидкості на затяжних підйомах
		Оцінка безпеки	Оцінка стійкості, керованості, маневреності, характеристики зниження інерційних навантажень
		Оцінка екологічності	Токсичність і димність випускних і картерних газів, виявлення підтікань робочих рідин та палива
	Супутні процеси	Термічні	Реєстрація нагрівання підшипникових вузлів
		Електричні	Вимірювання опору провідників, наявності обривів
		Старіння мастильних середовищ	Аналіз проб картерної оливи на вміст продуктів старіння
		Віброакустичні	Аналіз ударів, шумів, вібрації агрегатів, механізмів, вузлів

Продовження табл. 4.11

1	2	3	4
	Процеси неруйнівного контролю	Ультразвуковий	Пошук прихованих дефектів корпусних та великогабаритних деталей
		Рентгенівський	
		Акустичної емісії	
		Люмінесцентний	Виявлення прихованих дефектів в деталях
		Інші	Магнітна дефектоскопія,
Режим роботи		Сталій	Визначення потужності двигуна на гальмівному стенді, діагностування електроагрегатів, знятих з автомобіля на стендах
		Перехідний	Визначення параметрів гальмівної системи в режимі гальмування, потужності двигуна в режимі розгону
		Статодинамічний	Випробування автомобілів на різних їздових циклах

залишкового ресурсу агрегатів і машини в цілому. З цією метою з усієї сукупності діагностичних параметрів виділяють узагальнені, котрі обов'язково вимірюють під час ТО. Серед узагальнених є гурт ресурсних діагностичних параметрів, досягнення якими граничних значень, обумовлює капітальний ремонт ОД. До таких ресурсних параметрів відносяться витрата газів, що прориваються в картер, сумарний зазор у головках шатуна двигуна, коефіцієнт витрати рідини гідроприводу коробки передач тощо. Діагностування, виконане позапланово, у заявковому порядку, розв'язує задачу пошуку дефектів у тому разі, якщо за результатами вимірювань узагальненого параметра стану виявлено порушення працездатності складової частини серед множини інших.

Параметрами поглибленого діагностування (з метою пошуку дефектів) служать кут початку подачі палива, тиск, що створюється плунжерними парами, коефіцієнт подачі гідронасоса, втрати в розподільнику гідроприводу та інші. Методи діагностування, які застосовують до окремих типів АТЗ (вантажні й легкові автомобілі, автобуси), або до їх агрегатів і систем (ЦПГ, ГРМ, паливна апаратура двигуна, коробка передач тощо), відрізняються між собою парамет-

рами, що вимірюються, прийомами вимірювання й опрацюванням результатів (рис. 4.12).

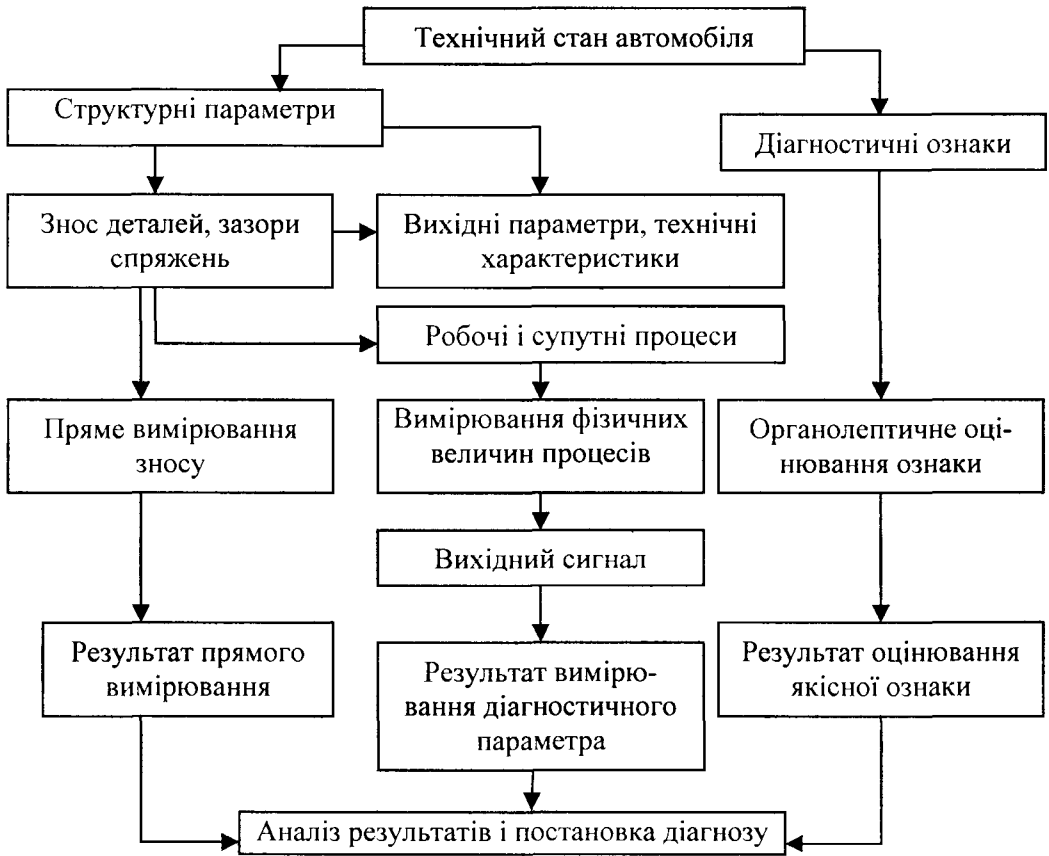


Рис. 4.12. Схема застосування технологічних методів діагностування

За діагностичними параметрами усі методи поділяють на три групи, залежно від того, чи характеризує параметр робочий процес машини або її складової частини, супутній процес або безпосередньо структурний параметр. **Методи діагностування за параметрами робочих процесів** дають змогу перевіряти вихідні параметри АТЗ (потужність, економічність, продуктивність, якість роботи) і числові робочі характеристики його складових частин (фазові параметри паливopодачі і газорозподілу, тиск, швидкість переміщення, витрата тощо). Точність вимірювання цих параметрів досить висока

тому, що переважно здійснюють пряме вимірювання контрольованої фізичної величини.

Методи діагностування за параметрами супутніх процесів дають можливість побічно визначати ті ж параметри робочих процесів, а також структурні параметри деталей і спряжень, якщо їх не можна, чи недоцільно вимірювати безпосередньо. У цьому разі вимірюють також показники процесів, що генеруються зовнішніми ЗД. Це процеси вібрації і шуму, нагрівання, охолодження, розгону і зупинки обертових частин, наростання, або спад тиску оливи і повітря в момент пуску і зупинки механізмів, утворення забруднюючих речовин. Точність такого вимірювання діагностичного параметра нижча, ніж під час діагностування за параметрами робочих процесів.

Методи діагностування за структурними параметрами дають змогу прямими вимірюваннями, без розбирання ОД визначати знос деталей, зазори у їх спряженнях, регулювання. Це методи, які застосовують для вимірювання зносу шин, шківів, зазору у спряженнях, прогину важелів тощо. В основі цих методів лежить вимірювання геометричних параметрів, взаємного розміщення чи розмірів деталей на автомобілі, який не працює.

За режимом роботи ОД можна виділити методи діагностування на сталому, перехідному і статодинамічному режимах роботи. Діагностування на сталому режимі виконують для ОД, що працює на стаціонарному режимі за постійного швидкісного, температурного і силового навантаження. Діагностування на перехідному режимі роботи застосовують для вимірювання параметра у нестационарних умовах (розгін, вибіг, різке гальмування, зняття навантаження, прогрівання, або охолодження тощо).

Статодинамічний метод у процесі діагностування використовується з чергуванням сталого і перехідного режимів роботи ОД. Під час діагностування АТЗ застосовують, переважно, сталі режими, рідше – перехідні і дуже рідко – статодинамічні. Із застосуванням електронних і автоматизованих ЗД діапазон останніх двох методів розширюється. З їх допомогою визначають технічний стан АТЗ та їх

складових частин за параметрами кутового прискорення колінчастого валу двигуна (вимірювання потужності), швидкості збільшення і зменшення тиску в оливній магістралі (перевірка працездатності гідроприводу), час зупинки (оцінка працездатності силової передачі, оливної центрифуги) і таке інше.

Статодинамічний метод може бути реалізований тільки в автоматизованому ЗД тому, що вимірюють параметр у чітко заданих за черговістю сталому і перехідному режимах. Такі режими можуть бути використані, наприклад, при вимірюванні витрати палива, потужності і деяких інших параметрів під навантаженням, що створюється періодичним автоматичним відключенням одного або декількох циліндрів бензинового двигуна (дизеля).

За фізичною суттю методи діагностування поділяються на енергетичний, пневмогідролічний, кінематичний, тепловий, віброакустичний, електромагнітний, оптичний, радіоактивний. Кожен метод призначений для контролю визначеного фізичного процесу і заснований на застосуванні певного фізичного явища. Класифікація за фізичною суттю дає найбільшу можливість виявити технічну характеристику конкретного методу діагностування. Фізичний процес характеризується зміною фізичної величини за часом. В основі енергетичного методу лежить фізична величина – сила, потужність; пневмогідролічного – тиск; кінематичного – переміщення, прискорення, швидкість; теплового – температура, кількість тепла; віброакустичного – амплітуда коливань на визначених частотах. Зміну фізичного процесу можна спостерігати на зміні фізичної величини в часі (або залежно від шляху), тобто за двома координатами (рис. 4.13).

Залежно від характеру зв'язку фізичної величини з технічним станом ОД, зручності вимірювання й інших чинників діагностичним параметром може бути характеристика процесу в заданому інтервалі часу: мінімальне, максимальне, миттєве, середнє, середнє квадратичне значення фізичної величини, її швидкості, прискорення. Природно, що поряд з цими характеристиками діагностичним параметром може виступати і час (друга координата) досягнення величиною заданого значення. При цьому сам фізичний процес залишається без

змін. Змінюється лише вимірювана характеристика – діагностичний параметр.

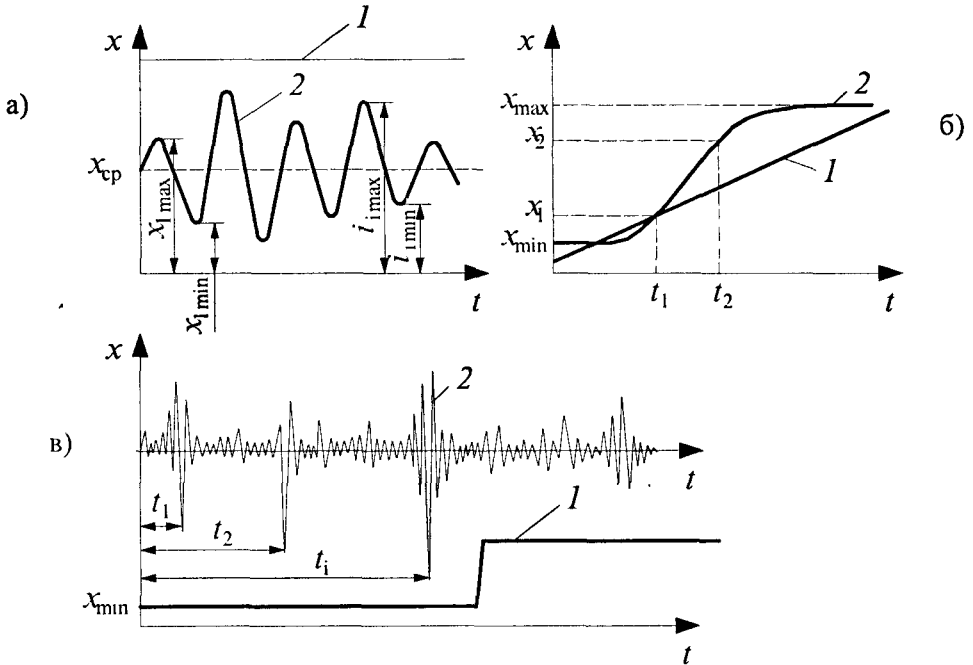


Рис. 4.13. Характер зміни параметрів фізичних процесів:

- а – стаціонарний (1) і пульсуючий щодо середнього значення (2);
- б – повільно- (1) і швидкоплинний (2);
- в – стрибкоподібно змінний (1) і у вигляді віброакустичного сигналу (2)

Для вимірювання обраного діагностичного параметру застосовують різні первинні вимірювальні перетворювачі, на які впливає фізична величина. Вона перетворюється в іншу фізичну величину, зручну для вимірювань, або спостереження, тобто вхідний сигнал перетвориться у вихідний (зазвичай електричний). Вихідний сигнал, будучи відображенням вхідного, тобто первинної фізичної величини, містить вимірювані характеристики. В результаті опрацювання вихідного сигналу вимірюють, а потім реєструють діагностичні параметри.

Назву методу звичайно встановлюють саме по тому фізичному процесу, який впливає на чутливий елемент вимірювального засобу

– первинного у вимірювальному ланцюзі елемента (тиск рідини – на мембрану; збільшення сили – на важіль вагового механізму; підвищення температури – на термопару; збільшення відстані – на шток індикатора; коливання блоку двигуна – на п'єзоелектричний елемент віброперетворювача).

Фізичний процес може носити інформацію про робочий процес ОД, тому він може мати декілька діагностичних параметрів, що відображають роботу і стан окремих складових частин об'єкта. Наприклад, фізична величина – тиск у трубопроводі високого тиску системи живлення (рис. 4.14). Під час роботи двигуна цей тиск змінюється. Фізичний процес його зміни за період T може мати вісім діагностичних параметрів, що характеризують роботу і стан основних деталей паливної апаратури (табл. 4.12).

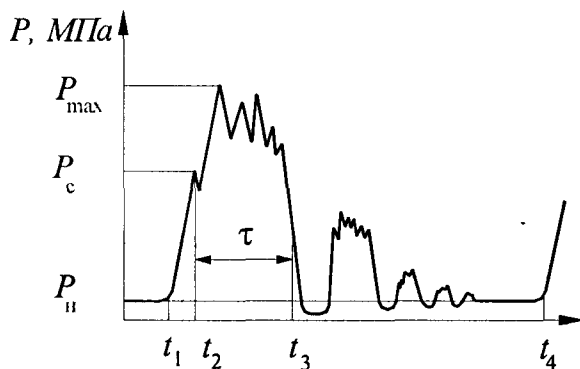


Рис. 4.14. Характер зміни тиску в паливпроводі дизеля від тривалості процесу: P_{max} – максимального, P_c – середнього, P_n – номінального; t_1-t_4 – моменти відповідних значень тиску; τ – тривалість впорскування

Стан деталей паливної апаратури дизельного двигуна можна визначити пневмогідравлічним методом діагностування з використанням електронної апаратури й вмонтованого в паливопровід мініатюрного первинного вимірювального перетворювача тиску.

Таблиця 4.12. Взаємозв'язок структурних і діагностичних параметрів паливної апаратури дизеля

Назва діагностичного параметра	Що характеризує
Залишковий тиск перед початком подачі палива	Стан нагнітального клапана і форсунки
Момент початку нагнітання палива	Стан кулачків вала паливної помпи, плунжера і розподільних шестірень
Тиск початку впорскування	Пружність пружини форсунки і знос торцевих поверхонь, на які опирається пружина
Момент початку впорскування	Стан приводу паливної помпи, паливопроводів високого тиску
Інтервал часу наростання тиску	Знос плунжерної пари насоса
Максимальний тиск	Регулювання пружини форсунки
Тривалість впорскування	Хід голки, пропускна здатність розпилювача
Інтервал часу спаду тиску	Стан плунжерної пари і пропускна здатність розпилювача форсунки

За швидкістю зміни фізичної величини під час вимірювання усі методи поділяються на діагностування з повільно- і швидкозмінним фізичними процесами. У **повільнозмінному процесі** постійно вимірюють фізичну величину, яка постійно змінюється. До таких величин відносяться всі структурні параметри, а також більшість характеристик робочих і допоміжних процесів, коли визначаються середні значення робочих параметрів: продуктивність, зусилля стиску, потужність під час гальмування на сталому режимі, витрати палива. У більшості відомих неавтоматизованих ЗД реалізовано методи вимірювання параметрів за повільнозмінного фізичного процесу з періодом змін від декількох секунд до десятків хвилин. За **швидкозмінного фізичного процесу** швидкість зміни діагностичного параметра є дуже високою – від часток мілісекунди до кількох секунд. До таких фізичних процесів можна віднести віброакустичні, процеси зміни кутового прискорення колінчастого вала, вала силової передачі під час розгону або зупинки, тиску палива, оливи. Методи діагностування швидкозмінного фізичного процесу реалізують за допомогою електронних ЗД.

Для вимірювання визначеного діагностичного параметра необхідний відповідний спосіб опрацювання вихідного сигналу для заданого режиму роботи ОД. В одному випадку потрібно виміряти середнє, в іншому – максимальне значення фізичної величини, а в третьому – момент досягнення заданого значення. У зв'язку з цією метою, у кожному методі використовується кілька способів діагностування.

Одним із найстаріших є **енергетичний спосіб діагностування**, заснований на вимірюванні потужності, або амплітуди вихідного сигналу. Діагностичним параметром при цьому може бути температура (перепад температур), тиск, шум, вібрація і багато інших фізичних параметрів. Сучасним розвитком енергетичних способів є інформаційна **частотна технологія**, що припускає виділення з вимірюваного сигналу складових у визначених частотних діапазонах і подальший енергетичний аналіз виділених складових. Енергетичний спосіб при використанні ОД на сталому режимі роботи служить для оцінки технічного стану механізмів і систем, які виробляють, передають, або споживають енергію. Існує декілька різновидів такого діагностування: **гальмовий, парціальний, диференціальний, безгальмовий**. Енергетичний спосіб застосовують, у першу чергу, для визначення технічного стану двигунів внутрішнього згоряння за параметрами потужності. **Гальмовий спосіб** дає змогу визначити ефективну потужність, яка оцінюється мірою механічної енергії, отриманої в результаті згоряння палива в циліндрах, за реактивною силою або гальмовим моментом під час гальмування на стенді. Фізична величина – робота, а діагностичний параметр – сила. Під час діагностування ДВЗ його режим роботи є сталий, сила – практично постійна. **Парціальний спосіб**, для якого якого ОД (наприклад, ДВЗ) працює з частиною виключених циліндрів, дає можливість випробувати його на стендах малої потужності. Він також характеризується стаціонарним режимом і постійним рівнем діагностичного параметра. **Диференціальний спосіб** діагностування за ефективною потужністю, за якого вимірюється відхилення потужності від номінального значення по окремих циліндрах, аналогічний парціально-

му. **Безгальмівний спосіб** (без стенду) передбачає створювати навантаження на циліндри двигуна, які працюють, за рахунок виключених. За потребою створюють додаткове навантаження, наприклад, дроселюванням випускних газів, або оливи в гідроприводі машини.

Віброакустичний метод діагностування базується на вимірюванні параметрів вібрацій. Під час експлуатації АТЗ їх елементи знають переміщень, які змінюються в часі (вібропереміщення). Причинами виникнення вібропереміщень можуть бути циклічні процеси (обертання роторів, валів, періодичні навантаження), власні коливання тощо. У загальному випадку вібропереміщення можна подати у вигляді накладених елементарних гармонічних коливань. В зв'язку з цим, основними параметрами вібрації є частота, віброприскорення, амплітуда, інтенсивність віброхвиль. Для задач технічної діагностики частота вимірюється у діапазоні 0-30 кГц залежно від чутливості вимірювальної апаратури; віброприскорення з верхньою межею вимірювань – 1000 м/с^2 ; амплітуда віброколивань – весь діапазон вібропереміщень; інтенсивність віброхвиль – весь діапазон переносу енергії за одиницю часу (Вт/м^2).

Віброакустичний метод діагностування використовують при сталому режимі роботи ОД. Зміну віброакустичних параметрів подають у виді періодичних загасаючих коливань.

Вібраційний метод має три різновиди. Одним з них є частотна технологія, що припускає виділення з вимірюваного сигналу складових у визначених частотних діапазонах і подальший енергетичний аналіз виділених складових. Технологія частотного аналізу використовується не тільки для контролю і діагностування машин, але й для їх аварійного захисту.

Іншим різновидом віброметоду є фазно-часова технологія, заснована на порівнянні форми сигналів, які вимірюються через фіксовані інтервали часу. Ця технологія успішно використовується для контролю стану машин зворотно-поступальної дії з декількома однаковими вузлами (циліндрами і поршнями), які навантажуються послідовно через однакові інтервали часу. Наприклад за формою сигналу вібрації двигуна автомобіля можна визначити якість роботи кожного з циліндрів. Порівняння форми сигналів з еталонною можна здій-

снювати за допомогою третього різновиду вібраційного методу – спектральної технології, заснованої на вузькосмуговому спектральному аналізі сигналів.

Перераховані вище інформаційні технології застосовувалися ще в XIX столітті для контролю працездатності парових машин. Лише остання, спектральна технологія, почала широко використовуватися в середині XX століття після створення відносно простих аналізаторів спектру сигналів різної природи.

Розвиток ЗД і обчислювальної техніки в останні роки дозволили частково розв'язати проблеми контролю та діагностики з використанням систем моніторингу машин і устаткування на базі розглянутих вібротодів. Такі системи, орієнтовані на неперервний контроль діагностичних параметрів конкретної машини, мають спеціальні режими адаптації на початковому етапі експлуатації, коли дефекти найчастіше відсутні.

Паралельно із застосуванням систем моніторингу на базі вже існуючих методів у багатьох країнах велись пошуки нових методів аналізу сигналів для розв'язання діагностичних задач. Так, у 1968 році фахівцями Швеції був запатентований метод, який дав початок технології ударних імпульсів, зокрема щодо технології діагностики підшипникових вузлів.

У 1978 році російськими вченими розроблено технологію для діагностування багатьох видів вузлів роторних машин, відому як технологія огинаючої кривої. Ця технологія набула широкого поширення у багатьох країнах. Суть її полягає в аналізі коливань потужності сигналу, що вимірюється. Вона може застосовуватися для високочастотного сигналу, потужність якого змінюється значно повільніше, ніж його період. Оскільки потужність сигналу визначається огинаючим значенням, ця технологія заснована саме на аналізі такої кривої високочастотного сигналу. На рис. 4.15 приведена форма високочастотного сигналу, а також спектр огинаючої, у якому чітко видно гармонійну складову, що зумовлює періодичну зміну потужності первинного сигналу.

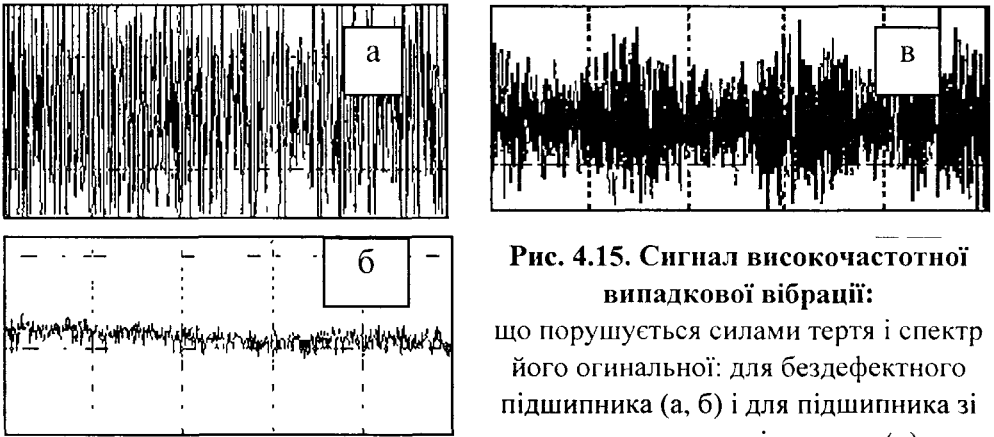


Рис. 4.15. Сигнал високочастотної випадкової вібрації:
що порушується силами тертя і спектр його оригінальної: для бездефектного підшипника (а, б) і для підшипника зі зносом поверхні кочення (в)

Найбільші успіхи методу огинаючої кривої, як і методу ударних імпульсів, досягнуті стосовно до задач діагностики підшипників кочення.

Основні методи віброакустичної діагностики розраховані на виявлення дефектів, які зароджуються у вузлах машин і устаткування. Дефекти, які виявляються за характером впливу на вібрацію і шум ОД можуть бути розділені на три основні групи. До першої відносяться дефекти, поява яких змінює характеристики коливальних сил, що є причиною виникнення вібрації і шуму. Другу групу становлять дефекти, що не змінюють характеристики коливальних сил, а лише механічні властивості вузлів, у яких вони діють. До третьої групи відносяться дефекти, які зумовлюють зміну механічних властивостей вузлів і конструкції, по яких поширюється вібрація.

Методи функціональної діагностики дають змогу ефективно виявляти дефекти першої групи. Методи тестової діагностики ефективніше працюють під час пошуку дефектів третьої групи. Дефекти другої групи можуть виявлятися методами як функціональної, так і тестової діагностики. Якщо ж дефекти мають властивості першої і другої груп, то для їх виявлення використовують методи функціональної діагностики. І, нарешті, дефекти всіх трьох груп на останніх етапах свого розвитку впливають на сигнали вібрації або шуму і тому можуть бути виявлені до моменту виникнення аварійної ситуації

системами моніторингу віброакустичного стану машин і устаткування.

На початковому етапі розвитку віброакустичної діагностики її найбільші успіхи були пов'язані з діагностикою деталей ЦПГ ДВЗ. Під час експлуатації АТЗ через визначені інтервали часу у двигуні формуються ударні імпульси, зумовлені особливостями згорання палива, роботою поршнів і клапанів. Порівняння, зумовленої удари, вібрації різних циліндрів за часом, формою й амплітудою дає можливість виявити дефекти ЦПГ, систем газорозподілу й запалювання. Це можна зробити за допомогою найпростішої апаратури, а саме, давача вібрації й осцилографа. Порівняння параметрів ударних імпульсів за формою між собою дає можливість досить просто діагностувати вузли, які є їх джерелом. Але одночасно ці імпульси вкрай утруднюють аналіз вібрації, що порушується іншими вузлами, наприклад, підшипниками колінчастого вала. Тому під час діагностування ДВЗ не обмежуються використанням лише віброакустичних технологій.

У подальшому вібродіагностика стала розвиватися у напрямку аналізу вібрацій, які збуджуються силами тертя. Сили тертя і, відповідно, збуджена ними високочастотна вібрація, у справних підшипниках являють собою випадкові процеси з постійною за час вимірювання потужністю. У разі виникнення дефектів поверхонь тертя з'являється періодична зміна потужності цих процесів, тобто з'являється амплітудна модуляція сил тертя і високочастотної вібрації.

Оптичні методи діагностування. Найпростішим способом виявлення несправностей деталей є візуальний огляд. У важкодоступних місцях він утруднений. Тому для виявлення дефектів у таких ситуаціях застосовують спеціальні оптичні прилади – технічні ендоскопи. Приклад застосування технічних ендоскопів в автосервісі – огляд і визначення технічного стану циліндрів двигуна й агрегатів трансмісії без попереднього розбирання (рис. 4.16).

Ендоскопія двигуна проводиться з метою якісної оцінки величини зносу і виявлення полумок у деталей циліндро-поршневої групи. Легко виявляються прогар і ушкодження клапанів, днищ поршнів,

головки блоку і прокладки головки блоку з боку камери згоряння. За слідами оливи на стержнях і тарілках клапанів, у камері згоряння, краях днища поршня встановлюють ступінь зносу поршневих кілець. Це далеко не повний перелік прикладів застосування оптичної ендоскопії у діагностиці технічного стану автомобіля.



Рис. 4.16 Приклади застосування оптичних методів (ендоскопії). а – вид підгорілого випускного клапана; б – вид справного випускного клапана; в – вид коробки передач

Застосування оптичних методів для діагностики автомобільних двигунів не обмежується ендоскопією. Спеціальні системи дозволяють заглянути у середину кожного циліндра працюючого двигуна і спостерігати за ходом процесу згоряння палива. Світлове випромінювання, що виникає при згорянні палива в циліндрах, несе величезну кількість діагностичної інформації. Його реєстрація і відповідне опрацювання дають змогу робити висновок про ступінь зношеності деталей, порушення у роботі систем керування двигуном, потребу відповідних регулювань конкретного двигуна.

В організації оперативного діагностичного контролю, оцінці рівня технічної експлуатації, технічного стану ОД важливе місце належить методам і засобам **аналізу відпрацьованої оливи**. Наприклад, аналіз проб оливи з картера ДВЗ і відкладень в оливоочисниках виконується з метою визначення кількісного вмісту продуктів зношування деталей, забруднень і домішок, які потрапляють в оливу і ззовні, а також елементів, що входять у паспортний склад оливи.

Концентрації заліза, алюмінію, кремнію, хрому, міді, свинцю, олова й інших характерних елементів в оливі дають змогу робити

висновки про швидкість зношування деталей. За концентрацією заліза в оливі, що відпрацювала, можна оцінити швидкість зношування гільз циліндрів, шийок колінчастих валів, поршневих кілець, за концентрацією алюмінію — про швидкість зношування поршнів тощо.

Складники ґрунтового пилу (кварц, кальцій, оксиди алюмінію тощо) характеризують стан повітряного й оливного фільтрів, а також стан і роботу оливоочисних пристроїв. Наприклад, погана робота повітроочисника, або порушення герметичності повітряного тракту спричинює проникнення в циліндри великої кількості абразивних часток, які зумовлюють різке зростання зносу деталей. За зміною вмісту елементів, що входять у первісний комплекс оливних присадок (барій, фосфор, сірка, молібден), можна оцінювати придатність оливи.

Збільшення зазорів від концентрації продуктів зносу з ростом пробігу АТЗ мають лінійний характер (рис. 4.17). Потрібно зазначити, що в однакових умовах експлуатації АТЗ до першого капітального ремонту рівень вмісту продуктів зносу в оливі нижчий, ніж для відремонтованих. Він залежить також і від сезонності роботи.

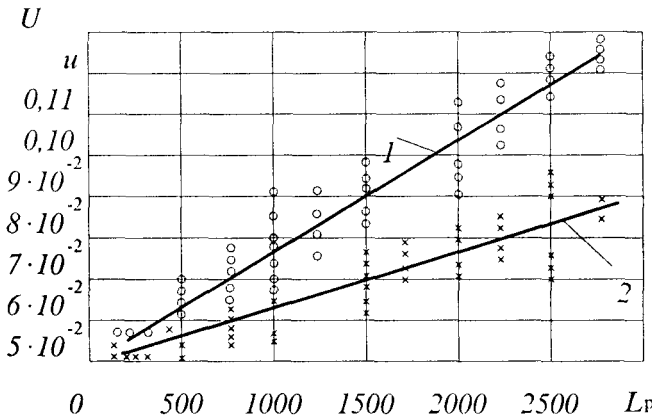


Рис. 4.17. Залежність концентрації U феромагнітних домішок в оливі коробки перемиї передач (%) від пробігу АТЗ L_p (км): 1 – механічна коробка передач; 2 – гідромеханічна коробка передач

Для кількісного визначення продуктів зносу у відпрацьованій оливі існує декілька методів: спектрального аналізу, калориметричні, індукційні, радіоактивні тощо. Практично найбільший інтерес представляють перших три. Відрізняючись високою інформативністю та універсальністю, метод спектрального аналізу за характерним спектром, який можна спостерігати під час спалювання проби оливи в зоні електричного розряду (прямий метод), дає змогу оцінювати вміст в оливі елементів зносу, сторонніх домішок, присадок. Спектри реєструються фотографуванням (спектрографи), або за допомогою фотоелементів (квантометри).

Для діагностування автомобільних двигунів застосовують прямі методи спектрального аналізу. Найбільшого поширення набув різновид його – метод обертового електроду. У цьому методі верхнім електродом служить графітовий стрижень, а нижнім – графітовий диск, що під час обертання захоплює оливу зі спектральної ванночки і подає в зону електричного розряду.

Фотоелектричні колориметри, наприклад, ФЭК-М дають змогу за оптичною густиною стандартного розчину і розчину, отриманого способом обробки проби оливи, що відпрацювала, оцінити вміст продуктів зносу. Метод вимагає спалення проби оливи упродовж 1,5-2 год., приготування початкових розчинів і відноситься до трудомістких. Перед проведенням аналізів будується тарувальний графік, за яким визначається оптична густина робочих розчинів. Для побудови тарувального графіку виготовляється еталонний розчин.

Останнім часом почали застосовувати прилади, засновані на принципах зміни показників індуктивності. Наприклад, індуктивний прилад, що працює за принципом індукційного моста, балансує при уведенні в середину котушок індуктивності пробірок з однаковим заповненням еталонними зразками оливи. Якщо потім в одну з котушок увести пробірку з оливою, що містить феромагнітні продукти зносу, то рівновага моста порушиться. Чим більше феромагнітних часток в оливі, тим більше змінюються показники індуктивності. Сигнал розбалансування моста підсилюється, а зміна індуктивно-

сті визначається стрілковим приладом, який градуують за еталонними зразками оливи з відомим вмістом заліза.

Для аналізу картерної оливи пробу відбирають, коли частки зносу знаходяться в завислому стані (на прогрітому і працюючому агрегаті), через отвір щупа за допомогою шприца. Якщо пробу беруть з оливної магістралі, то необхідно попередньо злити частину оливи (0,5-1л), а після відбору проби повернути зливу частину в картер. Періодичність відбору проб залежить від мети діагностування. Для контролю під час обкатування двигуна може бути взято кілька проб при переході з одного режиму обкатування на іншій.

Варто проводити аналіз оливи під час діагностування перед ремонтом АТЗ, або перед технічним обслуговуванням. Особливо важливим є аналіз відпрацьованої оливи під час ТО-2 коли виконують її планову заміну. У цьому разі можна оцінити вміст елементів зносу й у відкладеннях фільтрів.

Безгальмівні методи визначення тягових показників автомобільних двигунів за режимом діагностування класифікуються на статичні і динамічні. Принцип безгальмівних методів заснований на використанні як навантаження механічних втрат самого двигуна. У багатьох випадках для підвищення вірогідності діагностування застосовують довантаження двигуна, наприклад, способом дроселювання відпрацьованих газів у випускному тракті.

Найпростіші методи безгальмівного навантаження – за нерівномірністю обертання колінчастого вала ДВЗ, у тому числі метод навантаження за рахунок вимикання циліндрів. Останній знайшов найбільше застосування у засобах діагностування двигунів і системи електроустаткування легкових автомобілів.

Усе більшого поширення набуває динамічний метод оцінки тягових характеристик двигунів за кутовим прискоренням колінчастого вала, який вимірюється в режимі вільного розгону і зупинки. Його перевагами є простота, невисока вартість і низька трудомісткість діагностування. Ефективна потужність двигуна визначається за кутовим прискоренням колінчастого вала. Під вільним розгоном розуміють перехід двигуна, вільного від зовнішнього навантаження, з

режиму мінімально стійкої частоти обертання в режим максимальної частоти обертання колінчастого вала при різкому збільшенні до максимуму подачі палива в циліндри. У цьому разі ефективна потужність двигуна визначається з виразу

$$N_{\text{де}} = kJ\varepsilon\omega \quad (4.19)$$

де k – коефіцієнт пропорційності; J – зведений до осі колінчастого вала момент інерції всіх мас двигуна, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$; ε – кутове прискорення вала с^{-2} ; ω – кутова швидкість вала, за якої вимірюється ε , с^{-1} .

У наведеному виразі J та ω є постійними і відомими до проведення випробувань. Отже, ефективна потужність двигуна є пропорційною кутовому прискоренню колінчастого вала двигуна. У таких випробувальних приладах сигнал, пропорційний кутовому прискоренню, отримують, звичайно за допомогою електричного диференціювання сигналу давача частоти обертання колінчастого вала двигуна. Ним може бути давач верхньої мертвої точки, переривник-розподільник, генератор.

Основним показником технічного стану деталей ЦПГ прийнято вважати витрату картерної оливи. Однак, відсутність достатньо точного експрес-методу визначення цього показника не завжди дає змогу об'єктивно оцінювати зношеність деталей. Відомі й інші методи оцінки загального технічного стану деталей ЦПГ. До них відноситься, наприклад, вимірювання тиску газів у картері, за допомогою водяних манометрів; концентрації барвника бензину (червоного судану IV) у картерній оливі тощо. Однак, з їх допомогою не можна визначати технічний стан кожного циліндра окремо.

Найбільшого поширення набув метод визначення кількості газів, що прориваються в картер, і характеризують рівень зношеності деталей ЦПГ. Однак, через порівняно високий опір виходу газів з картера і, отже, за наявності в картері надлишкового тиску, частина газів іде в атмосферу через зношені манжети колінчастого вала й інші нещільності.

Витрата оливи і кількість газів, що прориваються в картер, є інтегральними оцінками технічного стану деталей ЦПГ. На практиці зустрічаються випадки порушення нормальної роботи окремих цилін-

дрів, що можуть спричинити вихід з ладу двигуна. Тому разом із загальною перевіркою ЦПГ необхідно перевіряти і стан кожного циліндра окремо тому, що нерідко спостерігаються поломки або закоксування окремих поршневих кілець, утворення подряпин на поверхнях окремих циліндрів тощо. Порівняльну оцінку технічного стану будь-якого із циліндрів можна дати за різницею між витратою газів, отриманою декомпресуванням, і середньою витратою газів, що одержана з декомпресування кожного з інших циліндрів. Якщо різниця буде незначною, то стан всіх циліндрів є однаковим. Якщо ж вона велика, то це свідчить про аварійний стан окремого циліндра.

Порівняльну оцінку технічного стану циліндрів можна провести також за рівнем компресії в них (тиску в кінці такту стиску). Однак при цьому необхідно враховувати нещільності клапанів ГРМ. У надмірно зношеного двигуна витік газів у картер при роботі на максимальному швидкісному режимі становить лише 3-4% від загальної витрати повітря двигуном. Тому тиск кінця такту стиску в даному разі падає незначно. Компресію рекомендується визначати при пускових обертах колінчастого вала: у цьому разі прорив газів у картер у зношеного двигуна становить 35-45% від загальної витрати повітря, а в нового двигуна – лише 10-12%.

Технічний стан кожного циліндра окремо рекомендують оцінювати і за нещільністю, обумовленою витокком повітря, яке подають під тиском у циліндр непрацюючого двигуна. Ця нещільність характеризується сумарною площею зазорів, через які проникає стиснене повітря з надпоршневого простору в картер двигуна. Вона залежить від зношеності деталей ЦПГ, клапанів ГРМ, прокладки і головки циліндрів. Виміряти нещільність окремих циліндрів, тому визначають сумарну нещільність, яку прийнято називати відносною. З цією метою застосовують пневматичні калібратори. За їх допомогою можна давати лише порівняльну оцінку технічного стану циліндрів. Вони легко виявляють задири робочої поверхні гільзи, поломку поршневих кілець, тріщини в гільзі, або на днищі головки, прогорання прокладки, обгорання тарілки клапанів.

Загальний недолік методів визначення технічного стану деталей ЦПГ – труднощі в оцінюванні ступеня зношеності окремих деталей, а, отже, і у прийнятті рішення щодо виду ремонту й обсягу ремонтних робіт. Ними характеризують технічний стан деталей ЦПГ в цілому, або в окремих циліндрах.

Для визначених режимів роботи однотипних двигунів за рівнем енергії вібрацій блоку циліндрів, що вимірюється поблизу в.м.т. у смузі частот коливання гільзи, можна визначити зазор між гільзою і поршнем. Недоліком цього способу вважають неможливість встановлення зносу поршневих кілець, а також труднощі відділення корисних сигналів від завад, що виникають від інших джерел коливань. Нагар і відкладення смол у зоні поршневих кілець знижують силу удару поршня до гільзи, що впливає на точність показів віброакустичних приладів.

За параметрами вібрацій можна визначати знос поршневих кілець за висотою. Під час обертання колінчастого вала кільця, пересуваючись у канавках поршня під впливом сил інерції, вдаряються об стінки канавок і вібрують. Потужність вібрації кілець при визначеному швидкісному режимі роботи двигуна пропорційна зазорам між кільцями і канавками.

Кожен з відомих типів систем запалення (контактна, безконтактна, мікропроцесорна) має свій набір давачів і виконавчих пристроїв. Вимірювання первинної напруги на котушці в усіх системах і, відповідно, методи діагностики є дещо різним. Але форма вторинної напруги, незалежно від системи, є однаковою. Виняток становить мікропроцесорна система, у якій до однієї котушки підключаються дві свічки запалення. У цьому разі, загальна картина є іншою. Але, якщо розглядати один з імпульсів мікропроцесорної системи, то він за формою не буде відрізнятися від імпульсів інших систем (рис. 4.18).

Для того, щоб дослідити вторинну напругу, необхідно підключити давач напруги до високовольтного провідника. Якщо потрібно дослідити імпульс на одному циліндрі, то давач підключають до провідника цього циліндра. Якщо всі циліндри відразу, то давач

підключають до центрального високовольтного провідника (між котушкою і розподільником запалювання).

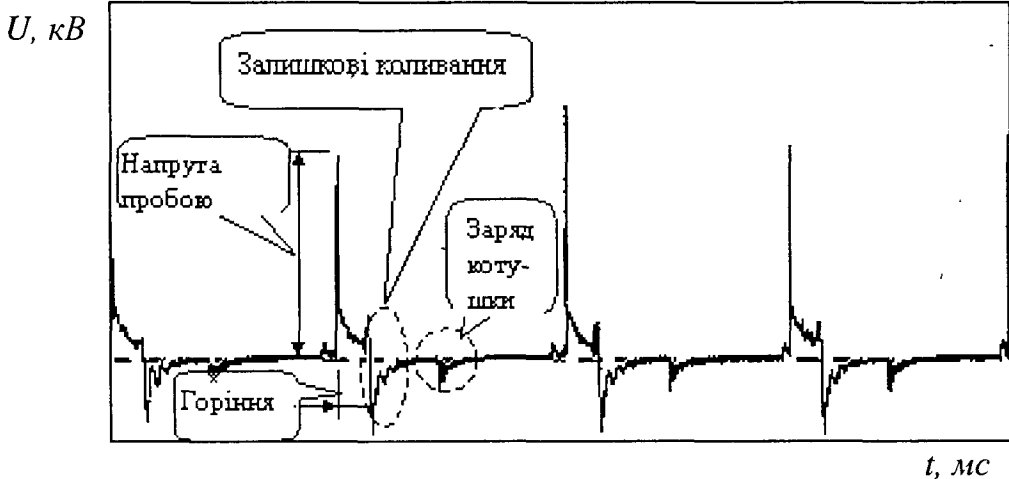


Рис. 4.18. Осцилограма імпульсів напруги вторинного кола системи запалення

У мікропроцесорних системах проконтролювати первинну напругу на котушці неможливо тому, що виводи котушки недоступні. Можна лише простежити низьковольтні команди, що йдуть від контролера до модуля. Вхід модуля необхідно розглядати як вхід комутатора. Такі модулі застосовуються, наприклад, в автомобілях ВАЗ-2110. Якщо мікроконтролер має силові вихідні частини для підключення котушок (автомобілі ГАЗ-3110), то можна простежити первинну напругу подібно, як у безконтактній системі запалювання (див. рис. 4.18). На два оберти колінвала є два імпульси первинної напруги. Усі дефекти іскроутворення є такими ж як і в безконтактній системі.

Система живлення дизелів вимагає особливої точності встановлення діагнозу, оскільки більшість несправностей дизельних ДВЗ виникають через дефекти зношування прецизійних деталей паливної апаратури. Зноси мають різний характер, відповідно до умов роботи деталей, якості палива. Це впливає на стійкість роботи дизеля, особливо на яловому ході.

Визначальним видом зношування є гідроабразивне. У паливі завжди є тверді механічні частки. Сучасні фільтри тонкого очищення палива не в змозі відокремити частки менші 0,002 мм. Передбачений технологією відстій палива не завжди здійснюється в умовах експлуатації, а частки менші 0,001 мм утримуються у паливі у зваженому стані навіть після тривалого відстою. В результаті зносу плунжерних пар знижується циклова подача і росте нерівномірність паливоподачі секціями помпи. Це погіршує техніко-економічні показники дизеля, збільшує вібрацію, викликає інтенсифікацію зносу. Надмірні зноси приводять до погіршення якості впорскування палива. У цьому разі дизель стає непрацездатним. Тому періодично паливні помпи дизелів підлягають діагностуванню і регулюванню на стаціонарних стендах. Щоб встановити, які елементи апаратури впливають на стабільність її роботи, на практиці розглядають осцилограми процесу впорскування. Осцилограми отримують під час дослідження паливоподачі за допомогою осцилографів, давачів тиску і підсилювачів. На рис. 4.19 показана осцилограма одиничного впорскування, на якій записана зміна тиску в штуцері помпи (4), у порожнинах форсунок (1), переміщення голки розпилювача (3), характеристика впорскування (2). Фіксуються: максимальний тиск у штуцері помпи ($P_{ш.маx}$), форсунці ($P_{ф.маx}$), тривалість проходження імпульсу тиску від помпи до форсунки (t_1); тривалість спаду тиску в нагнітальній порожнині (t_2); максимальний тиск першого сплеску ($P_{всп.маx}$). Таруючи давачі перед дослідженням та використовуючи тимчасові оцінки осцилографа, опрацьовують осцилограми й отримують відносно точну уяву про величини діагностичних параметрів і закономірності їх зміни.

Діагностування системи живлення бензинових двигунів здійснюють за параметрами: питома витрата палива, подача паливної помпи, вміст шкідливих компонентів у відпрацьованих газах. Сучасні системи впорскування бензину є так інтегровані з іншими системами двигуна (запалення, охолодження, подачі повітря), що визначити їх технічний стан за названими параметрами неможливо. З цією метою застосовують загальне діагностування ДВЗ, або самодіагностику на основі кодів несправностей.

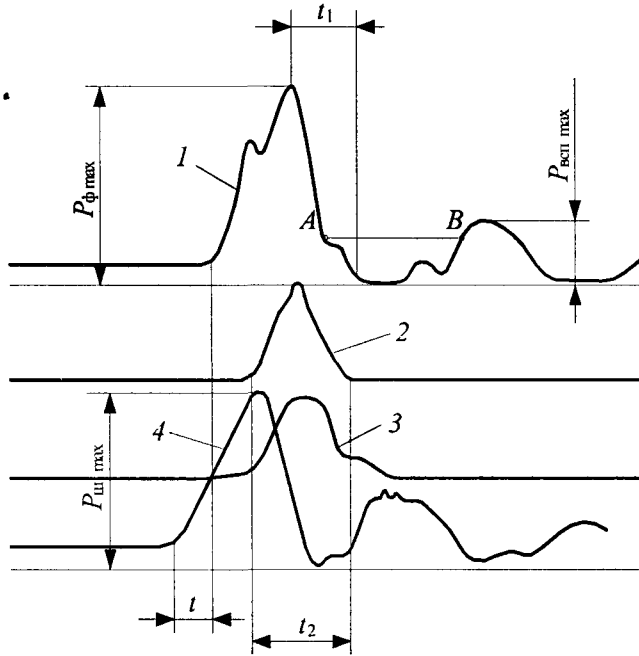


Рис. 4.19. Приклад осцилограми впорскування на дизельному двигуні

Питання для самоконтролю

1. Прокласифікуйте методи діагностування автомобілів.
2. У чому полягають переваги та недоліки органолептичних методів, порівняно з інструментальними?
3. Зміст енергетичних методів діагностування.
4. Назвіть різновиди вібраційних методів діагностування.
5. Наведіть приклади систем, агрегатів чи вузлів автомобілів, для яких можна застосувати вібраційні методи діагностування. Які параметри при цьому вимірюють?
6. Які переваги і недоліки оптичних методів діагностування?
7. Яку інформацію містять результати аналізу відпрацьованих олив?
8. В чому полягає спільний принцип застосування усіх безгальмівних методів?

4.6. Перспективи розвитку технічної діагностики

Розвиток СД тісно пов'язаний із сучасними концепціями автомобільних фірм щодо конструкцій та використання АТЗ. Незважаючи на їх розмаїття, концепції підпорядковуються єдиному закону – автомобіль не повинен чинити найменшого шкідливого впливу на природне довкілля, а повинен бути енергоощадним, високонадійним. Наприклад, автомобілі фірми Volvo досягли такого рівня якості, що за належного їх використання пробіг до капітального ремонту становить для окремих моделей близько 1,5 млн. км. Цього досягнуто за рахунок застосування новітніх матеріалів деталей, експлуатаційних рідин. Для зниження вірогідності поступових відмов, залежно від технічного стану в мастила двигунів, трансмісії, ходової частини автомобілів вводять протизносні присадки – ревіталізанти, які регенерують зношені спряження і підвищують їх ресурс. Збільшення періодичності ремонтно-обслуговувальних дій та їх загального обсягу висуває гостріші вимоги до діагностичної інформації: вона повинна бути вірогіднішою, обширнішою і надходити з меншою дискретизацією. Сучасні стаціонарні засоби діагностування (стенди, мотор-тестери) не спроможні задовольнити ці потреби, так само, як і більшість бортових СД. Ідеться, очевидно, про майбутню інтелектуалізацію ЗД – їх спроможність розв'язувати задачі, які до цього часу їм не зустрічались, зберігати діагностичну інформацію, вміти прогнозувати діагнози.

Призначенням системи самодіагностики, яку називають бортовою діагностикою, є зниження шкідливих викидів з випускної системи автомобіля. Самодіагностика є основою керування двигуном, з допомогою якої забезпечуються оптимальні умови його роботи. Перша система керування двигуном, відома як Bosch Motronic була розроблена і встановлена на автомобіль BMW 732i у 1978 році. Ідея системи керування полягає в тому, що встановлений на автомобілі електронний блок керування (ЕБК) постійно стежить за режимом роботи двигуна і коректує його параметри так, щоб у будь-який момент двигун працював щонайкраще. Надалі у ЕБК було

введено функції самодіагностики, які дали можливість водію, або автомеханікові стежити за технічним станом двигуна і визначати несправності, які важко ідентифікувати іншим способом. Цього досягнуто за рахунок оснащення ЕБК мікропроцесором з пам'яттю і базою даних. Тепер інформація про несправності може бути збережена у пам'яті комп'ютера і виведена з нього за потребою. На одних автомобілях система самодіагностики повідомляє водія про несправність, на інших вона може повідомляти код несправності у вигляді серії спалахів сигнальної лампи. Уперше система самодіагностики Bendix Digital була встановлена в 1981 році на автомобілі Cadillac.

Інтенсивний розвиток систем керування двигуном протягом 80-90-х років призвів до того, що ЕБК, яким стали оснащуватися сучасні автомобілі, лише віддалено нагадують ранні прототипи. Під керуванням і діагностичним наглядом ЕБК зараз працює не тільки система керування двигуном, але й автоматична трансмісія, і антиблокувальна система гальмування, допоміжне устаткування (наприклад, повітряні подушки безпеки). У ЕБК введена адаптивна функція, що може коректувати базу даних і програму керування відповідно до поточного стану двигуна.

Система самодіагностики перевіряє відповідність рівня сигналів ЕБК їх еталонним аналогам, які закладені у пам'ять. Якщо рівень сигналу виходить за допустимі межі, БЕК трактує це як несправність і заносить у пам'ять спеціальне повідомлення. Ці повідомлення можуть бути викликані з пам'яті у вигляді кодів несправностей, важливих для діагностики.

Починаючи з 1988 року встановлено три основних критерії, яким повинна задовольняти система самодіагностики. Перший – автомобіль повинен бути оснащений системою самодіагностики. Другий — про виникнення будь-яких несправностей, які можуть викликати підвищення токсичності відпрацьованих газів ДВЗ, водій повинен бути інформований сигнальною лампою на панелі приладів. Третій – інформація про несправність повинна бути зафіксована і збережена у пам'яті ЕБК з можливістю її виведення за

допомогою зчитувача кодів або пристрою з миготливою лампою. З 1988 по 1991 рік Міжнародна Організація Стандартизації (ISO) оновила стандарт 9141 на 9141-2, у якому відповідними правилами упорядковано конструкцію діагностичного роз'єму, діагностичне устаткування та ділянку його застосування, зміст протоколів, межі обміну даними. Ці правила були розроблені стосовно американських автомобілів. З ними погодилися і прийняли в себе уряди Європейських та інших країн. Жорсткіші вимоги були покладені в основу нової системи OBD II, яка була введена, починаючи з моделей випуску 1994 року. З 1996 року ці вимоги були поширені і на дизелі. Система OBD вводить наступні додаткові вимоги: попереджувальна лампа на панелі приладів наділена миготливою функцією; контроль функцій і елементів системи не тільки на предмет їх несправності, але й у зв'язку із впливом на склад відпрацьованих газів. Виведення кодів несправностей, які містяться в пам'яті виконується за допомогою сканера замість сигналів миготливої лампи. Моніторингові функції системи також були розширені і змінені. Система OBD II вимагає контролю таких додаткових елементів і ділянок: процесу згоряння; каталітичного перетворювача; давача кисню; системи подачі повітря; системи уловлювання парів палива; системи рециркуляції відпрацьованих газів.

Стандарти ISO, SAE та неурядові екологічні організації США виступають за жорсткіші правила технічної експлуатації автомобілів. Організація "Чисте повітря" , наприклад, внесла в уряд стандарт CARB (ISO 9141) як основу збереження навколишнього середовища і здоров'я людей. Європейські виробники автомобілів очікують появи європейського стандарту, який посилить правила ISO 9141-CARB і буде містити в собі більшість положень OBD II з деякими доповненнями.

Самодіагностика – це система, яка постійно тримає під контролем сигнали різних давачів і виконавчих механізмів системи керування двигуном. Ці сигнали порівнюються з їхніми контрольними значеннями, що зберігаються в пам'яті бортового комп'ютера. Набір таких контрольних значень може бути різним у різних автомобілях та їх моделях. Він може включати в себе допустимі межі

параметрів, допустиму кількість помилкових сигналів за одиницю часу, неправдоподібні сигнали, сигнали, які виходять за допустимі межі тощо. При виході сигналу за межі контрольних значень ЕБК кваліфікує цей стан як несправність, формує в пам'ять відповідний код.

Ранні конструкції систем самодіагностики були здатні формувати і зберігати лише невелику кількість кодів. Сучасні системи можуть генерувати і зберігати понад 100 кодів та здатні збільшити їх кількість у міру того, як програмне забезпечення бортових комп'ютерів навчиться виділяти нові ситуації. Щоб уникнути появи занадто великої кількості кодів, що утруднить пошук несправності, ЕБК перейде в режим з обмеженим керуванням (“limp home” – “кульгай додому”).

Система самодіагностики ще не досягли такого ідеального стану, за якого можна було б цілком покластися на їх інформацію. Адже код не може з'явитися в тих випадках, коли для яких-будь давачів програмним забезпеченням не передбачено відповідного опрацювання інформації. Так, системою самодіагностики не охоплені механічні ушкодження двигуна, вторинне коло системи запалення та інші. Код вказує тільки на несправну ланку. Наприклад, код, який вказує на несправність кола давача температури охолоджувальної рідини, може означати несправність як самого давача, так і пов'язаних з ним провідників або електричних роз'ємів.

Діагностичні системи деяких автомобілів можуть фіксувати випадкові збої, а на інших автомобілях системи таких збоїв не фіксують. У деяких системах коди несправностей зникають при вимиканні запалювання.

Код несправності дає змогу досвідченому механікові швидко знайти й усунути відмови. Разом з тим, відсутність кодів не означає відсутність несправностей, тому, незважаючи на наявність системи самодіагностики, потрібно ретельно дотримуватися звичайних правил діагностики і технічного обслуговування автомобіля. Хибною вважається думка, що такі функції можуть виконувати лише бортові ЗД. Без зовнішнього засобу сприйняття й опрацювання діагностичної інформації тут не обійтись. Зокрема, розроб-

ники нової діагностичної системи OBD-III склали концепцію свого продукту, згідно з якою нова бортова система буде пов'язана із стаціонарним центром керування технічним станом автомобіля, який буде розміщений у дилера. Ділер, у свою чергу, зможе оперативно втрутитися в експлуатацію автомобіля, якщо помітить шкоду, яку він чинить довкіллю. Оскільки автомобілі є найбільшим за продуктивністю джерелом забруднення довкілля, тому вимоги до конструкцій автомобілів стають щораз жорсткішими. Стосовно ЗД ця вимога відбивається на точності й багатofакторності діагностичних вимірювань, особливо щодо газоаналізаторів, витратомірів, гальмівних стендів. Вимоги точності можуть забезпечити ЗД, які використовують нові принципи дії: лазерні промені, оптиковолоконні, вібраційні, акустичні, термофізичні, надпровідникові. Для опрацювання, зберігання, передачі інформації використовуватимуться комп'ютерні термінальні пристрої, мікропроцесори, програми, які характеризуються інтелектуальними можливостями. Зокрема, останнім часом все ширшого використання в технічній діагностиці набувають алгоритми, що базуються на програмуванні штучних нейронних мереж за аналогією вищої нервової системи людини, використанні нечітких методів та генетичних алгоритмів. У сукупності ці три кібернетичні сфери дають можливість побудувати інтелектуальні діагностичні системи.

Незважаючи на розмаїття моделей автомобілів, можна відмітити тенденцію до параметричної та структурної їх стандартизації. Стосовно ЗД це означає, що міжблокові діагностичні роз'єми, структура сканувальних пристроїв, набір діагностичних параметрів та множина можливих діагнозів сходяться до уніфікації. Наприклад, діагностичні роз'єми, коди несправностей, набори діагностичних параметрів OBD-II зводяться до єдиного виду, що дає змогу діагностувати різномаркові автомобілі з використанням універсальних сканерів, отримувати вірогідну інформацію про технічний стан і приймати на основі цього правильні рішення.

Питання для самоконтролю

1. Основні напрями “інтелектуалізації” засобів діагностування.
2. Що таке самодіагностика і які функції покладені на систему самодіагностики автомобілів?
3. Які особливості систем OBD II, OBD III?
4. Що розуміють під параметричною і структурною стандартизацією бортових систем діагностування АТЗ?

ТЕХНОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОГО 5 ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ПОТОЧНОГО 5 РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

5.1. Класифікація об'єктів виробничої бази ТО та ПР

Підприємства автомобільного транспорту за виробничими функціями поділяються на автотранспортні, автообслуговуючі та авторемонтні. До перших двох груп відносяться підприємства, які виконують перевезення та підтримання працездатності АТЗ під час експлуатації, до третьої – підприємства, які забезпечують відновлення повністю або частково втраченої працездатності та справності і ресурсу АТЗ.

Не зважаючи на певну умовність, такий поділ набув конкретного змісту, згідно з яким у сучасну номенклатуру перших двох груп підприємств входять: автотранспортні підприємства (АТП), виробничі об'єднання автомобільного транспорту (ВОАТ), територіально-виробничі об'єднання автомобільного транспорту (ТВОАТ), автооб'єднання або автокомбінати, станції технічного обслуговування (СТО), заправні станції, а також підприємства з обслуговування вантажів, пасажирів та туристів. До авторемонтної групи підприємств належать заводи, майстерні і цехи з капітального ремонту автомобілів, їх агрегатів, відновлення деталей, механізмів тощо.

Призначення АТП обумовлено наступними ознаками:

- виконання перевезень вантажів або пасажирів.
- технічне обслуговування автомобілів.
- поточний ремонт автомобілів.
- постачання АТЗ експлуатаційними матеріалами.
- зберігання АТЗ.

Суміщення усіх названих виробничих функцій в одному підприємстві не завжди доцільне, оскільки не для усіх умов воно забезпечує необхідний виробничий та економічний ефект. Тому набули поширення і виправдали себе спеціалізовані підприємства: станції та бази централізованого технічного обслуговування, шиноремонтні заводи, спеціалізовані майстерні з ремонту двигунів, ходової частини, вулканізаційні, діагностувальні, електротехнічні, кузовні тощо, гаражі-стоянки.

АТП і ВОАТ мають самостійні виробничо-технічні бази (ВТБ) і можуть надавати послуги з ТО та ПР автомобілів, здавати в оренду виробничі площі, обмінювати або надавати у тимчасове використання іншим підприємствам транспортні засоби та устаткування, списувати їх з балансу або продавати.

У структурі ВОАТ можуть бути промислові, експлуатаційні, ремонтно-будівельні філії, проектно-технологічне бюро з дослідним виробництвом. Це забезпечує більшу оперативність у роботі об'єднання, і є передумовою роздержавлення і самостійності всіх підрозділів.

Автообслуговуючі підприємства виконують ЩО, періодичні ТО та ремонт автомобільної техніки, можуть тимчасово зберігати її та заправляти експлуатаційними матеріалами. Залежно від призначення ці підприємства поділяються на:

- виробничо-технічні комбінати (ВТК);
- спеціалізовані автоцентри (САЦ);
- бази централізованого технічного обслуговування (БЦТО);
- стоянки та автозаправні станції (АЗС).

До автомобільних стоянок відносять прибудинкові, квартальні і районні стоянки, а також мотелі, які функціонують поблизу великих міст; літнього типу автостоянки (кемпінги), дислоковані в місцях масового відпочинку. Гаражі призначені для зберігання АТЗ, частково технічного обслуговування та дрібного ремонту. За способом зберігання АТЗ гаражі поділяються на гаражі з відкритим зберіганням та з частковим або повністю закритим зберіганням. Виходячи з кліматичних умов регіону, територіального розміщення АТЗ й еко-

номічних критеріїв доцільним вважається, відкрите зберігання близько 80 % вантажних автомобілів та до 20 % автобусів і легкових автомобілів-таксі.

Станції технічного обслуговування призначені для разового виконання технічного обслуговування і поточного ремонту окремих автомобілів як приватних, так і державних підприємств. Станціям обслуговування надаються торгові функції з продажу автомобілів, запасних частин, експлуатаційних матеріалів тощо. Міські станції обслуговують, в основному, приватні автомобілі, а придорожні надають невідкладну технічну допомогу й обслуговування будь-яким автомобілям.

У містах поряд із станціями, які виконують весь комплекс профілактичних обслуговувань і дрібні ремонти, можуть бути вузько-спеціалізовані станції, які виконують лише окремі елементи цих РОД.

Крім придорожніх станцій загального користування на автомобільних дорогах регулярного пасажирського або вантажного сполучення великої протяжності (автомагістралі), створюють пункти технічної допомоги і пункти автомобільного сервісу. Вони відносяться до підприємств системи „Укрінтеравтосервіс”, є різновидом придорожніх станцій і призначені для АТЗ автотранспортних підприємств, які працюють на цьому напрямку, а також АТЗ на міжнародних перевезеннях.

Заправні станції призначені для забезпечення автомобілів експлуатаційними матеріалами і належать до торгівельних підприємств автомобільного транспорту. На станціях заправляють автомобілі паливом, дозаправляють оливою, охолоджувальною рідиною і підповнують шини повітрям. Крім цього, на станціях продають різноманітні мастильні матеріали, дрібні автомобільні деталі й пристрої. У деяких випадках станції забезпечують водіїв та пасажирів харчуванням, а автомобілі найпростішими операціями технічного обслуговування (миття, прибирання, полірування).

Мотелі служать для надання автотуристам комфортних умов для нічного та тривалого відпочинку й послуг з обслуговування автомо-

білів. Їх споруджують при головних автомобільних дорогах, а також поблизу великих міст. Мотелі являють собою комплекс, у який входять готель, майданчики для стоянки автомобілів (відкриті, інколи закриті), станції обслуговування автомобілів та автозаправні станції.

Кемпінги надають автотуристам належні умови для відпочинку та самообслуговування АТЗ на лоні природи. Вони споруджуються у мальовничих місцях, мають упорядковану територію з розпланованими ділянками для облаштування наметів і стоянок для автомобілів поблизу них. Тут споруджено мінімальний комплекс постійних будівель: контора, продуктовий магазин, павільйон, туалети, їдальня, душові, умивальники, прокатні пункти.

Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту повинна забезпечувати матеріальні умови для виконання усіх різновидів робіт, регламентованих системою ТО та ремонту. Ефективність технічної експлуатації автомобілів у значній мірі визначається таким чинником як стан та рівень розвитку ВТБ. Виробничо-технічна база повинна передбачати можливість: підвищення рівня її матеріально-технічного забезпечення; оптимізації потужності та структури; оптимізації пропускної здатності та типізації засобів обслуговування; підвищення рівня механізації, автоматизації та роботизації технологічних процесів, спеціалізації та кооперації підприємств. Виробничо-технічна база підприємства включає в себе будівлі, споруди, технічні засоби для зберігання, технічного обслуговування та ремонту автомобілів.

Будівлі та споруди ВТБ комплексного АТП за структурою приміщень поділяється на три основних групи: виробничо-складські, зберігання АТЗ, допоміжні (рис. 5.1). У **виробничо-складські** приміщення входять зони ТО та ПР, виробничі дільниці, склади, а також технічні приміщення енергетичних та санітарно-технічних служб. Для невеликих підприємств деякі дільниці з однорідним характером робіт, а також окремі складські приміщення можуть бути об'єднані.

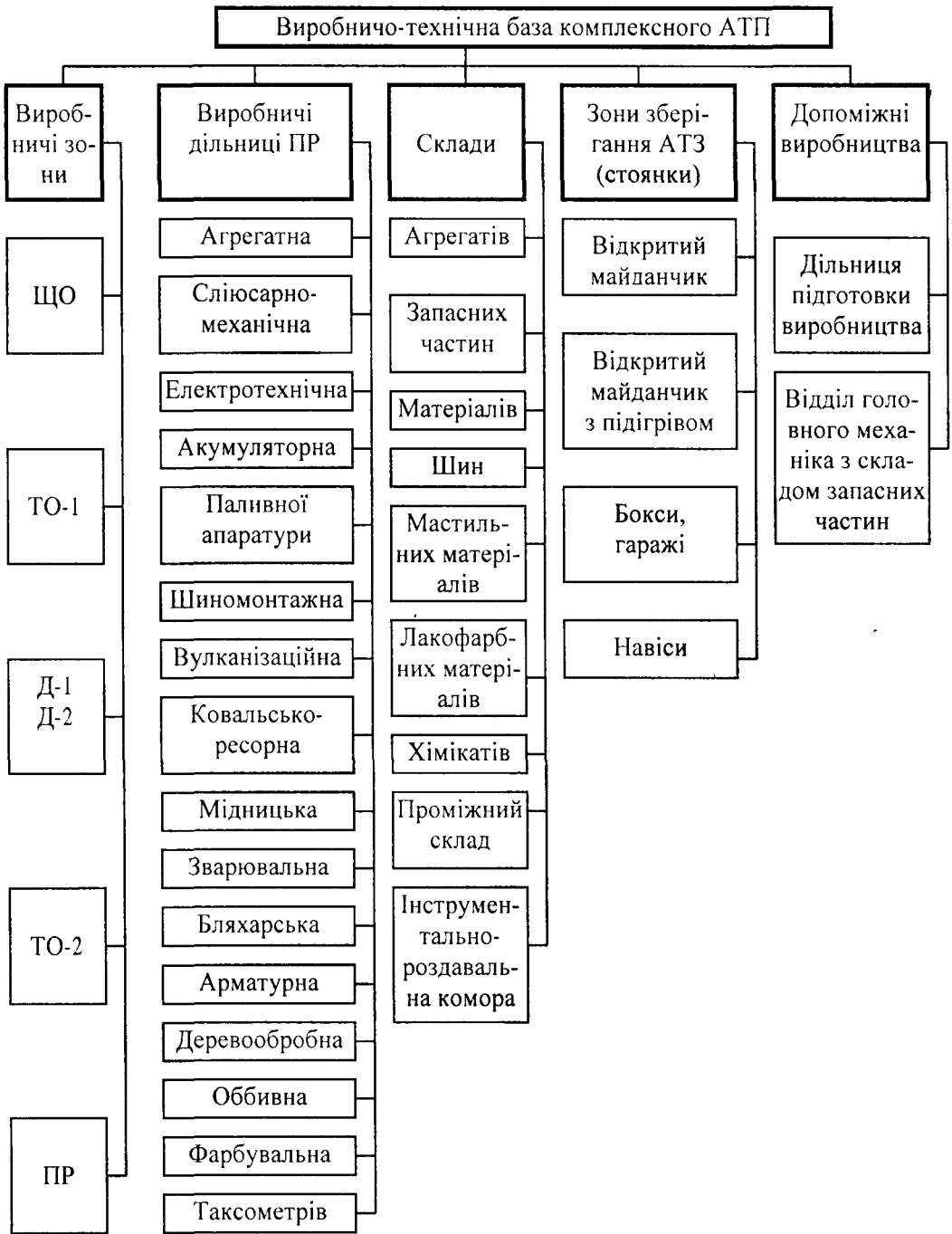


Рис. 5.1. Структура виробничо-технічної бази комплексного АТП

У зоні зберігання АТЗ крім зберігання автомобілів у міжзмінний час, проводиться їх щоденна підготовка до роботи на лінії (рис. 5.2).

Території відкритого зберігання автомобілів повинні мати тверде покриття з ухилом не менше 1 %, оснащуватись засобами теплової підготовки двигунів – повітропідігрівачами, газовими пальниками інфрачервоного випромінювання, електропідігрівачами, паропідігрівачами тощо. Будівлі для закритого зберігання автомобілів можуть бути одноповерховими (для вантажівок та автобусів) або багатоповерховими гаражами-стоянками (для легкових автомобілів) манежного чи боксового типу. В багатоповерхових гаражах-стоянках для сполучення між поверхами передбачаються рампи або похилі перекриття з ухилами до 24 %, а також ліфти.

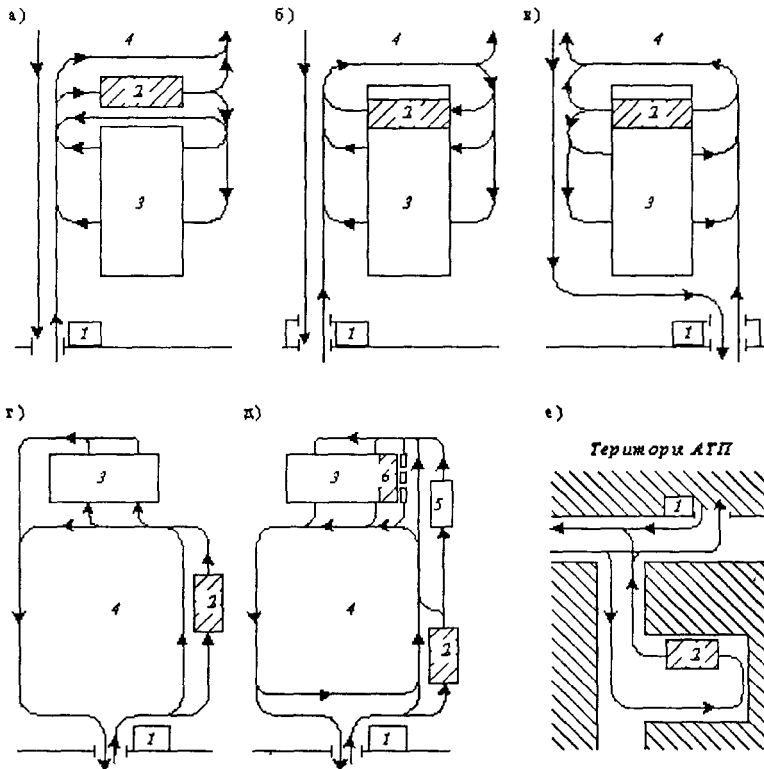


Рис. 5.2. Варіанти розміщення будівель та споруд ВТБ на території АТП:

а, г, д, е – розміщення корпусу для прибирально-мийних робіт окремо від головного корпусу; б, в – розміщення зони прибирально-мийних робіт у середині виробничого корпусу; 1 – контрольно-технічний пункт; 2 – будівля (зона) прибирально-мийних робіт; 3 – головний виробничий корпус з основними виробничими приміщеннями; 4 – зона відкритої стоянки автомобілів; 5 – корпус діагностики; 6 – зона технічного обслуговування

До зони зберігання належить і **контрольно-пропускний пункт (КПП)**, який розміщується відокремлено під навісом або в окремій будівлі з оглядовою канавою у місці заїзду автомобілів на територію підприємства (рис. 5.2). На КПП чергові механіки контролюють технічний стан АТЗ перед виїздом на лінію, насамперед його систем, що забезпечують безпеку руху.

Безпосередньо із зоною зберігання АТЗ межує корпус для виконання **прибирально-мийних робіт** (див. рис. 5.2). Відокремлене розміщення цього корпусу (з зоною ЦО) на території підприємства набуло найбільшого поширення, оскільки виключає появу сирості в інших приміщеннях з одночасним раціональним розміщенням її позицій для забезпечення нормального ходу технологічного процесу.

Серед допоміжних приміщень – це приміщення насосної та очисних споруд, обтиральних матеріалів, сушіння спецодягу тощо. Для ефективного використання обладнання корпусу прибирально-мийних робіт, можна застосовувати варіант з виносом його за межі території підприємства. Це дозволяє використовувати її (в певні години) для автомобілів приватних підприємств та індивідуальних власників (рис. 5.2 е).

Діагностувальні операції виконуються на **дільницях або постах діагностування**. При розташуванні їх враховують вимоги та послідовності технологічного процесу, а також те, що на відносно невеликих підприємствах усі засоби діагностування можуть бути зосереджені на одній дільниці. На великих підприємствах обладнуються окремо зона Д-1 та зона Д-2 з постами (непроїзними чи проїзними або потоковими лініями). Варіант окремого розміщення будівлі з постами діагностування та постами обслуговування (профілакторій) наведено на (рис. 5.2 д). Допоміжні приміщення тут використовують для обслуговування стендів та приладів, операторської, машинного відділення.

Зони ТО-1 у середніх та великих підприємствах оснащуються потоковими лініями з конвеєрами для безмоторного пересування автомобілів. Для автобусних АТП характерні наступні варіанти зон ТО-1: непроїзні пости; двопостова потокова лінія без конвеєра; дво- і трипостова потокова лінія з конвеєром; дві паралельні трипостові

лінії. Для легкових автомобілів може застосовуватись варіант з використанням роторно–кільцевої платформи. У допоміжних приміщеннях зони виконують паливні, акумуляторні, електротехнічні та шиномонтажні роботи, у них розміщені також склади для зберігання мастильних матеріалів, шин, проміжний склад. Зону ТО-1 та ЩО з допоміжними приміщеннями іноді об'єднують в окремо розташованій виробничій будівлі – профілакторій АТП.

Зони ТО-2, залежно від прийнятого способу виробництва, розміщуються у головному виробничому корпусі паралельно з лінією ТО-1 за потокового методу, або сумісно із зоною ПР в загальному приміщенні за обслуговування АТЗ на постах непроїзного типу. Пости зони розташовують у найбільш освітленій частині будівлі – уздовж зовнішньої освітленої стіни. Крім допоміжних приміщень, що входять до зони ТО-1, додатково використовуються приміщення для агрегатних, бляхарських, зварювальних робіт, а також для зберігання запасних частин та агрегатів. З метою економії виробничих площ, роботи з ТО-2 можуть виконуватись на поточкових лініях ТО-1 за додаткового оснащення їх обладнанням та за дотримання умови доцільності виконання цих робіт на потоці. У разі використання на підприємстві причіпів, напівпричіпів або спарених автобусів частина постів ТО-2 повинна бути проїзною із окремими воротами.

Зони поточного ремонту розташовується, як правило, у відособленій будівлі (головному виробничому корпусі) та оснащуються як оглядовими канавами, так і підйомниками різних типів. Зону ПР можна також розміщувати у загальному приміщенні з постами зон ТО-1 та ТО-2, а за потокової організації робіт з обслуговування – в окремому приміщенні. Зона оснащується, в основному, устаткуванням для виконання демонтажно-монтажних робіт. Додатково до постів власне зони ПР окремо облаштовуються ряд спеціалізованих постів у відділеннях – зварювальному, фарбувальному, кузовному шиномонтажному тощо.

Поточний ремонт АТЗ та їх агрегатів виконують у **виробничих дільницях**, які можуть бути об'єднані у майстерні АТП. У більшості виробничих дільниць (агрегатна, слюсарно-механічна, електротече-

хнічна, паливної апаратури, ковальсько-ресорна, мідницька, акумуляторна, шиномонтажна та вулканізаційна) ремонтують агрегати, вузли та деталі, зняті з автомобілів у зоні ПР. Другу групу становлять виробничі дільниці (арматурно-кузовна, деревообробна, оббивна, фарбувальна, зварювальна), роботу яких організують незалежно від зони ПР. У цих дільницях розміщені, як правило, робочі пости для виконання робіт безпосередньо на автомобілях або для зняття агрегатів для їх ремонту (наприклад, вантажної платформи АТЗ). Виробничі дільниці, з близькими технологічними процесами та умовами праці для забезпечення повного циклу робіт, об'єднують у групи: теплова дільниця (зварювальне, ковальсько-ресорне, мідницьке, бляхарське відділення), кузовна дільниця (арматурно-кузовне, деревообробне, оббивне відділення) тощо.

Для забезпечення робіт зон ТО, ПР та виробничих дільниць і відділень на АТП створюють **складське** господарство та **допоміжні виробництва**. Склад запасних частин та матеріалів постачає (часто через проміжну комору) у зону ПР та більшість виробничих відділень деталі та матеріали для виконання відповідних робіт. Організацію ПР автомобілів агрегатним методом забезпечують за допомогою складу оборотних агрегатів. Склад мастильних матеріалів обслуговує в основному зони ТО та частково зону ПР автомобілів. Склад шин та гумотехнічних виробів забезпечує шиномонтажну та шиноремонтну дільниці, а також на зону ПР. Інструментальна комора постачає інструменти для усіх виробничників АТП. Допоміжні виробництва (дільниця підготовки виробництва, відділ головного механіка) здійснюють комплектацію деталей, вузлів та агрегатів для зон ТО-2, ПР, забезпечують миття, знятих з автомобілів, агрегатів та вузлів перед їх транспортуванням на склад та у виробничі відділення, підтримують у працездатному стані ремонтно-технологічне та діагностичне обладнання підприємства, а також своєчасно ремонтують споруди і будівлі АТП.

Таким чином, виробнича структура комплексного АТП включає основні та допоміжні виробничі підрозділи, які забезпечують можливість виконання усього комплексу ТО та ПР АТЗ. Існують варіан-

ти об'єднань відділень (цехів), складів, та допоміжних приміщень ВТБ (табл. 5.1). Однак, слід відмітити, що значне укрупнення цехів має ряд негативних сторін. Не варто вважати вдалим об'єднання деяких шкідливих за впливом на людину виробництв, наприклад, карбюраторне та електротехнічне відділення, або зварювальне та мідницьке. Не випадково в АТП є значно більша кількість ізольованих виробничих приміщень. Об'єднання в одному приміщенні декількох відділень, як і суміщення професій, є наслідком роботи підприємств невеликої потужності. Досвід показує, що розміри виробничих приміщень не прямопропорційні потужності підприємства і у значній мірі залежать від особливостей організації виробничих процесів, наприклад, режиму роботи зон та цехів, виду обладнання, середньої чисельності робітників тощо.

Стан ВТБ характеризується рівнем її забезпеченості, який являє собою відношення фактичних до нормативних показників. Прикладом такого узагальненого показника може бути капіталовкладення у ВТБ, що припадають на один автомобіль. До часткових показників відносять: кількість робочих постів, яка припадає на 1 млн. км. сумарного пробігу АТЗ; площі виробничо-складських та допоміжних приміщень на 1 автомобіль; рівень механізації робіт ТО та ремонту тощо. Нормативи на зведені показники встановлюються з урахуванням типу АТЗ, умов їх експлуатації, розміру, структури та спеціалізації ВТБ. Рівень розвитку ВТБ, як відомо, істотно впливає на показники ефективності ТЕА (рис. 5.3).

Аналіз стану ВТБ конкретних підприємств потрібно проводити не тільки в цілому, а й поелементно, тобто конкретних цехів, дільниць, зон. Це дає змогу виявляти об'єкти, які потребують першочергової реконструкції, розширення або технічного переоснащення (рис. 5.4). ВТБ СТО та БЦТО можуть виконувати централізовано наступні види робіт: ТО-1, ТО-2 та супутній ремонт; ТО-2 та поточний ремонт будь-якими методами; поточний ремонт агрегатів.

Таблиця 5.1. Можливі варіанти об'єднань приміщень ВТБ АТП

Назва приміщень АТП	Поширений на практиці склад приміщень	
	Основні приміщення	Варіанти об'єднань
Агрегатно-механічна та електрокарбюраторна дільниця	Цех двигунів Агрегатний цех Механічний цех Електротехнічний цех Карбюраторний цех	З відділенням миття та обкатування З відділенням миття – – Дільниця паливної апаратури
Акумуляторна дільниця	Акумуляторний цех з окремим приміщенням зарядної	З додатковим приміщенням кислотної
Шинна дільниця	Шиномонтажний цех Вулканізаційний цех	Іноді із спеціалізованими постами для заміни коліс –
Теплова дільниця	Зварювальний цех з одним або декілька постами Ковальсько-ресорний цех Мідницько-радіаторний цех	На великих АТП додатково бляхарський та арматурний цехи – –
Кузовна дільниця	Деревообробний цех Оббивний цех	Іноді з постом для заміни кузовів –
Фарбувальна дільниця	Фарбувальний цех з одним або декількома постами	На невеликих АТП іноді відсутній
Дільниця ремонту таксометрів (у таксомоторних АТП)	Цех з ремонту таксометрів	Додатково цех з ремонту радіоапаратури – у таксомоторних та автобусних АТП
Склад запасних частин, агрегатів та матеріалів	Склад запасних частин та матеріалів Склад агрегатів Проміжний склад	Іноді додатково проміжні комори у зонах та цехах, а також склад металу – –
Інструментальна	Інструментальна комора	Іноді додатково склад водійських інструментів
Склад олив	Склад олив	Іноді додатково із складом мастил та палива
Склад шин	Склад шин та ремонтних матеріалів	–

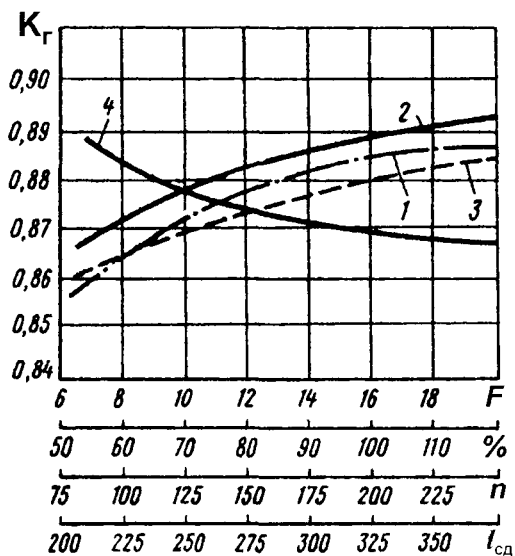


Рис. 5.3. Вплив рівня розвитку ВТБ та інших чинників на коефіцієнт готовності автобусних АТП: 1 – забезпеченість виробничою площею F , $\text{м}^2/\text{авт}$ (6-20 м^2 на умовний автобус); 2 – дотримання періодичності ТО, %; 3 – кількість автобусів на підприємстві, n од.; 4 – середньодобовий пробіг, $l_{\text{сд}}$, км

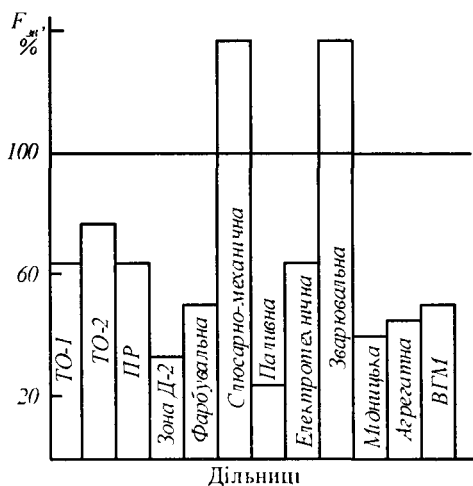


Рис. 5.4. Приклад аналізу забезпеченості площею виробничих дільниць АТП $F_{\text{вн}}$ (100 % – норма)

Виробничі бази таких підприємств обслуговують (ремонтують) одну або декілька, але споріднених моделей АТЗ. Централізація ТО та ремонтів може впроваджуватись і на виробничих базах АТП та ВОАТ. Виробничо-технічні бази сучасних невеликих автотранспортних підприємств, розміщують в одній будівлі з об'єднанням різних відділень (цехів) в одному приміщенні.

Питання для самоконтролю

1. Якими ознаками обумовлено функціональне призначення АТП?
2. Для чого призначена виробничо-технічна база (ВТБ) підприємств автомобільного транспорту?

3. Структура приміщень ВТБ комплексного підприємства автомобільного транспорту.
4. Варіанти розміщення будівель та споруд ВТБ на території АТП.
5. Назвіть деякі з варіантів об'єднань відділень (цехів), складів, та допоміжних приміщень ВТБ.

5.2. Загальна характеристика змісту основних робіт з ТО і ПР

Ремонт і технічне обслуговування автомобіля, його вузлів та агрегатів виконується згідно із прийнятим технологічним процесом, і відповідною послідовністю операцій на робочих постах і місцях. Місце, яке призначене для виконання операцій ТО і Р над автомобілем (агрегатом), що оснащено відповідним устаткуванням, називається **робочим постом**. Робочий пост може бути поділений на окремі ділянки, на яких працює один виробничник. Їх називають **робочими місцями**. На робочому посту може бути одне або декілька робочих місць. Робочі місця в умовах сучасного автотранспортного підприємства являють собою систему неперервно пов'язаних ланок. Цей зв'язок визначається єдністю виробничого та технологічного процесу, пропорційним співвідношенням змінних завдань на усіх робочих місцях, промислових комунікаціях, якими подають стиснене повітря, електроенергію, охолодну рідину, мастильні матеріали тощо. Відповідність робочого місця заданим умовам визначається на основі його **атестації**. Вона дає змогу скоротити частку ручної та важкої фізичної праці, ліквідувати малоефективні робочі місця, збільшити коефіцієнт використання обладнання. Атестація проводиться за певними показниками та технічною документацією. Початковою документацією для цього є **табелі стандартного обладнання**, з рекомендаціями щодо його розміщення за технологічним принципом, а також **типові технологічні процеси** технічного обслуговування та поточного ремонту. Основою типових технологічних процесів є технологічні карти. **Технологічна карта** – це форма техно-

логічного документу, у якому записаний весь процес дій на автомобіль або його агрегат, вказані в певній послідовності операції, їх складові частини, професія виконавців та їх місцезнаходження, технологічне оснащення, норми часу, технічні умови та окремі вказівки.

Технологічні карти є первинними документами, на основі яких будується вся організація технологічного процесу. Вони поділяються на операційні та постові. **Операційні карти** містять перелік операцій (обслуговувальних, діагностувальних, ремонтних) по деталях, вузлах, системах автомобіля. **Постові карти** містять перелік РОД, які виконуються на конкретному посту (робочому місці). Для координації робіт кількох постів, що технологічно пов'язані один з одним, наприклад, на потоковій лінії ТО, використовують **карти-схеми**. Вони містять по кожному з постів загальну характеристику робіт і номери операцій (згідно з операційними картами), кількість виконавців, місця їх розташування, трудомісткості робіт.

Для проведення технічних обслуговувань і поточних ремонтів АТЗ розробляються типові технологічні карти, які для кожного конкретного АТП вимагають прив'язки з урахуванням умов експлуатації і, особливо, рівня розвитку виробничо-технічної бази. Технологічні процеси на технічне обслуговування вимагають мінімальної прив'язки. Це викликано тим, що періодичність і об'єм кожного із видів обслуговування є регламентованими, тобто існує перелік певних робіт по вузлах (агрегатах) з оцінкою їх трудомісткості. Прив'язка типових карт на поточний ремонт є значно складнішою, оскільки відмови автомобіля є випадковими за місцем, часом, трудомісткістю та кількістю виникнень, тому і важче піддаються регламентації. При впровадженні технологічних процесів враховують оснащеність робочих постів обладнанням, приладами та інструментами, а також технологічною документацією. Технологічні процеси кожного із видів ТО або ремонту можна подати у вигляді схем. Але слід мати на увазі, що наведена на схемах послідовність виконання окремих елементів технологічного процесу може змінюватись залежно від методу організації обслуговування чи ремонту. Сукупність

технологічних процесів технічного обслуговування і поточного ремонту являє собою загальний виробничий процес виробничо-технічної бази автотранспортного підприємства.

Робота служб автотранспортного підприємства здійснюється на основі рекомендацій і нормативних даних, в тому числі діючим Положенням-98. Технічні обслуговування АТЗ виконуються у плановому **обов'язковому** порядку згідно з планами-графіками, включаючи визначений у Положенні та інструкціях заводів виробників перелік обов'язкових робіт. Поточний ремонт виконується за потребою згідно з результатами діагностування технічного стану АТЗ або за наявністю несправностей. Положення регламентує періодичність, трудомісткість і перелік операцій кожного виду ТО, трудомісткість ПР на 1000 км пробігу автомобіля тощо.

Щоденне обслуговування, ТО-1 і ТО-2 виконуються, як правило, в окремих, призначених для кожного із них, приміщеннях або зонах, а ПР – як в окремій зоні, так і у різних дільницях (відділеннях). Відповідно до рекомендацій на частку постових робіт, які виконуються в зоні ПР, припадає від 44 до 65% загальної трудомісткості ПР, а підготовчих, що виконуються на дільницях – 35-65%. Нормативи трудомісткостей робіт кожного виду ТО, а також поточного ремонту наведені в Положенні для основних АТЗ за типами і класами. Виходячи із встановлених для найбільш поширених і типів автомобілів періодичностей і трудомісткостей ТО та ПР, а також з урахуванням середньодобових пробігів транспортних засобів, можна визначити відносні (питомі) трудомісткості приведені до 10000 км пробігу АТЗ для кожного з видів ТО і ремонту (табл. 5.2).

Таблиця 5.2. Питомі трудомісткості по кожному із видів ТО та ремонту

Вид ТО, ПР	Питома трудомісткість робіт, люд.-год./10000 км		
	Вантажні автомобілі	Легкові автомобілі	Автобуси
ЩО	23,0	24,0	41,0
ТО-1	15,1	13,9	31,8
ТО-2	11,2	8,2	18,0
ПР	52,0	39,0	65,0
Разом	101,3	85,1	155,8

Наведений розподіл трудомісткостей ТО і Р АТЗ дає змогу зробити наступні висновки:

- найбільшою відносною трудомісткістю по усіх трьох типах автомобілів характеризується ПР, а найменшою – ТО-2;
- відносна трудомісткість ПР приблизно дорівнює сумі відносних трудомісткостей усіх інших видів ТО;
- ЩО має найбільшу відносну трудомісткість серед інших, що приблизно дорівнює сумі відносних трудомісткостей ТО-1 і ТО-2; найбільша відносна трудомісткість кожного виду ТО і ПР спостерігається по автобусах, найменша – по легкових автомобілях;
- найменша трудомісткість одного ТО автомобіля припадає на ЩО, найбільша – на ТО-2.

Враховуючи наведений розподіл робіт з ПР на постові та підготовчі, їх питома трудомісткість становитиме відповідно для: вантажівок – 20,8 і 31,2 люд.-год.; легкових автомобілів – 16,6 і 22,4 люд.-год.; автобусів – 25,0 і 40,0 люд.-год.

Наведене дає змогу узагальнити уяву про трудовитрати, які припадають на кожний вид ТО і ПР, і зробити попередні висновки про потребу їх механізації. Слід зазначити, що характеристика робіт тільки за трудомісткістю їх виконання є недостатньою. Вона повинна включати в себе оцінку за структурою операцій, що входять в ці роботи, значущості їх для технологічного процесу, умов виконання та інші чинники. Кожен вид ТО і ПР об'єднує ряд специфічних робіт, більшість з яких є характерними тільки для них. На сьогодні час перелік спеціалізованих робіт визначений недостатньо точно у зв'язку із різними підходами до цього. Наприклад, діючим Положенням для ТО і ПР автомобілів встановлено 8-10 різновидів робіт. Причому, деякі із них є комплексними (мастильні, заправні та очисні або контрольно-діагностичні, кріпильні та регулювальні), тоді як у проектній науково-технічній документації передбачено близько 20 видів робіт. Тому для комплексів операцій рекомендовано віддавати перевагу розгорнутішому переліку робіт. При цьому важливим є те, що групування операцій ТО і ПР за видами робіт у будь-якому переліку носить дещо наближений, умовний характер. Це робиться

тому, що, по-перше, не завжди технологічно доцільно виконання одних робіт окремо від інших і, по-друге, тому, що приходиться суміщати в одному циклі операції різних видів робіт, особливо на невеликих АТП. Наприклад, операції з виявлення несправностей або відхилень від норми технічного стану вузла, агрегату (діагностувальні роботи) суміщаються з роботами з їх усунення (регулювальні та інші); окремі види робіт виконуються в декількох зонах або дільницях АТП (електротехнічні та інші), їх обсяг, зміст і застосовувані методи виконання операцій є різними і не можуть бути підпорядкованими єдиній технології. Однак розподіл операцій за основними видами робіт є необхідним для встановлення особливостей їх змісту та характеру виконання, що важливо для узагальнених оцінок та визначення видів їх механізації.

Розглянемо характеристику найпоширеніших видів робіт і операцій, які виконуються під час технічної експлуатації автомобіля. Роботи, які виконуються по агрегатах та вузлах, знятих з автомобіля, є різноманітнішими, ніж під час ТО, для їх виконання необхідні різні комплекти технічних засобів. Їх виконання не може проводитись за єдиною технологічною схемою у зв'язку із мінливістю переліку операцій з усунення несправностей та відмов, відмінністю найбільш непередбачуваних несправностей та їх комбінацій.

Прибирально-мийні роботи, за умови їх регулярного виконання, за трудомісткістю займають одне із перших місць, серед інших робіт з ТО і ПР. Виконання їх перед ТО і ПР сприяє підвищенню якості наступних операцій. Ці роботи, особливо мийні, потребують першочергової механізації на АТП будь-якого розміру і типу.

Мастильно-заправні роботи у різних обсягах та переліках операцій виконуються в усіх видах ТО і ПР. Від інших робіт вони відрізняються чітким поділом на дві групи, залежно від характеру та періодичності виконання. В першу входять систематичні і часто виконувані операції (змащування спряжень тертя через прес-маслянки), у другу – всі решта, в тому числі операції з доливання та заміни олів. Не зважаючи на те, що трудомісткість операцій першої групи є не-

значною, їх механізація повинна здійснюватись порівняно вищими темпами, ніж роботи що входять у другу групу.

Контрольно-діагностувальні роботи виконуються в усіх видах ТО і ПР. Їх головною особливістю, як джерела діагностичної інформації, є незаперечна значимість для підвищення якості виконання операцій безпосередньо на постах ТО і ПР (первинне використання діагностичної інформації) і для покращення ефективності ходу технологічного процесу (вторинне використання діагностичної інформації). Широке впровадження діагностувальних робіт та їх оснащення засобами діагностування є одним із основних напрямів покращення технологічних процесів виробничо-технічної бази АТП.

Кріпильні та регулювальні роботи у багатьох випадках є подібними за кінцевим результатом – усування збільшених зазорів між деталями або їх взаємного переміщення. Однак за змістом виконанням ці операції мають відмінності, які полягають у тому, що кріпильні роботи, наприклад, під час ТО-1, можуть скласти визначений цикл по усьому автомобілю і виконуватись із заданою періодичністю, тоді як регулювальні роботи виконуються тільки в окремих вузлах і механізмах агрегатів, з різною періодичністю та за фактичною потребою.

Електротехнічні та акумуляторні роботи виконуються під час ТО-1, ТО-2, а також на дільницях і в зоні ПР. Якщо виключити з них контрольно-діагностувальні операції, які виконуються безпосередньо на автомобілі із заданою періодичністю, то спільність цих робіт обумовлена комплексністю змісту (мастильні, кріпильні, розбиральні та ряд інших специфічних робіт), а також різною періодичністю обслуговування або ремонту елементів системи електрообладнання. Велика різноманітність операцій, що входять у ці види робіт (крім контрольно-діагностувальних), не дає змоги істотно оснастити їх обладнанням і підвищити продуктивність праці. Окремим винятком в цьому відношенні може бути комплекс операцій із заряджання акумуляторних батарей (ідеться про впровадження засобів і методів прискореного заряджання батарей).

Роботи з ТО, ПР систем живлення бензинових та дизельних двигунів також відносяться до групи комплексних, що включають в себе діагностувальні, мастильні, регулювальні, кріпильні, ремонтні та інші операції. Окрім діагностувальних операцій, які виконуються із заданою періодичністю, інші операції проводяться за потребою. Оснащення цих робіт обладнанням та засобами механізації передбачають, в першу чергу, впровадження сучасної діагностувальної апаратури (витратомірів повітря, палива тощо), зручної в користуванні і з високою точністю вимірювання.

Шиномонтажні роботи виконуються під час ТО і ПР за необхідністю і не регламентовані періодичністю. Оскільки їх здійснення часто потребує великих енерго- та трудовитрат, то основним напрямком у полегшенні цих робіт є впровадження електро-пнеumo гайкокрутів та шиномонтажного устаткування.

Шиноремонтні, розбирально-складальні, зварювальні, мідницькі, бляхарські, ковальсько-ресорні, слюсарно-механічні, деревообробні, фарбувальні та інші роботи ПР, які виконуються на спеціалізованих дільницях (в цехах, відділеннях), за складом операцій, що в них входять, є комплексними, і різноманітними. Виконуються вони за потребою, не піддаються чіткому плануванню. Деякі з них пов'язані з різними невиробничими умовами та обставинами (підготовка АТЗ до технічних оглядів, виїздів їх на сільськогосподарські роботи і таке інше). Щоденно змінний обсяг робіт, зміст операцій, що в них входять, нестабільність завантаження дільниць та інші виробничі і невиробничі чинники утруднюють впровадження сучасного високопродуктивного обладнання та технологічних процесів. Враховуючи вузьку спеціалізацію дільниць (цехів, відділень) ПР і відносно невелику чисельність працюючих заходи з механізації робіт можуть бути спрямовані на поліпшення умов праці (на зварювальних, фарбувальних, та інших роботах) та на зменшення тривалості операцій за рахунок використання тримачів, затискачів, захоплювачів деталей. Розбирально-складальні роботи, які займають більшу половину загальної трудомісткості ПР, механізують із застосуванням різних за конструкцією стендів, оснащених поворотними та іншими пристроями.

Механізація інших робіт ПР спрямована на високу якість виконання операцій за рахунок підвищення точності оброблення деталей, регулювання окремих механізмів, вузлів, з'єднань їх в агрегатах.

Питання для самоконтролю

1. Перерахуйте основні складові технологічного процесу.
2. Які види робіт виконують при проведенні технічного обслуговування та поточного ремонту?
3. Які види технічного обслуговування передбачає до виконання “Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту”?
4. З якою метою виконують поточний ремонт автомобіля?
5. З якою метою виконують капітальний ремонт автомобіля?
6. Який з видів робіт відрізняється найбільшою відносною трудомісткістю?

5.3. Обладнання та технологічні процеси технічного обслуговування АТЗ

Кожен раз після повернення автотранспортних засобів з лінії виконують відповідний обсяг робіт з технічного обслуговування АТЗ. Найперше – щоденне обслуговування (ЩО).

ЩО передбачає перевірку технічного стану АТЗ, а також виконання робіт, щодо підтримання належного зовнішнього вигляду, заправлення його експлуатаційними рідинами, усунення виявлених несправностей (за потребою) та санітарну обробку кузова. Підтримання належного зовнішнього вигляду здійснюється під час виконання прибирально-мийних робіт.

Прибиральні роботи передбачають: прибирання кабіни, вантажної платформи, кузова автомобіля, салону автобуса з миттям і протиранням його внутрішніх частин (стекол, стінок, стелі, поручнів, сидінь). Прибиральні роботи складаються із трьох-чотирьох однорідних операцій, які виконуються у різних місцях, із середини та зовні

автомобіля. Технологічні операції недостатньо чітко пов'язані одна з одною, а частини автомобіля, що обслуговуються відрізняються розмірами та конфігурацією. Операції у невеликих АТП виконуються, як правило, вручну або за допомогою простих пристосувань та засобів (відра, щітки, ганчір'я, порохотяги тощо). На великих підприємствах їх розподіляють між виконавцями і механізують.

Для прибирання салону легкових автомобілів застосовують промислові порохотяги типу "Торнадо" потужністю 0,5-1,5 кВт, а для прибирання салонів автобусів, платформ вантажних автомобілів і спеціальних фургонів – потужністю 5-7 кВт. Порохотяги для прибирання салонів легкових автомобілів та автобусів (рис. 5.5), працюють у режимі як сухого так і вологого прибирання. Оснащують їх додатковими пристроями ЕСО (фільтросистеми, які покращують утилізацію відходів) та однією або двома турбінами з великим моторесурсом. Порохотяги можуть бути стаціонарними або пересувними. Як додаткове приладдя використовуються волосяні або капронові щітки, насадки тощо. Для хімічного очищення оббивного матеріалу салонів розроблені спеціальні мийні порохотяги, які працюють за системою "зрошення-всмоктування". Розчин для чищення під тиском впорскується в матеріал оббивок через сопла розпилювача і в ході цього ж робочого процесу всмоктується разом з брудом назад.

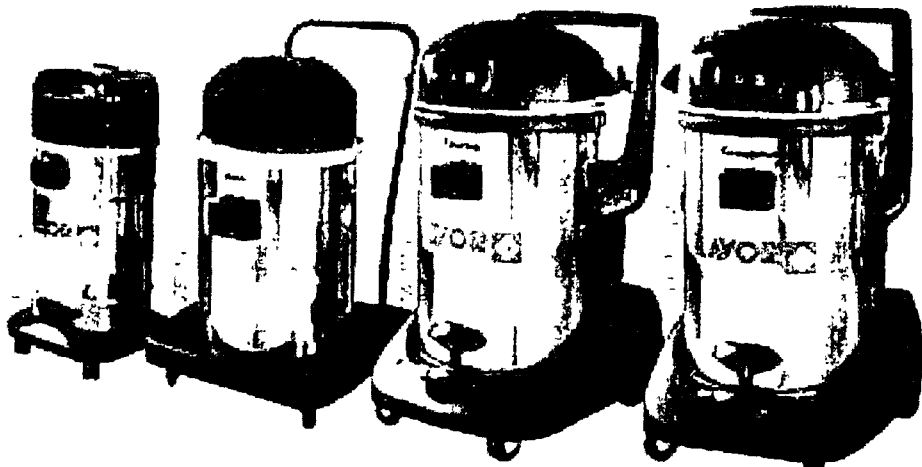


Рис. 5.5. Комплект порохотягів для сухого та вологого прибирання

Технологічний процес **миття** автомобіля обмежується однією–двома операціями, які виконуються в заданій послідовності із застосуванням однотипних прийомів. Широко застосовують ручне, механізоване та комбіноване миття автомобілів. За ручного миття та обтирання виконавець переміщується довкола автомобіля, за механізованого – знаходиться на одному місці. Технологічний процес зовнішнього миття автомобіля включає наступні основні операції: попереднє миття (замочування) поверхні кузова; обробка зовнішніх поверхонь кузова щітками (ротаційними) із застосуванням мийних розчинів, а потім чистої води, з метою змивання його; сушіння внутрішніх поверхонь кузова з використанням потоків холодного або гарячого повітря. Окрім цього, можуть бути додаткові операції: полірування кузова з метою захисту його лакофарбового покриття; миття днища автомобіля; миття двигуна і моторного відсіку перед ремонтом АТЗ.

Для ручного миття застосовують водоструменеві мийні установки високого тиску (рис. 5.6). Ручне миття автомобіля та його агрегатів виконується, як правило, власниками АТЗ з використанням додаткового приладдя (щіток для ручного миття, сопел, інжекторів тощо). Силовою частиною таких мийних установок є плунжерні або аксіально-поршневі насоси високого тиску, які безпосередньо з'єднані з валом електродвигуна. Вони забезпечені окремим додатковим повітряним або водяним охолодженням з можливістю підігріву води, плавного регулювання її кількості і температури та тиску, що зменшує розбризкування та витрату тепла. Для кращого доступу до нижніх частин автомобіля під час його миття рекомендується застосовувати спеціальний підйомник-платформу.

Механізоване миття автомобілів виконують з використанням установок, які класифікують за наступними ознаками:

- конструкцією робочого органу (струменеві, щіткові, комбіновані);
- за відносним переміщенням автомобіля і робочих органів установки (проїзні – з переміщенням автомобіля через установку;

рухомі – з переміщенням робочих органів вздовж нерухомого автомобіля);

- за умовами застосування (стаціонарні та пересувні).

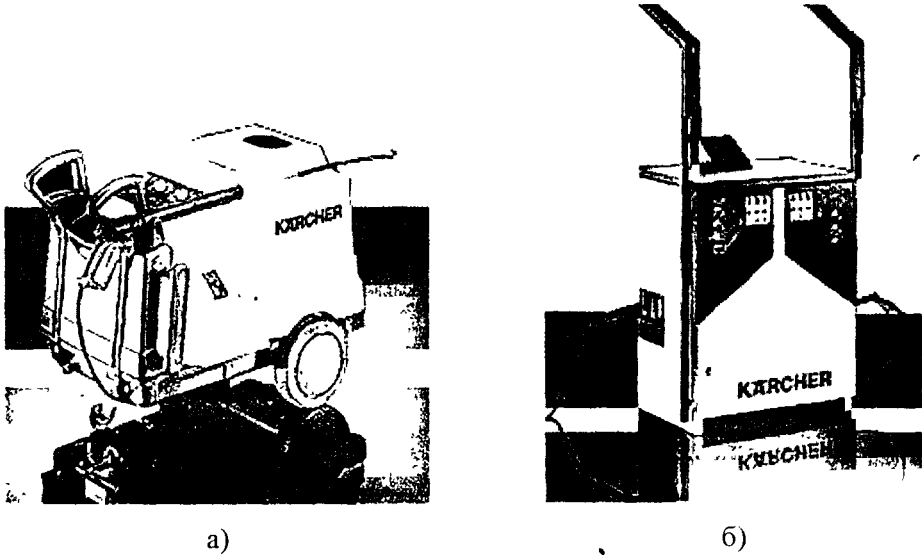


Рис. 5.6. Ручна мийна установка високого тиску: а) пересувна з підігрівом води; б) стаціонарна з замкненою системою водопостачання

Будь-яка механізована установка складається з двох основних систем: гідравлічної, яка включає душові пристрої; механічної, яка має приводи переміщення, гойдання (обертання) рам, труб із соплами, ротаційних щіток.

Робочим органом струменевої мийної установки є насадки у вигляді форсунок, які вмонтовані в систему нерухомих або рухомих трубопроводів. Робочим органом щіткових мийних установок є циліндричні ротаційні щітки, капронові нитки яких кріпляться у вигляді пучків на кільцеву пневмокамеру. Деформація останньої забезпечує плавний і м'який контакт ниток щітки з кузовом автомобіля. Комбіновані мийні установки мають як насадки у вигляді форсунок, так і ротаційні щітки.

У проїзних мийних установках автомобіль, який мисться, пересувається через неї за допомогою конвеєра або своїм ходом. У рухомих мийних установках автомобіль залишається нерухомим, а до-

вкола нього переміщуються рухомі робочі органи установки. У більшості випадків ці органи монтуються на П-подібній рамі. Найвищу якість миття легкових, вантажних автомобілів, а також автобусів досягають при використанні автоматичних комбінованих мийних установок. Ці установки порталного типу (рис. 5.7) з продуктивністю 8-20 авт./год. Залежно від комплектації дають змогу виконувати наступні операції: – попередня обробка піною, миття щітками із шампунем, миття водою під високим тиском, щіткове або за допомогою подачі води під високим тиском миття коліс, миття днища під високим тиском, подача холодного або гарячого воску на кінцевій обробці автомобіля, сушіння автомобіля за допомогою холодного або теплого потоку повітря. Такі установки можуть за потребою працювати і в ручному режимі.



Рис. 5.7. Щіткові мийні установки порталного типу

Мийну і сушильну установки часто розташовують сумісно, залежно від наявної площі та способу сушіння автомобіля. Якщо вона недостатня, то скорочують довжину переміщення установок зміною їх взаємного розташування: послідовно чи під кутом одна до одної. Поширеним варіантом є послідовне розташування, в якому мийна і сушильна установки працюють одночасно, тобто утворюють цілу агрегатну установку (установки моделей “Дельта”, “Керхер”, “Вайднер”, “Віннер” та ін). Вони виконують операції миття і сушіння за робочий цикл, який складається з ходу вперед і назад, протягом 10–12 хв. При русі вперед (рис. 5.8, поз. А і В) мийна і сушильна установки переміщуються одна за одною.

Сушильна установка при цьому не працює. Після закінчення ходу вперед мийна установка повертається в початкове положення, виконуючи кінцеве миття, полоскання (поз. С). Сушильна установка зупиняється в крайньому положенні протягом 30 с., що забезпечує стікання води з поверхні автомобіля. Після цього включаються вентилятори і під час повернення у початкове положення (поз. Д) сушильна установка висушує автомобіль.

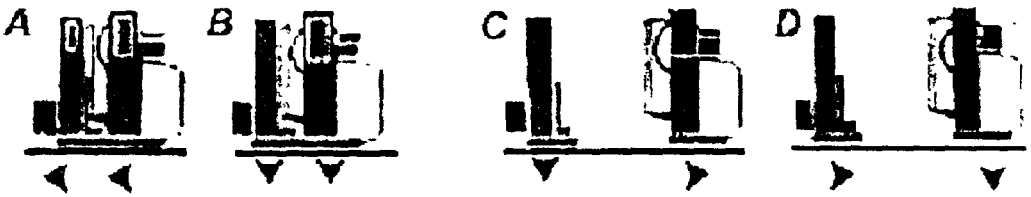


Рис. 5.8. Схема дії автоматичної мийної установки:

◀▶ — напрямок руху; ▼ — зупинка

Особливостями сучасних механізованих мийних установок для миття автомобілів та автобусів (в тому числі спарених) є:

а) складна кінематика руху щіток з автоматичним регулюванням зусилля притискання їх до поверхні для забезпечення якісного миття автомобілів різних типів, що мають складну конфігурацію;

б) можливість зміни режиму роботи залежно від ступеня забруднення автомобіля;

в) застосування коливних бокових щіток із змінним кутом нахилу відносно вертикалі для забезпечення якісного прилягання щіток до різних частин автомобіля;

г) можливість відключення горішньої горизонтальної щітки при митті автобусів з багажником на даху, спеціалізованих автомобілів;

д) забезпечення швидкої заміни щіток;

е) застосування порталів з верхнім приводом для виведення привідних механізмів із зони забруднення.

Крім цього, є спеціальні мийні установки, які використовуються для внутрішнього миття та санітарної обробки кузовів автомобілів-фургонів, для внутрішнього миття цистерен, для миття автомобілів у польових умовах. Наприклад, установка для внутрішнього миття

кузовів фургонів (рис. 5.9) складається з похилої платформи для автомобіля 2, порталу 13 з напрямною 9, по якій переміщується привідний візок 8 з підвіскою 10. Підвіска призначена для кріплення на ній каретки 11 з поворотною стрілою 5. На стрілі встановлено штангу 15, на кінці якої закріплено мийні сопла 4. Обертний рух мийних сопел здійснюється за допомогою електромеханічного приводу (електродвигун 23, черв'ячний редуктор 16, муфта 17). Комбінацією рухів обертання штанги, зворотно-поступального руху візка, опускання та піднімання каретки здійснюється таке переміщення мийних сопел, яке забезпечує якісне миття внутрішніх поверхонь кузова.

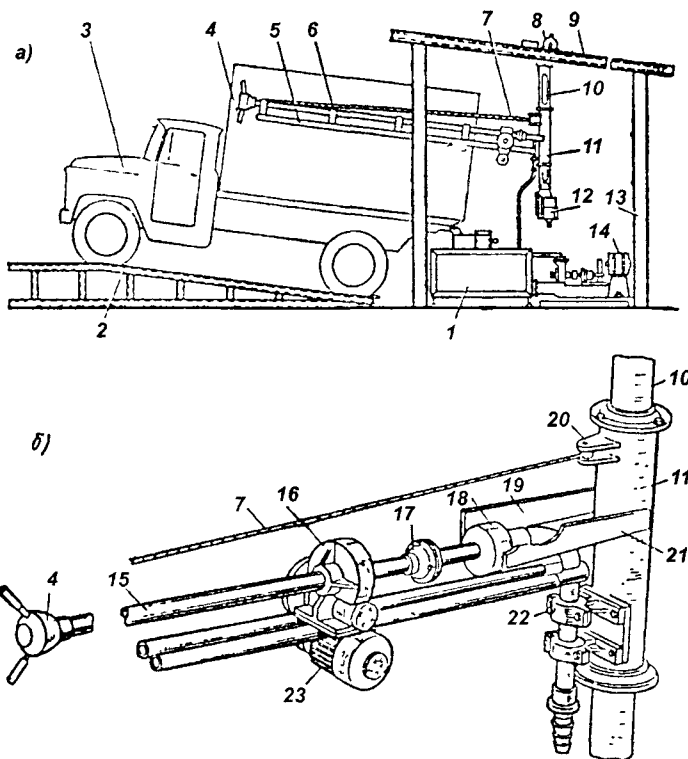


Рис. 5.9 Установа для внутрішнього миття автофургонів:
 а) – загальний вигляд; б) – будова мийного механізму

Контрольно-діагностувальні роботи виконуються під час проведення ЩО, ТО-1, ТО-2, СО та ПР. Ці роботи є основним джерелом інформації про технічний стан АТЗ і включають в себе техніч-

ний контроль (його візуальний огляд) та технічне діагностування. Технічний контроль виконують з метою перевірки відповідності автомобіля, його вузлів та агрегатів, встановленим вимогам. При цьому реалізують дві основні функції: 1) виявлення та вибракування об'єктів, що не відповідають вимогам технічних умов; 2) отримання додаткової інформації про процеси, які проходять в об'єкті і даних про нього для здійснення відповідних ремонтно-обслуговувальних дій, скерованих на підтримання заданого рівня якості (працездатності). Результатом його повинен бути висновок про потребу виконання відповідних ТО та ремонту. Від традиційних контрольних оглядів, що виконуються в основному суб'єктивними методами, діагностування відрізняється, по-перше, об'єктивністю і достатньо високою вірогідністю адекватної оцінки технічного стану АТЗ (за рахунок використання інструментальних методів перевірки), по-друге, можливістю визначення поточних параметрів робочих процесів в агрегатах і системах автомобіля і, по-третє, можливістю отримання відповідної інформації для покращення функціонування виробництва ТО і ремонту.

В основний перелік контрольних робіт входять: загальні оглядові роботи; перевірка працездатності контрольно-вимірювальних приладів, склоочисників, пристроїв для миття, обігріву та очищення вітрового скла, механізмів і замків дверей, запорів бортів платформи, капота двигуна та інші. До діагностувальних робіт належать: перевірка технічного стану і роботи гальм, кермового керування, коліс, шин, амортизаторів, двигуна та його систем, зчеплення, коробки передач, карданної передачі; перевірка технічного стану знятого з АТЗ двигуна на спеціальних стендах з відповідними регулюваннями.

Операції діагностування одних і тих же агрегатів та вузлів автомобіля, які виконуються у різних зонах, є неоднаковими і застосовується, при цьому, різне діагностичне устаткування, прилади, інструменти. Зміст операцій допускає можливість їх виконання виробниками різної кваліфікації за заданою програмою, а також розподіл їх (особливо складних і відповідальних) по декількох спеціалізова-

них постах. Обладнання та технологічні процеси технічного діагностування повніше розглядаються в підрозділі 5.5.

Кріпильні роботи входять в обсяг ТО-1 та ТО-2 і становлять приблизно, 30-45 % від їх повних обсягів. Їх виконують по агрегатах АТЗ – кабіні, платформі, колесах, трансмісії, двигуну, в тому числі, перевірка кріплення і стану систем мащення та охолодження, агрегатів трансмісії, кермового керування, гальм, підвіски, амортизаторів. Трудомісткість та складність їх виконання є неоднаковою і залежить від доступу до об'єкту, що обслуговується, та від місця розташування точок кріплення. Основні прийоми виконання кріпильних робіт є ідентичними. Зусилля, які прикладаються до гайок залежать від їх розміру і щільності посадки. На великих підприємствах можливий розподіл цих робіт між декількома виконавцями.

Основним комплектом інструментів, який застосовується під час виконання кріпильних робіт є спеціальні інструментальні візки (рис. 5.10) з наборами різних гайкових ключів – від накидних до спеціальних (динамометричних, граничних). У комплект також входять головки торцеві, головки для гайкокрутів, викрутки для гвинтів під різні шліци, плоскогубці комбіновані та спеціальні, металорізальні інструменти тощо. Слід відмітити, що роботи, які виконуються вручну, є важкими і монотонними, а у деяких випадках травмонебезпечними. Крім цього, деякі види робіт, такі як затягування (відкручування) гайок коліс, стремен ресор, вимагають прикладання значних зусиль та застосування спеціальних **гайкокрутів**. Для гайок коліс вантажівок та автобусів застосовують, як правило, долівкові реверсивні гайкокрути з електромеханічним приводом, інерційно–ударної дії. Принцип роботи таких гайкокрутів полягає у використанні накопиченої енергії маховика, що передається на ведений вал у момент їх вмикання (максимальний крутний момент на ключі сягає до 1500 Нм).

Для зняття, встановлення та перевірки кріплення ресор вантажівок використовують пересувні гайкокрути долівкового (рис. 5.11) типу з електромеханічним приводом. Долівковий гайкокрут має поворотний пристрій, що уможливорює необмежене повертання шпин-

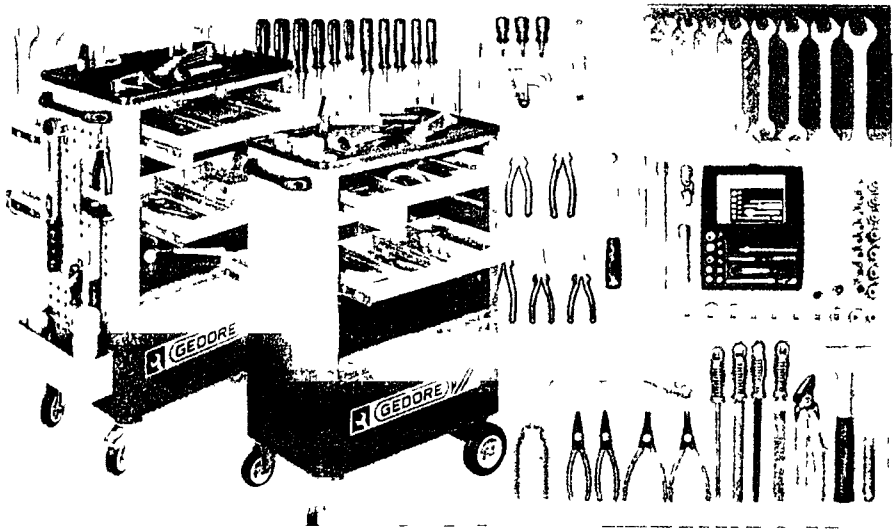


Рис. 5.10. Візок автослюсаря з сучасним комплектом інструменту

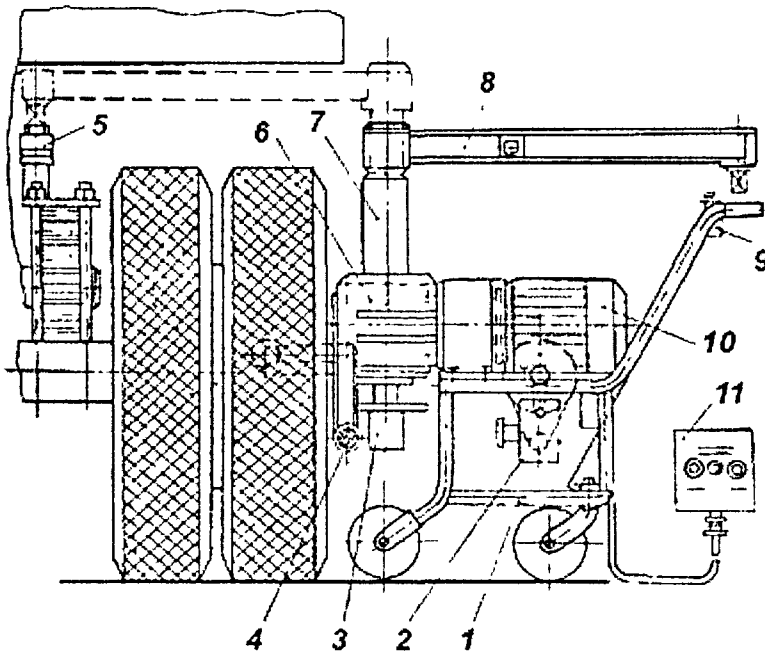


Рис. 5.11. Долівковий гайкокрут для гайок стремен ресор

1—візок; 2—механічний поворотний пристрій; 3—механізм вертикального переміщення; 4—гасник реактивного моменту; 5—змінний ключ; 6—черв'ячний редуктор; 7—опора; 8—шпindel; 9—електроблок керування; 10—електродвигун; 11—захисний вимикач

деля в горизонтальній та вертикальній площинах, та гасник реактивного моменту, який виникає при відкручуванні (закручуванні) гайки. Обмеження крутного моменту при закручуванні гайок здійснюється за допомогою змінних ключів-обмежників. Максимальний крутний момент при затягуванні та відкручуванні гайок – 1300 Н·м, частота обертання головки ключа – 34 хв^{-1} .

Серед ручних інструментів для кріпильних робіт застосовують пневматичні, електричні або гідравлічні гайкокрути ударного і стандартного типу (рис. 5.12). Сучасні пневмоінструменти оснащені легкими алюмінієвими корпусами, потужними пневмомоторами, ступінчастими регуляторами потужності, реверсивними механізмами. Діапазон крутних моментів є досить широким і лежить в межах від 100 до 4000 Нм, з тиском повітря 0,6 МПа і частотою обертання від 4000 до 8000 хв^{-1} .

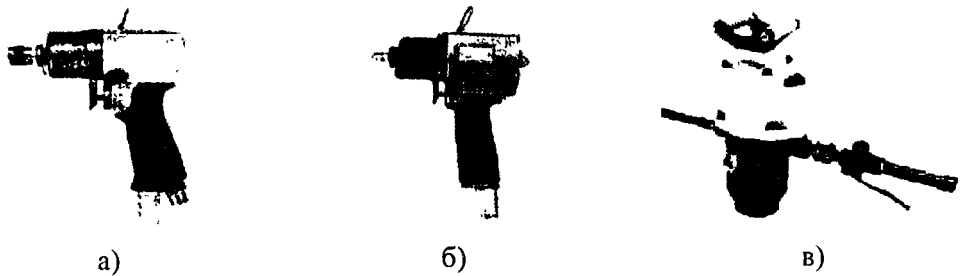


Рис. 5.12. Гайкокрути: а) пневмогідравлічний; б) пневматичний, ударний; в) пневматичний ударний, для важких умов роботи

Технологія виконання кріпильних робіт у значній мірі залежить від асортименту основних кріпильних деталей, які використовуються у конструкціях різних марок автомобілів. Під час ТО звертають увагу, в першу чергу, на кріплення деталей, які забезпечують безпеку руху автомобіля (наприклад, деталі кермового керування, гальм). Наступними за важливістю є деталі, які забезпечують міцність з'єднань та сприймають силове навантаження (наприклад, стремена, пальці ресор, фланці півосей). Потім перевіряють кріплення піддонів агрегатів, трубопроводів і таке інше.

Кріпильні роботи виконуються у два-три прийоми; спочатку проводять попереднє затягування, а потім остаточне. Болти та гайки, які розташовані по колу, затягують в діаметрально протилежному напрямку. При затягуванні з'єднань, виконаних з різних матеріалів слід враховувати коефіцієнти їх лінійного розширення. Наприклад, головка блока ДВЗ з алюмінієвого сплаву, а блок – з чавуну, тому затягування гайок шпильок здійснюється на холодному двигуні, оскільки після їх нагрівання зусилля затягування збільшується приблизно удвічі. Слід зазначити, що самоконтруючих з'єднань збільшує надійність їх роботи у 8-10 разів порівняно із звичайними.

Регулювальні роботи входять в перелік операцій ТО-1, ТО-2 та ПР. Ними передбачено виконання регулювальних операцій по вузлах та агрегатах переднього і заднього мостів, підшипниках маточин коліс, педалях гальм та зчеплення, гальмових механізмах коліс, клапанів двигуна, привідних пасів та інших.

Операції регулювальних робіт є різнотипними, відрізняються варіацією змісту, складністю виконання, місцями розміщення об'єктів обслуговування на автомобілі. Операції часто виконують за індивідуальними технологіями із застосуванням різних інструментів, контрольних приладів та пристроїв. Вони, як правило, виконуються після кріпильних та контрольних-діагностувальних робіт. Разом з ними виконується ряд проміжних вимірювань контрольованих параметрів. На великих підприємствах регулювальні роботи допускають можливість спеціалізації виконавців за окремими вузлами та агрегатами автомобілів. Для спеціальних регулювальних механізмів, що є в конструкції автомобіля (наприклад, ексцентрики в гальмівних барабанах, натяжні пристрої привідних пасів, поворотні пристрої переривачів-розподільників тощо), встановлені нормативні межі регулювань. Наприклад, операції регулювання вільного та повного ходу педалі зчеплення автобуса ЛАЗ. Місце виконання операції – у кабіні та під нею, у середній частині; кількість місць обслуговування – одне; інструменти та обладнання – плоскогубці, два ключі гайкові 14×19 мм, лінійка вимірювальна 300 мм, молоток; норми часу на операцію – 3,1 люд.-хв.; технічні умови та вказівки – вільний хід пе-

далі повинен бути у межах 30-45. Повний хід – 125-150 мм. Послідовність регулювання вільного ходу педалі: 1 – від’єднати тягу зчеплення від важеля осі його вимикання; 2 – відкрутити гайку кріплення регулювальної вилки; 3 – встановити за допомогою регулювальної вилки довжину тяги до отримання необхідного значення вільного ходу педалі (для зменшення вільного ходу вилку треба викручувати з тяги, для збільшення – вкрутити); 4 – приєднати тягу до важеля вимикання зчеплення та закрутити гайку кріплення регулювальної вилки. Правильно відрегульоване зчеплення не повинно пробуксовувати за повного вмикання його і “вести” – при витисненій педалі.

Мастильні та очисні роботи виконуються під час проведення ТО–1 та ТО–2 і становлять значний обсяг (від 10 до 26 %). Роботи передбачають перевірку рівня та доливання олив і робочих рідин в картери агрегатів та бачки. Окрім цього, проводять очищення (заміну) фільтрів двигуна, сапунів коробки передач, заднього моста, підсилювачів. У ці роботи входять також: періодична заміна олив із промиванням картерів і бачків, змащування вузлів тертя через прес-маслянки та інше.

Роботи містять низку нескладних однотипних операцій, які виконуються за індивідуальними програмами із застосуванням простих технічних засобів (нагнітачів, зливних бачків та інші). Передбачається виконання окремих комплексів операцій, які технологічно не пов’язані між собою.

Мастильні роботи під час ТО-1 виконуються переважно на поточкових лініях, оснащених прямоточними конвеєрами. Застосування нової технології ТО з використанням роторно-кільцевої платформи (рис. 5.13) дає змогу зменшити габарити зони до 8 м в діаметрі. Центральна нерухома частина платформи оснащена роздавальними колонками для олив та рідин, а у середині платформи вмонтовано декілька зливних місткостей за кількістю сортів олив, мастил та рідин. Після заїзду на перший пост кільцевої платформи 6 (за напрямком стрілки), можна проводити зливання відпрацьованих рідин у відповідні місткості. Після закінчення робіт на цьому посту вмика-

ють двигун 5 та приводять платформу в рух. Одночасно обертаються гвинти стояків, які заставляють раму 14, підніматися, а потім повертатися разом з автомобілем навколо своєї осі. Це дозволяє покращити доступ до окремих вузлів і агрегатів АТЗ. Після проведення наступного обсягу робіт, знову вмикають двигун і автомобіль займає вертикальне положення для виконання робіт знизу, при цьому він залишається з вивішеними колесами. Потім його розьєрстають іншим боком (третьої пост) та опускають разом з рамою до дотикання коліс з платформою, де він звільняється від упорів та виїжджає.

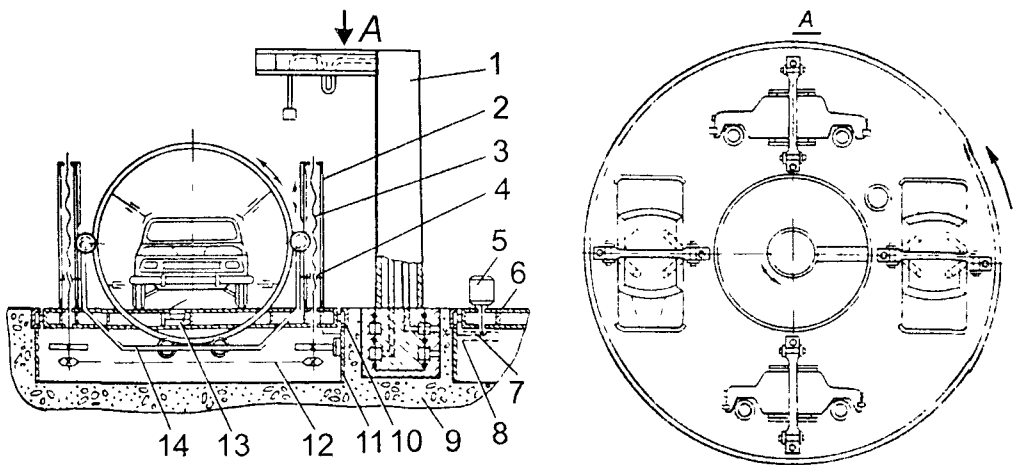


Рис. 5.13. Роторно-кільцева платформа

Велика номенклатура сучасного обладнання для виконання мастильних та очисних робіт, має прості та ідентичні конструктивні елементи – двигун, помпа, резервуар, прилади, шланги, роздавальні пристрої (пістолети) тощо. Функціонально воно поділяється на обладнання для: змащування консистентними мастилами; вакуумного відсмоктування оливок через отвір щупа; зливу та заправлення агрегатів автомобіля оливою, заправлення гідروприводу гальм рідиною та іншого призначення. Сюди ж відносять ручні насоси та лічильники витрати оливок. Обладнання може бути стаціонарним, пересувним та переносним, за типом приводу – ручним, пневматичним, електромеханічним, комбінованим.

Нагнітачі консистентних мастил (солідолонагнітачі) – це обладнання, яке призначене для подачі мастила через прес-маслянки до вузлів тертя автомобілів. Нагнітач, залежно від типу, включає в себе: місткість (бункер) для мастила; помпу високого тиску, як правило, плунжерну; привід пневматичний або електромеханічний з редуктором; реле тиску; роздавальні пістолети з шлангами; манометр та інші елементи. При використанні в нагнітачі пневматичного приводу (рис. 5.14) стиснене повітря підводиться до пневмодвигуна, що з'єднаний з помпою високого тиску.

Для заповнення оливою агрегатів трансмісії використовуються роздавальні бачки з ручним приводом (рис. 5.15). Рух поршня 9 вгору засмоктує оливу у підпоршневий простір, через всмоктувальний клапан 11, який відкривається. Рух поршня униз подає оливу в агрегат. Заправлення оливою двигуна виконують за допомогою колонок, а також пересувними установками з пневмоприводом (рис. 5.16).

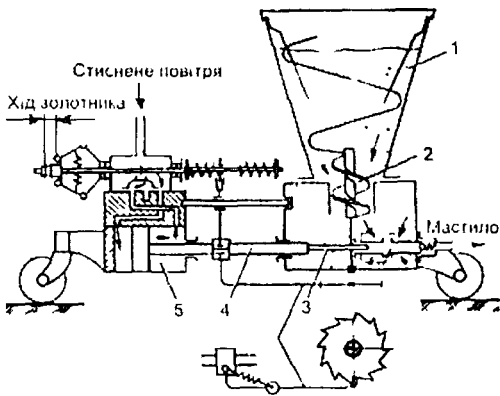


Рис. 5.14. Солідолонагнітач з пневмоприводом:

1 – бункер; 2 – шнек; 3 – плунжер насоса високого тиску; 4 – шток; 5 – поршень пневматичного двигуна

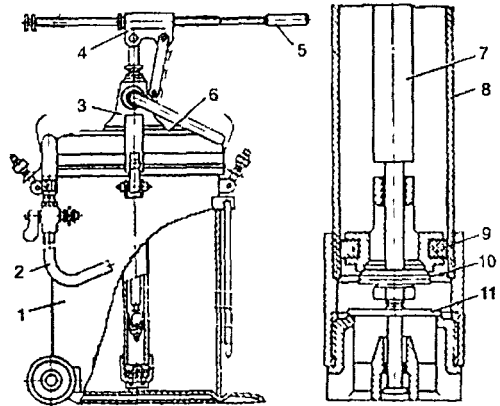


Рис. 5.15. Бачок для роздавання оливи:

1 – резервуар; 2 – наконечник; 3 – корпус насоса; 4 – важільний механізм; 5 – рукоятка; 6 – кришка бака; 7 – шток; 8 – циліндр насоса; 9 – поршень; 10 – перепускний клапан; 11 – всмоктувальний клапан

Для збирання відпрацьованої оливи часто використовують установки із спеціальним баком на колесах з приймальною лійкою (рис. 5.17).

До сучасного устаткування такого типу відносять установки для вакуумного відсмоктування відпрацьованих олив (створюване розрідження 0,05 МПа) (рис. 5.18). Вони оснащуються спеціальними зондами для відсмоктування відпрацьованої оливи через канал мірного щупа різних типів двигунів і можуть працювати при температурі оливи від 60 до 80 °С. Оснащуються прозорими передкамерами (об'ємом до 7 л), що дозволяє, крім вимірювання кількості, візуально контролювати якість оливи.

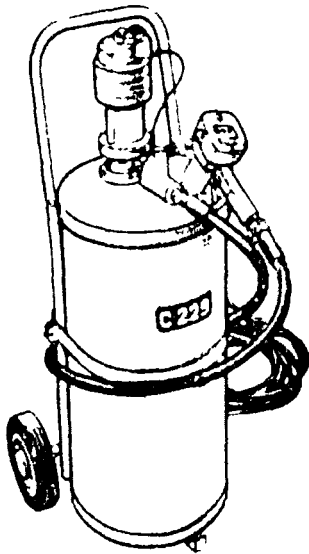


Рис. 5.16.
Оливороздавальна
установка з
пневмоприводом

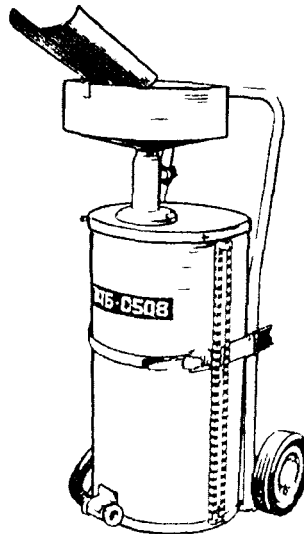


Рис. 5.17. Пересувна
установка для збору
відпрацьованої оливи

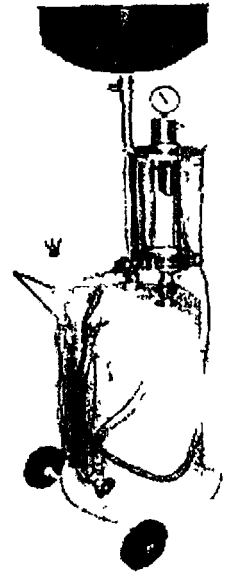


Рис. 5.18. Установка
для вакуумного
відсмоктування
відпрацьованих олив

Для заправлення гідравлічних гальмових систем автомобілів рідиною з одночасним прокачуванням її застосовуються переносні бачки (рис. 5.19) та пересувні установки (рис. 5.20). Основою такого устаткування є герметизований металевий бачок, в якому створю-

ється тиск за допомогою подачі стисненого повітря з магістральної мережі (до 0,8 МПа). Пересувні установки дають змогу випробовувати гідроприводи гальм під високим тиском і перевіряти роботу зворотного клапана головного гальмівного циліндра.

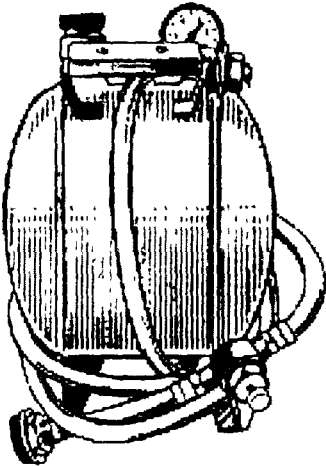


Рис. 5.19. Бак для заправки гідроприводу гальм

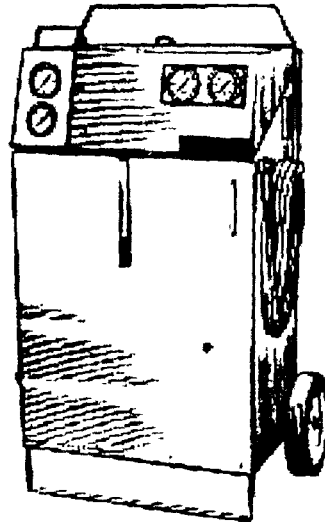


Рис. 5.20. Пересувна установка для заправки і прокачування гідроприводу гальм

Технологія та якість виконання змащувальних робіт відносяться до визначальних чинників, які впливають на ресурс вузлів. Так, наприклад, якщо змащування шворня проводити не кожного ТО-1, а через раз, то його ресурс зменшиться більше ніж на 40 %. Особливість та зміст виконання мастильних робіт залежить від марки транспортного засобу і основного технологічного документу – технологічної карти, у якій вказується місце та кількість точок та періодичність змащування, марки оливи, їх витрату тощо.

Наприклад, операції мастильних робіт автобуса ЛАЗ включають в себе змащування: шворнів, валів розтискних кулаків гальмових механізмів, шарнірів кермових тяг, пальців ресор, витискного підшипника зчеплення, проміжної опори карданного валу й інші. Отже, є близько 17 операцій тільки змащування, зменшення кількості (трудомісткості) яких залежить від конструктивних особливостей АТЗ, якості мастильних матеріалів та засобів для їх виконання.

Електротехнічні роботи входять в обсяг технічних обслуговувань і поточного ремонту. Під час виконання їх в обсязі ТО передбачено проведення огляду та очищення від бруду зовнішніх поверхонь генератора, стартера, інших елементів системи пуску та запалення двигуна. перевірка та, за потребою, заміна елементів електрообладнання.

Комплекси операцій, які входять в цей вид робіт, різнохарактерні, відрізняються за складністю виконання, методами та застосовуваними технічними засобами. Вони вимагають залучення фахівців різних спеціальностей і кваліфікації. Більшість операцій виконується одним виконавцем із використанням різних інструментів та приладів. Роботи відрізняються підвищеною складністю, вимагають використання спеціальних контрольно-вимірювальних стендів, установок, пристроїв і дорогого, часто імпортного, обладнання. Обладнання, яке використовується для діагностування систем електрообладнання автомобілів, описано у підрозділі 5.5.

Автомобільні електричні машини (генератори, стартери) мають багато однотипних елементів, ремонт і випробування уніфіковані. До них належать обмотки, щіткові вузли, ротор (якір), статор, підшипники, електроізоляційні матеріали. Більшість робіт з перевірки генераторів, стартерів, регуляторів напруги тощо (під час їх ремонту), виконуються на стаціонарних стендах моделей 532М та Е-211. Стенди складаються з каркасу та силової частини, в яку входять асинхронний електродвигун змінного струму і варіатор, з допомогою якого можна плавно регулювати частоту обертання робочого органу. На монтажному столі можна кріпити різні типи генераторів та стартерів, а на панелі – регулятори напруги. В комплект стенду входять контрольно-вимірювальні прилади, зарядний пристрій, дві акумуляторні батареї.

Для контролю технічного стану якорів, обмоток збудження використовуються прилади Е-202, Е-236 та інші, основою яких є дросель з вимірювальною системою. Прилади за величиною електромагнітної індукції дають змогу визначати несправності (обриви, замикання) у секціях обмоток якоря, збудження тощо. Стенди СПЗ-8М,

СПЗ-12 – застосовуються для перевірки технічного стану приладів системи запалення, знятих з двигуна (переривачів-розподільників, котушок та конденсаторів), а також для регулювальних робіт.

Електротехнічні роботи виконують у певній технологічній послідовності (рис. 5.21) із застосуванням відповідного обладнання, технологічних та постових карт.

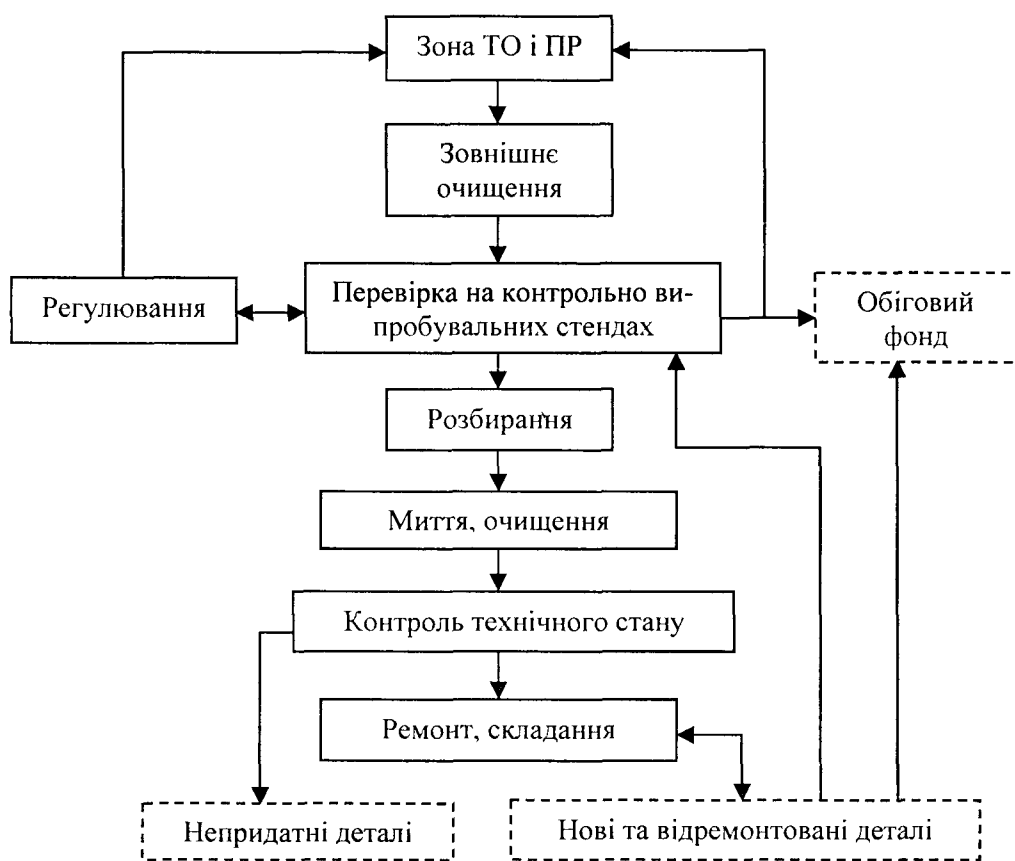


Рис. 5.21. Схема технологічного процесу у електротехнічному відділенні

Акумуляторні роботи виконують під час технічних обслуговувань і поточного ремонту АТЗ. Вони передбачають проведення: очисних робіт; перевірки технічного стану акумуляторних батарей; доливання технічних рідин (дистильованої води, електроліту), змащування клем та перемичок технічним вазеліном, перевірки кріп-

лення провідників. Крім цього, під час ПР автомобіля, можливе зняття батарей з метою усунування несправностей, випробування, заряджання тощо. Операції, які входять у ці роботи є однорідними, нескладними у виконанні і проводяться одним виконавцем; застосовуються прості методи і обладнання. Усування несправностей батарей вимагає від виконавця спеціальних знань, методів та навиків.

Під час ТО використовують комплект приладів, пристроїв та інструментів моделі Е-401. У його склад входять: навантажувальна вилка, денсиметр, термометри, пристрої та інше приладдя (всього 15 найменувань). З їх допомогою можна виконувати технологічні операції, пов'язані з перевіркою технічного стану та ступеня зарядженості батарей. Використовуються пересувні установки (Е-411) для прискореного заряджання батарей ємністю до 190 А·год. Для полегшення запуску двигуна використовуються пересувна установка моделі Е-307 та акумуляторний візок 536 М.

Усі акумуляторні роботи виконують відповідно до вимог технологічних карт та схеми організації технологічного процесу ремонту та заряджання акумуляторних батарей (рис. 5.22).

Роботи з **обслуговування паливної апаратури** виконуються під час технічного обслуговування та поточного ремонту АТЗ. Для системи живлення бензинових двигунів проводиться перевірка кріплення і герметичності трубопроводів, бака, паливної помпи, дії заслінок, рівня палива в поплавковій камері карбюратора, регулювання системи ялового ходу.

Усування несправностей у системі живлення проводиться із зняттям інжекторів, карбюратора, насоса, та інших елементів. Їх очищають та промивають, за потребою ремонтують із заміною деталей, перевіряють на спеціальних стендах та устаткуванні. Система живлення дизельних двигунів потребує перевірки кріплення і герметичності трубопроводів, бака, насосів, форсунок, дії механізмів керування подачею палива, роботи двигуна, помп. За необхідності знімають форсунки, помпи, ремонтують їх із заміною деталей, а також перевіряють та регулюють на спеціальних стендах і установках.



Рис. 5.22. Схема технологічного процесу відновлення працездатності акумуляторних батарей

Технологічний процес складається із контрольних-оглядових операцій, відносно складних регулювань і перевірок систем за допомогою спеціальних приладів і стендів. Усування несправностей є досить складним, потребує заміни зношених деталей і прецизійних пар із застосуванням спеціальних інструментів і пристроїв. Кожний комплекс операцій виконується за індивідуальною програмою.

При виконанні ТО використовується спеціальне обладнання для виконання таких технологічних операцій як перевірка паливних pomp бензинових двигунів, форсунок дизельних двигунів, вимірювання витрат палива безпосередньо на автомобілі. Сучасні прилади для оцінки технічного стану бензинових pomp (моделі К-436) дають змогу перевірити їх продуктивність, робочий та максимальний тиск, який створює помпа, щільність прилягання клапанів тощо. З їх допомогою можна також перевіряти електробензопомпи.

Під час поточного ремонту приладів системи живлення бензинових двигунів, крім розбирально-складального обладнання (верстаки, мийні установки, пристрої, набори інструментів) широко застосовуються стенди для перевірки карбюраторів і pomp (моделей МБКВ-2, 489А й інші), установки для перевірки карбюраторів безмоторним методом, а також стенди для діагностування та ультразвукового

очищення інжекторів. Серед останніх – вітчизняний стенд “Циклон-4” (ЗАТ “Енергія”, м. Луганськ). Такі стенди забезпечують імітацію усіх фаз функціонування систем живлення сучасних двигунів. Діагностування технічного стану форсунок передбачає: перевірку їх працездатності під тиском бензину у діапазоні 0-0,8 МПа та тривалості імпульсу впорскування 3-6-12 мс.; візуальну перевірку якості розпилення в прозорому циліндрі приладу; можливість одночасної перевірки точності дозування палива восьми форсунок з похибкою до 1 %; перевірку продуктивності форсунок за допомогою 10-ступеневої програми, методом використання різних за тривалістю імпульсів впорскування та частот обертання колінчастого вала двигуна. Ультразвукове очищення проводиться після закріплення демонтованих форсунок у спеціальній ванні, де ультразвукова вібрація у поєднанні з розчинником відновлюють їх працездатність. Алгоритм програми повністю керує очищенням внутрішньої поверхні різних типів форсунок (каналів підводу палива, голки, розпилювача) до повного видалення відкладень смол та усунення закоксування. Використанням такого устаткування досягається зменшення витрати палива, збільшення терміну експлуатації λ -зонда за рахунок зменшення відкладень смол на його поверхні, та збільшення терміну експлуатації каталізаторів, зниження рівня оксиду вуглецю у відпрацьованих газах на 30 %.

Під час ТО та ПР паливної апаратури дизельних двигунів використовуються стенди як вітчизняного, так і закордонного виробництва. На стендах використовуються електричні (типу СДТА-3, “Стар” та “Мінор”) та електрогідравлічні приводи (типу “Моторпал”), які уможливають плавне (безступінчасте) регулювання частоти обертання робочого органу від 60 до 4000 хв^{-1} . Сучасні стенди, наприклад EPS 815 (BOSCH) (рис. 5.23), дають змогу випробовувати насоси 12-ти циліндрових двигунів з високою точністю вимірювання в умовах стабільної частоти обертання приводу. Стенд оснащений комп’ютерною вимірювальною системою з великим обсягом пам’яті, що забезпечує швидке вимірювання параметрів завдяки безперервній реєстрації значень подачі кольоровим екраном для

графічного зображення вимірних величин (перевищення допустимого параметру зображається в кольорі).

Крім цього обладнання, використовуються прилади для перевірки дизельних форсунок моделей НС-108, EFEP 60H (рис. 5.24) під тиском 40-60 МПа. Прилади оснащуються спеціальними ваннами з внутрішнім розрідженням для збирання паливного туману.

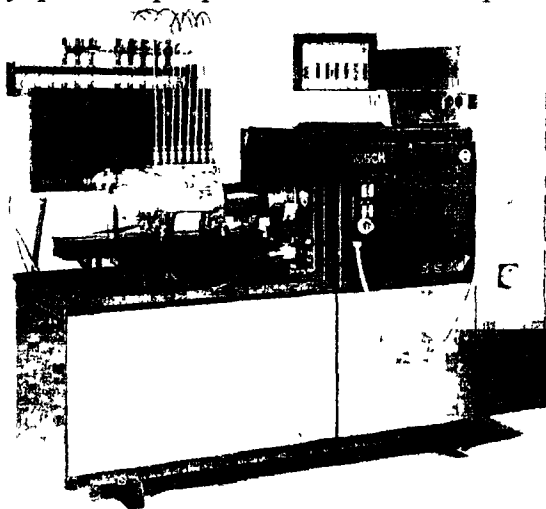


Рис. 5.23. Стенд для випробування паливної апаратури дизельних двигунів EPS 815

Технологічний процес ремонту приладів паливної апаратури АТЗ передбачає виконання переліку операцій у певній послідовності (рис. 5.25).

Газову апаратуру системи живлення газобалонних АТЗ перевіряють і регулюють на спеціальних стендах або за допомогою універсальних приладів та пристроїв не знімаючи її з автомобіля. Частину регулювань виконують під час роботи двигуна на газі, іншу частину – на непрацюючому двигуні з системою живлення, яка заповнена повітрям або інертним газом під робочим тиском. Роботи виконуються за допомогою електричного газоаналізатора ПГФ-2М1-ИЗГ, яким можна оцінити герметичність клапанів і системи після заповнення її газом. Під час ТО системи живлення газобалонних автомобілів, крім робіт щодо газового обладнання, виконують роботи щодо резервної (бензинової) системи живлення, що збільшує, очевидно, загальну трудомісткість робіт.

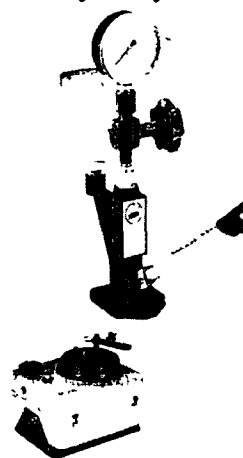


Рис. 5.24. Прилад для перевірки форсунок EFEP 60H

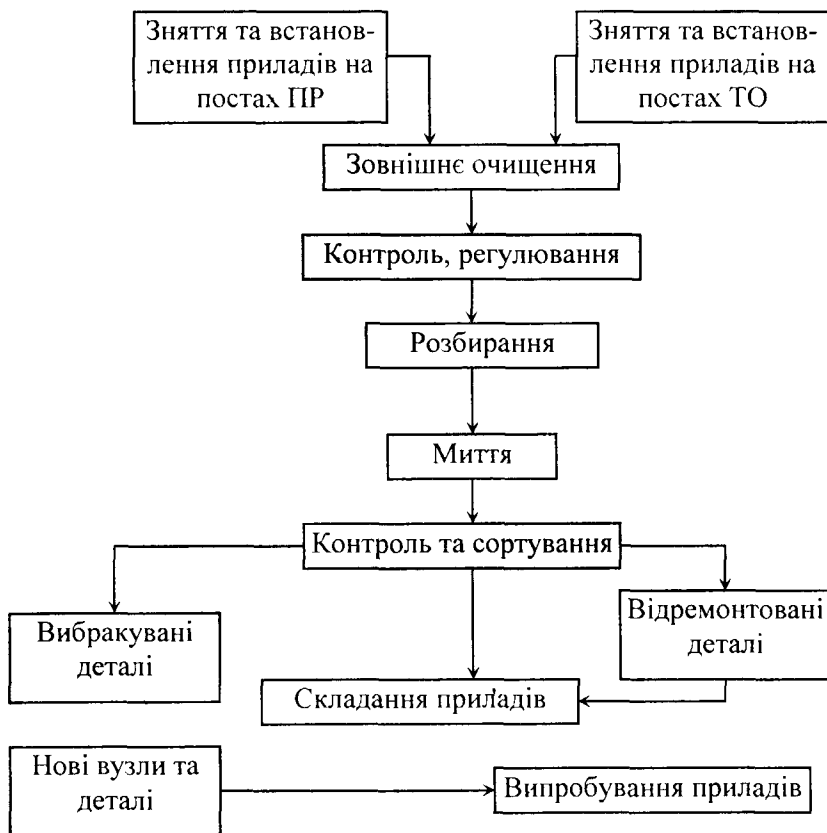


Рис. 5.25. Схема технологічного процесу ремонту паливної апаратури

Організація ТО та ПР газобалонних автомобілів на АТП має деякі особливості (рис. 5.26), пов'язані з наявністю на автомобілі газоподібного палива. Використовуючи цю схему можна вибрати той чи інший маршрут від контрольно-пропускного пункту до відповідних зон, залежно від стану газової апаратури та автомобіля.

Шиномонтажні роботи виконуються за потребою під час проведення ТО-1, ТО-2 та поточного ремонту АТЗ. Вони включають у себе: огляд шин, перевірку тиску повітря в них і доведення його підпомповуванням до норми, операції із зняття і встановлення (демонтаж та монтаж) шин після ремонту та інше. Операції з обслуговування є простими, однотипними; у застосовують як прості пристрої (манометри, повітрероздавальні колонки), так і відносно складні (гайкокрути, шиномонтажні стенди, борторозширювачі). Операції

цього типу робіт не можуть бути виконані за єдиним технологічним процесом.

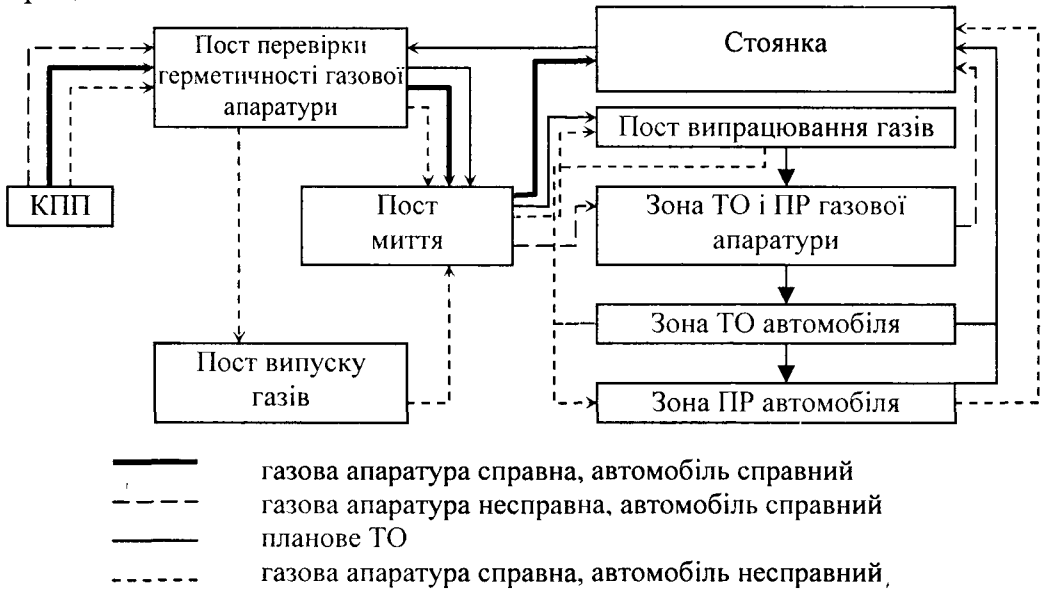


Рис. 5.26. Схема технологічного процесу ТО та ПР газобалонних автомобілів

Повітрероздавальні автоматичні колонки для легкових і вантажних автомобілів призначені для наповнення камерних та безкамерних шин повітрям. Колонки стаціонарні (рис. 5.27), мають корпус, манометр, шланги з наконечниками, систему керування та інші елементи. Тиск повітря у роздавальній мережі – від 0,4 до 1,0 МПа залежно від типу колонки. Пристрій для наповнення безкамерних шин притискає краї бортів шини до бортів ободу диска з наступним її накачуванням. За допомогою важеля відкривається клапан і стиснене повітря з ресивера надходить в опорне кільце, на якому розміщене колесо, і через отвори якого подається в кільцеву щілину між бортом шини та ободом. Миттєво розширюючись, повітря притискає борти шини до ободу диска. Подальше накачування здійснюється за допомогою наконечника з манометром.

Компресори, котрі використовуються на автотранспортних підприємствах для отримання і подачі стисненого повітря, як правило, поршневі або роторні, одно- і багатоступеневі, з ресиверами для стабілізації тиску повітря, яке надходить в магістраль. Поршневі

компресори відрізняються кількістю циліндрів (від одного до чотирьох) та їх розміщенням (відповідно рядне або V-подібне). Відрізняються між собою характеристиками – максимальним робочим тиском, продуктивністю, потужністю електродвигунів.

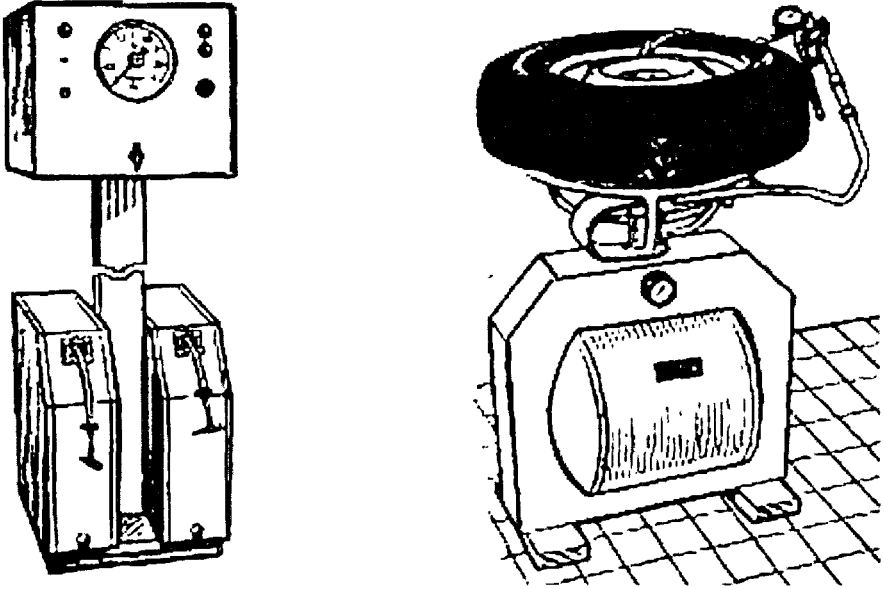


Рис. 5.27. Повітрероздавальні автоматичні колонки

Монтаж і демонтаж шин на АТП виконується на відповідних робочих місцях, які оснащуються комплектом обладнання. Зняття коліс з автомобіля виконується на спеціальних пневматичних підійомниках (рис. 5.28), з допомогою яких вивішуються осі автомобіля на висоту 400-500 мм.

Для демонтажних робіт розроблена низка сучасного вітчизняного та закордонного обладнання для коліс легкових та вантажних автомобілів з діаметром дисків від 10 до 22 дюймів. Вони оснащені надійними робочими столами, які обертаються за допомогою електромеханічного приводу в обох напрямках. Є стенди, в яких, крім обертання, робочі столи для зручності у роботі з важкими і великими (діаметром 1000 мм) колесами можуть нахилитися (рис. 5.29, а). Кріплення коліс здійснюється за допомогою чотирикулачкової самоцентруючої планшайби з пневмозатискачем (пневмоциліндром).

Це дає змогу міцно захоплювати колеса за зовнішню (внутрішню) поверхню диска, не наносячи йому при цьому пошкоджень.

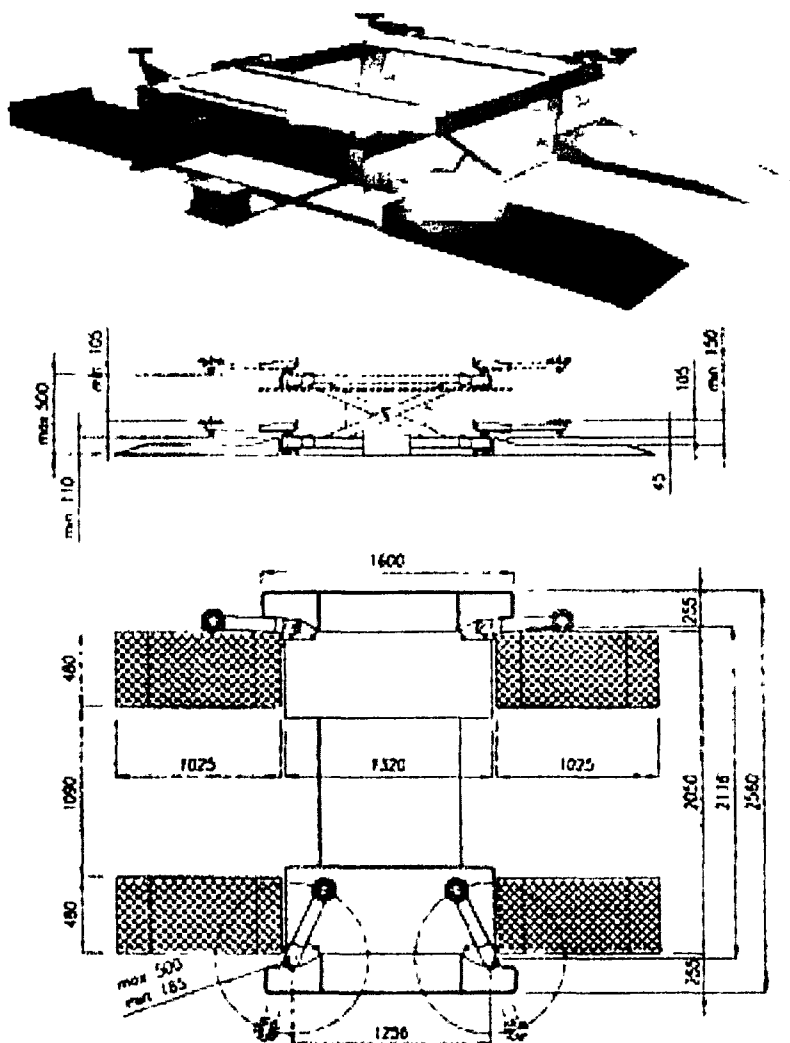


Рис. 5.28. Підйомник для вивішування осей автомобілів, на якому здійснюють зняття коліс

Робочі столи можуть також оснащуватись системами автоматичного накачування безкамерних шин (рис. 5.29, б), в яких подача повітря здійснюється через отвори **В** на кожному кулачку планшайби. Це забезпечує якісне бортування колеса. Спеціальні пристрої захищають обід від пошкоджень. Вертикальне положення штанги кон-

солі фіксується механічно за допомогою рукоятки й заодно проходить автоматичне встановлення зазору між лапою і ободом колеса. Для відривання бортів шини від закраїн ободу стенди оснащуються натискним пристроєм (двоходовий пневмоциліндр з гумовою накладкою на лопатці), який створює зусилля 2–3 кН. Цей пристрій забезпечує повну безпеку і виключає найменший ризик пошкодження шини або диска колеса, навіть якщо він виконаний з легких сплавів.

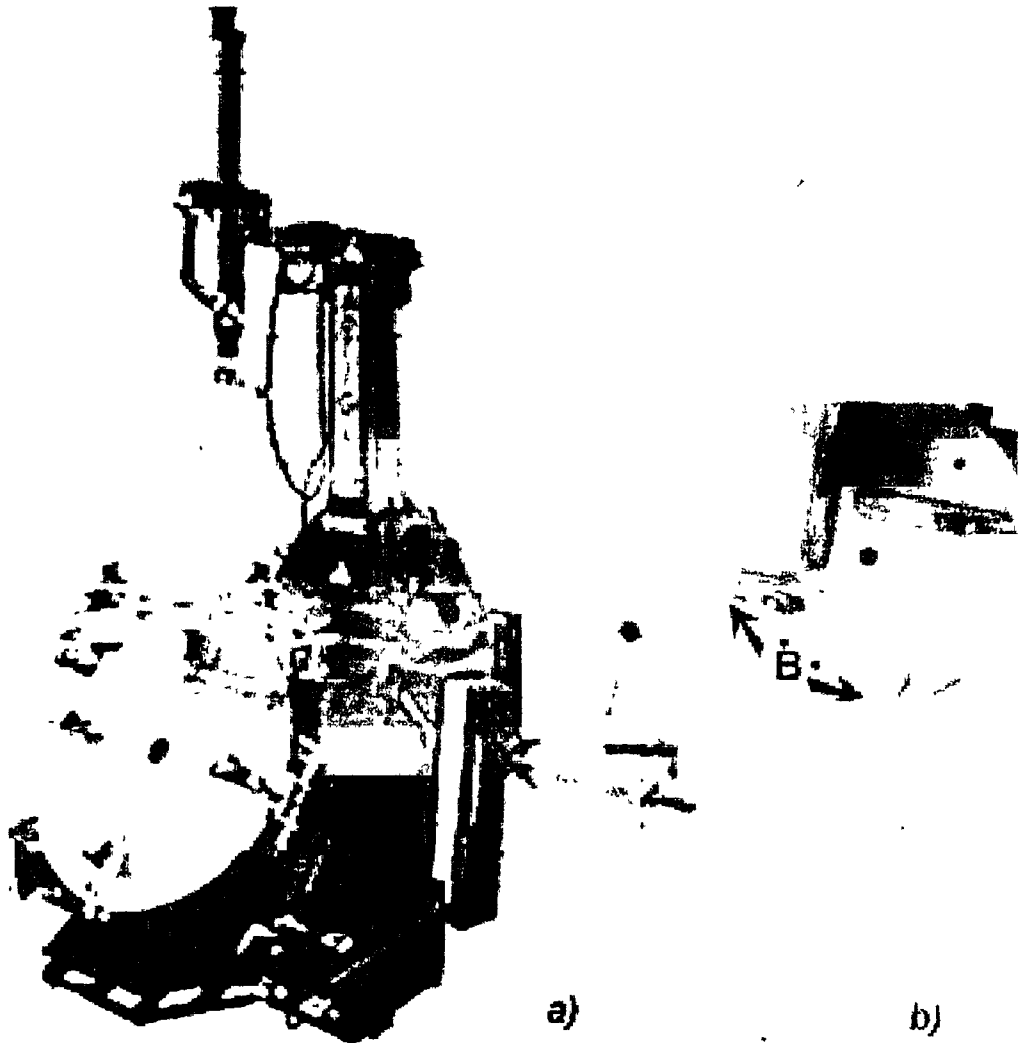


Рис. 5.29. Демонтажний стенд для коліс легкових автомобілів

Для вантажівок з діаметром дисків від 14 до 52 дюймів розроблені шиномонтажні стенди, в яких використовується електрогідравлічний привід для монтажу шин, самоцентруюча чотирикулачкова планшайба з електроприводом, реверсом та гідравлічним затискачем (рис. 5.30). Для відтискного ролика використовується гідравлічний регульований привід з можливістю повороту у двох напрямках. У таких стендах використовуються двошвидкісні мотор-редуктори потужністю 1,5 кВт та гідромотори з потужністю 1,1 кВт.

Для шиномонтажного відділення закордонними фірмами розробляються комплекси обладнання, які включають в себе:

- роликовий конвеєр з ухилом 3° , для автоматичного транспортування колеса на позицію для відтискання (відриву) бортів;
- установку для відтискання (відриву) бортів;
- шиномонтажний стенд (Monty 3200) з двома швидкостями;
- комп'ютеризовану установку для накачування шин з захисною кліткою і системою повертання;
- підйомник коліс;
- балансувальний верстат (Geodyna 5001p);
- привід з вмонтованим роликовим конвеєром для автоматичного транспортування коліс до автомобіля.

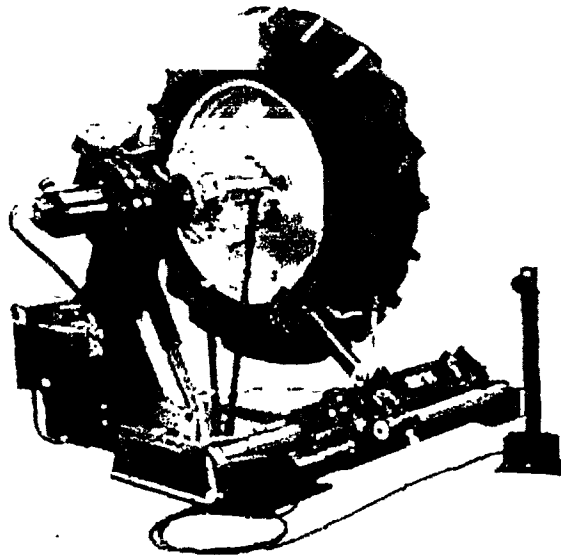


Рис. 5.30. Демонтажний стенд для коліс вантажних автомобілів

У такому комплексі реалізується нова концепція обслуговування шин. Лінія легко перекомплектується відповідно до розмірів та конфігурації приміщення. Усі складові комплексу – це окремі, незалежні один від одного установки.

Згідно з технічними умовами заводів-виготівників шина вантажного автомобіля може мати статичний дисбаланс, який визначається як добуток 0,5–0,7 % маси шини на її радіус, а для легкових автомобілів 10-20 г·м. У технологічному процесі передбачено, що балансування коліс проводять після монтажу нових шин, або після ремонту шин чи камер, а також при кожному ТО-2. Для цієї операції розроблені стаціонарні стенди (вимагають зняття колеса з автомобіля) та стенди, якими балансують колеса безпосередньо на автомобілі. Враховуючи конструктивні особливості стаціонарних та пересувних балансувальних стендів, перші рекомендують застосовувати на шиномонтажних дільницях та в зонах ТО-2, а пересувні на потокових лініях ТО-1.

Принцип роботи стаціонарних стендів полягає у наступному. Колесо закріплюють на валу стенда (рис. 5.31) і розкручують до частоти обертання $600-800 \text{ хв}^{-1}$ (є стенди з частотою обертання менше 100 хв^{-1}). Від незбалансованих мас колеса виникає згинний момент, в результаті чого вал стенда починає коливатися у горизонтальному, вертикальному або конусоподібному напрямках (залежно від конструкції стенда). Амплітуда цих коливань залежить від значень дебалансу і реєструється спеціальними давачами з виводом їх на панель приладів.

Сучасні стенди забезпечують визначення дисбалансу кожної із півплощин колеса одночасно (без поділу на зовнішню та внутрішню). Крім цього, вони оснащуються мікропроцесорами з сенсорною клавіатурою, світлодіодними індикаторами, дисплеями або кольоровими моніторами. Усі моделі оснащуються електроприводом, мають статичний та динамічний режими балансування, програмне забезпечення для балансування алюмінієвих дисків, з коректуванням підбору маси тягарця залежно від місця його кріплення на профілі диска. Прецизійна мехатроніка дає можливість досягати високої

точності вимірювання дисбалансу (до 1 г). Стенди мають автоматичне калібрування, систему самодіагностування, саморегулювання і не вимагають додаткового спеціального обладнання для виконання цих операцій.

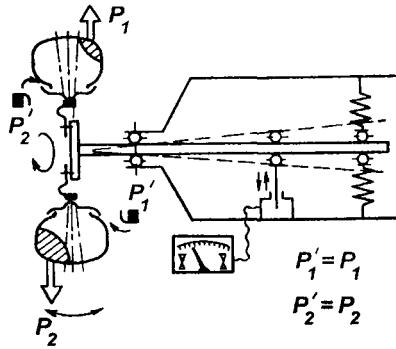


Рис. 5.31. Схема визначення дисбалансу колеса на стенді

Наприклад, стенд SBM 600 SL фірми Sicam (рис. 5.32) оснащений 14 дюймовим монітором, на якому усі операції супроводжуються схемами та відповідними інструкціями. Крім цього, стенд має програму оптимізації щодо скорочення тривалості балансування колеса і програму автоматичного уведення його параметрів, привід має окрему гальмівну систему.

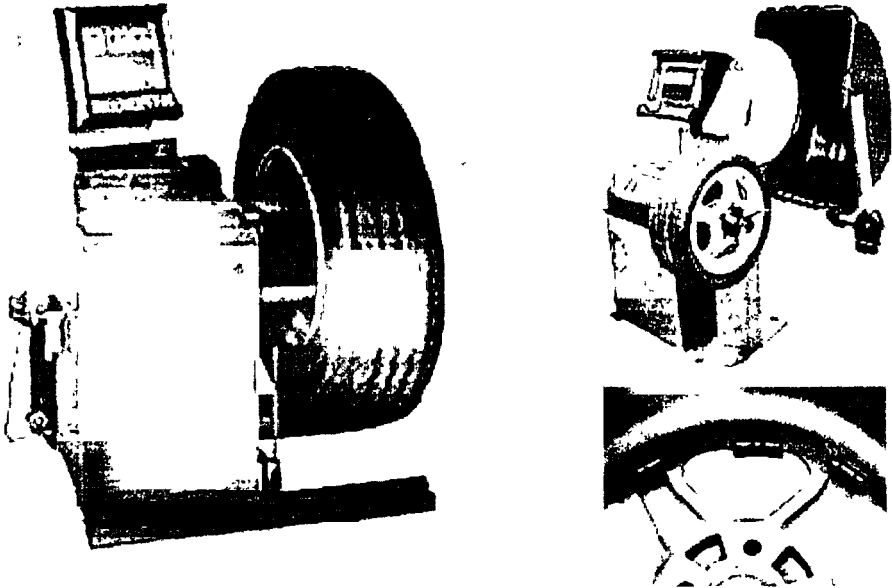


Рис. 5.32. Сучасні балансувальні стенди та приклад закріплення тягарця

Балансувальний стенд, наприклад HUNTER GSP9700 (рис. 5.33), дає змогу діагностувати та усувати вібрації, викликані дисбалансом колеса, биттям диска чи шини та силовою неоднорідністю боковин і протектора шини за довжиною кола. Для виявлення вібрацій, які не пов'язані з балансуванням, разом із розкручуванням колеса (для визначення дисбалансу), стенд виконує “дорожній тест”, моделюючи поведінку колеса під реальними навантаженнями в дорожніх умовах. Для цього використовується спеціальний ролик, який притискається до колеса з зусиллям більшим, ніж 6 кН. Визначивши вектори биття шини та диска, стенд вказує на їх оптимальне взаємне розташування. Підсумовуючи мітки та балансуєчи колесо на стенді, усуваються одночасно вібрації. Стенд автоматично встановлює колесо у певне положення (512 позицій, з кроком $0,35^\circ$), забезпечуючи цим максимальну точність балансування. При цьому використовуються стандартні або самоклеючі тягарці. Під час балансування враховуються усі чинники (навіть тиск повітря в шині), які впливають на точність вимірювання дисбалансу. На принтері роздруковують усі результати вимірювань.

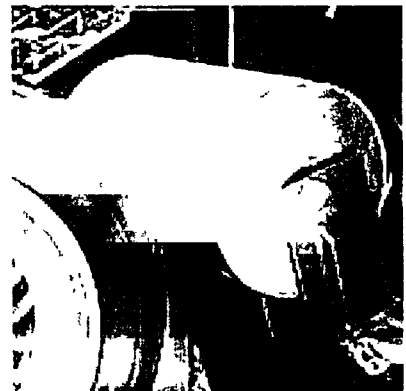
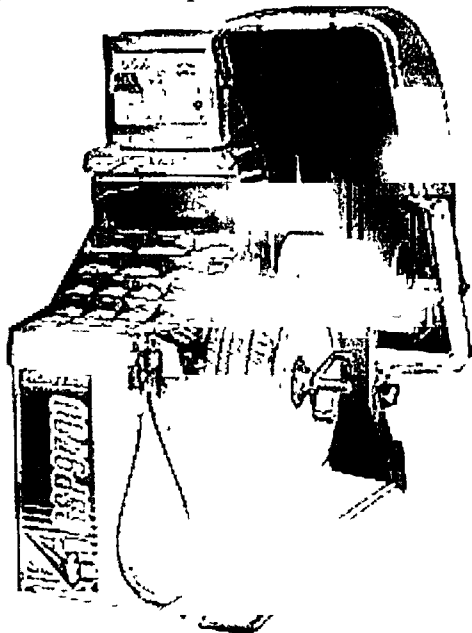


Рис. 5.33. Балансувальний стенд з можливістю моделювання дорожніх умов

Пересувним стендом (рис. 5.34) виконують балансування коліс безпосередньо на автомобілі (легковому, вантажному). До функціональних особливостей його належать:

- селективне вимірювання з використанням різниці частот обертання;
- розділення сигналів від привідних коліс;
- визначення місця дисбалансу за один цикл за допомогою інфрачервоного методу вимірювання електронно-оптичним блоком;
- плавний розгін і гальмування;
- гальмування електромагнітним гальмом без проковзування і зношення шини;
- можливості використання для автомобілів з ABS/ASR системами;
- можливості використання для коліс автомобілів з різними типами підвісок.

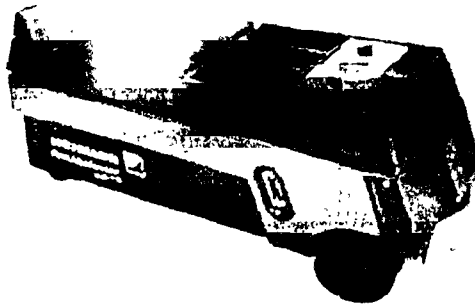


Рис. 5.34. Пересувний балансувальний пристрій

В цілому технологічний процес шиномонтажних робіт реалізується за такою схемою (рис. 5.35).

Шиноремонтні роботи передбачають: виявлення та усунення пошкоджень шин та камер методами “гарячої” та “холодної” вулканізації, їх перевірку після ремонту, заміну вентилів. Технічний стан шин контролюють ретельним оглядом з зовнішнього та внутрішнього боків, використовуючи борторозширювачі (спредери).

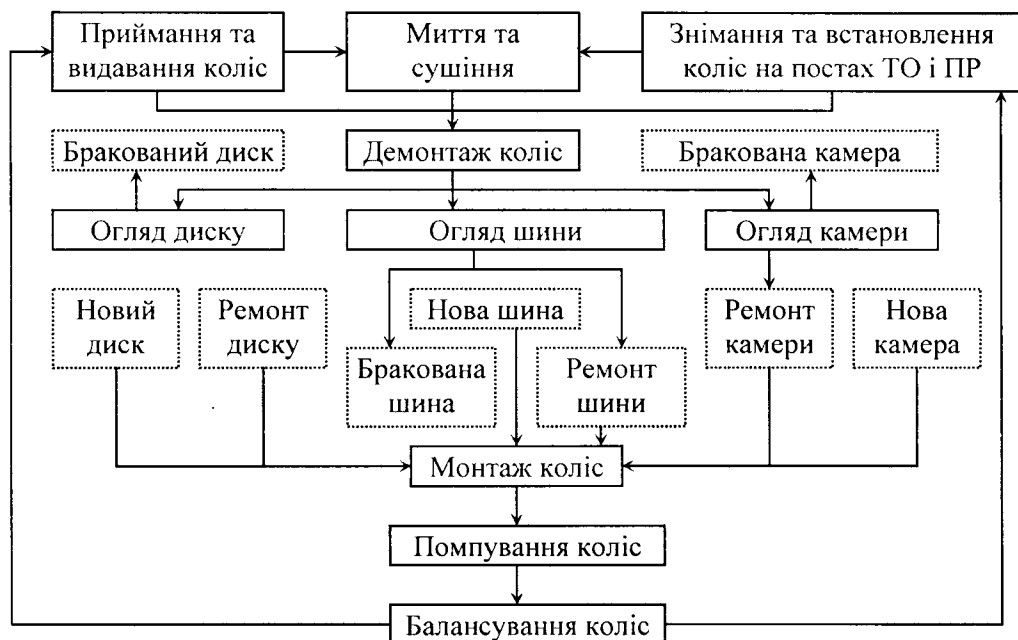


Рис. 5.35. Схема технологічного процесу робіт у шиномонтажному відділенні

Бортрозширювач – це стаціонарне спеціальне обладнання, призначене для розширення бортів шин під час їх огляду або ремонту, додатково оснащено пневматичним підйомником (рис. 5.36). Зусилля, яке розвивається пневмоциліндром сягає 20 кН при робочому тиску повітря 0,6 МПа. На стенді можна здійснювати огляд шин розмірами від 6,15-13 дюймів до 320-508 мм.

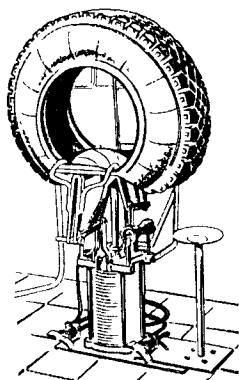


Рис. 5.36. Бортрозширювач стаціонарний з пневматичним приводом

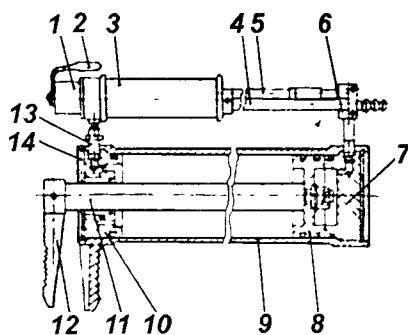


Рис. 5.37. Бортрозширювач ручний з пневматичним приводом

Борторозширювач іншої конструкції (рис. 5.37) – є ручним, пневматичним пристроєм, який дає змогу розводити борти шин до 350 мм. Робочим органом є пневмоциліндр, в який під тиском 0,4–0,6 МПа подається стиснене повітря.

Під час огляду шини перевіряють цілість металевого кільця бортів, відсутність відшарувань бортових стрічок (ущільнювальної гуми для безкамерних шин), видаляють з протектора сторонні предмети (цвяхи, каміння тощо), виявляють зовнішні пошкодження, оцінюють стан внутрішньої поверхні (відсутність зламу каркаса, пошкодження ниток корду, наскрізні та внутрішні ненаскрізні пошкодження), оцінюють придатність до ремонту та призначають його вид. Після цього виконується ремонт шини згідно із схемою технологічного процесу (рис. 5.38).

Пошкоджені камери ремонтують окремо на спеціальному верстаку у відповідній технологічній послідовності (рис. 5.39). Для ремонту місцевих пошкоджень шин використовують електровулканізатори різних моделей (рис. 5.40), якими вулканізують камери та шини легкових автомобілів, вантажівок. Використовують одно- або двосторонній нагрів до температури 135–160 °С з його контролем, затискачі (пневматичні або гвинтові) з регулюванням питомого зусилля притискання в межах 0,6–1 МПа.

Площа нагрівальних плит прямокутна (90×190 мм), або кругла з діаметром 150 мм. Вулканізатори дають змогу ремонтувати (з використанням різних вирівнювальних подушок та проставок–мульд) протектор, плече та боковину шини (рис. 5.41).

Крім цього обладнання під час ремонту шин і камер використовують комплекти інструментів з приводом для шорохування та для вирізання пошкоджень.

Для “холодної” вулканізації використовуються спеціальна “сира” гума, яка при взаємодії з вулканізуючою рідиною самовулканізується, утворюючи міцне довговічне з’єднання, що не поступається за своїми якостями перед основним матеріалом. Така вулканізація вважається сучасною прогресивною у технологіях шиноремонту. Для ремонту камер та проколів безкамерних шин використовуються латки та пластирі різних розмірів та форм і вулканізуюча рідина.



Рис. 5.38. Схема технологічного процесу ремонту шин

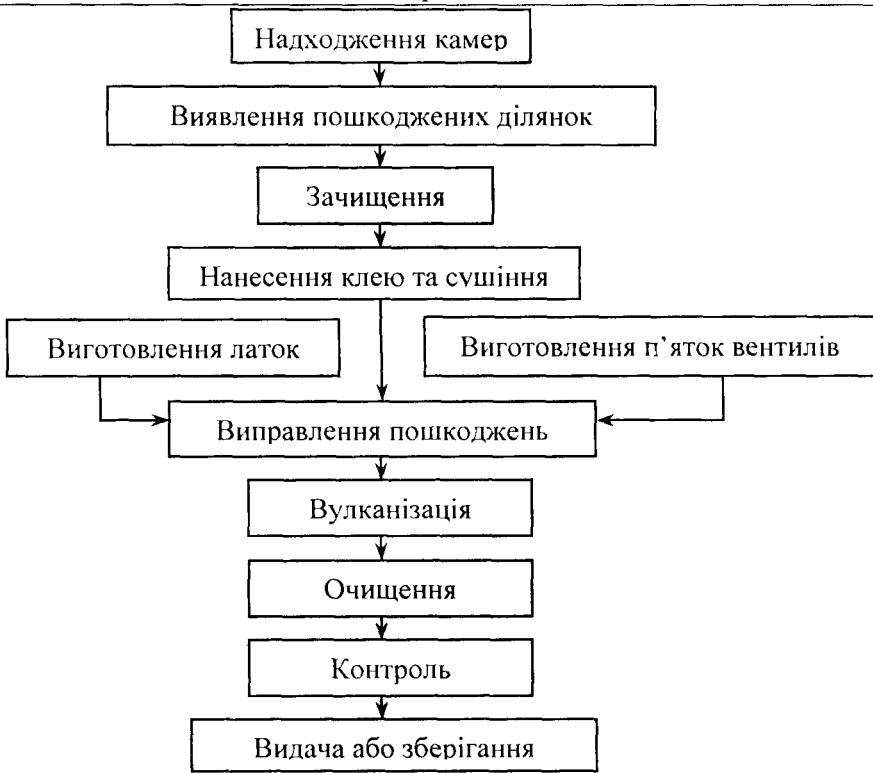


Рис. 5.39. Схема технологічного процесу ремонту камер

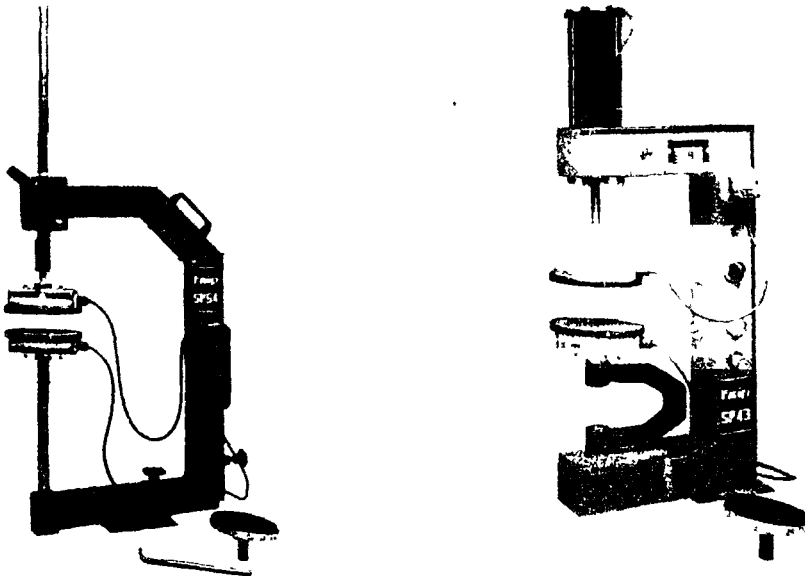


Рис. 5.40. Електровулканізатори для камер та шин

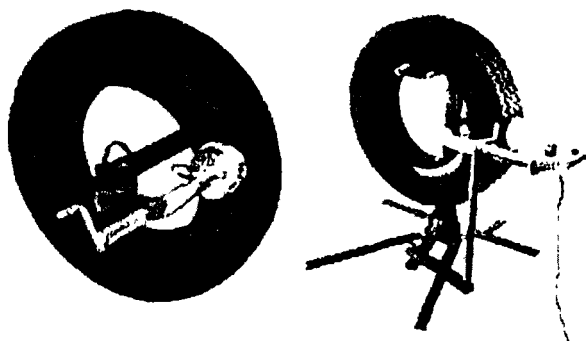


Рис. 5.41. Ремонт боковин і протектора шин з використанням електровулканізаторів

Ремонт проколів безкамерних шин без демонтажу може здійснюватись за допомогою спеціальних шнурів з діаметрами від 9,5 до 13 мм, які вводяться в місце проколу спеціальним шилом після калібрування отвору спеціальними фрезами для видалення кордону.

Питання для самоконтролю

1. Які операції включає в себе технологічний процес зовнішнього миття автомобіля?
2. За якими ознаками класифікують установки для механізованого миття автомобілів?
3. Від чого залежить технологія виконання кріпильних робіт?
4. Особливості виконання мастильно-заправних робіт з позицій економії ресурсів.
5. Особливості ТО та ПР газобалонних автомобілів у ВТБ АТП.
6. Перелічіть обладнання, яке використовують для операцій з обслуговування та ремонту шин АТЗ.
7. Що таке “холодна” вулканізація шин та камер автомобіля?

5.4. Обладнання та технологічні процеси поточного ремонту

Поточний ремонт призначений для усунення несправностей, які виникають, а також для забезпечення встановлених нормативів пробігу автомобілів та їх агрегатів до капітального ремонту. До характерних робіт з ПР належать: розбирально-складальні, слюсарно-механічні, зварювальні, дефектувальні, фарбувальні, ковальсько-ресорні, вулканізаційні, заміни агрегатів, деталей тощо. Під час поточного ремонту агрегатів допускається заміна деталей, які досягнули граничного стану, крім базових. До поточного ремонту АТЗ належать також роботи, пов'язані з одночасною заміною не більше двох базових агрегатів (крім кузова та рами). У чинній системі ТО і ремонту регламентується питома трудомісткість ПР віднесена до пробігу автомобіля (люд.-год/1000 км), а також сумарні питомі простої в ТО та ПР (днів/1000 км). Крім цього, спеціальними нормативами регламентуються фінансові витрати на ПР з розподілом їх на заробітну плату, запасні частини та матеріали. Частина операцій ПР з незначною трудомісткістю може виконуватись разом з операціями чергового ТО, особливо щодо попередження відмов об'єктів, які впливають на безпеку руху. Деякі роботи з ПР можуть виконуватись і у вигляді самостійних комплексів, наприклад, підтримання справного стану кузовів, кабін, рам. Вони можуть виконуватись 2-3 рази на рік.

Розбирально-складальні роботи входять у початкові та завершальні операції поточного ремонту автомобілів. Вони включають заміну несправних агрегатів, механізмів та вузлів автомобіля на придатні, заміну в них несправних деталей на нові або відремонтовані. До них належать роботи, пов'язані із заміною двигунів, мостів, коробок передач, радіаторів, зчеплень, ресор тощо. Вони виконуються, як правило, на постах ПР. Крім цього, там здійснюється часткове розбирання переднього моста, кермового керування, зчеплення, двигуна, коробки передач та інших агрегатів з виконанням складальних робіт після ремонту. Розбирально-складальні роботи під час ПР автомобілів виконуються згідно із постовими операційно-

технологічними картами, які регламентують особливості поточного ремонту різних моделей автомобілів, в тому числі заміну двигунів, коробок передач, заднього (середнього), переднього мостів, кермового механізму тощо (рис. 5.42).

Операції відрізняються великою різноманітністю місць та умов виконання, вимагають, у багатьох випадках, високої кваліфікації виконавців. Окремі операції є травмонебезпечними, пов'язані з потребою прикладати великі фізичні зусилля. Вони виконуються за індивідуальними програмами. Якість розбирально-складальних робіт у значній мірі визначає експлуатаційну надійність транспортних засобів. Проведені згідно з технологічними процесами розбиральні роботи забезпечують збереженість деталей і зменшують трудомісткість наступного ремонту. За правильної організації і технології реалізації процесу розбирання уможливується повторне використання до 70–80 % деталей. З метою підвищення рівня механізації виконання розбирально-складальних робіт використовують різноманітні гайкокрути, пристрої, транспортне обладнання (наприклад, спеціальні візки для зняття та транспортування агрегатів, коліс), набори ключів та інше.

Розбирально-складальні роботи виконують, як правило, з використанням **підйомно-оглядового, підйомно-транспортувального та спеціалізованого обладнання**. Перша група включає оглядові канави, естакади, підйомники, перекидачі, гаражні домкрати тощо. Сучасні підприємства замість оглядових канав широко використовують стаціонарні та пересувні **підйомники** різноманітного конструктивного виконання, з відповідними приводами. Це властиво для автотранспортних підприємств, у складі яких легкові автомобілі, малотоннажні вантажівки та автобуси малого класу.

Класифікація сучасних підйомників наведена схемою (рис. 5.43). На ній не показані домкрати і підйомники для вантажних АТЗ, а також не типові моделі. В цілому ця класифікація охоплює до 90 % основних типів підйомників.

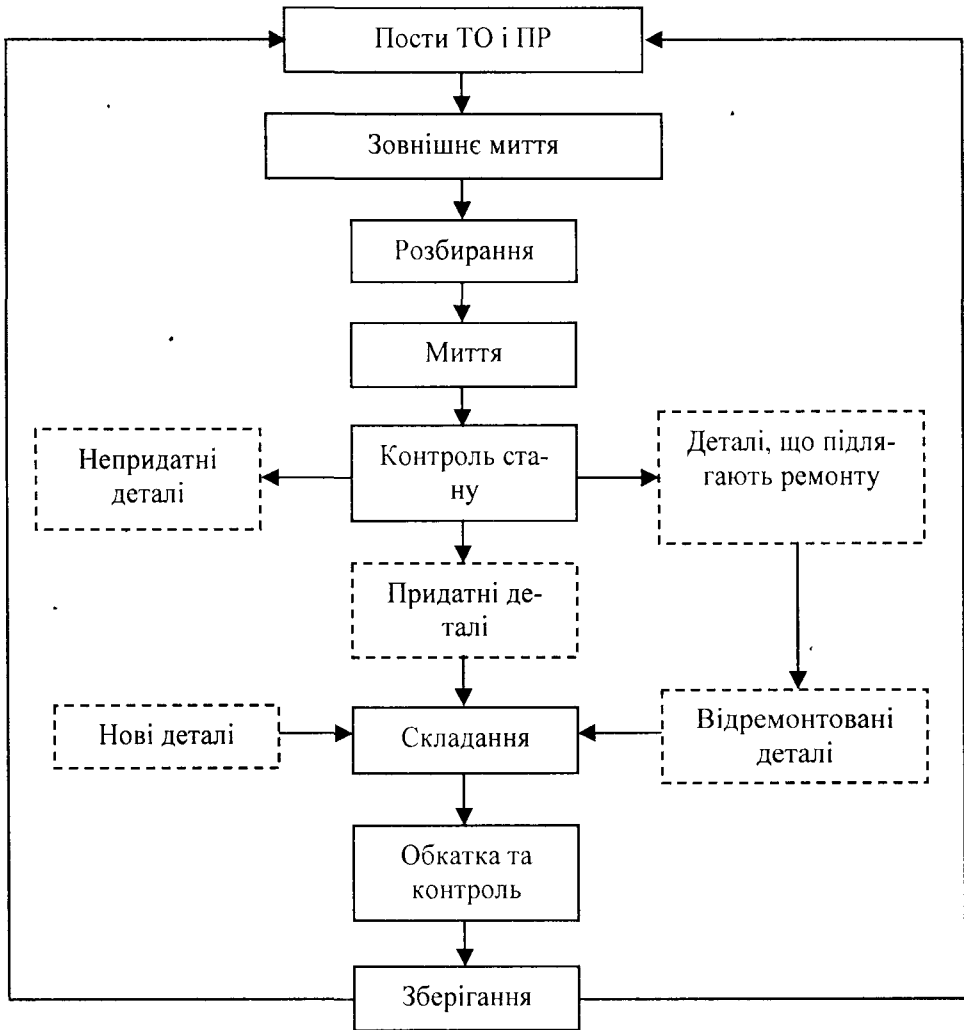


Рис. 5.42. Узагальнена схема технологічного процесу ПР агрегатів та вузлів автомобілів

Розглянемо докладніше першу групу підйомників (із звільненням коліс), яка набула широкого використання при виконанні ТО та ремонту АТЗ. Одностоякові підйомники застосовують для огляду автомобіля та незначного ремонту. Конструкція їх включає основу з однією колоною (стояком) та лапи (платформу). Застосування їх оправдано у разі малої площі в зоні ПР. Через недосконалу конструкцію (з точки зору експлуатації) на практиці використовуються рідко.

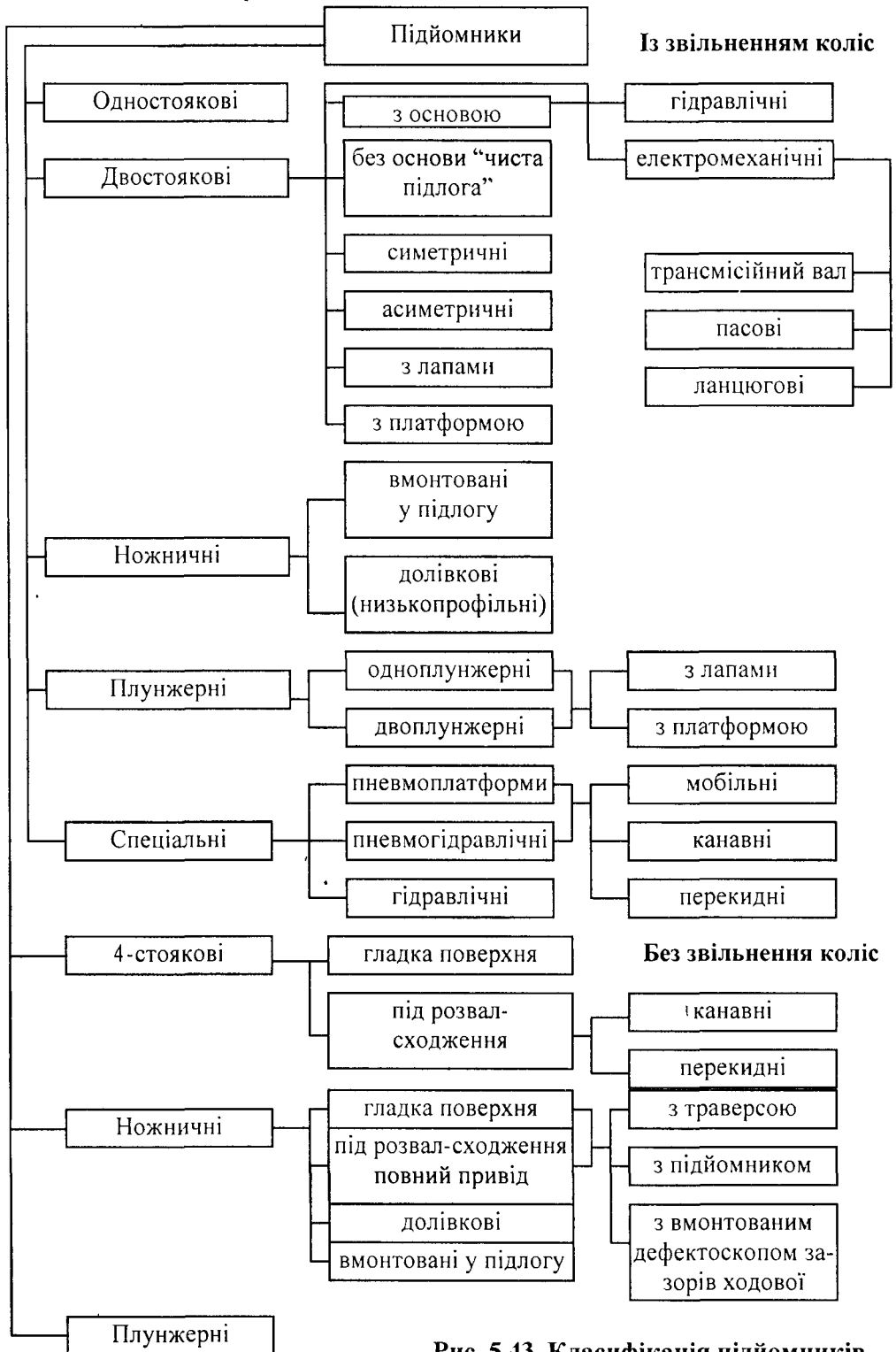


Рис. 5.43. Класифікація підйомників

Для виконання ПР широко застосовуються двостоякові підйомники підкатні та стаціонарні (рис. 5.44). Автомобіль встановлюється на висувні лапи або на платформи через пружні блоки-підставки. Конструкція підйомників з платформами зручна при огляді і незначному ремонті автомобіля (економиться час на встановлення), але з лапами вони універсальніші та зручніші для більшості видів ремонту та обслуговування. На діючих підприємствах переважають підйомники старої конструкції з основою у вигляді рами з перекладинами, на які встановлюються стояки (рис. 5.45).

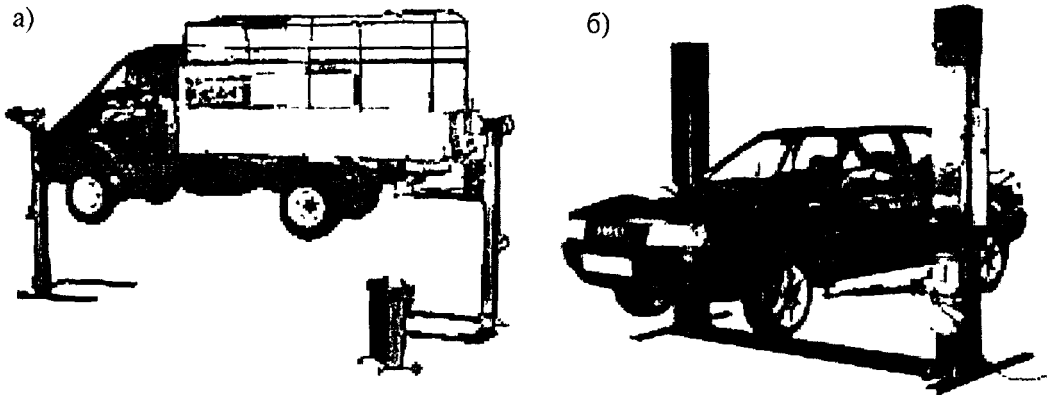


Рис. 5.44. Двостоякові підйомники:
а) – підкатні; б) – стаціонарні

Зручнішими при встановленні автомобіля на підйомник є їх конструктивні схеми з “чистою підлогою”, тобто з відсутністю основи (рис. 5.46). Комутація між стояками здійснюється згори підйомника (в окремих випадках знизу, із заглибленням у долівку). У таких типів підйомників застосовується електромеханічний привід; вони виготовляються з одно- і двомоторним виконанням. Двомоторні мають окремий привід на кожному стояку і відповідним чином комутуються (комутація може бути механічною або ж електронною). В одномоторних крутний момент від електродвигуна передається через пасову передачу на гвинт ведучого стояка, відтак на ведений стояк через ланцюговий або пасовий приводи чи трансмісійний вал. Підхоплювачі, які встановлюються на лапах, мають різні варіанти вико-

нання, наприклад, комбіфлекс, комбінований, стандартний гвинтовий тощо. Вантажність двостоякових підійомників – від 2 до 8 тон.

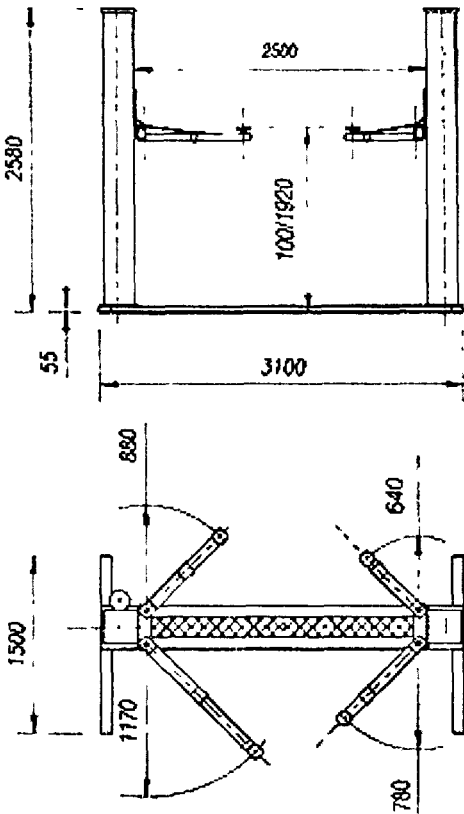


Рис. 5.45. Схема двостоякового підійомника з основою

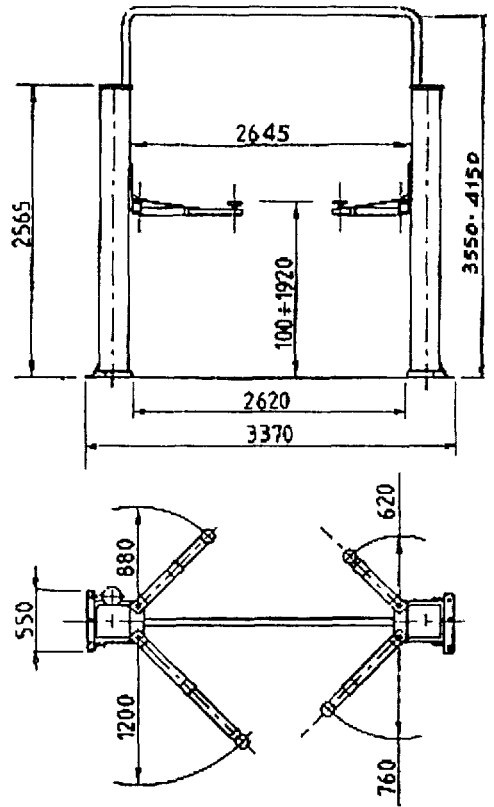


Рис. 5.46. Схема двостоякового підійомника без основи

Залежно від вантажності підійомників, їх призначення та типів АТЗ вони поділені на групи:

- 1) для легкових автомобілів, автомобілів підвищеної прохідності – 3-3,5 т;
- 2) для легкових автомобілів та мікроавтобусів – 3,5-4 т;
- 3) для автомобілів з довгими базами та легких вантажівок – 5-5,5 т.

Щодо призначення та можливостей зрівноваження промисловість виготовляє асиметричні та симетричні типи двостоякових підійомників (рис. 5.47). Асиметричний тип, поряд із традиційним симетричним, належить до першої легкової групи (3-3,5 т). В асиметричних

підйомниках розрахований центр маси автомобіля зміщений назад від осі стояків (таке припустиме для більшості легкових АТЗ).

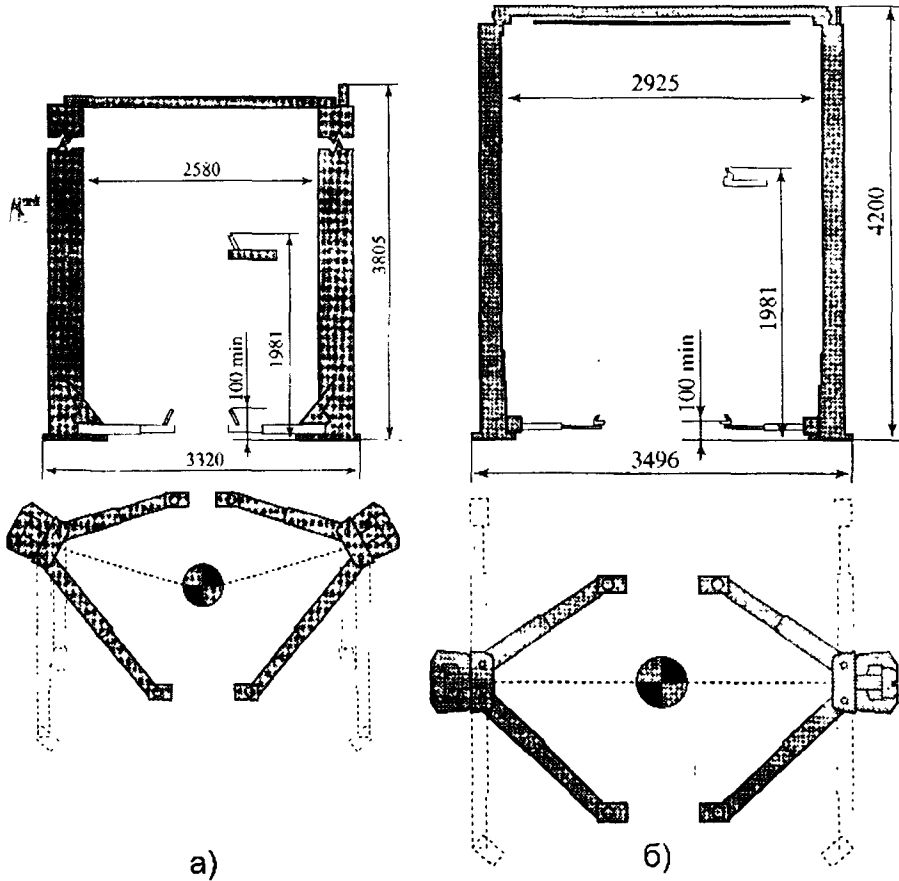


Рис. 5.47. Схеми асиметричного (а) та симетричного (б) типів двостоякових підйомників

Стояки мають невеликий поворот назад і довжина лап відповідно різна (передні коротші). Завдяки такій конструкції полегшується вихід із автомобіля, двері вільно відкриваються, і не потрібно “дошто-вхувати” його до робочого положення. Для роботи з легковими автомобілями та мікроавтобусами рекомендується використовувати підйомники 2-ї групи симетричної конструкції, а для автомобілів з довгими базами призначені тільки симетричні підйомники (3-я група).

До недоліків ланцюгового і пасового приводу відносять часту потребу в ретельному технічному обслуговуванні. Привід веденого

стояка через трансмісійний вал та конічну передачу вважається надійнішим. Для усіх типів електромеханічних підйомників “вузьким місцем” є передача гвинт-гайка, які швидко зношуються. Традиційно гайки виготовлялись із спеціальної бронзи; зараз їх замінили на зносостійкі пластикові із спеціального компаунда.

Деякі технічні характеристики двостоякових підйомників:

- кліренс (мінімальна висота опускання лап при встановленні АТЗ) – 95-100 мм;
- база (внутрішня відстань між стояками) – 2480-2500 мм;
- висота до горішньої перекладки (для підйомників з горішньою комутацією) – 4000-4200 мм;
- для роботи з автомобілями підвищеної прохідності та мікроавтобусами застосовують додаткові подовжувачі-адаптери для рамних конструкцій автомобілів.

Сучасні гідравлічні підйомники надійніші і довговічніші, ніж електромеханічні. Підтвердженням цьому може служити, наприклад, 3-річний гарантійний термін на гідравлічний привід підйомників ROTARY (США). Як додаткові переваги – привід майже безшумний; кращі діапазони швидкостей підйому/опускання; автоматика блокування у разі перенавантаження; база – від 2580 до 2925мм.

Підйомники без звільнення коліс автомобіля, як правило, платформенні чотиристоякові (рис. 5.48), застосовуються для виконання спеціальних видів робіт (наприклад, регулювання геометрії передніх коліс). Після встановлення на них додатково підйомників-траверс їх функціональні можливості розширюються за рахунок можливості вивішування осей автомобіля.

До сучасних конструкцій належать підйомники пантографного типу (рис. 5.49), які зручні під час встановлення їх у приміщеннях з невеликою площею. Вони мають долівкове (заглиблене) конструктивне виконання з електрогідравлічним приводом. Модельний ряд таких підйомників з вантажністю від 2,5 до 23 тонн.

Для підйому вантажівок та автобусів використовуються пересувні чотири або шестистоякові підйомники. Вони отримали назву

“підйомник-комплект пересувних стояків” з електромеханічним приводом (рис. 5.50). Використання їх на підприємствах дає змогу організувати пости ПР у будь-якому приміщенні з рівною підлогою. Крім цього, встановивши під піднятий автомобіль спеціальні підставки, пересувні стояки можна застосувати для організації нового поста, використати їх у різних технологічних зонах тощо. Така мобільність є їх основною перевагою. Керування підйомом та опусканням усіх стояків здійснюється з переносного пульта, який забезпечує їх синхронну роботу.

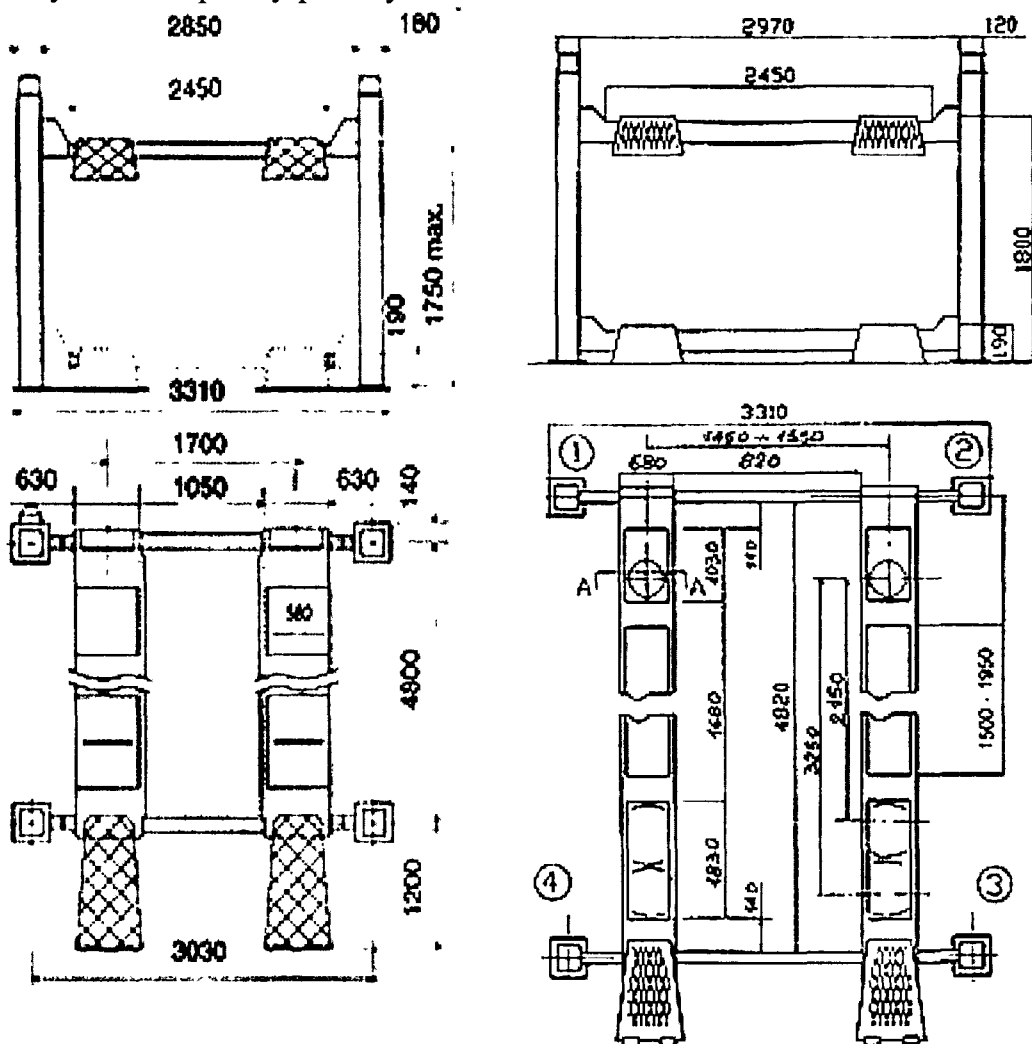


Рис. 5.48. Схеми чотиристоякових платформених підйомників

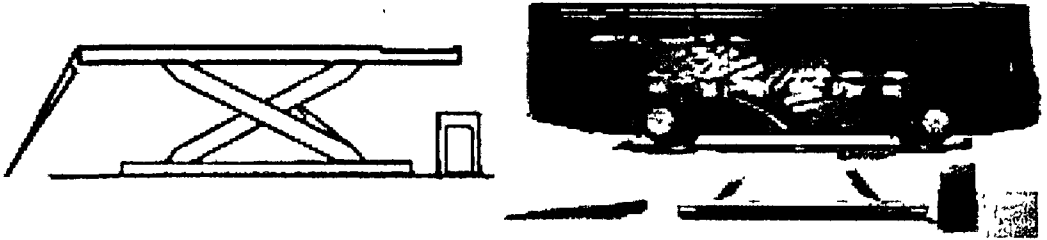


Рис. 5.49. Підйомники пантографного типу

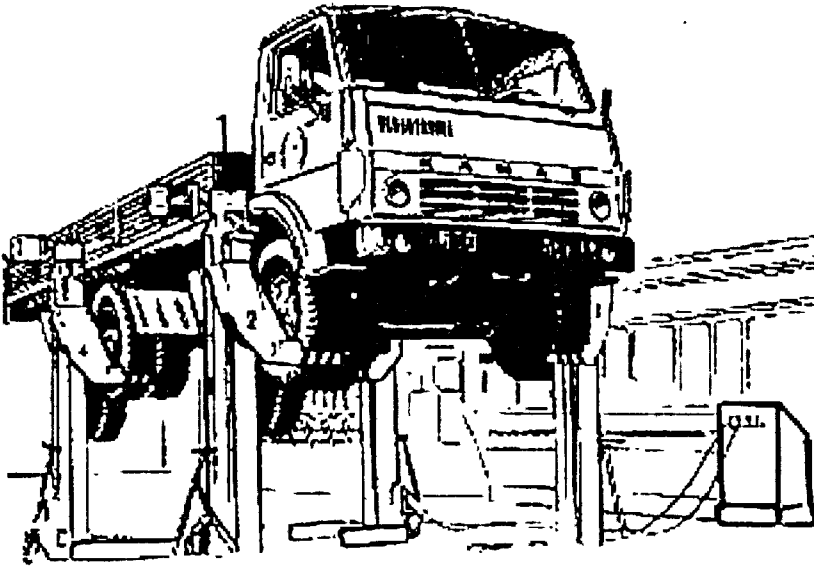


Рис. 5.50. Підйомник-комплект пересувних стояків

Серед підйомно-оглядового обладнання для ремонту легкових автомобілів застосовують **перекидачі**. Вони призначені для бокового нахилу автомобілів під час ТО та ремонту з боку днища. Вантажність – до 2 т, а максимальний кут нахилу – 90° ; можуть мати різне конструктивне виконання (рис. 5.51), залежно від можливостей підйому із застосуванням механічного приводу та надійної фіксації на будь-якій висоті у межах допустимого кута перекидання. Використовуються в основному для виконання зварювальних, кузовних та фарбувальних робіт.

Гаражні домкрати являють собою пересувні підйомні механізми, з допомогою яких піднімають (вивішують) на незначну висоту

передню або задню частини автомобіля. Домкрати класифікують за типом приводу на гідравлічні, пневмогідравлічні, пневматичні; за вантажністю на гідравлічні – від 1 до 12 т; пневмогідравлічні – від 7,2 до 63,5 т; пневматичні – 1,8-2 т.; за висотою підйому – в межах 430-700 мм.

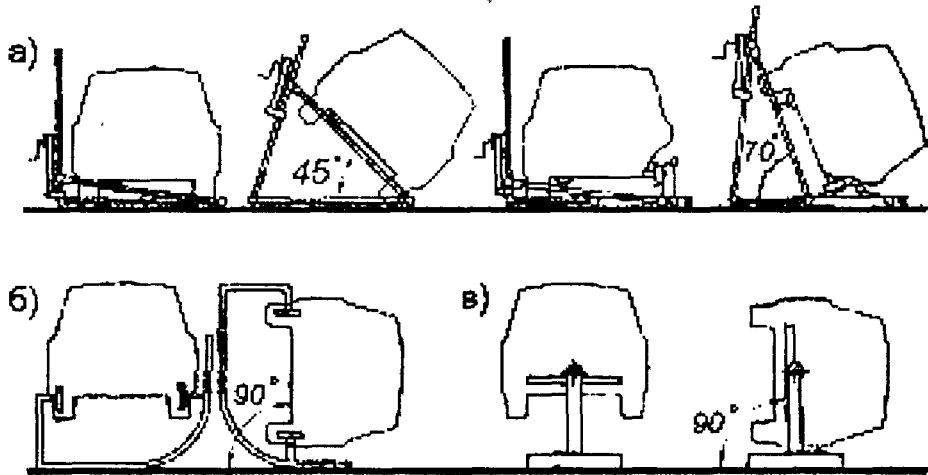


Рис. 5.51. Конструктивні схеми перекидачів:

а) з підйомом одного боку автомобіля; б) з перекочуванням автомобіля по опорах, закріплених на усіх чотирьох колесах; в) з обертанням попередньо піднятого на двох стояках автомобіля

Найчастіше у них використовують ручний гідравлічний привід, який складається з плунжерного насоса, блоку клапанів та гідроциліндра. Вони можуть мати суміщене (в одному корпусі насос і циліндр) або рознесене (окремо насос та телескопічний циліндр) виконання силової частини (рис. 5.52). Основним робочим органом пневматичного домкрату є пневмоподушка (рис. 5.53). Робочий хід її становить 180-200 мм, тривалість підйому 5 с., а вантажність до 2 т. Застосування їх на долівкових постах (а у разі потреби і на постах очікування) дає змогу виконувати оперативно та якісно відповідні роботи з ПР.

У технологічних процесах заміни двигунів та агрегатів трансмісії часто використовують **пересувні гідрофіковані трансмісійні стоя-**

ки, та крани з ручними гідравлічними приводами та телескопічними гідроциліндрами.

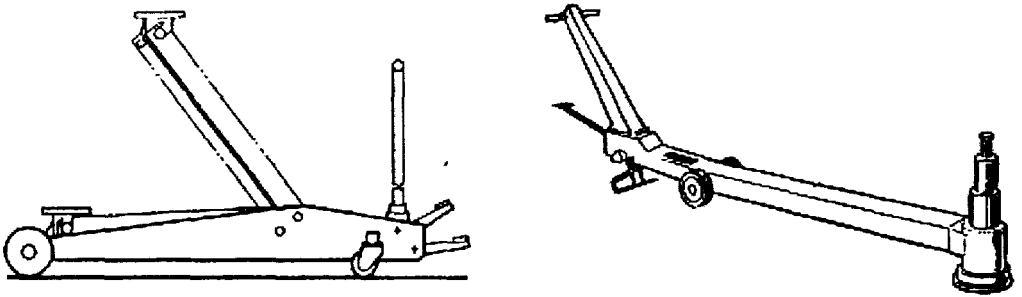


Рис. 5.52. Гаражні домкрати з ручним гідравлічним приводом

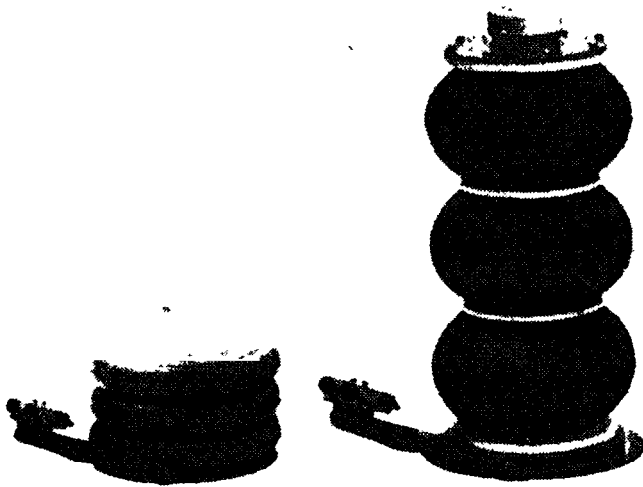


Рис. 5.53. Пневматичний домкрат

Гідравлічні стояки обладнуються універсальними підхоплювачами, їх максимальна висота підйому – 1990 мм з вантажністю від 0,3 до 1,5 т. Демонтажні крани мають максимальну вантажність від 0,5 до 2 т за максимального вильоту стріли 1300–1950 мм, який можна змінювати і фіксувати в одному з чотирьох положень. Деякі модифікації кранів мають складувальну конструкцію, що забезпечує зручність під час їх транспортування.

До **підйомно-транспортного обладнання**, яке використовується під час ПР автомобілів належать також **монорейки з електротельферами** вантажністю від 0,25 до 1 т, **підвісні кран-балки** вантажністю 1-3 т. Крім цього, на розбирально-складальних роботах широко використовуються різноманітні спеціалізовані інструменти, пристрої (гайкокрути, заправні установки для агрегатів автомобілів тощо), установки для випресування шворнів, візки для зняття та встановлення ресор, коліс.

Агрегатні роботи є основною складовою технологічного процесу поточного ремонту автомобіля і виконуються в агрегатних дільницях (відділеннях). Вони включають: зовнішнє очищення від бруду; розбирання двигунів та агрегатів на вузли та деталі; їх очищення та миття, знежирювання, видалення нагару, накипу тощо; підрозбирання (наприклад, випресувальні операції); контроль та сортування деталей; підготовку та встановлення нових або відремонтованих деталей; складальні роботи; виконання (за потребою) випробувальних робіт.

Операції здійснюються із застосуванням простих прийомів та способів, нескладного обладнання, наприклад, (стенди для закріплення агрегатів, преси, знімачі, слюсарні інструменти, металеві щітки, скребки тощо). Комплекси операцій реалізуються за індивідуальними програмами.

Після зовнішнього очищення, розбирально-складальні роботи, наприклад, двигунів виконуються на різних, але конструктивно подібних стендах, які складаються з рами 1, стояків 2, кронштейна для кріплення агрегату 4 (рис. 5.54). Якщо маса агрегату велика, то у стояку монтують ручний (з редуктором 3) або електромеханічний привід для його повороту на потрібний кут. Промисловість випускає також різні види стаціонарних та пересувних стендів для розбирання коробок передач, редукторів мостів, кермових механізмів, зчеплень. Для відкручування-закручування гайок застосовують гайкокрути.

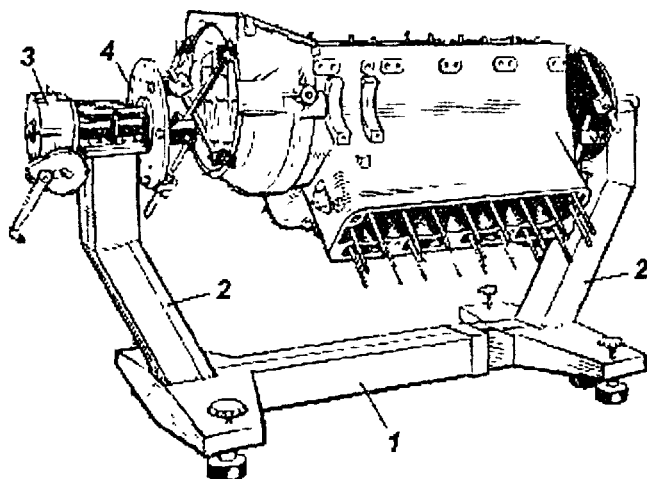


Рис. 5.54. Стенд для розбирання двигунів

Для розбирання-складання та регулювання зчеплень застосовують стенди різних конструктивних схем, як правило, з пневматичним приводом (тиск повітря в мережі 0,4-0,5 МПа), який забезпечує зусилля стиснення пружин в межах 15-20 кН. Операції запресування-випресування, правлення та вигинання різних деталей автомобіля виконують, використовуючи переносні та стаціонарні преси. У конструкціях сучасних моделей (рис. 5.55) застосовуються гідравлічні (ручні) та електрогідравлічні приводи, які створюють максимальні зусилля 10-50 кН, з ходом поршня 155-320 мм.

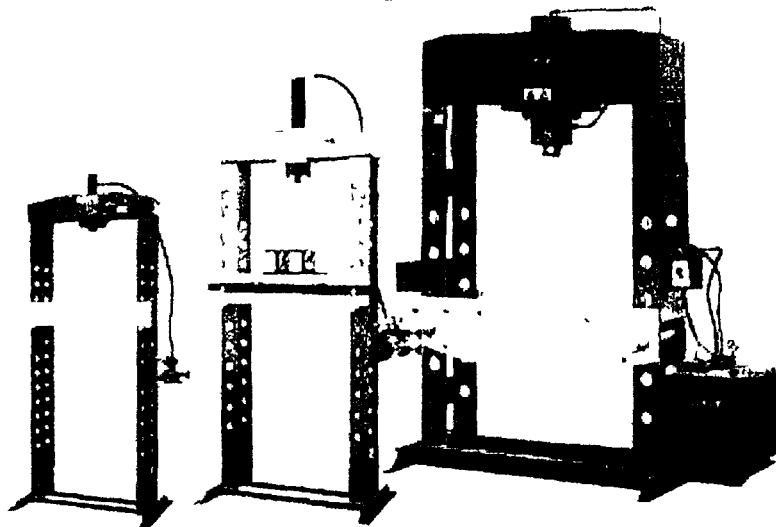


Рис. 5.55. Стаціонарні преси з гідравлічним приводом

Слюсарно-механічні роботи включають виготовлення кріпильних деталей (болтів, гайок, шпильок, шайб і таке інше), механічну обробку деталей перед або після нарощування (гальванічного, напилення, наплавлення або зварювання), розточування гальмових барабанів та гільз циліндрів, шліфування корінних та шатунних шийок колінчастих валів, виготовлення та розточування втулок для відновлення гнізд підшипників, проточування робочих поверхонь натискних дисків зчеплення, фрезерування пошкоджених поверхонь та інші. Ці роботи виконуються у слюсарно-механічній дільниці (відділенні) з використанням токарно-гвинторізних, свердлувальних, фрезерувальних, шліфувальних та інших універсальних металообробних верстатів, а також вручну на слюсарних верстаках. Вони, очевидно, є різномірними і виконання їх вимагає також використання спеціалізованого обладнання, наприклад, верстатів для розточування гальмівних барабанів, зрізання та kleпання фрикційних накладок тощо. Верстати для розточування гальмівних барабанів та обточування гальмівних колодок можуть бути стаціонарними та переносними (рис. 5.56). Вони комплектуються шліфувальним механізмом, пристроєм для закріплення колодок, набором оправок для кріплення барабанів на шпинделі. Граничні діаметри виробів, які підлягають обробці 350-750 мм.

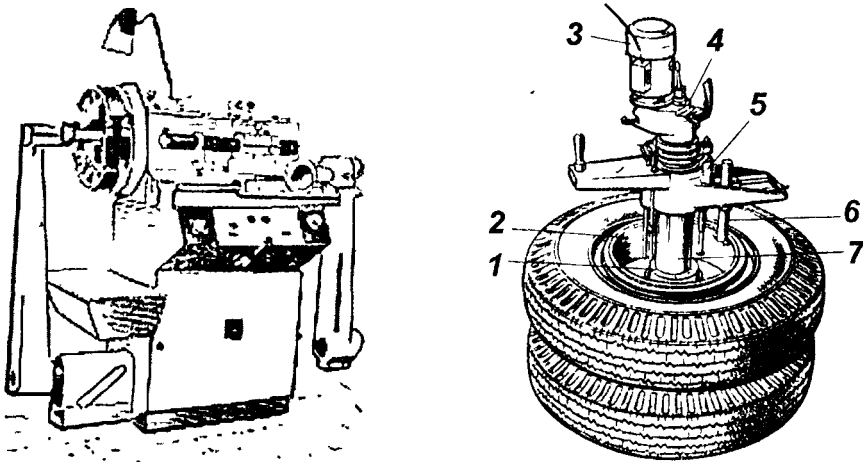


Рис. 5.56. Верстати для розточування зношених робочих поверхонь гальмівних барабанів: 1 – маточина колеса; 2 – гальмівний барабан; 3 – електродвигун; 4 – редуктор; 5 – каретка; 6 – різець; 7 – шпиндель

Ковальсько-ресорні роботи включають в основному виконання пластичну обробку деталей із сталей. Основна частка їх припадає на ремонт листових ресор – заміну зруйнованих листів та рихтуванням просівших (відновлення початкової форми). Крім цього, у ковальському відділенні виготовляють різних конструкцій стремена, скоби, хомути та кронштейни. Роботи включають операції розігрівання, кування та правлення вручну (на молотах, пресах) деталей платформи, карданного вала, зчпного пристрою, виготовлення ресорних листів та інших деталей. Вони є різнохарактерними як за виконанням, так і за обладнанням, яке використовується.

До основного обладнання належить ковальське горно, пневматичний молот, стенд для розбирання-складання ресор їх рихтування тощо. Стенд (рис. 5.57), має два автономних механізми із силовими гідроциліндрами 10, 17, з допомогою яких здійснюють стискання ресори при її розбиранні (вузол, який складається з деталей 5, 6, 7, 8, 9) та створюють зусилля на натискному рихтувальному валку 16. Привід блока валків здійснюється від електродвигуна 12 через редуктори 13, 14. Зусилля на штоках гідроциліндрів для стискання пакету листів ресори при складанні досягає 30 кН, а під час рихтувальних робіт – 80 кН.

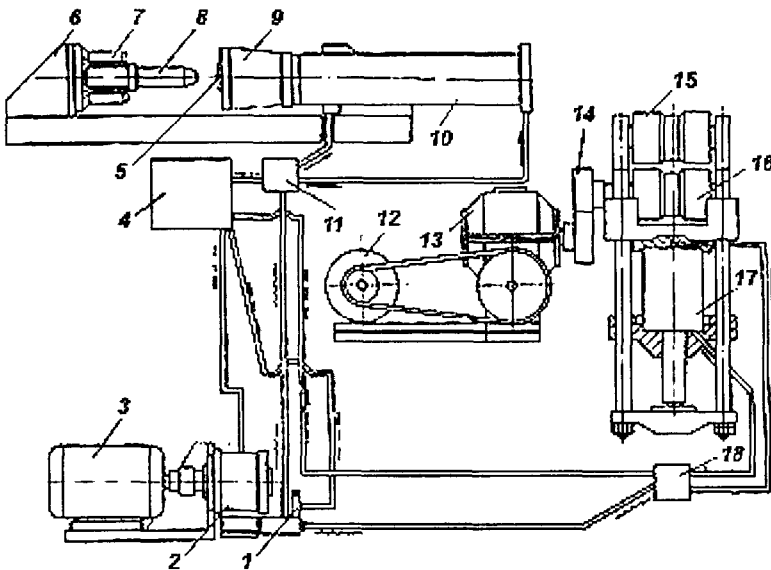


Рис. 5.68. Стенд для розбирання та складання ресор

Технологічний процес ремонту ресори реалізується у наступній послідовності: очищення та розбирання ресори на окремі листи; знежирення та перевірка листів на наявність тріщин або зношувачь; відпалювання листів, що підлягають відновленню; заміна вибракуваних листів новими та визначення стріли їх прогину; холодне прокатування листів на стенді; змащування графітовим мастилом; складання ресори з використанням стенду; встановлення стяжних хомутив та центрального болта. Для виготовлення нових листів використовують ресорну стрічку із марганцевисто-хромистої сталі з наступним її нагріванням, гартуванням в оліві та відпуском. Відремонтовану ресору осаджують та випробовують під відповідним навантаженням (контролюють це навантаження та стрілу прогину ресори).

Мідницькі роботи становлять приблизно 2 % від загального обсягу робіт з поточного ремонту АТЗ і призначені для відновлення герметичності деталей, виготовлених із кольорових металів. Вони передбачають виконання очисних, мийних, розбиральних, паяльних та зварювальних операцій під час ремонту радіаторів, латунних та металевих трубопроводів, паливних баків. На завершення випробовують відремонтовані прилади та деталі. Комплекс операцій є різнохарактерним, виконується, головним чином, із застосуванням простих інструментів та інвентарю за індивідуальною програмою.

Застосовуються також стенди для ремонту паливних баків і радіаторів, витяжна шафа, установка для пропарювання паливних баків. Технологічний процес ремонту радіатора на стенді передбачає виконання таких операцій: закріпити затискачем радіатор та з допомогою маніпулятора встановити його над ванною з водою; під'єднати шланг подачі повітря до одного з патрубків радіатора (решту отворів закрити корками); опустити радіатор у ванну та відкрити кран подачі повітря; за появою бульбашок виявити місце дефекту та підняти радіатор з ванни й висушити його; обертаючи радіатор навколо горизонтальної осі, закріпити його в положенні зручному для роботи; відремонтувати пошкоджене місце паянням; після усунення дефекту перевірити герметичність радіатора повторно. Для ремонту радіаторів з алюмінієвих сплавів використовують аргонно-дугове

зварювання або із застосуванням швидкозастигаючих полімерних шпаклівок.

Бляхарські роботи виконують під час ремонту пошкоджених кузовів автобусів, легкових автомобілів та кабін вантажних АТЗ (приблизно 3–7 % від загального обсягу ПР). До цих робіт належать і супутні зварювальні операції. Власне бляхарські роботи включають в себе різання заготовок із тонколистової сталі та виготовлення з них необхідних деталей для заміни зношених (пошкоджених, кородованих) деталей кузова, підготовку деталей під паяння або зварювання (обрубка, зачищення тощо). Сюди відносяться правильні (рихтувальні та вибивні) роботи (наприклад, правлення пом'ятин кузова, його деталей, лопатей вентилятора, жалюзів, кронштейнів тощо) та роботи з усування розривів, тріщин. Вони передбачають і часткове виготовлення нескладних деталей взамін непридатних. Прогресивним під час виконання бляхарських робіт є так званий панельний метод ремонту, який передбачає повну заміну пошкодженого елемента кузова або його частини. Ці роботи виконуються у кузовній дільниці, куди автомобіль вкочують на колесах, а аварійні кузови – на спеціальних візках. Автомобіль або його кузов встановлюється на спеціальний перекидач. Стаціонарний перекидач (рис. 5.58) з електромеханічним приводом складається із стояка 5, в якому розміщена каретка 7 з приводом (передача гвинт-гайка). На горішньому торці стояка встановлений черв'ячний редуктор 3 з фланцевим електродвигуном 2. Вихідний вал редуктора з'єднаний із силовим гвинтом. Рама 9 одним боком шарнірно закріплена на фундаменті, а іншим з'єднана з кареткою. На рамі встановлений пересувний майданчик 8 з в'їздними трапами 10. Захоплювачі 6, оснащені натяжними пристроями 1, закріплюють автомобіль за колеса. Після вмикання кнопки пульта керування 4 каретка починає переміщуватись угору повертаючи раму з автомобілем довкола опори, одночасно нахиляючи стояк у бік рами. Кут нахилу рами перекидача – 50° , тривалість підйому – 1,5 хв.

Для бляхарських робіт використовуються спеціальні зігмашини для гнуття, відбортування та різання листового металу, а також спе-

ціальні стенди для витягування, правлення та ремонту деформованих місць кузовів, підрамників, поперечин та облицювання автомобілів.

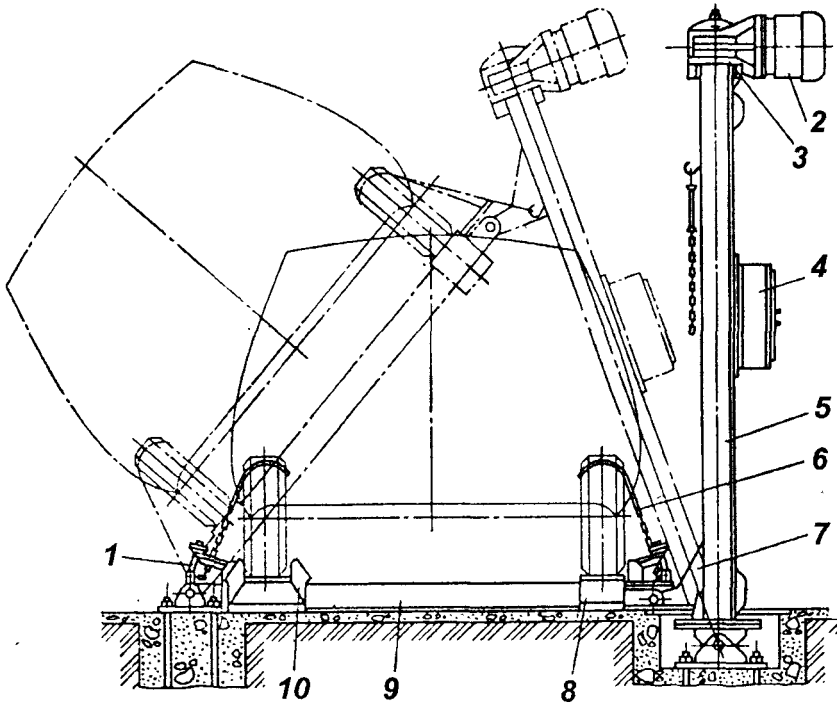


Рис. 5.69. Перекидач для виконання кузовних робіт

Стенди для витягування кузовів реалізують метод зовнішнього витягування, який полягає у прикладанні сили до закріпленого автомобіля у бік, протилежний напрямку сили, яка викликала пошкодження. На основі цього методу розроблено спеціальне обладнання, котре умовно можна розділити на три групи: обладнання, яке не вимагає спеціального робочого місця; правильне обладнання, що вимагає анкерних пристроїв та фундаменту; обладнання для правлення разом із підйомником (пересувне). Таке ж обладнання, при використанні спеціального стапеля, дає змогу перевіряти геометрію встановленого на ньому кузова автомобіля за допомогою оптичних або ультразвукових вимірювальних систем. З допомогою останніх визначається фактичне розташування контрольних точок на днищі кузова автомобіля та порівнюється з базою даних заводу-виготівника.

Обладнання оснащується комп'ютером з кольоровим монітором, випромінювачами ультразвукових сигналів та зондами, що дає змогу розраховувати координати точки в трьох вимірах з точністю до 1 мм. Для кожної пошкодженої контрольної точки система вказує стрілками на моніторі, у який бік та на скільки її необхідно змістити. Зміщення автомобіля під час витягування не впливає на результати вимірювання тому, що система самонастроюється. Схема контрольних точок відремонтованого автомобіля може бути роздрукована, і служить доказом якісно виконаних кузовних робіт. Схема технологічного процесу у кузовній дільниці наведена на рис. 5.59.

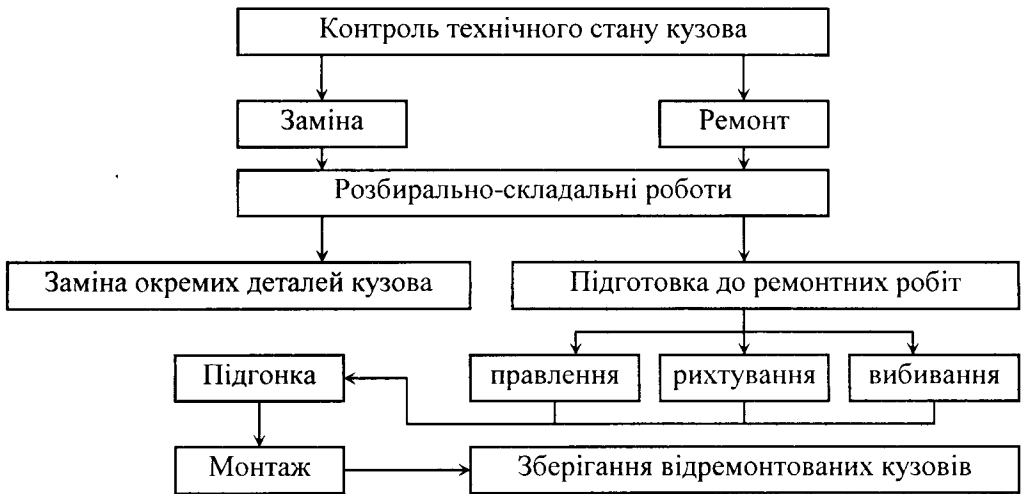


Рис. 5.59. Схема технологічного процесу у кузовній дільниці

Зварювальними роботами ремонтують тріщини деталей, розриви облицювання, дефекти кузова, картерів агрегатів та інші. За допомогою зварювального обладнання ремонтують як масивні (раму, кузов самоскида), так і тонкостінні деталі. Виконання комплексів зварювальних операцій для різних деталей є індивідуальним, послідовність яких встановлюється спеціалістом–виконавцем із дотриманням вимог технології та техніки безпеки.

За останні роки значно розширився асортимент різного зварювального обладнання. У технологічному процесі ремонту автомобілів

– це інвертори, трансформатори, напівавтомати, аргонно–дугові зварювальні апарати, апарати контактного зварювання тощо. Зварювальні трансформатори використовуються для ручного та автоматичного дугового зварювання при номінальній напрузі 30 В і силі зварювального струму до 300 А.

Ремонт “гарячим” зварюванням чавунних деталей передбачає виконання наступних операцій: підготовка об’єкту до зварювання, попередній підігрів деталі, зварювання, наступне охолодження. Підготовка дефектного місця (наприклад, тріщина чавунного блока циліндрів) полягає у ретельному очищенні їх від забруднення та засвердлювання кінців тріщин. Підігрів під зварювання здійснюється в печах, ковальських горнах або з використанням нагрівальних пристроїв (інфрачервоний випромінювач). Зварювання здійснюють із застосуванням чавунних прутків та флюсу на основі бури технічної. Охолоджують блок повільно разом з нагрівальним пристроєм (піччю).

Для ремонту зварюванням алюмінієвих деталей застосовують аргонно–дуговий спосіб. Аргон, який безперервно подається, обмежує локальне нагрівання, а також захищає розплавлений метал шва від шкідливого впливу кисню та азоту повітря. Внаслідок цього запобігається жолобленню деталі. За електрод править вольфрамовий стежень. Флюси і електродні покриття, що викликають корозію зварного шва, ретельно видаляють до блиску. Аргонно–дугові апарати працюють у діапазоні зварювальних струмів 5-160 А, і тому їх широко використовують при зварюванні металів різної товщини.

Сучасні методи ремонту деталей використовують швидкозастигаючу полімерну шпаклівку із сталевим наповнювачем QuikSteel Plus (“швидка сталь”). З їх використанням ремонтують тріщини, пробоїни у тих місцях, де звичайне зварювання неприпустиме через небезпеку спалахування або вибуху (наприклад, під час ремонту бензобаку). Шпаклівка легко розминається руками і вмазується у будь-яку, навіть заоливлену тріщину чи пробоїну. Затвердіння настає через 15 хв., а через годину її можна механічно обробляти як звичайний метал. Таке “зварювання” не може застосовуватися у тих місцях, у яких деталі нагріваються вище 260 °С.

Арматурні роботи включають заміну (зняття та встановлення) вітрового скла, опускних стекол, ущільнень прорізів дверей та ремонту всієї арматури кузова – (замків, дверних завісів, фіксаторів, склопідіймачів та ін.) Ремонт їх полягає у розбиранні, дефектуванні, відновленні або заміні пошкоджених деталей. Відремонтовану арматуру встановлюють на місця з наступним регулюванням. Роботи виконують із застосуванням простих прийомів та способів, спеціального обладнання, пристроїв, дерев'яних та гумових киянок, оправок. Комплекси операцій виконуються за індивідуальними програмами.

Фарбувальні роботи передбачають виконання повного, зовнішнього та часткового фарбування кузова автомобіля, його агрегатів. Сюди ж відносяться операції зняття старої фарби, очищення деталей та інші підготовчі і завершальні роботи. Для легкових автомобілів та автобусів додатковими можуть бути роботи з нанесення антикорозійного та протишумного покриття.

Повне фарбування кузова передбачає фарбування зовнішньої та внутрішньої (в т. ч. днища) поверхонь, торців, отворів та внутрішніх поверхонь дверей, салону, моторного відсіку та багажника. Зовнішнє фарбування кузова обмежується лише його зовнішньою поверхнею (без моторного відсіку, багажника) з попередньою ізоляцією поверхонь, які не підлягають фарбуванню. Під час часткового фарбування покривають емаллю одну або декілька деталей кузова з підбиранням кольору під основний колір та з попередньою ізоляцією поверхонь, які не підлягають фарбуванню.

Загальний технологічний процес фарбувальних робіт (рис. 5.60) включає в себе: підготовку поверхонь, ґрунтування, шпатлювання, шліфування, нанесення проміжних та завершального шарів фарбового покриття. При цьому суворо дотримуються режимів сушіння кожного із цих шарів.

Місцеве підфарбовування здійснюється з використанням шпатель, шліфувальних кругів, пензлів та фарборозпилювачів (пістолетів). Кузов автомобіля фарбують з використанням установок повітряної або безповітряної дії. Установка для розпилення фарбових ма-

матеріалів безповітряним способом (рис. 5.61) складається з помпи 4, всмоктувального шланга з фільтром 9, пневморозподільника 3, шланга 6 та фарборозпилювача 5. Помпа приводиться в дію від мережі стисненого повітря, яке через кран 1 клапан 2 та пневморозподільник 3 надходить до його пневматичного приводу 4. Фарба всмоктується насосом із бачка через фільтр 9 та надходить до фарборозпилювача через фільтр тонкого очищення 7. Для швидкого скидання тиску у нагнітальній магістралі встановлено кран 8. Робочий тиск розпилення 20 МПа, витрата лакофарбових матеріалів 0,8-1,0 кг/хв.

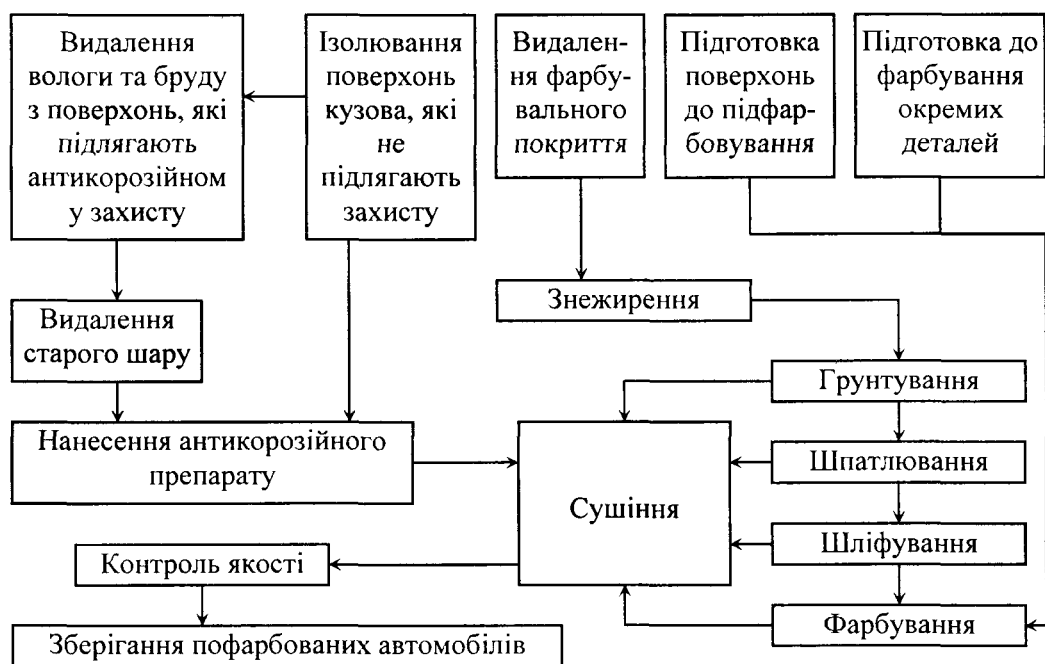


Рис. 5.60. Схема технологічного процесу на фарбувальній дільниці

Сушіння фарбового покриття виконують у спеціальних фарбувально-сушильних камерах (рис. 5.62) або за допомогою пересувних інфрачервоних лампових установок. Сучасні камери мають металеве гальванічне покриття, виконане з термостійкого (до 160°C) матеріалу. В'їзд автомобіля у камеру здійснюється через троє засклених дверей. Під час фарбування повітря проходить попередню фільтрацію через спеціальні фільтри 4 з високим ступенем очищення. Роз-

пиленні частинки фарби, які не осіли на поверхні автомобіля, захоплюються потоком повітря, що створюється помпою 5, та через решітку підлоги і вентиляційний канал осідають у резервуарі 6. Невловлені частинки фарби надходять у краплевідділювач, де разом із вологою осідають і стікають у колодязь. Повітря з фарбувально-сушильної камери відсмоктується вентилятором 1 та подається в колорифер 2. Тут воно підігрівається та по повітропроводах 3 через фільтр 4 знову надходить у камеру, обдуваючи автомобіль.

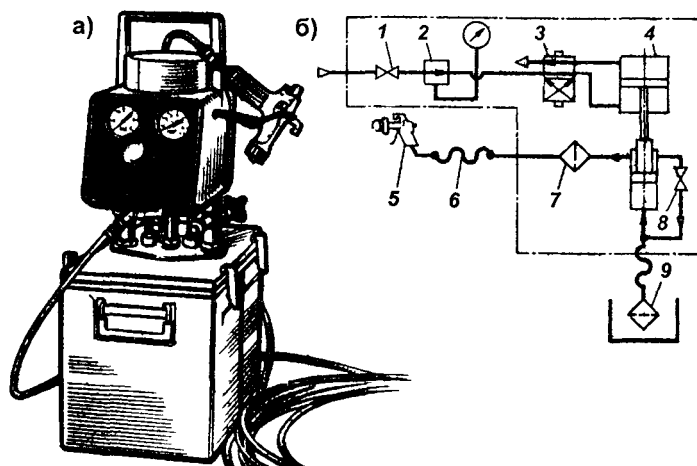


Рис. 5.61. Установа для розпилення фарбових матеріалів безповітряним способом: а) зовнішній вигляд; б) функціональна схема установки

Фільтрування фарби може здійснюватись і сухими фільтрами, встановленими в основі камери (за нижнього відсмоктування). Передбачається також рециркуляція повітря під час сушіння з використанням теплообмінника для підтримання постійної температури в межах 20-80°C.

Роботи з покриття днища та кузова автомобіля протишумними та антикорозійними мастиками виконують на окремих дільницях з використанням спеціального обладнання. Тут використовують перекидачі, спеціальні пересувні установки для нанесення антикорозійних матеріалів на днище кузова та у приховані порожнини.

Оббивні роботи включають: зняття та встановлення оббивки кузова; виготовлення нових деталей оббивки кузова; розбирання, де-

дефектування та виготовлення деталей подушок і спинок сидінь; виготовлення чохлів для сидінь автомобілів та утеплювальних чохлів для двигунів. Крім цього, ремонтують (за потребою) і металеві каркаси сидінь. Більшість операцій прості за виконанням, і не потребують високої кваліфікації, реалізуються за індивідуальними програмами. Серед спеціального обладнання використовують швейні машини для робіт із шкірою, стенд для оббивання подушок та спинок сидінь, стіл для закрійних робіт.

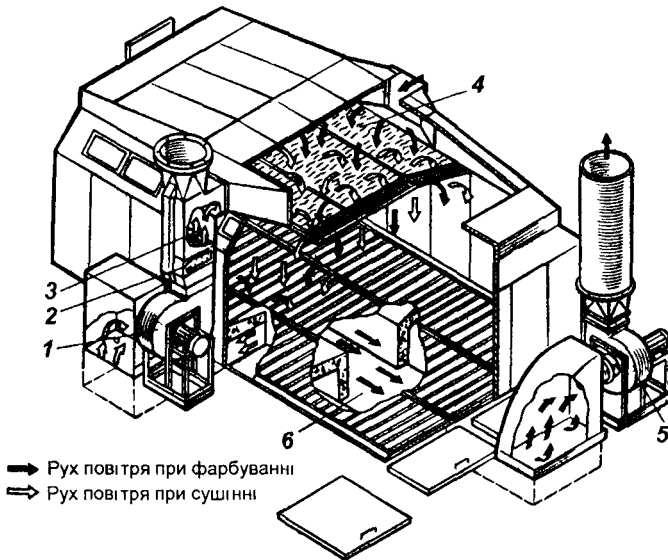


Рис. 5.62. Фарбувально-сушильна камера

Технологічний процес ремонту сидінь включає операції: повне розбирання; усунення пошкоджень каркасу; дефектування та заміну (за потребою) пружин; встановлення нової подушки з губчастого поролону; складання сидінь з використанням спеціального стенду.

Деревообробні роботи виконують з метою виготовлення та заміни пошкоджених дерев'яних деталей вантажної платформи, виготовлення та складання бортів і підлоги платформи, заміни бортових завісів, гаків, запорів тощо. При цьому застосовують прості прийоми та способи праці, спеціальне обладнання (універсальний деревообробний верстат, стенд для ремонту платформ); окремі комплекси операцій виконуються за індивідуальними програмами.

Дерев'яні деталі платформи кузова ремонтують нарощуванням їх за довжиною або заміною непридатних дощок новими. Їх виготовляють з сосни або смереки (вологість не більше 18 %) у такій послідовності: розрізання дощок або брусів на початкові заготовки визначених розмірів, стругання з усіх боків на рейсмусовому верстаті, торцювання кінців, нарізання вушок, пазів, свердління отворів тощо. Дерев'яні деталі повинні бути без тріщин і гладкими.

Питання для самоконтролю

1. Перелічіть характерні роботи поточного ремонту АТЗ.
2. Назвіть основні види сучасного підйомного обладнання, яке використовується під час розбирально-складальних робіт.
3. Які операції входять у склад агрегатних робіт поточного ремонту автомобіля?
4. Які операції передбачає виконання ремонту чавунних деталей "гарячим" зварюванням?
5. Яка послідовність технологічного процесу повнокомплектного фарбування кузова автомобіля?
6. Яке обладнання використовують для сушіння фарбового покриття кузова автомобіля?

5.5. Обладнання та технологічні процеси технічного діагностування

Якість робіт з ТО і ремонту у багатьох випадках залежить від пристосованості автомобілів до діагностувальних робіт (контролепридатності), а також від досконалості діагностичного обладнання. Технологічний процес діагностування включає в себе отримання і опрацювання інформації про технічний стан автомобільних конструкцій. Усе діагностичне обладнання за призначенням і функціональним спрямуванням можна поділити умовно на дві

взаємопов'язані групи – для вимірювання параметрів і для встановлення діагнозу (рис. 5.63).



Рис. 5.63. Класифікація контрольно-діагностичного обладнання

Під час діагностування на початковому етапі (вимірювання параметрів технічного стану автомобілів) застосовується досить складна техніка і автоматика. Вона характеризується великою різноманітністю принципів особливостей щодо призначення, функціонування, будови та принципу дії, а також конструктивним виконанням. Існують різні конструкції і типи стендів, пристроїв та приладів для перевірки одних і тих же агрегатів, систем автомобілів за однаковими діагностичними параметрами, наприклад, кутів встановлення коліс автомобіля, стану і працездатності амортизаторів. В основу їх покладені різні методи діагностування та системи вимірювання параметрів. У більшості випадків для встановлення діагнозу достатньо

порівняти фактичне значення параметра з граничним або допустимим його рівнем.

Якщо вимірний діагностичний параметр однозначно вказує на технічний стан об'єкту, то для спрощення встановлення діагнозу застосовують індикаторні лампи, а також прилади, на шкалах яких виділяють зони або межі значень параметрів справного стану вузла або агрегату. Технічний стан складних агрегатів і систем автомобіля не завжди можна оцінити фіксованими значеннями параметрів, тобто необхідно знати, і відповідно вимірювати динаміку зміни параметрів на різних режимах роботи. Більшість процесів, які проходять в агрегатах і системах, повторюються з певною частотою, тому вимірюванню підлягає динаміка зміни параметрів протягом одного циклу. Основною складністю вимірювання таких змінних параметрів є мала тривалість (0,005-0,200 с), протягом якої відбуваються процеси. Їх діагностують переважно за допомогою електронних осцилографів. На екрані електронно-променевої трубки промінь рисує діаграму (осцилограму, віброграму) зміни параметрів. Порівнюючи фактичні діаграми з еталонними, оцінюють рівень технічного стану системи. За допомогою осцилографа діагностують системи запалення і електроживлення, стан паливної системи (за тиском впорскування форсунок), теплові зазори у механізмах (за вібраціями) тощо.

Вузли та агрегати, у яких проходять періодичні, зворотно-поступальні та обертові рухи, діагностують з використанням стробоскопічного ефекту, суть якого полягає в освітленні рухомої деталі короткочасними спалахами з частотою, що дорівнює частоті обертання, створюючи при цьому уяву нерухомої деталі. За допомогою стробоскопів діагностують підвіски легкових автомобілів, зчеплення, карданні передачі та інші агрегати, а також балансують колеса без зняття їх з автомобіля та контролюють і регулюють кут випередження запалення. Інтенсивність зношування пар тертя, які складаються з різних матеріалів, а також повітряних та масляних фільтрів оцінюють за результатами спектрального аналізу проб оливи із картерів відповідних агрегатів. Найскладніші і відповідальні системи та агрегати автомобіля діагностують на динамометричному або галь-

мівному стендах. У деяких випадках групи приладів, які призначені для перевірки одного агрегату або агрегатів однієї системи, об'єднують у пересувні стенди (наприклад, мотор-тестери). Зниження витрат на контрольні-діагностувальні роботи досягається, у першу чергу, вдосконаленням конструкції автомобіля у напрямі підвищення його контролепридатності. Крім цього, сучасні автомобілі оснащуються вмонтованими давачами, які штекерними роз'ємами підключаються до універсального діагностичного обладнання.

У другій частині процесу діагностування встановлюється діагноз на підставі вимірних значень діагностичних параметрів із застосуванням логічних апаратів та ЕОМ. Через те, що більшість діагностичних параметрів при перевищенні допустимого або граничного рівнів можуть бути спричинені одночасно декількома несправностями, то рішення про конкретний вид ремонту (регулювань) приймається за результатами синтезу сигналів від декількох давачів або аналізом одного комплексного сигналу. Сигнали синтезують, як правило, у діагностичних матрицях, для розв'язку яких застосовують логічний, автоматичний синтез-пристрій або ЕОМ. Логічні автомати під час синтезу та аналізу мають пристрій, у якому порівнюються вимірне значення параметра або складової сигналу з їх граничними або допустимими рівнями.

Використання сучасного обладнання для вимірювання діагностичних параметрів та встановлення діагнозу про технічний стан автомобілів уможливорює переведення системи ТО та ремонту на наукову основу. Таким чином розв'язується одночасно проблема залежності якості робіт від досвіду та інтуїції механіків та автослюсарів.

У найбільшій мірі загальний технічний стан автомобіля характеризується рівнями його тягової динамічності (діагностичний параметр – потужність, яка підводиться до ведучих коліс) та паливної економності (діагностичний параметр – годинна витрата палива на відповідних режимах роботи). Із засобів технічного діагностування тягових властивостей автомобілів найбільшого поширення отримали **динамометричні стенди**, які дають змогу імітувати роботу

автомобіля на необхідних навантажувальних та швидкісних режимах. Основними ознаками класифікації таких стендів є спосіб навантаження двигуна та трансмісії, вид гальмового пристрою та тип опорно-рухомого органу (рис. 5.64).

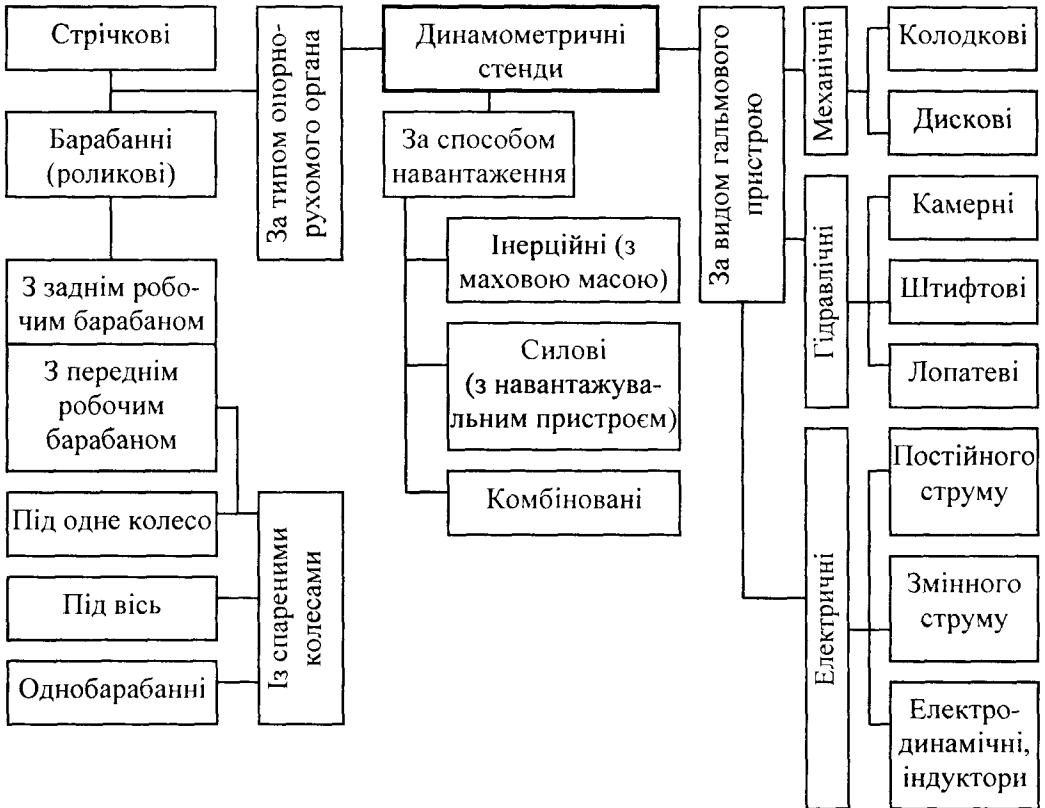


Рис. 5.64. Класифікація динамометричних стендів для діагностування автомобілів

За способом навантаження тягові стенди поділяються на: інерційні, у яких навантаження здійснюється їх обертовими масами та автомобіля; силові, у яких навантаження здійснюється гальмовим пристроєм; інерційно-силові (комбіновані), у яких навантаження створюється обертовими масами і гальмовим пристроєм одночасно. За видом гальмового пристрою стенди поділяються на механічні, гідравлічні, електричні; за типом опорно-рухомого органу – на стрічкові та барабанні (роликові).

Динамометричні стенди, складаються з роликового вузла, гальмового пристрою, інерційних мас та окремої колонки з електронним блоком. У склад стендів можуть входити додатково вентилятор, витратомір палива, підпори під ведені колеса, дистанційні пульти, підйомні платформи, обмежувальні ролики, установка для відсмоктування відпрацьованих газів, дисплей та принтер для запису діаграми сили або потужності, які розвиваються на ведучих колесах (рис. 5.65).

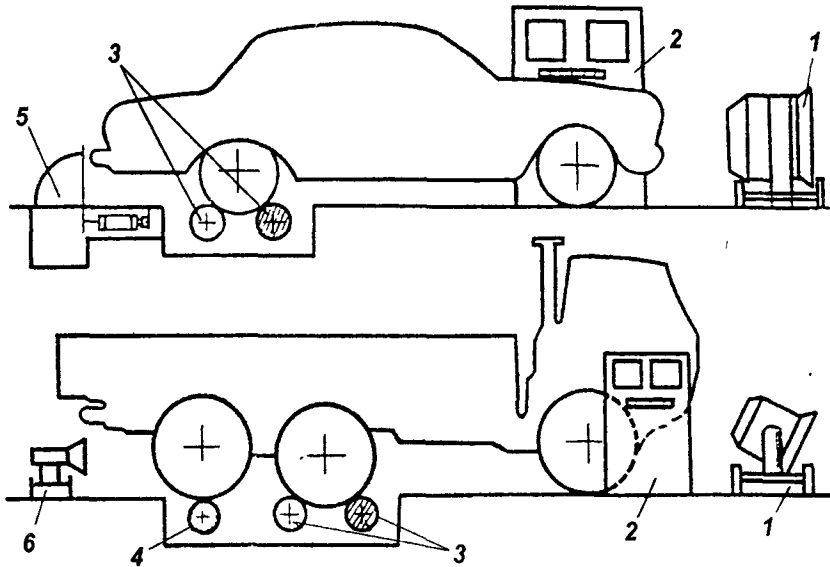


Рис. 5.65. Динамометричні стенди: 1 – вентилятор; 2 – пульт керування; 3 – основний опорний пристрій (робочий ролик заштрихований); 4 – додатковий опорний пристрій; 5,6 – пристрій для відведення відпрацьованих газів

Механічна частина тягового стенда складається з блока роликів, пристрою в'їзду–виїзду, інерційних мас (для інерційних, інерційно–силових стендів), навантажувального пристрою (для силових та інерційно–силових стендів, рис. 5.66). Конструкція блока роликів повинна забезпечувати можливість реалізації заданої тягової сили на ведучих колесах, стійке положення автомобіля на стенді, можливість самостійного виїзду автомобіля після закінчення випробувань. Крім цього, конструкція блоку роликів не повинна допускати підвищеного зношування шин під час випробування. Виконання цих

вимог залежить від схеми розташування роликів (симетрична чи асиметрична), їх типу (робочий передній чи задній); коефіцієнта зчеплення між поверхнями шин та роликів; діаметра роликів та відстані між ними.

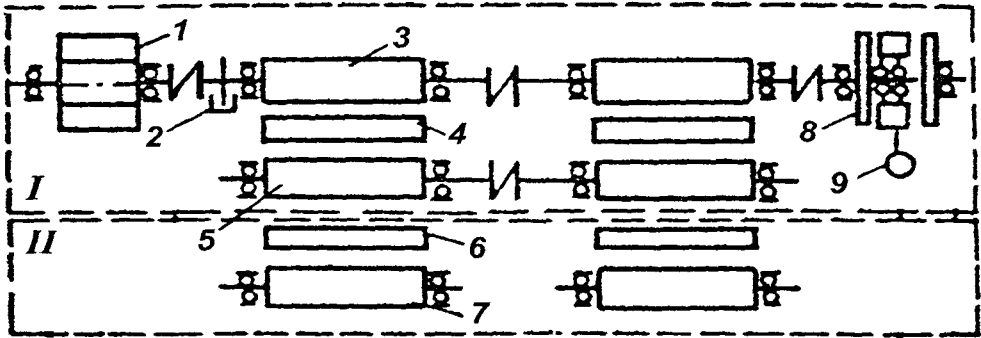


Рис. 5.66. Схема механічної частини комбінованого динамометричного стенда:

I – механічна частина стенда для двовісних автомобілів; *II* – додатковий блок роликів для тривісних автомобілів; 1 – маховик; 2 – таходавач; 3, 5, 7 – ролики; 4, 6 – підйомники коліс автомобіля; 8 – навантажувальний пристрій; 9 – давач вимірювання тягового зусилля

Особливості конструкцій таких стендів забезпечують їх відповідні технічні характеристики. Наприклад, стенд типу FLA фірми BOSCH має такі показники: допустиме навантаження на вісь – до 3,5 т; допустимий діаметр шин автомобіля – 10–18 дюймів; діаметр роликів – 318 мм; відстань між осями роликів – 565 мм; корисна ширина – 2200 мм; максимальна швидкість при випробуванні – 260 км/год; потужність при розгоні – 300 кВт; потужність гальмування – 260 кВт (при 260 км/год); тягова сила – 6000 кН. Стенд оснащений керуючою ЕОМ (комп'ютерний блок, кольоровий монітор, клавіатура). Результати діагностувань зберігаються у базі даних, з можливістю роздруку їх у зручному для візуального сприйняття вигляді. Окреме діагностування двигуна можливе з використанням спеціальних переносних приладів, принцип дії яких полягає у динамічному негальмівному методі випробувань. Їх перевагами є простота конструкції, невисока вартість і низька трудомісткість діагностування. Ефективна потужність двигуна визначається за кутовим при-

скоренням обертання колінчастого вала, яке вимірюють в режимі вільного розгону від мінімально стійкої частоти обертання до максимальної за різкого збільшення до максимуму подачі палива в циліндри. У таких приладах сигнал, пропорційний кутовому прискоренню, отримують, як правило, за допомогою електричного диференціювання сигналу давача частоти обертання вала двигуна. За останній використовують давач верхньої мертвої точки поршня, переривник-розподільник, генератор тощо.

Діагностування окремих деталей механізмів (ЦПГ, КШМ, ГРМ) та систем двигуна можна здійснювати різними методами і засобами вимірювань. Серед засобів широко використовують прилади для вимірювання кількості газів, які прориваються в картер, компресографи, стетоскопи та інші.

Приладом КИ-4887-1 (рис. 5.67) вимірюють кількість газів, що прориваються в картер двигуна при атмосферному тиску в ньому. Атмосферний тиск в картері створюється приєднанням приладу до вакуумної установки або випускної труби працюючого двигуна.

Компресографи К-181, КВ-1126 (рис. 5.68) не тільки вимірюють тиск (компресію) у циліндрах двигунів, але й записують його на паперовому бланку; ними вимірюють тиск у діапазоні 0,6-4,0 МПа.

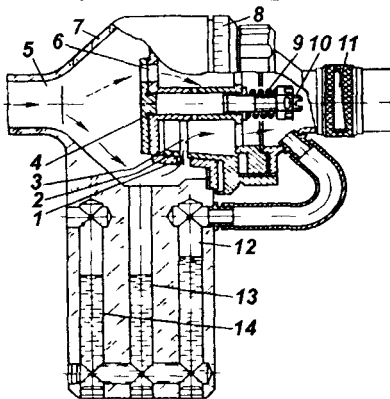


Рис. 5.78. Схема приладу КИ-4887-1: 1 – нерухома втулка; 2 – рухома втулка; 3 – дроселюючий отвір; 4 – заслінка; 5 – впускний трубопровід; 6 – калібрований отвір; 7 – корпус; 8 – шкала витрат; 9 – пружина; 10 – випускний парубок; 11 – дросель; 12, 13, 14 – рідинні манометри

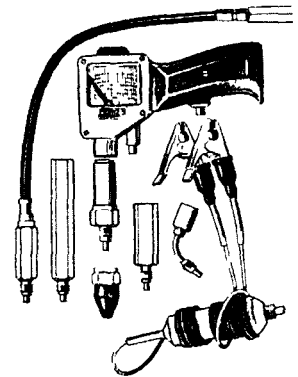


Рис. 5.79.
Компресограф КВ-1126

За допомогою електронного стетоскопа (рис. 5.69) визначають шуми і стукоти у двигуні за спеціальними зонами прослуховування на різних обертах колінчастого валу двигуна. Він підсилює шуми і стукоти, але не виключає впливу суб'єктивних чинників – органів чуття людини.

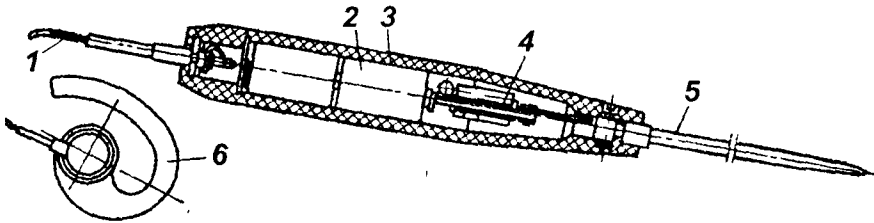


Рис. 5.80. Електронний стетоскоп:

1 – провідник; 2 – елементи живлення; 3 – корпус-ручка; 4 – перетворювач; 5 – стержень; 6 – телефон-наушник

Стенд віброакустичного діагностування “Дельфін-1” (м. Луганськ) використовується для пошуку дефектів двигуна, системи електроживлення, запалення, впорскування. Віброакустичні давачі притискаються у певних точках зон прослуховування. Сигнали з давачів за допомогою аналого-цифрового перетворювача синхронно вводяться в комп’ютер. Такі з них, які мають збільшені амплітуди або інші якісні показники, надходять на розпізнавання. При цьому реалізуються координатні, часові, фазоциклові та спектральні алгоритми. Рішення приймають на основі візуального порівняння отриманих сигналів з еталонними, які є у банку даних. Такий стенд може також використовуватись для діагностування ходової частини, кузова автомобіля та інших, за рахунок розширення номенклатури давачів і додаткового програмного забезпечення.

Системи двигуна діагностують широкою номенклатурою відповідних приладів. Систему мащення перевіряють манометром, реєструючи тиск оливи у головній магістралі, індикатором забрудненості (стан відцентрового очисника оливи), приладом контролю подачі оливної помпи. Систему охолодження двигуна і стан клапанів корка радіатора діагностують пристроєм К-437 (рис. 5.70). Під час перевірки герметичності системи охолодження замість корка радіатора встановлюють насадку 10. Після подачі повітря через розподільник

11 за показами манометра оцінюють герметичність системи. Стан корка радіатора 4 оцінюють після встановлення його у стакан 9 та подачі повітря у певні порожнини через розподільники 3 та 5. Таким приладом на працюючому двигуні можна перевірити стан прокладки головки блока циліндрів. Коливання стрілки манометра свідчить про пропуск газів з циліндрів у систему охолодження. Для перевірки натягу пасів вентилятора, генератора та компресора використовують прилад КИ-8920.

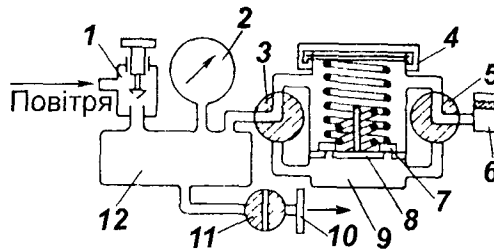


Рис. 5.70. Прилад для діагностування корка радіатора системи охолодження:

1 – редуктор; 2 – манометр; 3, 5 – триходові крани; 4 – корок; 6 – повітряний індикатор; 7 – паровий клапан корка; 8 – повітряний клапан корка; 9 – стакан; 10 – насадка; 11 – двопозиційний розподільник; 12 – ресивер

Загальний технічний стан системи живлення двигуна перевіряють з використанням різноманітних витратомірів, принцип дії яких полягає у вимірюванні об'єму споживаного палива, його маси, швидкості потоку палива тощо. Вони часто входять у комплект тягових стендів або виконуються окремим блоком. У витратомірах можуть застосовувати такі основні типи давачів: а) колбовий (об'ємний); б) ротаметричний; в) поршневий; г) струминний (мехатронний); д) тахометричний (турбінний); е) тахометричний (кульковий); є) вихровий; ж) тепловий (калориметричний); з) тепловий (термоанемометричний); и) ультразвуковий (рис. 5.71). Давач ротаметричного витратоміра (рис. 5.71, б), наприклад, виконаний у вигляді конічної трубки, в середині якої розміщено поплавок 1 (тіло обтікання), який підтримується у стані рівноваги. Рівновага поплав-

ка підтримується автоматично потоком рідини, яка рухається знизу за рахунок зміни площі прохідного перерізу трубки. Перетворення переміщення поплавка ротаметра у електричний сигнал може здійснювати індуктивний перетворювач 2 з поздовжнім переміщенням якоря або ємнісний перетворювач.

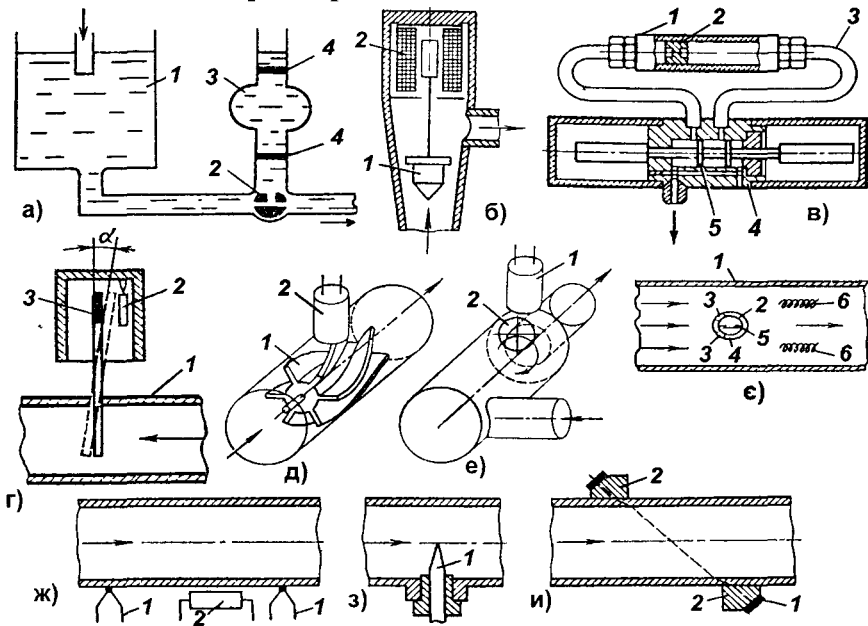


Рис. 5.71 Схеми давачів витратомірів палива: а) 1 – розширювальний бачок; 2 – триходовий кран; 3 – мірна колба; 4 – контрольні риски об'єму палива; б) 1 – поплавок; 2 – індуктивний перетворювач; в) 1 – корпус; 2 – поршень; 3 – з'єднувальна трубка; 4 – корпус золотника; 5 – золотник; г) 1 – паливопровід; 2 – нерухомий електрод; 3 – рухомий електрод; д) 1 – турбінка; 2 – індуктивний перетворювач; е) 1 – індуктивний перетворювач; 2 – кулька; є) 1 – корпус; 2 – циліндр; 3 – отвори у циліндрі; 4 – давач зусилля або переміщення; 5 – перегородка; 6 – завихрення, які утворює циліндр; ж) 1 – термоперетворювачі; 2 – нагрівач; з) 1 – плівковий термоанемометр; и) 1 – п'єзоперетворювачі; 2 – звуководи

Газоаналітичну апаратуру застосовують для вимірювання рівня токсичності відпрацьованих газів ДВЗ, зменшення їх тиску на природне довкілля. Крім цього, використання її у технологічному процесі ТО і ремонту автомобілів забезпечує зменшення витрати палива та сприяє отриманню оптимальної потужності двигуна.

Через неповне згоряння палива у відпрацьованих газах автомобілів міститься низка токсичних, хімічно активних речовин (оксид вуглецю CO , двооксид вуглецю CO_2 , водень H , вуглеводні C_mH_n , оксиди азоту NO_x , сірчистий газ SO_2 , формальдегіди $HCOH$, сажа тощо), які забруднюють атмосферне повітря, осідають на поверхню ґрунту, дерев, наносячи шкоду живим організмам.

Для контролю якості регулювальних робіт та рівня токсичності відпрацьованих газів бензинових двигунів автомобілів під час діагностування використовують різні моделі вітчизняних та закордонних газоаналізаторів. Усі вони електричні прилади, якими оцінюють вміст окремих компонентів у відпрацьованих газах без використання будь-яких хімічних реакцій. За принципом дії прилади поділяють на чотири групи, у яких здійснюється:

- каталітичне допалювання відпрацьованих газів (вимірюють вміст CO).
- вимірювання теплопровідності компонентів, які містяться у відпрацьованих газах.
- поглинання компонентами відпрацьованих газів інфрачервоного випромінювання (вимірюють вміст CO , CO_2 , C_mH_n тощо).
- поглинання компонентами відпрацьованих газів ультрафіолетового випромінювання (вимірюють вміст NO_2); використання полуменево-іонізаційного методу (C_mH_n).

В АТП та на СТО широко використовуються прилади третьої групи. Наприклад, відомо, що оксид вуглецю найбільш інтенсивно поглинає інфрачервоні промені з довжиною хвилі, яка є близькою до 4,7 мкм, двооксид вуглецю – 4,3 мкм. Отже, після проходження інфрачервоних променів через відпрацьовані гази, інтенсивність їх (променів) певної довжини хвилі буде залежати від концентрації відповідних токсичних компонентів.

Принципова схема двокомпонентного інфрачервоного газоаналізатора 102 ФА-01М (Україна), який працює за наведеним принципом зображена на рис. 5.72. Газоаналізатор складається з двох випромінювачів 16, які утворюють два потоки енергії. Вони надходять у два канали – вимірювальний 12 та порівняльний 13. В одному із положень обтюратора 8 потік інфрачервоних променів (ІЧ) від ви-

проміньовачів через вимірювальні канали, фільтри 9,10, фокони 7 потрапляє на приймачі ІЧ випромінювання. Електричні сигнали з виходів приймачів підсилюються та перетворюються блоком вторинної обробки інформації 4 у сигнали, які надходять через блок корекції на плату індикації та керування 2.

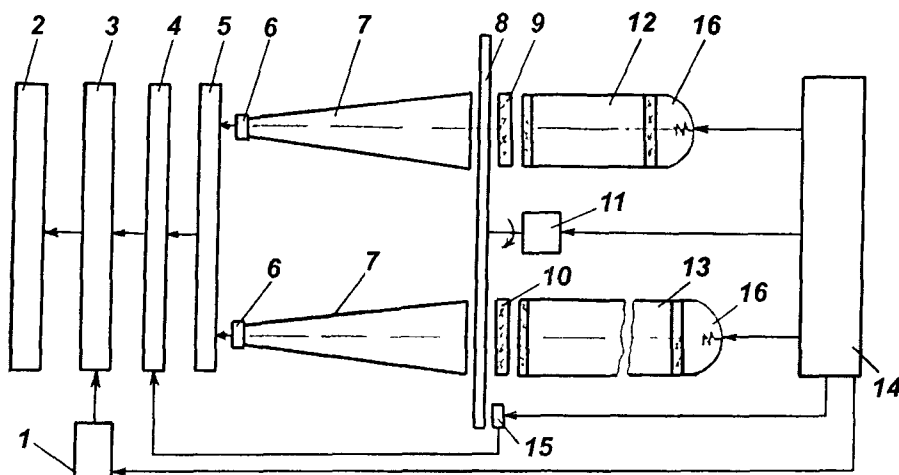


Рис. 5.72. Блок-схема газоаналізатора 102 ФА-01М:

1 – давач тахометра; 2 – плата індикації та керування; 3 – блок корекції; 4 – блок вторинного опрацювання інформації; 5 – попередній підсилювач; 6 – приймачі ІЧ випромінювання; 7 – фокони; 8 – обтюратор; 9 – фільтр каналу CO ; 10 – фільтр каналу C_mH_n ; 11 – електродвигун; 12 – кювета каналу CO ; 13 – кювета каналу C_mH_n ; 14 – блок живлення; 15 – давачі положення обтюратора; 16 – випромінювачі

Зниження інтенсивності інфрачервоного випромінювання при проходженні відпрацьованих газів у робочому каналі, буде свідчити про певний вміст того чи іншого компоненту у них. Через порівняльний канал весь потік променів проходить без змін, що викликає коливання температури і тиску у ньому з більшою амплітудою. У підсилювачі ці зміни перетворюються у постійний струм і фіксуються вимірювальним приладом.

Дизельні двигуни працюють за великих коефіцієнтів надлишку повітря ($\alpha = 1,4-1,7$), тому вміст CO у відпрацьованих газах є незначним (десяті частки відсотка). Основним шкідливим компонентом у їх відпрацьованих газах є сажа, на поверхнях частинок якої адсорбу-

ється дуже токсична речовина – бензапірен. На практиці токсичність відпрацьованих газів дизельних двигунів визначають використовуючи прилади – димоміри, які виявляють оптичну прозорість відпрацьованих газів після їх проходження через мірну трубу приладу, у якій протилежних боків встановлені джерело світла і фотоелемент. Конструктивно у таких приладах використовують два способи прозвічування відпрацьованих газів – поздовжній та поперечний. За значенням зміни фотопотоку, який реєструється мікроамперметром, визначають оптичну прозорість відпрацьованих газів. Цей метод використовується у димомірах мод. УФМД-1 (рис. 5.73), ІДП-2 (Україна, рис. 5.74), а також закордонних Утак (Франція), М-2 (Японія), Хартридж (Англія) та інші.

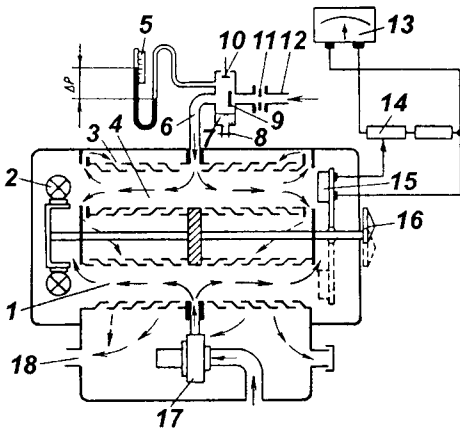


Рис. 5.73. Схема димоміра УФМД-1:
 1 – порівняльний канал; 2 – лампа; 3 – кільцева камера; 4 – робочий канал; 5 – п'єзометр; 6 патрубок; 7 – сажоводовідділювач; 8 – кран для зливу конденсату; 9 – відбивач; 10 – перепускний клапан; 11 – регулювальний вентиль; 12 – введення; 13 – покажчик; 14 – регулювальний опір; 15 – фотоелемент; 16 – важіль; 17 – вентилятор; 18 – вивідний патрубок

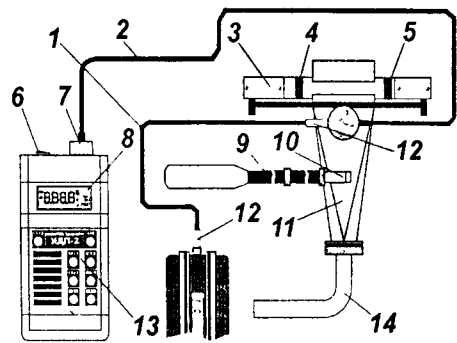


Рис. 5.74. Переносний вимірювач димності ІДП-2 (Україна):
 1 – кабель живлення; 2 – з'єднувальний кабель; 3 – оптичний канал; 4, 5 – шторки; 6 – вимикач живлення; 7 – штекер; 8 – цифровий індикатор; 9 – штанга; 10 – кронштейн; 11 – вимірювальна камера; 12 – штекер живлення; 13 – клавіатура; 14 – поворотний газовідбірний зонд

Напря́м, у якому зараз працюють конструктори сучасних газоаналізаторів та димомірів, передбачає подальше вдосконалення ви-

вимірювальних систем та покращення зовнішнього вигляду приладів. Для того, щоб уникнути похибок у вимірюваннях, почали звертати увагу на вибір, у першу чергу, способу аналізу відпрацьованих газів. Сучасні газоаналізатори та димоміри – це модульно сконструйовані вимірювальні системи із програмним забезпеченням, за допомогою яких можна вимірювати не тільки вміст шкідливостей у відпрацьованих газах бензинових та дизельних двигунів, але й такі параметри як частоту обертання колінвала, температуру оливи, кут випередження запалення, опір, напругу.

Уведення значень параметрів здійснюється через пульт, а отримання результатів вимірювань – на дисплеї або (вмонтованому чи зовнішньому) принтері.

Тривала стабільність показів можлива завдяки використанню в газоаналізаторах методу вимірювань з інфрачервоним випромінювачем та напівпровідникових детекторів як приймачів. Крім цього, існує можливість під'єднання цих приладів до мотор-тестерів. Деякі сучасні фірми (наприклад BOSCH) розробили комбіновані системи для аналізу вмісту шкідливостей як для дизельних, так і бензинових двигунів (рис. 5.75).

Ці системи монтуються на візку та виконані за модульним принципом (а). Вони можуть комплектуватись монітором, дистанційним інфрачервоним керуванням, принтером, модулем вимірювання різних технічних параметрів двигуна, модулем аналізу відпрацьованих газів бензинових двигунів (б), модулем вимірювання димності дизельних двигунів (в), клавіатурою. Модуль газоаналізатора може вимірювати вміст CO, CO₂, C_mH_n, O₂ (%), характеристики лямбда-зонда (г), а модуль димоміра – димність (%), коефіцієнт абсорбції та температуру відпрацьованих газів.

Засоби для діагностування електричного та електронного обладнання автомобілів поділяють на інструментальні та універсальні (діагностичні комплекси). За типом вони поділяються на переносні, пересувні, стаціонарні. За способом живлення – від акумуляторної батареї автомобіля, від мережі, комбіновані. За видом індикації – аналогові, цифрові, комбіновані, дисплейні.

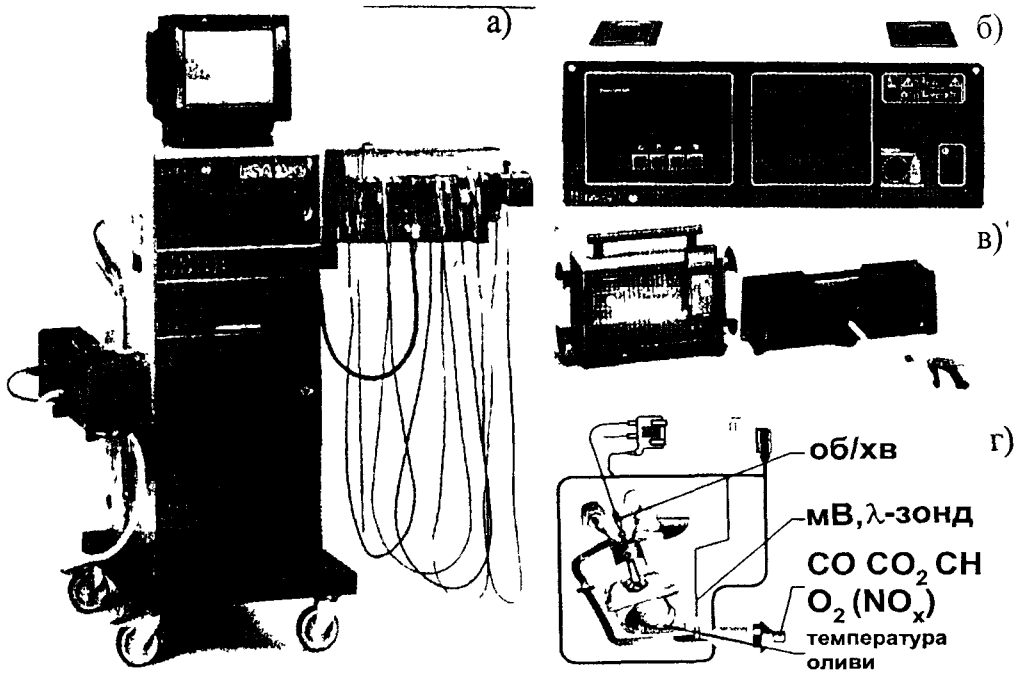


Рис. 5.75. Комбінований стенд для аналізу відпрацьованих газів двигунів:
 а) комбінований стенд аналізу відпрацьованих газів двигунів; б) модуль газоаналізатора, в) модуль для вимірювання димності; г) схема під'єднання газоаналізатора та вимірювальні параметри

Найпростішими інструментальними засобами є прилади для діагностування АКБ, хоча вони можуть входити як елементи у комбіновані або мотор–тестери. До них належать: автомобільні денсиметри (застосовуються для вимірювання густини електроліту); акумуляторні пробники та тестери (дають змогу визначати напругу, без навантаження і з ним, у батареях із закритими міжелементними з'єднаннями ємністю до 190 А-год). Крім цього, розроблені прилади для тестування АКБ, які не вимагають обслуговування та ремонту під час їх експлуатації. Вони оснащуються дисплеями, і дають змогу визначати напругу, струм, пускову потужність та інші параметри системи електроживлення, із збереженням та роздруком результатів тестів (рис. 5.76).

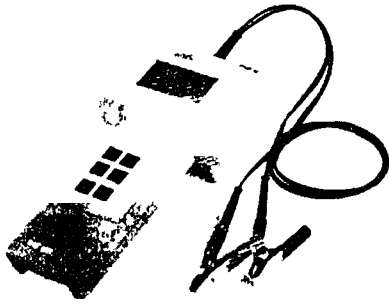


Рис. 5.76. Прилад для перевірки акумуляторів

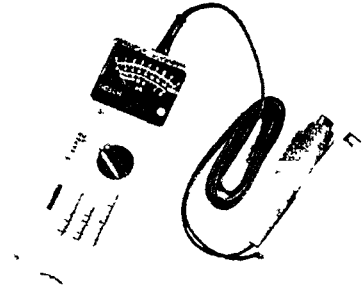


Рис. 5.77. Портативний автотестер системи електрообладнання

Серед переносних засобів діагностування електрообладнання є портативні автотестери (рис. 5.77), якими вимірюють чотири і більше стандартних параметрів систем електроживлення, запалення. Особливостями портативних тестерів є розширені можливості вимірювання параметрів (наприклад, характеристики лямбда-зондів), а також використання у них провідників із спеціальними накладними затискачами, що уможливорює вимірювання параметрів без роз'єднання мережі.

Для діагностування систем запалення використовують стробоскоп (рис. 5.78). Він за допомогою спеціальних затискачів приєднується до системи і дає змогу оцінювати правильність встановлення розподільника, контролювати роботу відцентрового та вакуумного регуляторів, вимірювати кут випередження запалення.

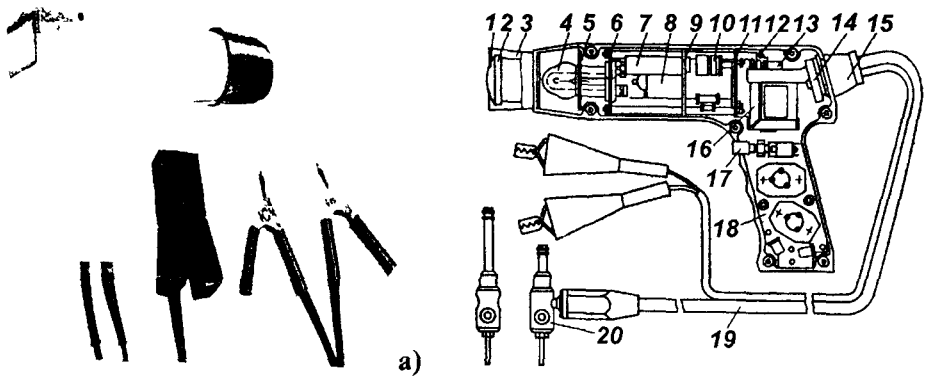


Рис. 5.78. Стробоскоп: а) зовнішній вигляд; б) схема: 1 – кільце; 2 – лінза; 3 – оправа; 4 – ксенонова лампа; 5 – екран; 6, 9, 11, 12, 18 – плати; 7 – резистор; 8, 10 – конденсатор; 13 – діод; 14 – хомут; 15 – втулка; 16 – трансформатор; 17 – кнопка; 19 – провід; 20 – перехідник

Для діагностування двигуна та його систем використовуються універсальні діагностичні комплекси, перший клас яких називається **мотор-тестери**. Усі сучасні мотор-тестери є пересувними або переносними. На візку пересувного мотор-тестера монтують комп'ютерний блок з кольоровим монітором, клавіатуру, тримач вимірювальних кабелів, стробоскоп, газоаналізатор (димомір), витратомір палива (рис. 5.79). Функціональні можливості такого обладнання є широкими – починаючи від визначення частоти обертання колінвала двигуна і закінчуючи діагностуванням електронних блоків керування автомобіля. Мотор-тестер отримує інформацію для аналізу та опрацювання її від власних датчиків або шляхом вимірювання напруги в конкретних точках чи ланцюгах системи керування роботою двигуна (рис. 5.80).

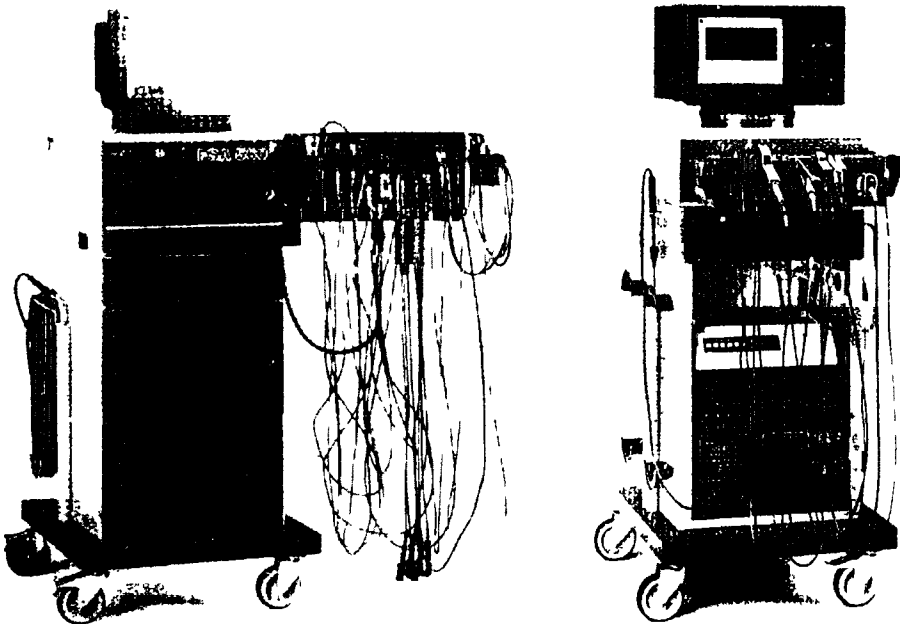


Рис. 5.79. Пересувні мотор-тестери фірми BOSCH

Після опрацювання вхідних сигналів спеціальна програма переводить їх у вигляд діаграм або таблиць. У всіх мотор-тестерів функції зняття сигналів і опрацювання їх реалізовані практично однаково. На СТО використовуються в основному мотор-тестери фірм

Bosch, Sun та інших. В Україні цей клас обладнання розробляє та випускає НВО “Енергія” (м. Луганськ).

Другий клас – це обладнання з послідовним діагностуванням, (**сканерне**). Вся інформація для аналізу надходить з діагностичного гнізда електронного блоку керування двигуном (ЕБКД) в цифровому вигляді на спеціальний тестер-сканер (системний тестер), або у комп’ютер з відповідним програмним забезпеченням (рис. 5.81). При цьому вона передається у сканер в такому вигляді, у якому її “бачить” та опрацьовує ЕБКД. Це обладнання дає змогу прочитати поточні дані, що зберігаються в пам’яті ЕБКД, виявити і усунути накопичені помилки.

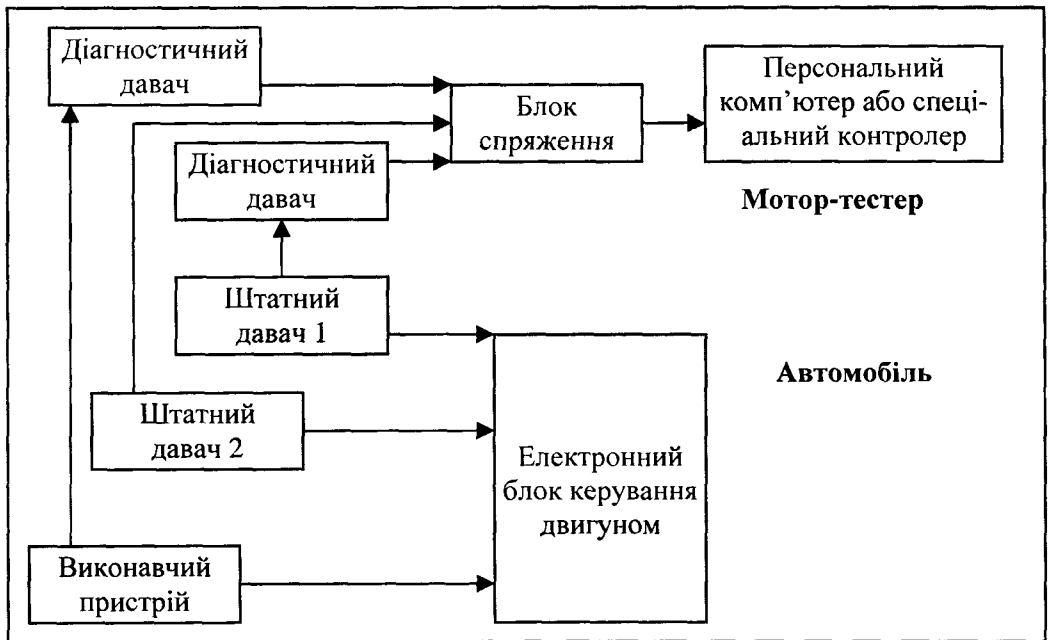


Рис. 5.80. Структурна схема діагностувальної системи автомобіль-мотор-тестер

Обладнання такого класу прив’язано, як правило, до конкретної марки і моделі автомобіля. У ньому реалізований принцип, згідно з яким його програмне забезпечення постачається у додаткових картриджах. Для того, щоб діагностувати іншу модель або марку автомобіля, необхідно встановити відповідно інший картридж.

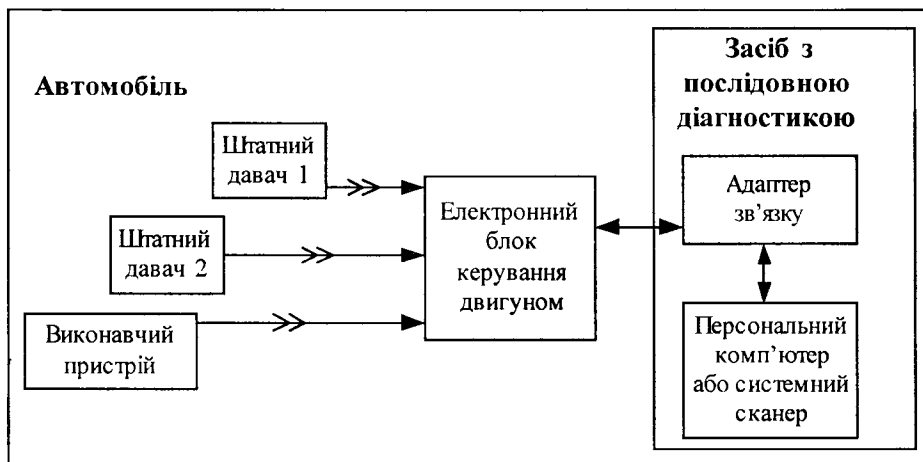


Рис. 5.81. Структурна схема діагностувальної системи “автомобіль-сканер”

Серед обладнання цього класу найбільш поширені сканери DATASCAN, CS300-BU, “Multi-tester pro”, KTS 500 фірми BOSCH та інші (рис. 5.82). Сюди ж відносяться і сканери на базі персонального комп'ютера, із спеціальним програмним забезпеченням і адаптером для узгодження рівня сигналів, які надходять з ЕБКД.

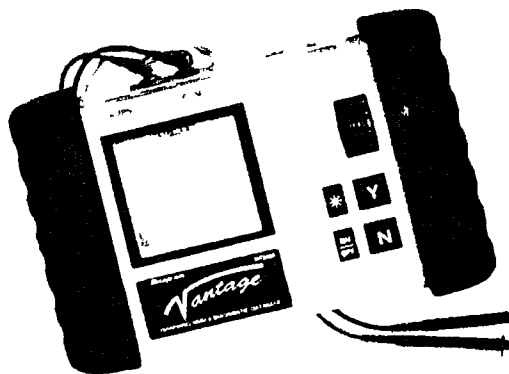


Рис. 5.82. Портативний сканер для діагностування блоків автомобільної електроніки

Третій клас – це обладнання з паралельним діагностуванням. Інформація для аналізу надходить через гнізда-перехідники, які включаються паралельно сигнальним лініям електронного блока керування автомобіля (рис. 5.83).

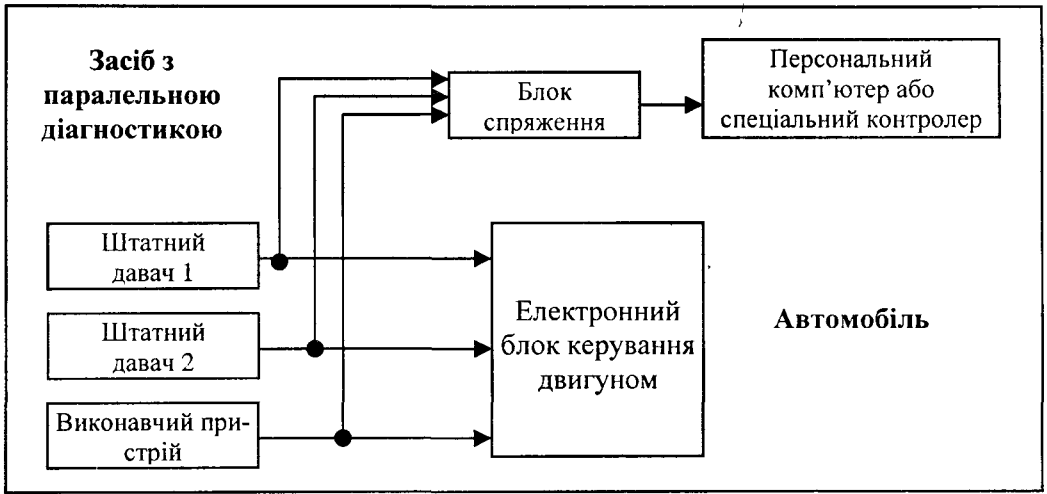


Рис. 5.83. Структурна схема діагностувальної системи “автомобіль-комп'ютер (контролер)”

Цей клас діагностичного устаткування дає змогу бачити сигнали в такому вигляді, у якому вони надходять та виходять з блока керування, тобто у вигляді сигналів напруги. Отримання вірогідної інформації, яка опрацьовується ЕБКД, здійснюється за допомогою засобів паралельного діагностування. Останні опрацьовують одночасно усі сигнали, які надходять із систем впорскування, запалення, ABS тощо. Таке обладнання виготовляє невелика кількість виробників – Bosch, Autodiagnos (Швеція), ATAL (Чехія), Open System (Україна, м. Хмельницький). Воно характеризується складністю апаратної частини, яка вимагає забезпечення мультиосцилографічного режиму відображення в реальному часі та сумісності з великим парком автомобілів. Обладнання фірм Bosch, ATAL і Open System можна модернізувати. Необхідно відмітити, що тільки шведський “Multi-tester pro” та український “Autoscaner” (м Хмельницький) є повноцінними мультиосцилографічними приладами. Наприклад, “Autoscaner” має 64 канали у стандартній конфігурації (у розширеній – 128). Це уможливує зчитування, опрацювання та відображення інформації від найпростіших ЕБКД з 25-pin до 104-pin контролерами (автомобілі Форд). Деякі виробники суміщають в одному приладі можливості різних класів. Для ефективної роботи поста діа-

гностування потрібно мати усі три класи такого обладнання, з допомогою якого можна за необхідності перевірити струм, який споживає стартер, стан системи запалення тощо звичайні мотор-тестери; зчитати і усунути помилку ЕБКД (засоби з послідовним діагностуванням); отримати реальні дані, з якими працює ЕБКД під час руху автомобіля, знайти помилку у роботі системи впорскування, запалення, яку ЕБКД не встигає записати в пам'ять, (засоби з паралельним діагностуванням).

Для діагностування технічного стану фар автомобілів розроблена велика кількість однакових за принципом дії, але різних за конструкцією приладів, які називають **реггоскопами**. В основі їх дії використовується оптичний метод, яким можна сформуванати світловий пучок на близькій відстані від джерела світла. Реггоскопи відрізняються між собою типами системи орієнтації (можна виставляти оптичну вісь реггоскопа відносно оптичної осі фари) та базами (розміщення відносно автомобіля). Вони можуть контролювати збільшену кількість діагностичних параметрів, мають автоматизовану систему опрацювання результатів вимірювань за допомогою вмонтованої мікропроцесорної системи (рис. 5.84). Приладами перевіряють стан фар, ліхтарів та покажчиків поворотів, вимірюючи силу світла головних фар та ліхтарів (діапазон вимірювання 0-20000 кд), напрям світлового потоку головних фар, світловідбивну здатність відбивачів (катафотів), час до появи першого спалаху ліхтарів покажчиків поворотів, частоту спалахів сигналів поворотів і таке інше.

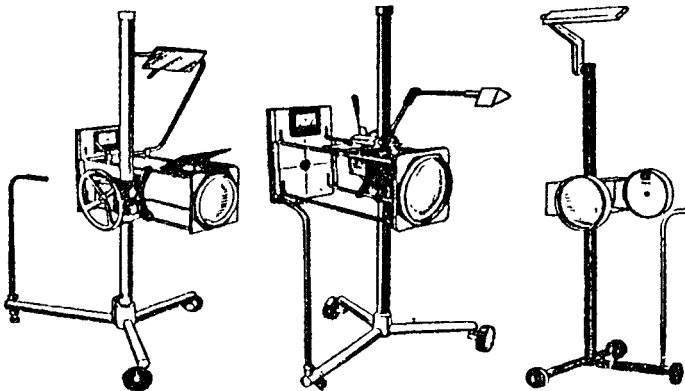


Рис. 5.84. Прилади для діагностування фар (реггоскопи моделей ПРАФ)

Технічний стан кермового керування діагностують за значеннями люфту (вільного ходу) кермового колеса та за зусиллям, яке прикладається для його повертання. Згідно із ДСТУ 3649-97 похибка вимірювання люфту не повинна перевищувати $\pm 1^\circ$, а зусилля на кермовому колесі $\pm 0,5$ Н. Чинники, за якими можна класифікувати **засоби діагностування кермових керувань**, є наступними: ступінь універсальності – універсальні та спеціалізовані (для окремих типів автомобілів – вантажних, легкових, з підсилювачем або ні); принцип дії – механічні, електромеханічні (електроконтактні); умови вимірювань – переносні, пересувні, стаціонарні (із зняттям з них агрегатів кермового керування); рівень автоматизації – неавтоматизовані, автоматизовані.

Технічний стан кермового механізму автомобілів можна перевірити приладом люфтоміром, який складається з пружинного динамометра із шкалою (закріплюється на кермовому колесі) та стрілки, яка кріпиться до кермової колонки. За шкалами приладу визначають люфт – (вільний хід кермового колеса діаметром 400 до 540 мм) та зусилля на його повертання. Стан шворневих з'єднань (кульових опор) коліс визначають за допомогою індикаторного приладу. Після закріплення приладу на маточині та похитуванні колеса (у вертикальній або горизонтальній площинах), за шкалою індикатора визначають радіальний та сумарний зазор.

На лініях діагностування встановлюють швидкодіючі стенди для контролю технічного стану кермового керування. Наприклад, стенд для визначення люфтів у кермовому приводі та кермовому механізмі складається з двох поворотних площинок ведучої 1 і привідної 2, на які встановлюються передні (керовані) колеса автомобілів (рис. 5.85).

Привідний пневмоциліндр 4 через важіль 3 або передачу рейкашестерня обертає площинку 2 праворуч–ліворуч. Система давачів a_1 , a_2 , a_3 реєструє кут повороту кожного колеса і кермового в тому числі, а також зусилля, яке витрачається на поворот. Різниця кутів повороту правого і лівого коліс свідчить про сумарний люфт у кермовій трапеції, різниця між кутом повороту лівого колеса автомобі-

ля і кермового колеса – про люфт в кермовому механізмі 5. Запис значень від усіх датчиків дає інформацію про величини люфтів і сил тертя у кожному із з'єднань кермового керування.

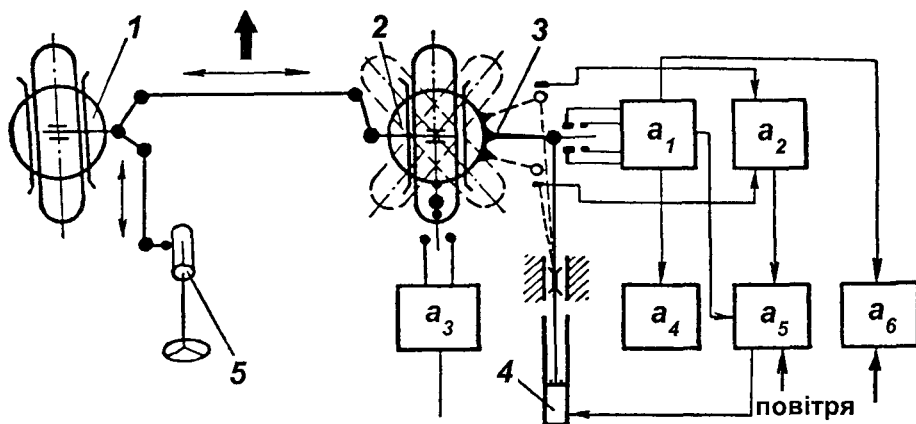


Рис. 5.85. Схема автоматизованого стенда для діагностування кермових керувань: a_1 – датчик сили тертя; a_2 – датчик положення ведучої площадки; a_3 – датчик сумарного люфту; a_4 – індикатор сили тертя; a_5 – блок керування пневматичним циліндром; a_6 – індикатори граничних значень сили тертя та сумарного люфту; 1, 2 – поворотні площадки; 3 – динамометричний важіль; 4 – пневматичний привід; 5 – кермовий механізм

Підлягає перевірці також і взаємне розташування осей автомобілів за значеннями перекосу та паралельного відносного їх зміщення (рис. 5.86). Ці параметри визначають за допомогою спеціального стенду, який складається з рами, напрямних і фасонних роликів, призми та фіксаторів з важелем, до яких приєднано потенціометричні датчики з блоком живлення. Зміщення мостів фіксується під час проїзду автомобіля через призми, які, переміщуючись, змінюють опір потенціометричних датчиків.

Контроль тиску повітря у шинах можна здійснювати на стендах (без викручування золотника), принцип дії яких полягає у вимірюванні деформації шини за рахунок зосередженого навантаження у вигляді вдавлюваного стержня. За місцем вимірювання деформації стенди для реєстрації тиску у шинах поділяються на (рис. 5.87): а) місцевої деформації бігової доріжки шини за допомогою ізольованої

гідросистеми давач–манометр; б) місцевої деформації боковини шини під впливом стержня, який втискується із зусиллям P ; в) об'ємної деформації шини за допомогою давача месдози; г) деформації шини у місці контакту її з опорною поверхнею за допомогою давача переміщень. Наведене обладнання можна використовувати (суміщати) перед діагностуванням автомобіля на динамометричних стендах. Похибка вимірювання не перевищує 5-6 %.

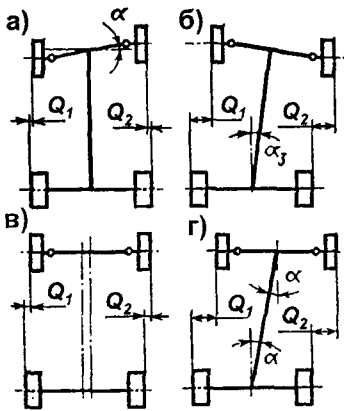


Рис. 5.86. Можливі варіанти зміщення осей автомобілів

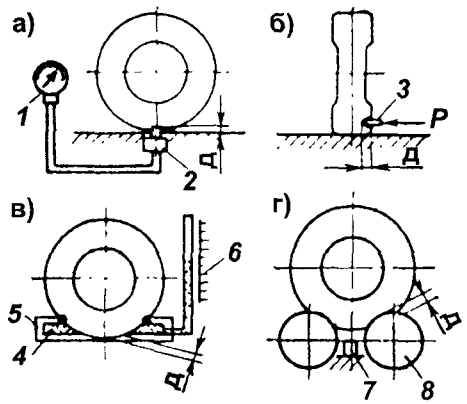


Рис. 5.87. Стенди для контролю тиску повітря у шинах:

Д – деформація; 1 – манометр; 2 – давач; 3 – стержень; 4 – діафрагма; 5 – месдоза; 6 – манометрична трубка; 7 – давач переміщень; 8 – біговий барабан

Елементи підвіски діагностують за геометричними параметрами, пружними властивостями невідресорених мас та герметичністю.

Технічний стан недемонтованих амортизаторів визначають способом знаходження згасання коливань кузова автомобіля. Коливання кузова збуджують під час з'їзду автомобіля із сходинки певної висоти або струшування його на спеціальному пристрої (рис. 5.88).

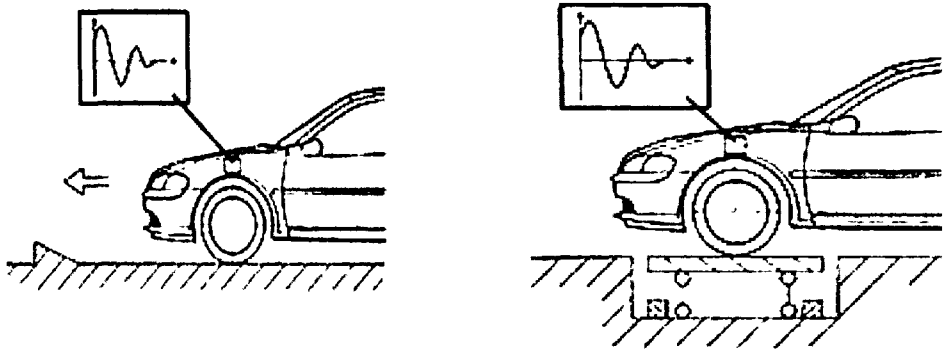


Рис. 5.88. Схеми способів діагностування амортизаторів

Для запису амплітуди коливань кузова використовують компактний прилад **M-Tronic**, з допомогою якого перевіряють підвіску та амортизатори протягом 2 хвилин (рис. 5.89).

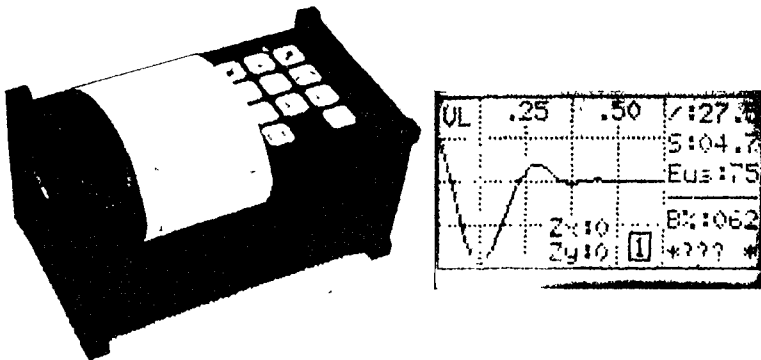


Рис. 5.89. Переносний прилад M-Tronic для перевірки амортизаторів

Прилад легко закріплюється на крилі автомобіля гумовою присоскою. Основним елементом приладу є високоточний ультразвуковий давач, який реєструє найменші коливання. Прилад може з'єднуватись з комп'ютерною клавіатурою, що полегшує процес введення даних у комп'ютерний блок. Дані діагностування, що зображені на дисплеї, можуть бути роздруковані. До приладу можна підключати блок живлення, зарядний пристрій, зовнішній давач, комп'ютерний блок.

Застосовують також стенди, принцип дії яких полягає у примусовому збудженні коливань підвіски з частотою надкритичного діапазону. В умовах резонансу амплітуда вільних коливань кузова зале-

жить від опору, який створює амортизатор. Колеса осей автомобіля встановлюються на динамічні площинки 4, які приводяться в рух за допомогою кривошипів 1 через проміжні пружні елементи 2 (рис. 5.90). Ексцентрики кривошипа обертаються із швидкістю, яка перевищує власну частоту коливань підвіски, після чого їх привід вимикають і вони продовжують обертатись деякий час під дією сил інерції.

Інший стенд К-491 (рис. 5.91) належить до стаціонарних з електромеханічним приводом і споживає електроенергію потужністю 2,3 кВт. Коливання підвіски діагностованого автомобіля задають за допомогою вібратора, робочий хід штовхача якого 18 мм, а частота подвійних ходів 15,3 Гц. Середня тривалість зняття діаграми – 1-2 хв. Стенд складається з двох рам 2 і 3, ексцентрикових вібраторів 7, блоків 6 запису діаграм, опорних площинок 4, а також важелів 5, апаратної шафи 1 і трапів для заїзду автомобіля на стенд. Коливальний рух важеля 5 через шарнірну тягу перетворюється у зворотно-поступальний рух штока, у верхній частині якого встановлено самописець, який фіксує на діаграмному бланку затухаючі коливання підвіски. Опорні площинки стенда встановлені на важільній системі у вигляді шарнірного паралелограма.

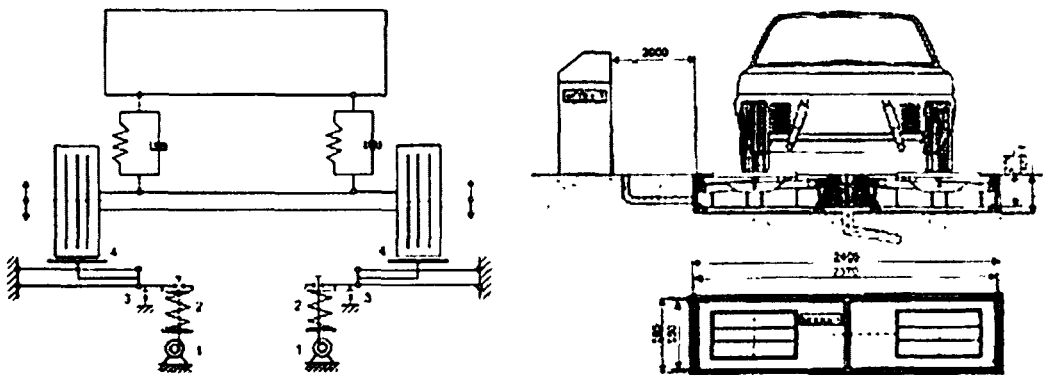


Рис. 5.90. Схема площинкового стенду для перевірки амортизаторів автомобіля

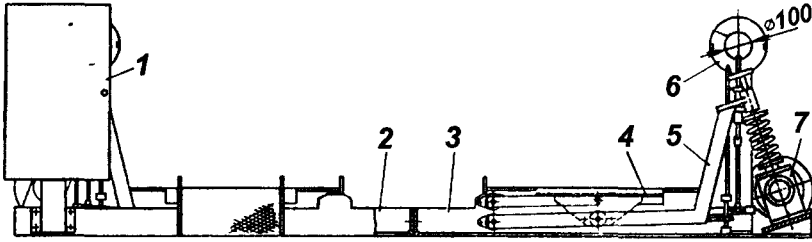


Рис. 5.91. Стационарний стенд для перевірки амортизаторів:

1 – шафа апаратна; 2, 3 – рама; 4 – опорна пласинка; 5 – важіль; 6 – блок запису діаграм; 7 – ексцентриковий вібратор

Принцип дії устаткування для діагностування ходової частини автомобіля (параметрів установки керованих коліс) може бути статичним та динамічним. Найпростішим обладнанням статичної групи є спеціальні лінійки для вимірювання сходження коліс та переносний прилад мод. 2183, з допомогою якого визначають кути розвалу, нахилу шворня осі повороту керованих коліс нерухомого автомобіля. Основою приладу мод. 2183, який кріпиться до колеса автомобіля, є ватерпас з чотирма рівнями. У комплект входять два вимірювачі кутів і два плоских поворотних диски.

Лінійки для вимірювання сходження мають змінну довжину, залежно від ширини колії передніх коліс автомобіля (від 1540 до 2040 мм). Сходження коліс фіксується за шкалою закріпленою на рухомій трубі, або за стрілковим показчиком (рис. 5.92).

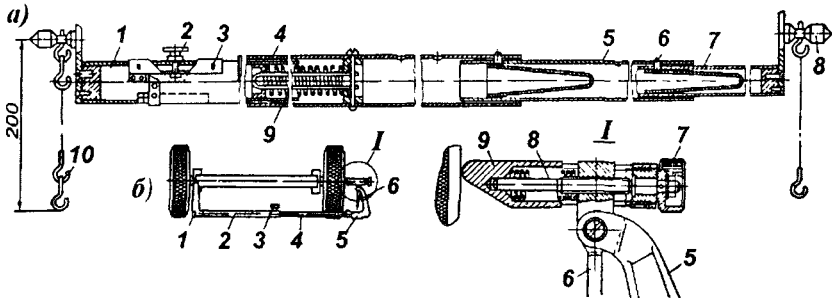


Рис. 5.92. Лінійки для перевірки сходження коліс:

а) лінійка КИ-650; 1 – рухома труба; 2 – гвинт; 3 – шкала; 4 – зовнішня труба; 5 – проміжна труба; 6 – фіксатор; 7 – подовжувач; 8 – контактний наконечник; 9 – пружина; 10 – ланцюжок; б) лінійка И-402; 1, 5 – стояки; 2 – зовнішня труба; 3 – затискач; 4 – внутрішня труба; 6 – стрілка; 7 – рукоятка; 8 – мікрометричний гвинт; 9 – головка

Складнішим обладнанням цієї групи є електрооптичні та електронні стени, які відрізняються від механічних високою технологічністю та кращими метрологічними характеристиками. Вони дають змогу визначати усі кути встановлення керованих коліс та зміщення мостів автомобіля. До основних елементів належать проектори, проєкційні екрани та система дзеркал. Їх встановлюють на чотиристоронній платформовий підйомник. Однак, кращі характеристики вимірювання мають електрооптичні стени з лазерним випромінювачем (рис. 5.93). Основним елементом стенда є блок контролю кутів, який призначений для формування пучка лазерного випромінювання і визначення кутів встановлення коліс.

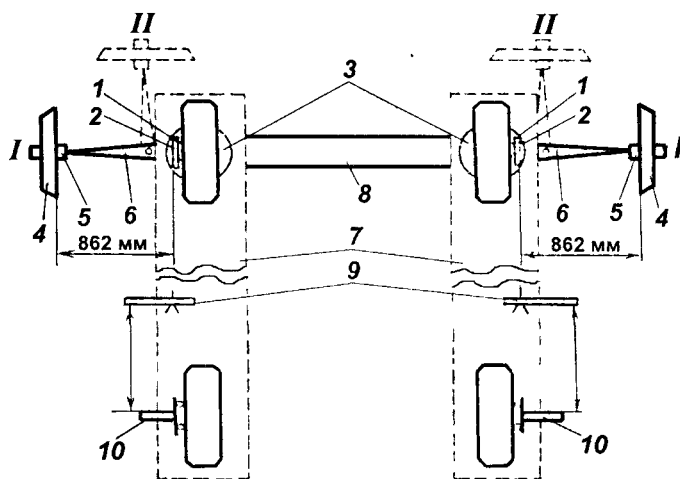


Рис. 5.93. Лазерний стенд для перевірки кутів встановлення напрямних коліс автомобілів: 1 – тримачі дзеркал; 2 – дзеркала; 3 – поворотні круги; 4 – блок контролю кутів; 5 – напрямні; 6 – поворотні кронштейни; 7 – трап підйомника; 8 – підйомний пристрій; 9 – екрани; 10 – тримачі з дзеркалами для перевірки перекосів та паралельного зміщення осей

Сучасні стени для перевірки геометрії ходової частини автомобіля мають можливість виводу інформації про результати вимірювань на цифрові та аналогові індикатори, на екран дисплея, друкуючий пристрій. Наприклад, стенд для перевірки геометрії ходової частини мод. FWA 411 (BOSCH) (рис. 5.94). Стенд пересувний, усі його складові змонтовані на візку. У його склад входить потужний

комп'ютер PC Pentium з 17-дюймовим монітором. Чотири вимірювальні головки із затискачами, оснащені інфрачервоними сенсорами (давачами) та електронними поворотними платами. Затискачі головок мають самоцентруючі пристрої як для сталевих, так і для алюмінієвих дисків, що значно полегшує їх кріплення до коліс. Система забезпечує постійний та якісний контроль точності діагностування усієї ходової частини легкових автомобілів з колесами до 20 дюймів. Для вимірювання геометрії коліс автомобіля використовуються чотири вимірювальні головки із затискачами, які оснащені інфрачервоними сенсорами (давачами) та електронними поворотними платами. Затискачі головок мають самоцентруючі пристрої як для сталевих, так і для алюмінієвих дисків, що значно полегшує їх кріплення до коліс. Система забезпечує постійний та якісний контроль точності діагностування усієї ходової частини легкових автомобілів з колесами до 20 дюймів.

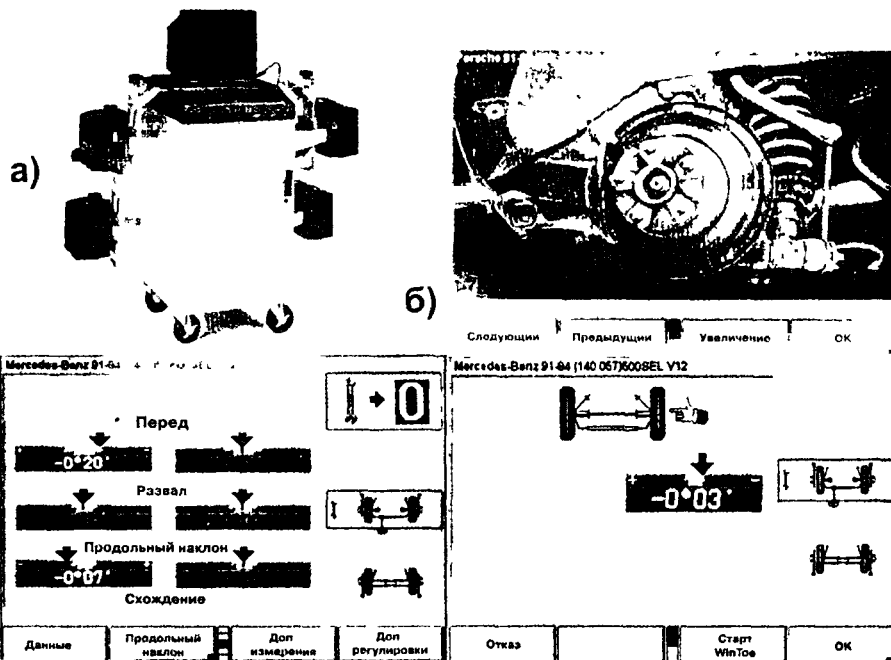


Рис. 5.94. Стенд для перевірки геометрії ходової частини автомобіля: а) загальний вигляд стенда; б) місця регулювання та реєстрація вимірних параметрів на екрані монітора

Функціональні можливості стенду забезпечують вимірювання наступних параметрів: биття ободів коліс, загальне сходження, індивідуальне сходження (за колесами), розвал, поздовжній та поперечний нахил осі повороту (шворня), сходження під час повороту коліс, неспівпадіння осі симетрії та осі руху, поперечне зміщення осей. Усі параметри реєструються за одне встановлення вимірювальних головок. Виміряні параметри подаються на екрані монітора у зручному для сприйняття вигляді (цифровому або графічному). Крім цього, є можливість виклику на монітор інструкції з регулювання кутів.

Стенди динамічної групи дають змогу вимірювати побічні параметри (зміщення або сили) при контакті шин з рухомою опорною поверхнею (автомобіль нерухомий) або під час проїзду автомобіля через стенд. Ці параметри відносять до комплексних, тому що вони залежать як від сходження, так і від розвалу коліс. Основними конструктивними елементами таких стендів можуть бути плаваючі площадки (а), барабани (б), контактні ролики (в) (рис. 5.95).

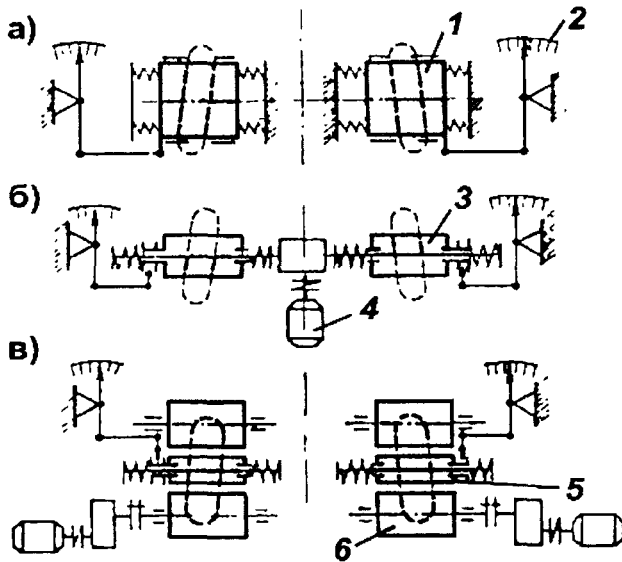


Рис. 5.95. Принципові схеми динамічних діагностичних стендів:

1 – рухома площадка; 2 – вимірювальний пристрій; 3 – барабан; 4 – приводний електродвигун; 5 – контактні ролики; 6 – бігові барабани тягового стенда

Якщо конструкція виконана за схемою (а), то переміщення коліс автомобіля по рухомих площинках 1 зміщує їх у правий або лівий бік. Зміщення або зусилля визначається вимірювальним пристроєм 2. Такі стенди прості за конструкцією і якісно моделюють реальні дорожні умови, мають високу точність вимірювання. На барабанних стендах (схема б) визначається бокове зусилля у плямі контакту шини з опорною поверхнею барабана 3. На працюючому стенді допускається регулювання сходження коліс. Найбільше значення бокового зусилля, яке вимірюється – 300 Н. Під час перевірки автомобіль нерухомий та утримується на стенді спеціальним пневматичним пристроєм за балку переднього моста. Контактні ролики 5 (схема в) встановлюються на тягові стенди. За поперечним зміщенням ролика на нерухомій осі визначають бокове зусилля, яке створює колесо. До поверхні шини ролик притискується з постійним зусиллям пружиною або пневматичним пристроєм. Цей же ролик часто використовують для визначення гальмівного шляху, шляху накату (вибігу) або розгону автомобіля. Такі стенди призначені в основному для експрес-діагностування ходової частини автомобілів та можуть входити у комплект діагностичних ліній.

Варто відмітити, що за рахунок впровадження сучасних типів давачів, на площинкових стендах стало можливим вимірювання не тільки зміщення під дією бокових сил, а й визначення навантажень на осі, коефіцієнта зчеплення коліс осей з дорожнім покриттям та різниці між ними, а також перевіряти стан амортизаторів за резонансною частотою коливань. У комплект сучасного площинкового стенду входять потужний ПК з 17-дюймовим монітором та принтер. Такі стенди, крім цього, дають змогу визначати люфти у ходовій частині автомобіля (зазори у шарнірних з'єднаннях, сайлент-блоках, кріпленні амортизаторів тощо). Контроль з'єднань можна здійснювати візуально та на моніторі, знаходячись в оглядовій канаві (рис. 5.96).

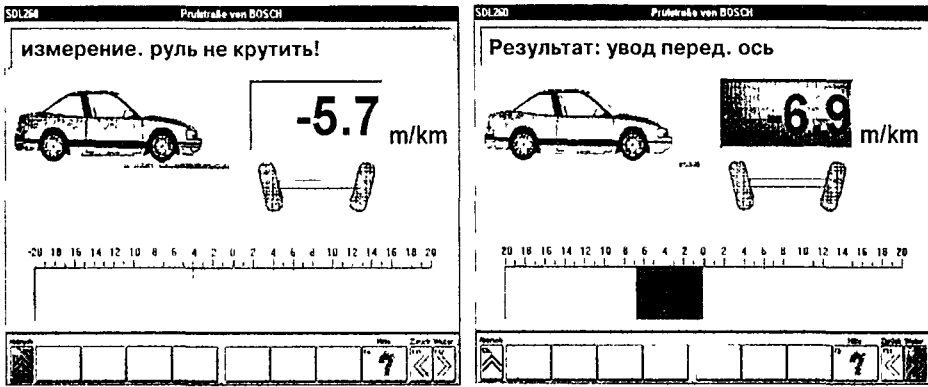


Рис. 5.96. Результати вимірювання бокового відведення передньої осі на моніторі

Діагностування трансмісії автомобіля (зчеплення, коробки передач, карданного вала, головної передачі) можна виконувати різними приладами та обладнанням. Зчеплення діагностують простими приладами, якими вимірюють вільний хід педалі, а також зусилля, яке прикладають до неї. Повніше можна продіагностувати зчеплення (на наявність пробуксовування і неповноти вимикання) під час випробування автомобіля на тягових стендах у режимі його роботи (вмикання і вимикання агрегатів трансмісії при рушанні з місця, розгоні чи гальмуванні) за допомогою стробоскопічних пристроїв.

Коробку передач, головну передачу, карданний вал та інші агрегати трансмісії діагностують з використанням віброакустичних засобів, спеціальних приладів із термопарами, люфтомірами, динамометричними ключами, індикаторами. Люфтомір кутовий являє собою динамометричний важіль з пристроєм для його кріплення на вилці шарніра карданного вала. Повертаючи карданний вал динамометричним ключем з одного крайнього положення в інше, визначають сумарний кутовий люфт. Окрім цього, у карданній передачі перевіряють биття карданного вала за допомогою пристрою з індикатором. Повертаючи карданний вал, за шкалою індикатора визначають прогин (биття) його труби.

Для діагностування гальм автомобілів використовують як прості прилади (деселерометри), так і складні стенди, які працюють за

принципом використання сил зчеплення коліс з опорною поверхнею. Деселерометри – це прилади для вимірювання сповільнення (розгону) автомобіля. Принцип дії деселерометрів полягає у фіксації шляху переміщення рухомої інерційної маси приладу відносно його корпусу, який нерухомо закріплений на автомобілі (рис. 5.97). Інерційною масою деселерометра може служити маятник (а), тягарець з можливістю руху поступально (б), рідина (в). Вимірником може бути стрілковий пристрій, шкала, сигнальна лампа, принтер. Для забезпечення сталості показів, деселерометр обладнують демпфером (рідинним, повітряним, пружинним), а для зручності вимірювань – механізмом, який фіксує максимальне сповільнення. У сучасних деселерометрах електричного типу давачем сповільнення служить акселетрон, у якому петля розжареного електрода знаходиться між холодними катодом і анодом. Під час гальмуванні петля відхиляється і в колі акселетрона анодний струм змінюється пропорційно сповільненню. Деякі прилади, наприклад, “Мотометр” (Німеччина) дають змогу реєструвати не тільки поздовжні, але й поперечні прискорення автомобіля під час дорожніх випробувань. Крім цього, якщо використовується давач зусилля на гальмовій педалі, то можна отримати діаграми, які пов’язують ці зусилля із сповільненням, і таким чином оцінити ефективність гальмової системи.

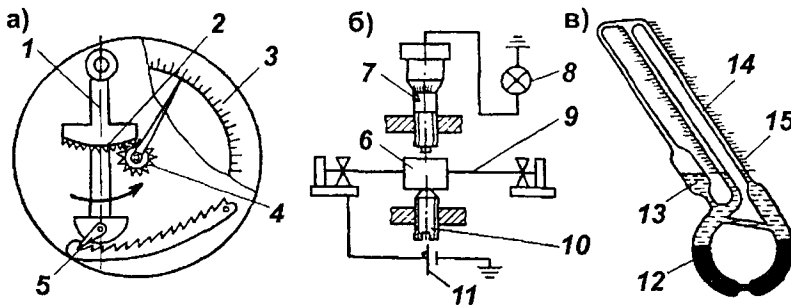


Рис. 5.97. Принципові схеми деселерометрів: а) маятниковий; б) з поступально рухомою масою; в) рідинний; 1 – маятник; 2 – зубчастий сектор; 3 – шкала сповільнень; 4 – шестерня із стрілкою; 5 – храповий механізм фіксації маятника; 6 – інерційна маса; 7 – мікрогвинт; 8 – сигнальна лампа; 9 – пластинчаста пружина; 10 – регулювальний гвинт; 11 – батарея; 12 – ртуть; 13 – рідина; 14 – вимірювальні трубки; 15 – шкала

Динамічні гальмові стенди конструктивно поділяються на площинкові та роликові (силові та інерційні). Результати діагностування на площинкових стендах не можуть вважатись задовільними з технічних та метрологічних причин. Цього позбавлені сучасні роликові стенди, які імітують різні швидкості автомобіля: силові стенди 2–10 км/год; інерційні – 60–70 км/год (рис. 5.98).

Стенд силового типу складається з двох симетричних блоків. Основні елементи блока: два ведучі ролики 1, які з'єднані ланцюговою передачею 2, редуктор 3 та балансірно встановлений електродвигун 4 з давачем гальмівної сили 5 (рис. 5.98, а). Схема стенда інерційного типу аналогічна силовому, однак на ведучому валі редуктора 3 для імітації кінетичної енергії автомобіля, який рухається по дорозі, встановлюється маховик 6 (рис. 5.98, б). Кінетична енергія маховика та інших обертових частин стенда створює необхідне навантаження на гальми. Гальмівний шлях кожного колеса визначається за частотою обертання ролика з допомогою лічильника імпульсів, які створюються переривником 8, а тривалість спрацювання гальмового приводу – за допомогою електричного секундоміра. Після натискання на гальмову педаль за допомогою давача 9, вимірюється гальмівне сповільнення.

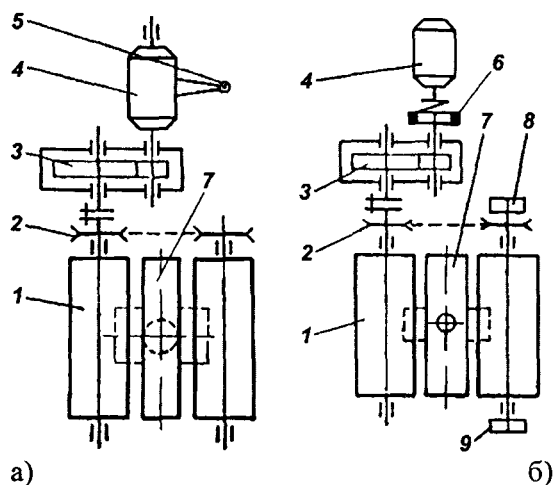


Рис. 5.98. Схеми роликових гальмових стендів: а) силового типу; б) інерційного типу; 1 – ведучі ролики; 2 – ланцюгова передача; 3 – редуктор; 4 – електродвигун; 5 – давач гальмівної сили; 6 – маховик; 7 – пневматичний підйомник; 8 – давач гальмівного шляху; 9 – давач гальмівного сповільнення

Більшість АТП і СТО оснащено силовими роликowymi стендами, які технологічно краще пристосовані для поелементного діагностування гальм. Найбільш поширений тип стенда для діагностування гальм має опорноприводний пристрій (під одну вісь автомобіля), який складається з рами з двома парами барабанів, електродвигуна та пульта керування. Поверхні бігових барабанів роблять рифленими або покривають бетоном, крихтами чи полімерними матеріалами, які забезпечують якісне зчеплення їх із шинами. Зусилля на гальмових педалях вимірюють за допомогою тензорезисторних давачів тиску або давачів тиску на основі інших електричних перетворювачів. Під час діагностування давачі кріплять до гальмової педалі автомобіля.

Розглянемо, наприклад, будову стенда моделі BSA 250 силового типу фірми BOSCH для легкових автомобілів та мікроавтобусів з допустимим навантаженням на вісь до 3 т (рис. 5.99). Стенд має два блоки компактних роlikоопор, кожен з яких складається із суцільно оцинкованої зварної рами, ведучого і веденого роликів діаметром 200 мм з полімерним покриттям, балансірно підвішеного вологозахищеного привідного електродвигуна, редуктора, ланцюгової передачі, пружної муфти, навантажувального і тарувального пристроїв. Крутний момент, від вала електродвигуна через ланцюгову передачу, редуктор і пружну муфту, передається на передній ведучий ролик, а потім через ланцюгову передачу з натяжним пристроєм – на другий ролик. Полегшене встановлення та з'їзд автомобіля із стенду є можливим завдяки використанню самозаклинювального приводу. Після цього як колеса автомобіля отримують від роликів необхідну швидкість обертання (швидкість випробування 3,3 км/год.), натиском на педаль здійснюється гальмування. Зусилля гальмування від коліс автомобіля передається роliкам, а потім електродвигуну, а від нього, через електронну вимірювальну систему – на вимірювальний стояк, який оснащений двома аналоговими приладами (діаметр шкали 350 мм) для індикації гальмових сил з діапазоном до 6 кН. Додатково стенд оснащений вмонтованим ПК, інфрачервоним пультом дистанційного керування, принтером. На сучасних гальмових

стендах результати випробування гальмівної системи автомобіля можна отримати на екрані монітора (рис. 5.99, б).

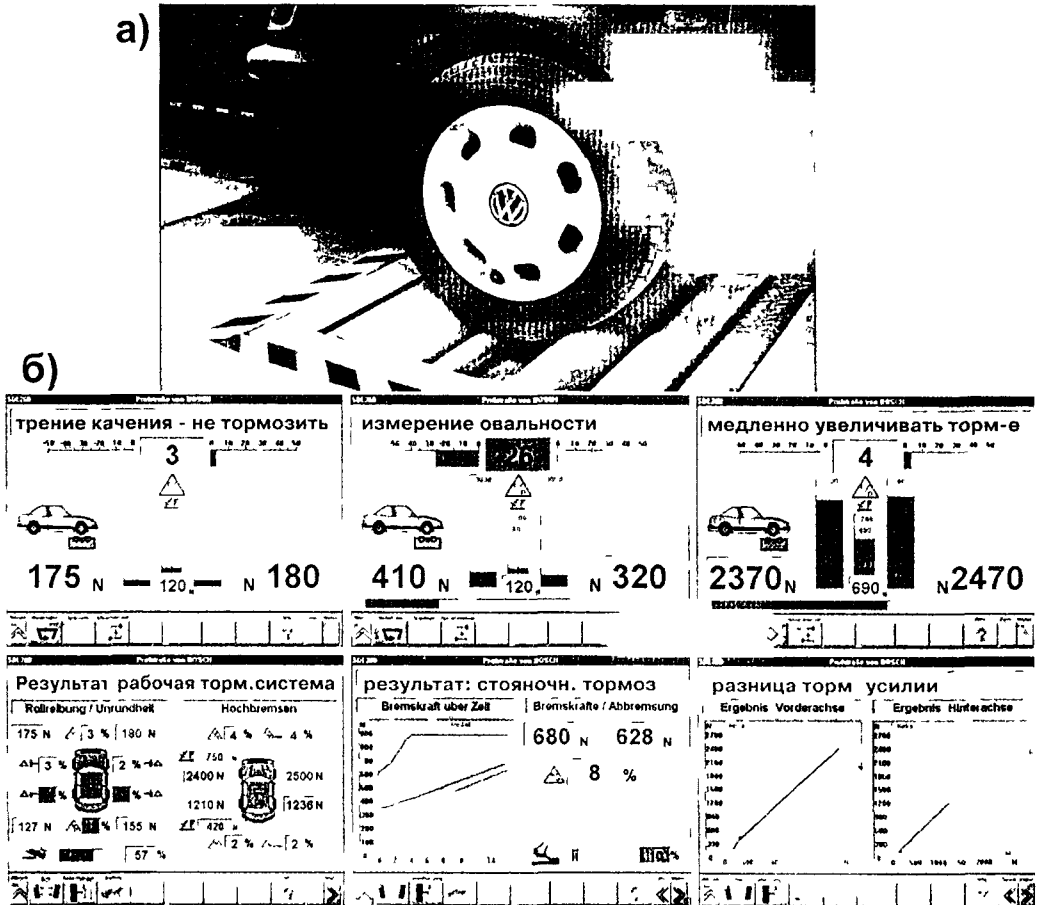


Рис. 5.99. Роликовый блок гальмового стенду силового з комп'ютерним блоком: а) зовнішній вигляд встановленого колеса автомобіля на блок бігових барабанів; б) результати випробувань гальмівної системи автомобіля на моніторі комп'ютера

Технологічний процес діагностування регламентований технологічною документацією, у якій наведено перелік та раціональну послідовність виконуваних операцій, їх трудомісткість, кваліфікацію (розряд) виконавця (оператора-діагнosta), обладнання та інструменти, які використовуються, технічні умови на виконання робіт. У переліку операцій – підготовчі, контрольно-діагностичні та

регулювальні роботи, які рекомендуються до виконання із застосуванням засобів технічного діагностування. Під час розроблення технологічного процесу діагностування та вибору номенклатури діагностичних параметрів керуються вимогами діючих стандартів, інструкцій з експлуатації автомобілів, положень та іншою нормативно-технічною документацією, враховуючи при цьому функціональні та метрологічні особливості діагностичного обладнання, а також можливість коректування обсягів і послідовності діагностичних та регулювальних робіт. Нормативні (граничні та допустимі) значення діагностичних параметрів регламентуються Державними стандартами України, інструкціями заводів-виготівників та іншими документами.

Результати заявкового діагностування та встановлені на їх основі рекомендації щодо виконання регулювальних і ремонтних робіт заносяться у контрольну-діагностичну карту (у пам'ять комп'ютера) й можуть бути доповненими під час регулювальних та ремонтних робіт. Один примірник карти видається власнику автомобіля, а інший передається на виробничі дільниці ТО та ПР згідно з маршрутом автомобіля для подальшого усунування несправностей. Для автомобілів, які регулярно проходять діагностування може бути заведена накопичувальна карта діагностування, або ж, за можливістю, інформація вводитьься і зберігається у пам'яті комп'ютера.

Загальна технологічна послідовність діагностувальних робіт на тягових стендах наступна:

1. Встановити автомобіль на стенд, прогріти двигун до нормального експлуатаційного режиму, прослухати його і агрегати трансмісії на усіх передачах та режимах
2. Визначити та відрегулювати оптимальний кут випередження запалення двигуна
3. Визначити максимальну потужність або тягове зусилля на ведучих колесах
4. Виміряти тривалість розгону та вибігу автомобіля
5. Перевірити питому витрату палива та роботу спідометра
6. Здійснити з'їзд автомобіля із стенду

Номенклатура операцій та послідовність їх виконання можуть бути зміненими, залежно від можливостей підприємства (наявності того чи іншого обладнання), а також змісту заявки власника автомобіля. Визначені операції виконуються на стенді відповідно до інструкцій. При цьому повинні витримуватись правила випробувань, які сприяють підвищенню вірогідності результатів діагностування. Діагностування різних агрегатів, приладів, механізмів та систем автомобіля можна виконувати із зняттям їх з автомобіля або безпосередньо на посту загального діагностування. Наприклад, діагностування паливної апаратури двигуна КамАЗ без зняття її з автомобіля можна виконувати за відповідною послідовністю (рис. 5.100) з використанням спеціальних приладів, пристроїв та інструментів. Передпусковий підігрівач перевіряють, визначивши попередньо секундоміром тривалість від початку до стійкого горіння палива (повинна становити 3 хв.). Тривалість розігріву охолодної рідини від 40 до 80 °С в головці блока двигуна – у межах 10-13 хв. Перевірку забрудненості повітряного фільтра, технічного стану індикатора забрудненості, герметичність впускного тракту виконують з використанням контрольного сигналізатора ОР-9928 та пристрою КИ-13998. Паливну помпу високого тиску (ППВТ) перевіряють на двигуні з використанням приладів П7-08, П7-02 та пристроєм П7-03. При цьому перевіряють герметичність нагнітальних клапанів, гідравлічну щільність плунжерних пар помпи. Діагностування форсунок здійснюють приладом П7-08, оцінюючи при цьому рухливість голки розпилювача, герметичність запірного конусу та тиск впорскування палива. Моментоскопом П7-13 визначають кут початку впорскування палива. Димність відпрацьованих газів перевіряють димоміром ИДП-2.

Питання для самоконтролю

1. Які засоби технічного діагностування застосовуються для оцінки загального технічного стану автомобіля?
2. Які принципи дії використовують різні моделі вітчизняних та закордонних газоаналізаторів?

3. Які універсальні діагностичні комплекси використовуються для діагностування двигуна та його систем?
4. Який метод використовується в основі дії реглюскопів?
5. Назвіть устаткування для діагностування ходової частини автомобіля (параметрів керованих коліс).
6. Які параметри забезпечують вимірювання сучасні стенди геометрії ходової частини автомобілів?
7. Який принцип дії та можливості сучасних приладів – деселе-рометрів?
8. Яка загальна технологічна послідовність діагностування автомобілів на динамометричних стендах?
9. Якою документацією керуються при розробленні технологічного процесу діагностування автомобілів?

6.1. Організаційно-технологічні взаємодії між об'єктами виробничої бази ТЕА

Важливим чинником, який впливає на ефективність технічної експлуатації автомобілів - є структура **виробничо-технічної бази** (ВТБ) автотранспортного підприємства. Виробничо-технічна база – це матеріальна основа забезпечення працездатності автомобільної техніки, яка включає сукупність будівель, споруд, технологічного і енергетичного обладнання, транспортних засобів, інструментального оснащення, організаційних і обчислювальних засобів, за допомогою яких реалізується виробничий процес. Залежно від типів підприємств автомобільного транспорту (автотранспортне, автообслуговувальне чи авторемонтне) у них проходять відповідні виробничі процеси забезпечення працездатного та справного стану АТЗ. Ці процеси – це організаційно впорядковані та узгоджені в часі комплекси інженерно-технічних заходів, спрямованих на контроль, підтримання належного рівня та технічного стану автотранспортних засобів як предметів праці. Узагальнена схема забезпечення працездатного і справного станів АТЗ у комплексному АТП наведена на рисунку 6.1. Реалізація цього процесу передбачає не тільки одноразове виконання його для окремого автомобіля в потрібний момент, але й, звичайно, поступове забезпечення працездатності та справності усієї кількості автомобілів. У структурі підприємств автомобільного транспорту базовими є **комплексні** автотранспортні підприємства, які здійснюють перевезення вантажів і пасажирів , а також технічну підготовку АТЗ до транспортного процесу. До таких під-

приємств належать також **кооперовані** АТП, які входять до складу більших формувань (автокомбінати, автооб'єднання). Крім базових, до складу підприємств автомобільного транспорту входять автообслуговувальні підприємства – авторемонтні майстерні (цехи, заводи), станції технічного обслуговування, бази централізованого технічного обслуговування та ремонту, виробничо-технічні комбінати, пасажирські автостанції та автовокзали, стоянки для автотуристів при готелях (кемпінгах), вантажні автостанції, автозаправні станції та інші підприємства. Авторемонтні заводи є, як правило, спеціалізованими, на яких виконують капітальний ремонт автомобілів та їх агрегатів. До них належать також майстерні (цехи) з ремонту шин, акумуляторів, електрообладнання автомобілів тощо.

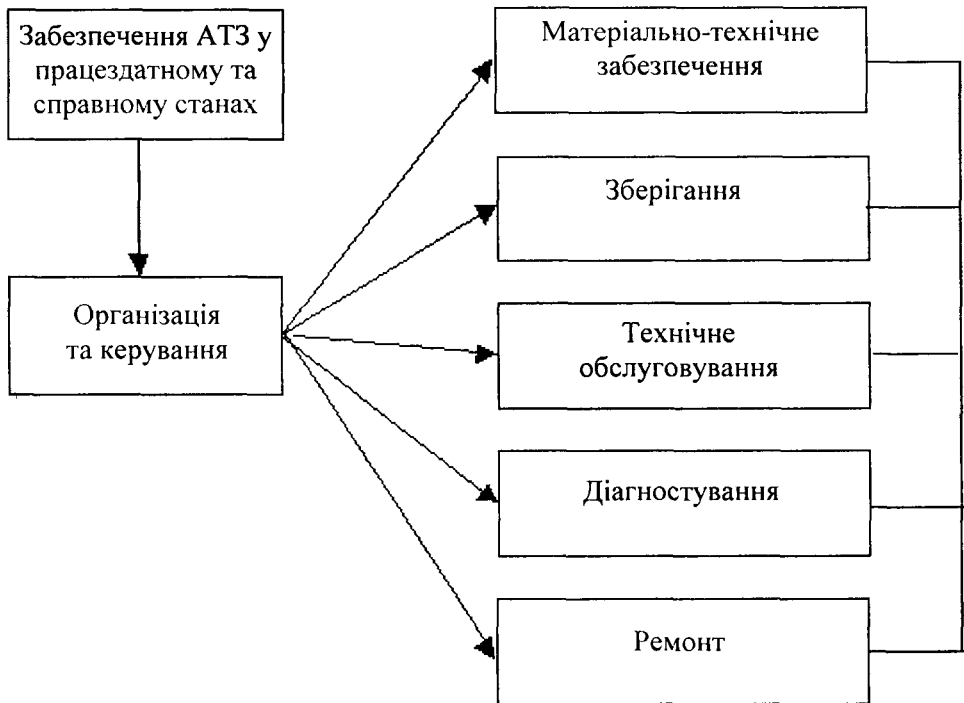


Рис. 6.1. Забезпечення АТЗ у працездатному та справному станах у комплексному АТП

Для встановлення номенклатури та раціонального розміщення (планування) об'єктів виробничо-технічної бази АТП, необхідно знати специфіку зв'язків між ними. Суть цих зв'язків частково роз-

криває функціональна схема комплексного АТП (рис. 6.2) та графік автомобілепотоків виробничого процесу ТО і ПР автомобілів (рис.6.3).

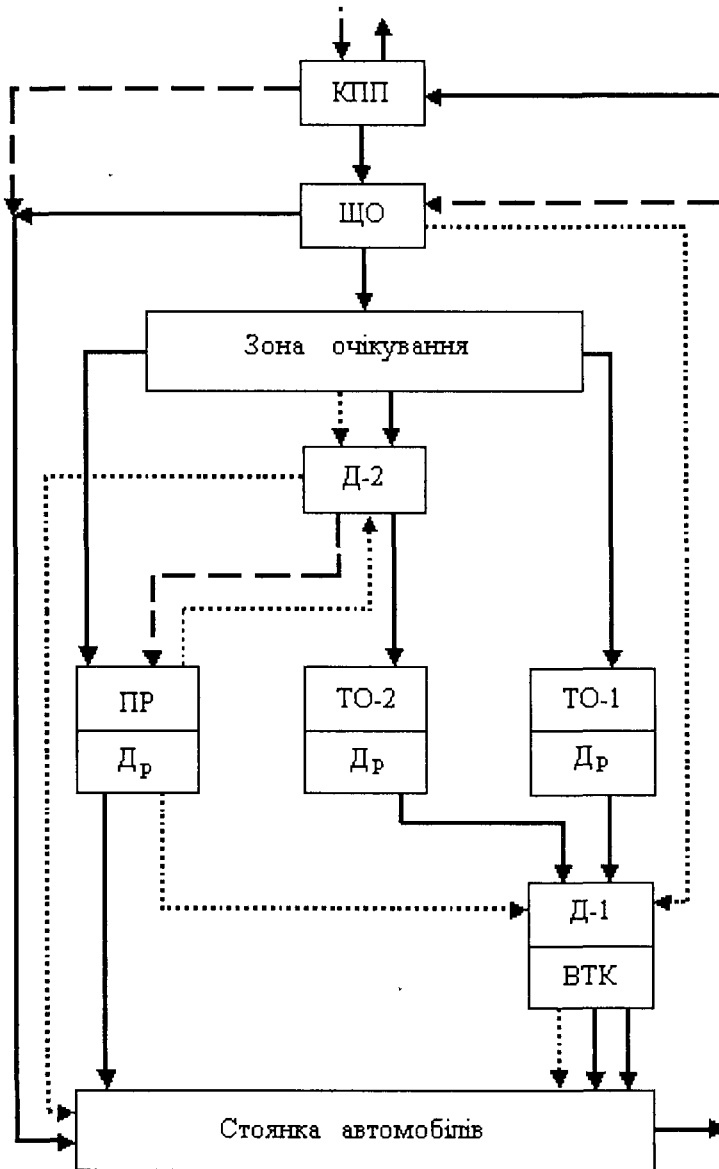


Рис. 6.2. Функціональна схема виробничого процесу на комплексному АТП:

----- основні маршрути; - - - - - можливі маршрути;
 маршрути вибіркового діагностування

Функціональна схема вказує на можливі маршрути проходження автомобілем різних етапів виробничого процесу. Кількісну характеристику цього процесу, тобто потужність добових потоків АТЗ та їх агрегатів через різні етапи виробничого процесу, а, отже, і об'єкти ВТБ, відображає графік автомобілепотоків у виробничому процесі. Обґрунтований вибір схеми та графіку є основою для раціонального планування основних зон АТП (зберігання, ТО-1, ТО-2, ПР) та організації руху АТЗ по території підприємства.

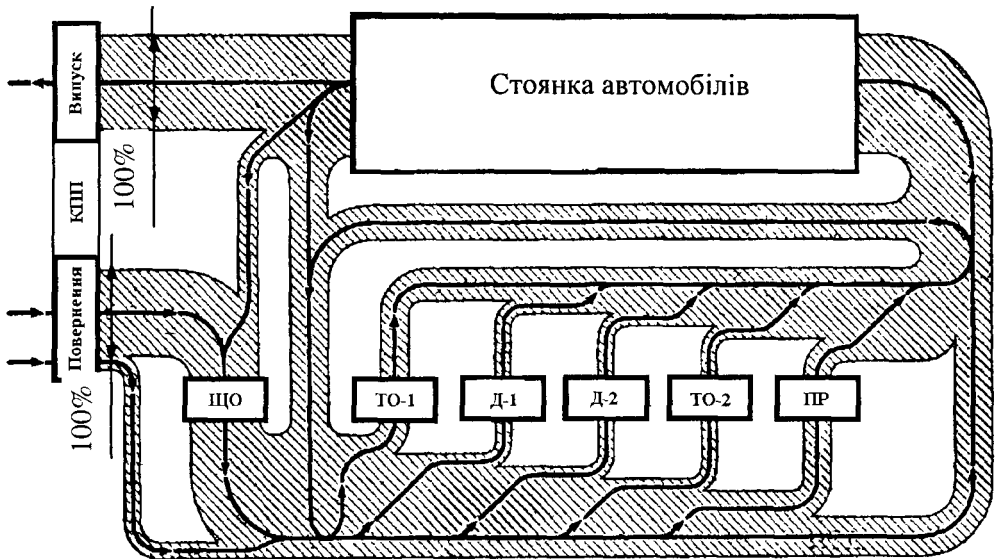


Рис. 6.3. Графік добових автомобілепотоків в АТП під час реалізації виробничого процесу ТО та ПР автомобілів

Процес технічної підготовки автомобілів до експлуатації – це сукупність всіх дій, виконавців-фахівців та знарядь виробництва (ремонтно-технологічного і діагностичного обладнання, пристроїв та інструментів), відповідної нормативно-технологічної документації, необхідних для виконання робіт щодо забезпечення працездатності та справності АТЗ. Основними принциповими положеннями організації виробничого процесу на АТП є пропорційність, неперервність та ритмічність. Дотримання цих положень під час розроблення виробничого процесу визначають тривалість ТО і ПР автомобілів,

якість і собівартість виконання робіт, а також культуру виробництва.

З рис.6.2 видно, що після повернення автомобілів з лінії усі вони проходять контрольно-пропускний пункт і зону ЩО. Опісля ті, що потребують ТО або ПР, скеровуються у відповідні зони, решта у зону зберігання (на стоянку). Якщо кількість автомобілів, які повертаються з лінії, є більшою за пропускну здатність зони ЩО, то частина їх після проходження КПП скеровується у зону зберігання, або очікування. Звідси вони надходять зону ЩО, у якій виконують мийно-очисні та прибиральні операції. Пропускна здатність зон ТО-1, ТО-2 і ПР також не дає змоги прийняти на обслуговування чи ремонт усі автомобілі, які цього потребують. Тому частина їх очікує ТО і ПР в зоні зберігання або очікування. Із стоянки справні і працездатні автомобілі через КПП випускаються на лінію з відповідним контролем.

Схема та графік добових потоків АТЗ на території АТП визначають низку технологічних маршрутів, які обираються для певних автомобілів залежно від їх технічного стану, календарного плану ТО і режиму роботи ВТБ. Основні маршрути можна виділити з типової схеми реалізації виробничого процесу. Остання дає відповідь на питання, куди і який автомобіль та з якою метою скеровується у відповідний об'єкт ВТБ з урахуванням його попереднього стану чи місця перебування (в експлуатації, ремонті, зберіганні тощо). У схемі реалізації виробничого процесу відображені не тільки об'єкти ВТБ, але й зв'язки між ними. Починаючи з перевірки працездатності АТЗ на КПП, наступним послідовним проходженням виробничих зон, його піддають відповідним ТО чи ПР після яких, залежно від режиму та потреб у перевезеннях - скеровують у зону зберігання, або на лінію. Послідовність реалізації виробничого процесу у виробничо-технічній базі комплексного АТП наступна (див. рис.6.2). Автомобілі, які повертаються з лінії, проходять контрольно-пропускний пункт, на якому їх оглядає черговий механік. При цьому він перевіряє комплектність і зовнішній вигляд автомобіля, визначає його технічний стан, передовсім механізмів і систем, які забезпечують безпеку руху. Після огляду справні АТЗ скеровують у зону ЩО, а

потім на стоянку. Інші автомобілі після ЩО надходять у відповідні зони ТО і ПР, а потім на зберігання. Скеровує автомобілі у ці зони черговий механік за планом-графіком на ТО, а в зону ПР – за заявкою водія або за його ж висновком. В разі виявлення при діагностуванні Д-2 несправностей, усунення яких потребує трудоміських ремонтних операцій, автомобілі скеровуються у зону ПР, а через 1-2 дні скеровуються у зону ТО-2. Автомобілі з очевидними несправностями та заявками на ПР скеровуються на відповідні спеціалізовані пости зони ПР. У разі передчасного повернення автомобіля з лінії з технічних причин, черговий механік робить відмітку у відповідній графі дорожнього листа і скеровує його у зону поточного ремонту.

Автомобілі, які заплановані на ТО-1, пройшовши зони ЩО і очікування (якщо усі пости зайняті), скеровуються у зону ТО-1, після чого у відділення Д-1. Якщо під час виконання робіт з ТО-1 та діагностування Д-1 виявляються несправності, які усунути не вдається, то автомобіль скеровується у зону ПР, або за ще раз діагностується.

Завершальне діагностування Д-1 виконують також для автомобілів, які пройшли ТО-2 безпосередньо після його завершення, та для автомобілів після ремонту систем та механізмів, які впливають на безпеку руху.

Крім планових діагностувань Д-1 та Д-2, автомобілі проходять вибіркоче діагностування (лінії з квадратними точками на рис. 6.2). У відділення Д-1 з КПП вибірково скеровуються автомобілі з несправностями систем і механізмів безпеки руху для їх уточнення, або із зони ПР для контролю якості ремонту. Ці потоки АТЗ становлять приблизно 5 % від програми діагностувань Д-1 з періодичністю ТО-1. У відділення Д-2 з КПП може скеровуватись в середньому до 10% АТЗ додатково до запланованих діагностувань Д-2 та 10 % із зони ПР для уточнення прихованих несправностей та вибіркової перевірки якості ремонту.

Після виконання відповідних РОД та їх контролю, яке сумісне з діагностуванням Д-1, автомобілі скеровуються на стоянку.

Практика впровадження типових технологічних процесів ТО-1 і ТО-2 автомобілів із застосуванням комплексного діагностування показала, що виконання контрольно-діагностичних і регулювальних

робіт Д-1 на завершення ТО-1, порівняно з проведенням діагностування перед ТО-1, має значні переваги: збільшення пропускної здатності відділення Д-1 на 30-40 % за рахунок виконання підготовчих операцій у зоні ТО-1; недопущення недовиконання змінної програми ТО-1 через несвоєчасне усунення несправностей за результатами діагностування; зменшення кількості перегонів автомобілів перед відділенням Д-1 та зонами ПР і ТО-1; спрощення документообігу (відсутня діагностична карта Д-1); суміщення з діагностуванням систем контролю якості виконання робіт. Для дотримання технологічної дисципліни у названих вище роботах відділення Д-1 рекомендується підпорядкувати відділу технічного контролю. Проводити діагностування Д-1 перед ТО-1 недоцільно ще й тому, що значні несправності при Д-1 виявляються рідко. Регулювальні операції незначної трудомісткості (5-10 люд.-хв.) доцільно проводити під час завершального діагностування.

Виконання діагностування Д-1 як завершального комплексу операцій у окремому від ТО-1 відділенні, має відчутні переваги щодо виконання Д-1 під час ТО-1. Останній вид організації доцільно застосовувати для потокового методу виконання ТО-1. При цьому практика показує, що, наприклад, тривалість процесу перевірки гальм кожної осі, порушує ритм роботи лінії. Внаслідок цього збільшується загазованість зони ТО-1, особливо при збільшенні кількості дизельних автомобілів. За наявності на великих АТП декількох поточкових ліній така організація ТО-1 і Д-1 ще більш недоцільна, оскільки на кожен ліній потрібно мати окремий комплект обладнання Д-1. Розміщення діагностування АТЗ в окремому відділенні, за рахунок повнішого використання його обладнання, а також за певного його компонування, одним комплектом Д-1 можна забезпечити завершальне діагностування автомобілів з 2-4 поточкових ліній.

У сучасних умовах на балансі багатьох АТП числяться автомобілі малої вантажності або таксомотори. Спискова кількість їх нараховує 100-150 одиниць. Для таких підприємств доцільним є виконання діагностувань Д-1 та Д-2 на одному посту (рис. 6.4). Автомобілі після діагностування на контрольно-пропускному пункті (Д-КПП) та виконання прибирально-мийних робіт (ПМР), на посту Д-2 проходять

регламентне діагностування Д-1, а потім, залежно від результатів діагностування, надходять у зону ТО-1 з $D_{ТО-1}$ або у зону ПР з $D_{ПР}$ (рис. 6.5, а). Для оцінки якості ремонту (можливо у відділі технічного контролю) або для поглибленого встановлення несправностей автомобіль із зони ПР може бути повторно скерований у зону Д-2. Аналогічно виглядає схема технологічного процесу ТО-2 з діагностуванням Д-2 (рис. 6.5, б).

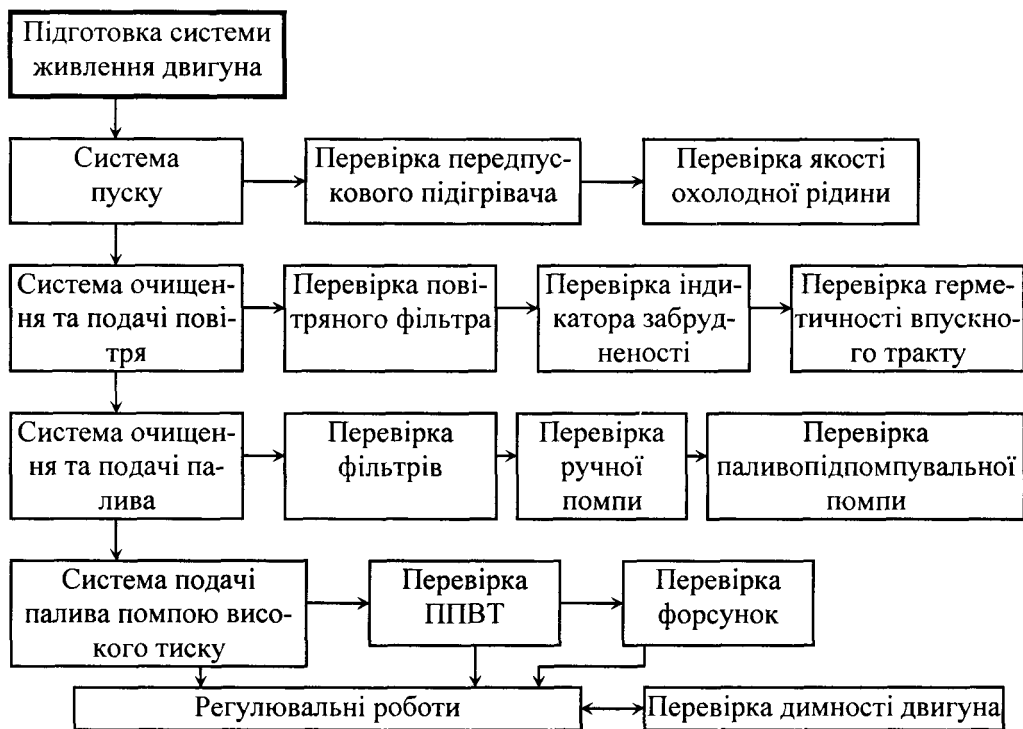


Рис. 6.4 Схема технологічного процесу діагностування паливної апаратури без зняття з автомобіля



Рис. 6.5. Схеми технологічних процесів із застосуванням діагностування для АТП з автомобілями малої вантажності або таксомоторами:
а) технологічний процес ТО-1; б) технологічний процес ТО-2

Має свої особливості схема організації виробничого процесу ТО та ремонту легкових автомобілів на СТО з використанням діагностування (рис. 6.6). Автомобілі, які надійшли на СТО, через зону очікування скеровуються на миття, або (якщо воно не потрібне) в пункт приймання. Якщо несправність не є очевидною, то автомобіль скеровується у заявкове діагностування $D_{зв}$, або контрольне D_k . Для невеликої СТО ці види діагностування проводять в об'єднаному відділенні.

Діагностування під час приймання та видачі – $D_{п.в}$ має змінний обсяг і окремо клієнтом не оплачується (входить у накладні витрати СТО). Якщо несправності систем та механізмів, які забезпечують безпеку руху можна усунути у відділенні D_k регулюванням, то клієнт запрошується для приймання автомобіля разом з працівником ВТК. Тут він переконується у справності усіх решта систем та механізмів безпеки руху і після оплати за діагностування D_k отримує діагностувальну карту зі штампом ВТК, який засвідчує про можливість подальшої експлуатації АТЗ.

Якщо автомобіль прибув на ТО, то його скеровують на відповідні пости, де під час обслуговування проходить відповідне діагностування з регульовальними роботами (D_p). На постах поточного ремонту для D_p можуть використовувати пересувні та стаціонарні засоби діагностування, залежно від потужності станції.

Заявкове діагностування $D_{зв}$ виконується за замовленням власника автомобіля відповідно до заповненого наряду-наказу, або спеціального талону. Під час $D_{зв}$ здійснюється часткове, або повне діагностування АТЗ для пошуку несправностей.

Заявкове діагностування на станціях з кількістю робочих постів більше 15 організовується у окремому спеціалізованому відділенні $D_{зв}$. За меншої потужності СТО створюють загальне відділення (універсальний пост діагностування) для всіх видів обслуговування. Для великих СТО з кількістю робочих постів більше 35 доцільно застосовувати автоматизований комплекс для кожного з видів діагностувань – $D_{зв}$ і D_k . Діагностуванням на СТО гарантується безвідмовна робота АТЗ чи його агрегатів тільки в межах міжконтрольного пробігу (до наступного планового ТО).

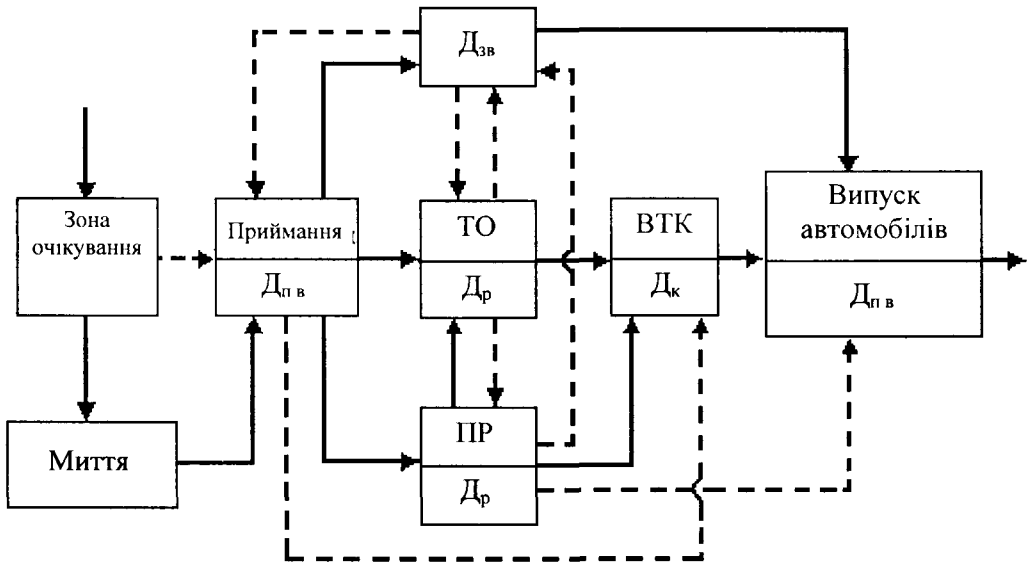


Рис.6.6. Схема організації виробничого процесу ТО та ремонту (з діагностуванням) легкових АТЗ:

----- основні маршрути; - - - - - можливі маршрути

Контрольне діагностування D_k застосовують з метою оцінки якості виконаних на СТО робіт з ТО та ремонту АТЗ, а також для визначення відповідності технічного стану АТЗ вимогам безпеки руху та охорони довкілля. При цьому присутній, як правило, представник ВТК, і власник автомобіля. В цьому разі додаткова перевірка при видачі автомобіля ($D_{п.в}$) не потрібна. Однак, якщо виявлені несправності в день отримання автомобіля, то його власник може вимагати проведення без додаткової оплати вибіркового діагностування $D_{п.в}$ у будь-якому відділенні СТО. Після усунення несправностей і завершального діагностування D_k клієнтові видається діагностична карта зі штампом ВТК, а відділення видачі автомобіля скеровує належну інформацію про якість виконання робіт у відповідний відділ.

У маршрутах АТЗ під час виконання ТО та ПР часто виникає потреба в очікуванні у черзі при переходах їх від попереднього поста (зони) до наступного. Це наслідок неоднакової трудомісткості ТО і ПР автомобілів, нерівномірності їх надходження у ті чи інші підрозділи ВТБ. Взаємне розміщення виробничих приміщень на плані бу-

дівлі залежить від призначення, технологічних зв'язків між ними, будівельних, санітарно-гігієнічних та протипожежних вимог.

У загальному плануванні виробничих приміщень основними вважають площі для постів ТО та ПР, які спеціалізуються за їх видами та призначенням. Розташування зон ТО та ПР визначаються схемами та графіками виробничих процесів. Їх розміщують так, щоб шляхи переміщення автомобілів не перетинались, були найкоротшими та зручними для маневрування. Вони повинні забезпечувати як послідовне проходження автомобілів на різних видах ТО, діагностування та ПР (наприклад, ЩО – ТО-1; ЩО – ТО-2; ЩО – Д-1; ЩО – Д-2; ЩО – ПР; ЩО – ТО-1 – ПР; ЩО – ТО-2 – ПР), так і незалежне.

Однорідний характер окремих видів робіт, які виконують у відповідних виробничих підрозділах ВТБ (відділеннях, дільницях), дає можливість об'єднувати їх в окремі групи (рис. 6.7). Під час планування необхідно виходити з раціонального суміжного розташування приміщень у межах цих груп. Наприклад, ковальсько-ресорне, мідницьке та зварювальне відділення розміщують поруч, ізолюючи їх від решта відділень вогнестійкими стінами.

Фарбувальне, деревообробне, оббивне, бляхарське відділення розміщують також суміжно. При цьому фарбувальне та деревообробне відділення розміщують так, щоб забезпечувався вільний в'їзд в них із зони ПР або безпосередньо з території підприємства без особливого маневрування автомобілем. Слюсарно-механічне та агрегатне відділення групують поруч із складом запчастин, агрегатів та матеріалів. Разом з цими відділеннями розміщують інструментально-роздавальну комору. Шиноремонтне відділення повинно бути неподалік комори шин та постів із заміни їх. З огляду на протипожежні вимоги не допускається безпосереднє суміжне розташування стоянки автомобілів (зони зберігання) з такими відділеннями: акумуляторним, вулканізаційним, зварювальним, мідницьким, деревообробним, оббивним, фарбувальним, а також з коморою мастильних матеріалів. Приміщення, у яких ремонтують паливну апаратуру, вимагають природного освітлення.

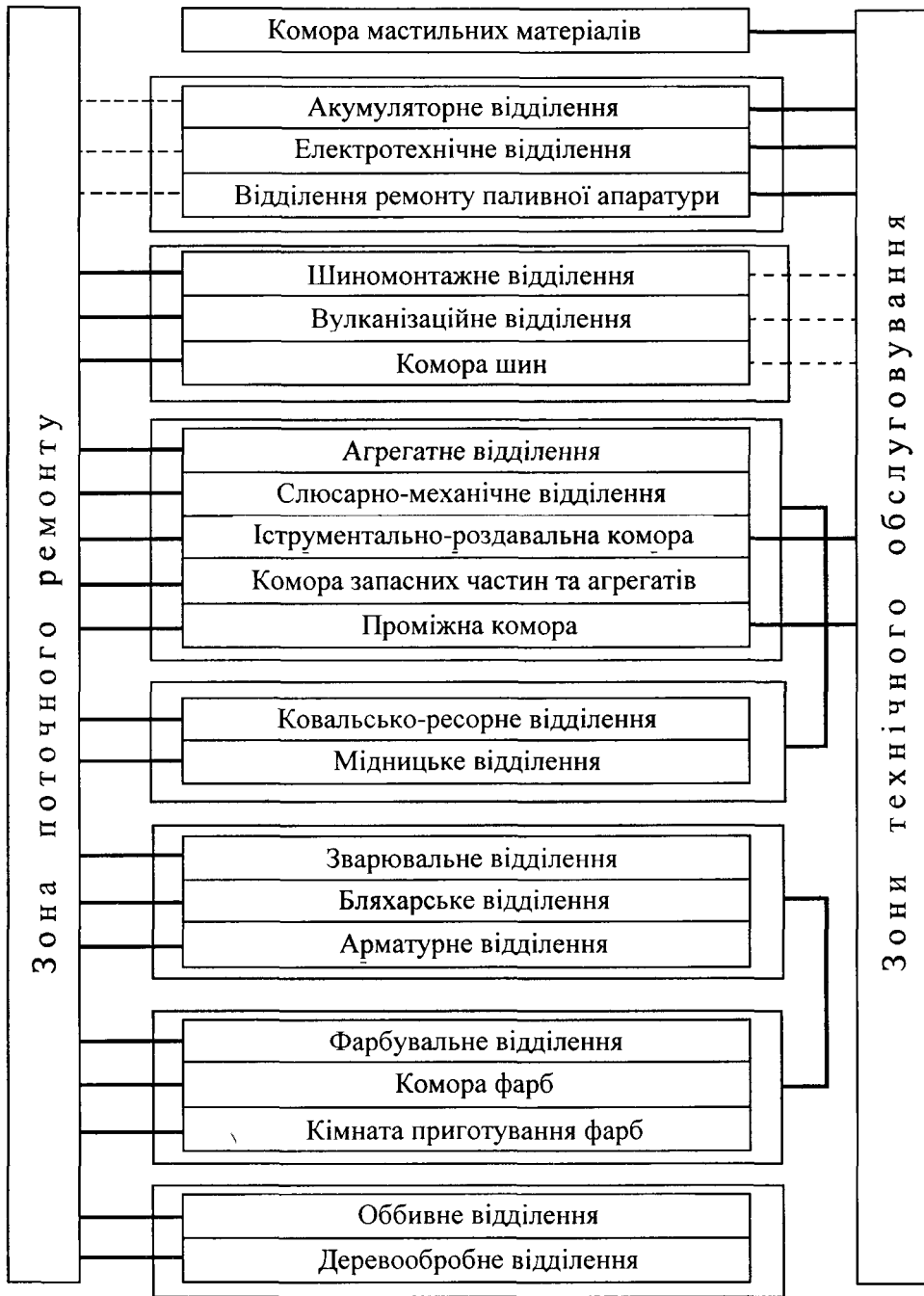


Рис. 6.7. Групування виробничих відділень та їх зв'язки з основними виробничими зонами:

----- зв'язки обов'язкові ; - - - - - зв'язки бажані

Тому їх, а також непроїзні пости, обладнані канавами та підйомниками, проектують ближче до периметру будівлі. Важливим під час планування виробничих приміщень є раціональна схема організації руху автомобілів, яка залежить від розміщення будівель та споруд виробничо-технічної бази АТП, кількості та розміщення постів ТО та ПР. Зручним та безпечним (раціональним) вважають односторонній рух між зонами та відділеннями, який виключає можливість зустрічного та пересічного транспортних потоків автомобілів.

Вітчизняний та зарубіжний досвід показує, що не завжди доцільно на усіх АТП в межах регіону організовувати весь комплекс РОД. Тобто, з тих чи інших причин, частіше економічних, доводиться централізувати їх усі, або частину. Переваги та недоліки різновидів структурно-організаційних форм централізації РОД наведено в достатній кількості навчальної літератури. Вкажемо на основні, найбільш типові форми централізації РОД, їх передумови та зв'язки між ними:

- централізоване ТО та ремонт, які організуються на головному АТП автокомбінату, або об'єднання (рис.6.8 а). Основними умовами використання цієї простої форми є відносно невелика відстань між підприємствами та достатньо високий рівень розвитку ВТБ на головному АТП;
- за відсутності розвинутої ВТБ на головному АТП централізоване виробництво окремих видів ТО та ремонту розподіляється між декількома (або усіма) підприємствами об'єднання (рис. 6.8 б); призводить до ускладнення керування усіма ділянками виробництва, які розміщені на різних територіях, а також забезпечення оперативного технологічного зв'язку між ними; перевагою такої організації виробництва є невеликі капіталовкладення (за рахунок використання існуючих площ);
- створення при комбінаті або об'єднанні спеціальної філії для централізованого виконання ТО та ПР , наприклад, БЦТО (рис. 6.8 в); особливістю такої форми є те, що вказана філія повністю звільняється від перевезень;

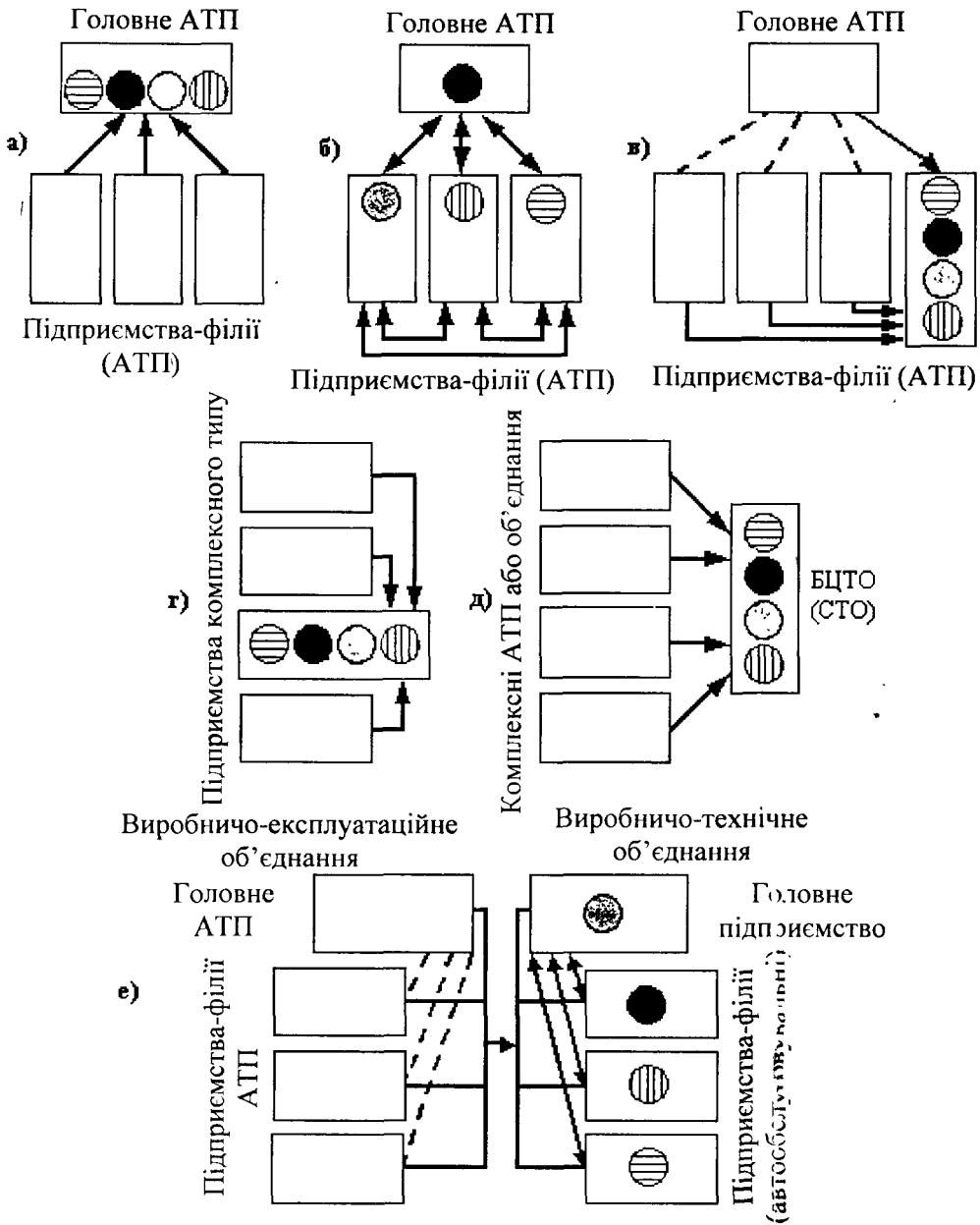


Рис. 6.8 Організаційно-технологічні зв'язки між ПАТ для різних схем централізації ТО та ремонту:

● - тип АТЗ; ● (with gear) - ремонт; ● (with horizontal lines) - ТО-1; ● (with vertical lines) - ТО-2;
 ————— технологічні зв'язки; - - - - - організаційні зв'язки

- передача централізованого виробництва тих або інших видів ТО та ПР одному з декількох АТП, переважно комплексного типу (рис. 6.8 г); передумови впровадження цієї форми такі ж, як і першої, але різниця між ними в тому, що централізоване виконання ТО та ПР є “товарною продукцією” з оплатою послуг за діючими, або спеціально встановленими тарифами;
- створення станції, або бази централізованого ТО та ремонту автомобілів для АТП комплексного типу, або об’єднання (рис. 6.8д); впровадження цієї форми потребує великих капіталовкладень у будівництво БЦТО; в окремих випадках можуть бути використані ВТБ колишніх АТП (реконструйовані, або розширені);
- організація в місті (області) двох об’єднань: виробничо-експлуатаційного та виробничо-технічного (рис.6.8 е); за такої формі централізації рівень розвитку ВТБ для ТО та ремонту АТЗ має бути найвищим; взаємовідносини між цими об’єднаннями ґрунтуються на основі угод.

Питання для самоконтролю

1. Елементи структури виробничо-технічної бази АТП.
2. Комплексні та кооперовані підприємства автомобільного транспорту.
3. Основні види зв’язків між об’єктами ВТБ АТП.
4. Призначення функціональної схеми комплексного АТП.
5. Застосування графіка автомобілепотоків виробничого процесу ТО і ПР автомобілів.
6. Дайте означення виробничого та технологічного процесів щодо підтримання АТЗ у справному та працездатному стані.
7. Місце діагностування у типовій схемі виробничого процесу ТО і ремонту АТЗ.
8. Засади групування виробничих відділень та зон ТО, ремонту АТЗ комплексного АТП.
9. Основні протипожежні вимоги щодо групування об’єктів ВТБ.
10. Організаційно-технологічні зв’язки між об’єктами ВТБ на рівні підприємств автотранспортного об’єднання.

6.2. Основи технологічного проектування виробничої бази ТЕА

Технологічне проектування виробничої бази ТЕА має комплексний характер і передбачає одночасне розв'язання технічних, організаційних, конструкторських, економічних, природоохоронних завдань. На практиці розрізняють наступні види проектів: проекти реконструкцій діючих АТП з урахуванням зміни обсягів транспортної роботи на перспективний період, кон'юнктури ринку; проекти нових АТП загального призначення; проекти спеціалізованих автотранспортних, автообслуговувальних підприємств (станцій технічного обслуговування, авторемонтних майстерень, вантажних і пасажирських станцій, гаражів, стоянок тощо) з урахуванням потреби населення міст і районів у перевезенні вантажів, пасажирів та в обслуговуванні автомобілів.

У проектуванні нових АТП, реконструкції діючих і технічному переозброєнні чинної виробничо-технічної бази АТП користуються низкою нормативних документів, в основу яких покладені досягнення науки і техніки, закони і положення, державні стандарти в галузі вимог до проектування промислових об'єктів. Важливим документом у технологічному проектуванні є “Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту” (Положення-98). Процес проектування складається з окремих етапів:

1. Вибір та обґрунтування початкових даних
2. Розрахунок плану обслуговування та виробничої програми ТО і ремонту АТЗ
3. Розрахунок обсягу виробництва та чисельності основного і допоміжного персоналу АТП
4. Розрахунок кількості постів і ліній для технічного обслуговування та поточного ремонту
5. Розрахунок і підбір технологічного устаткування
6. Розрахунок площ приміщень АТП

Вибір та обґрунтування початкових даних. Для технологічного розрахунку АТП потрібні такі початкові дані: техніко-експлуатаційні показники роботи АТЗ; структура складу АТЗ та їх

кількість і технічний стан (пробіг від початку експлуатації); режим роботи АТЗ; дорожні і природно-кліматичні умови; режими роботи виробничо-технічної бази АТП та їх підрозділів.

Техніко-експлуатаційні показники роботи АТЗ та їх структура обумовлені комерційною експлуатацією, а саме обсягами (як правило річними) перевезень. Під віковою структурою парку автомобілів АТП розуміють кількісний абсолютний, або відносний (у відсотках) розподіл їх за окремими групами залежно від терміну служби кожного з них або пробігу від початку експлуатації.

Частку автомобілів певної j вікової групи у парку на початок i -го року позначають через $\alpha_{ij} = A_{ij}/A_i$, де A_{ij} – кількість автомобілів j -ї вікової групи на початок i -го року; A_i – загальна кількість автомобілів у парку на початок i -го року. Показник j може братись у роках (місяцях) або кілометрах пробігу.

Практикою використання АТЗ встановлено, що вік істотно впливає на коефіцієнт готовності парку, продуктивність, трудомісткість ТО і ПР, а також на розмір необхідної виробничо-технічної бази АТП. Встановлено також збільшення, у зв'язку з віком, витрат запасних частин, палива та інших експлуатаційних матеріалів. Все це зумовлює ускладнення та розширення виробничих задач для технічної служби АТП та її окремих підрозділів.

Існуючі методики розрахунку необхідної кількості автомобілів зорієнтовані на заплановані обсяги перевезень на майбутній період, без урахування динаміки початкових даних у плановому періоді. Кількість N вантажних АТЗ визначають за формулою

$$N = \frac{Q}{D \cdot U} \cdot \gamma, \quad (6.1)$$

де Q – річний плановий обсяг перевезень, т; γ – коефіцієнт нерівномірності перевезень, який визначається методами математичної статистики; D – кількість днів роботи автомобіля на маршруті за рік, діб; U – добова продуктивність автомобіля за обсягами перевезень, т/добу.

Формула (6.1) не враховує дію таких важливих чинників: зміна обсягів перевезень протягом планового періоду; зменшення кількості

ті днів корисної роботи автомобілів упродовж року та залежно від віку автомобіля; зниження добової продуктивності АТЗ внаслідок їх відмов; зміна вікового складу автомобілів за роками функціонування АТП. Отже, потрібно визначати склад АТЗ за віком у кожному році планового періоду, потрібну кількість нових АТЗ, якими повинен щорічно поповнюватись парк автомобілів у разі зростаючих обсягів перевезень і заміни автомобілів, які списують, або навпаки - внаслідок зменшення обсягів перевезень та переведення їх у резерв.

Необхідну кількість нових автомобілів, якими повинен до початку кожного року планового періоду поповнюватись чинний парк, з урахуванням зростання обсягів перевезень та фізичного зношення їх визначають за формулою:

$$N_1^{(t)} = \frac{Q_t - \sum_{\tau=2}^{\tau^M} D(\tau) \cdot N_{\tau}^{(t)} \cdot U(\tau)}{D(1) \cdot U(1)} \gamma, \quad (6.2)$$

де $N_1^{(t)}$ – кількість нових автомобілів (першого року експлуатації), якими необхідно поповнити до початку t -го року планового періоду чинний парк; Q_t – обсяг перевезень у t -му році, який визначається на підставі планових прогнозів методами математичної статистики або експертними оцінками фахівців, т; τ^M – максимальний нормативний термін служби АТЗ, років; $D(\tau)$, $D(1)$ – кількість добових виїздів автомобіля на маршрут, відповідно у τ році служби або нових (на першому році служби), діб; $N_{\tau}^{(t)}$ – кількість автомобілів у t -му році з терміном служби τ , років; $U(\tau)$, $U(1)$ – добова продуктивність автомобіля відповідно у τ році та на першому році служби, т / добу.

Якщо після обчислювання за формулою (6.2) отримують нуль, то нові автомобілі у t -му році вже не потрібні. Якщо ж результатом є від'ємне число, тоді у t -му році не тільки не потрібно купувати нові автомобілі, а навпаки, частину автомобілів віку τ^M років (найменш продуктивних) $N_{p(\tau^M)}^{(t)}$ слід перевести у резерв (або здати в оренду).

Цю частку автомобілів визначають за формулою:

$$N_{p(\tau^m)}^{(t)} = \frac{\sum_{\tau=2}^{\tau^m} D(\tau) \cdot N_{\tau}^{(t)} \cdot U(\tau) - Q_t}{D_{\tau^m} \cdot U_{\tau^m}} \gamma. \quad (6.3)$$

Чисельність автомобілів віком $(\tau^m - n)$, які виводяться з експлуатації внаслідок зниження обсягів перевезень, становитиме

$$N_{p(\tau^m - n)}^{(t)} = \frac{\sum D(\tau) \cdot N_{\tau}^{(t)} \cdot U(\tau) - Q_t}{D_{\tau^m - n} \cdot U_{\tau^m - n}} \gamma. \quad (6.4)$$

Розрахунки слід проводити послідовно для значень $n = 0, 1, \dots, \tau^m - 1$ доти, поки значення $N_{p(\tau^m - n)}^{(t)} > 0$. Автомобілі віком τ , які залишаються в експлуатації у t -му році розрахункового періоду $N_{\tau}^{(t)}$ визначають з різниці

$$N_{\tau}^{(t)} = N_{\tau-1}^{(t-1)} - N_{p(\tau^m - n)}^{(t)}, \quad (6.5)$$

де $N_{\tau}^{(t)}$ – кількість автомобілів віком $(\tau-1)$ у $(t-1)$ році розрахункового періоду.

Показник $N_{\tau}^{(t)}$ визначається за динамічною моделлю (табл. 6.1). Вона має вигляд прямокутної матриці, рядки якої відповідають віковим групам АТЗ за роками від початку експлуатації в АТП, а стовпці – розподілові чисельності АТЗ у відповідному році функціонування АТП. Пересування вікових груп в такій матриці із зростанням номера року відбувається по діагоналі – на кожен наступний рік автомобілі переходять в іншу вікову групу. Кількість стовпців матриці визначається під час складання плану моделі. Для розв'язання задачі поетапного оновлення парку АТЗ для процесу перевезень потрібно отримати емпіричні залежності зміни D та U від терміну служби автомобіля (τ) . Ці залежності в загальному вигляді можуть описуватись поліномами другого степеня:

$$D(\tau) = a_0 + a_1\tau + a_2\tau^2, \quad U(\tau) = b_0 + b_1\tau + b_2\tau^2 \quad (6.6)$$

Таблиця 6.1. Динамічна модель оновлення парку АТЗ

Роки розрахункового (планового) періоду, t		0	1	2	3	4	5
Склад автомобілів за віком, $N_{\tau}^{(t)}$	першого року, $N_1^{(t)}$	20	14	4	-	34	12
	другого року, $N_2^{(t)}$	-	20	14	4	-	34
	третього року, $N_3^{(t)}$	40	-	20	14	4	-
	четвертого року, $N_4^{(t)}$	-	40	-	20	14	4
	п'ятого року, $N_5^{(t)}$	12	-	40	-	20	14
	шостого року, $N_6^{(t)}$	-	12	-	35 +5P	-	20
Загальна кількість автомобілів в парку за роками планового періоду, $N_{\sum \tau}^{(t)}$		72	86	78	73	72	84

Режим роботи автомобілів регламентується чинним законодавством про працю і визначається такими показниками: кількістю робочих днів у році (D_p), кількістю змін роботи на лінії ($n_{зм}$), тривалістю роботи АТЗ на лінії (тривалістю перебування в наряді T_n).

Природно-кліматичні умови та категорія умов експлуатації АТЗ для конкретного АТП аналізуються з урахуванням його місця та місць роботи АТЗ. За технічною класифікацією територія України відноситься до помірно теплого кліматичного району. Середня технічна швидкість АТЗ залежить від категорії умов експлуатації і оцінюється відповідним коефіцієнтом зміни швидкості k_v , що дорівнює відношенню технічної швидкості в даних умовах (V_m) до максимальної технічної швидкості (V_{mmax}) на рівнинних дорогах з удосконаленими покриттями і легкими транспортними умовами. Всю

різноманітність умов експлуатації за значеннями коефіцієнта зміни технічної швидкості АТЗ поділяють на п'ять категорій: 1 - $k_v = 1 - 0,8$; 2 - $0,8 - 0,63$; 3 - $0,63 - 0,5$; 4 - $0,5 - 0,41$; 5 - $0,41 - 0,33$.

Технічна швидкість для кожної категорії визначається множенням коефіцієнта зміни технічної швидкості на максимальну технічну швидкість.

Початкові нормативи ТО і ремонту автомобілів коректуються з допомогою відповідних коефіцієнтів залежно від: категорії умов експлуатації – коефіцієнтом K_1 ; модифікації АТЗ та організації їх роботи – коефіцієнтом K_2 ; природно-кліматичних умов – коефіцієнтом K_3 ; пробігів АТЗ з початку експлуатації – коефіцієнтами K_4 і K_4' ; розмірів АТП та кількості технологічно-сумісних груп АТЗ – коефіцієнтом K_5 .

Значення цих коефіцієнтів рівні одиниці для початкових нормативних умов. Встановлено, що на періодичність ТО впливають умови експлуатації та природно-кліматичні умови. На пробіг автомобілів до КР впливають категорія умов експлуатації, модифікація і організація їх роботи, а також природно-кліматичні умови. На трудомісткість ТО впливають модифікація АТЗ, кількість технологічно-сумісних груп та розміри АТП. На трудомісткість ПР автомобілів мають вплив усі вищеперелічені чинники

З урахуванням коефіцієнтів відкоректовані періодичності ТО та пробіг до КР визначаються із добутоків

$$L_{\text{то}}^k = L_{\text{то}}^n K_1 K_3; \quad (6.7)$$

$$L_{\text{кр}}^k = L_{\text{кр}}^n K_1 K_2 K_3, \quad (6.8)$$

де $L_{\text{то}}^n$, $L_{\text{кр}}^n$ – нормативи періодичності ТО та пробігу АТЗ до капітального ремонту, регламентовані чинним Положенням, км.

Згідно з вимогами Положення для автомобілів, які пройшли КР, пробіг до чергового ремонту повинен бути не меншим, ніж $0,8 L_{\text{кр}}^n$. Тому під час планування ремонтно-обслуговувальних дій визначають середньозважений пробіг до КР за кількістю АТЗ, які проходи-

ли і не проходили КР. Під час проектування АТП на перспективу цього можна не враховувати.

Для зручності складання графіків ТО автомобілів потрібно забезпечити кратність їх періодичностей пробігові до КР, а також середньодобовому пробігові. З цією метою відношення, наприклад, $L_{\text{то-1}}^k / l_{\text{сд}}$ заокруглюють до найближчого цілого числа a і періодичність $L_{\text{то-1}}^k$, кратну середньодобовому пробігові АТЗ, визначають з добутку:

$$L_{\text{то-1}}^k = a l_{\text{сд}}. \quad (6.9)$$

Опісля відношення $L_{\text{то-2}}^k / L_{\text{то-1}}^k$ заокруглюють до найближчого цілого числа b і визначають відкоректовану періодичність $L_{\text{то-2}}^k$, кратну $L_{\text{то-1}}^k$ та $l_{\text{сд}}$:

$$L_{\text{то-2}}^k = b L_{\text{то-1}}^k. \quad (6.10)$$

Насамкінець, відношення $L_{\text{кр}}^k / L_{\text{то-2}}^k$ заокруглюють також до найближчого цілого числа c і визначають пробіг до КР, кратний $L_{\text{то-2}}^k$, $L_{\text{то-1}}^k$ та $l_{\text{сд}}$:

$$L_{\text{кр}}^k = c L_{\text{то-2}}^k. \quad (6.11)$$

Відхилення отриманих пробігів АТЗ до КР та періодичностей ТО від раніше відкоректованих нормативів не повинно перевищувати 10%.

Відкоректовані трудомісткості ремонтно-обслуговувальних дій розраховуються за формулами:

$$t_{\text{то}}^k = t_{\text{то}}^h K_2 K_5; \quad (6.12)$$

$$t_{\text{пр}}^k = t_{\text{пр}}^h K_1 K_2 K_3 K_4 K_5, \quad (6.13)$$

де $t_{\text{то}}^h$, $t_{\text{пр}}^h$ – нормативи трудомісткостей ТО (люд-год) і ПР (люд-год/1000км).

Трудомісткість сезонного технічного обслуговування (СО) $t_{\text{со}}^k$ визначається у процентному відношенні (20%) до відкоректованої трудомісткості ТО-2 і дорівнює: $t_{\text{со}}^k = 0,2 t_{\text{то-2}}^k$.

Тривалість простоїв АТЗ у ТО-2 і ПР визначається з добутку

$$D_{\text{тор}}^{\text{к}} = D_{\text{тор}}^{\text{н}} K_4', \quad (6.14)$$

де $D_{\text{тор}}^{\text{н}}$ – нормативний простій АТЗ у ТО-2 і ПР, дн/1000 км; K_4' – коефіцієнт коректування нормативу тривалості простоїв АТЗ у ТО-2 і ПР залежно від пробігу їх з початку експлуатації.

Для визначення $t_{\text{пр}}^{\text{к}}$ та $D_{\text{тор}}^{\text{к}}$ необхідно розрахувати середні значення відповідно коефіцієнтів K_4 і K_4' :

$$K_4 = \sum_{j=1}^m K_{4j} \delta_j; \quad K_4' = \sum_{j=1}^m K_{4j}' \delta_j, \quad (6.15)$$

де K_{4j} і K_{4j}' – коефіцієнти коректування для АТЗ j -ї вікової групи; m – кількість вікових груп автомобілів в АТП; δ_j – частка АТЗ j -ї вікової групи від загальної облікової.

У наведеному прикладі (див. табл. 6.1) кількість вікових груп автомобілів в АТП (m) дорівнює шести. При цьому розрахунок середніх значень вищевказаних коефіцієнтів можна проводити як для найбільш несприятливих, “трудомістких років” (відповідають рокам з найбільшою часткою старших за віком автомобілів), так і для інших планових років функціонування АТП.

Нормативну тривалість простоїв АТЗ у КР $D_{\text{кр}}^{\text{н}}$ збільшують з урахуваннями фактичних витрат часу на транспортування та оформлення їх у КР. Якщо відсутні фактичні витрати цього часу, то їх беруть у межах (10-20)% $D_{\text{кр}}^{\text{н}}$: $D_{\text{кр}}^{\text{к}} = (1,1 - 1,2) D_{\text{кр}}^{\text{н}}$.

Періодичність, перелік та зміст профілактичних РОД встановлюють заводи-виготівники, спираючись на результати випробувань і піддослідної експлуатації АТЗ та на досвід їх реальної експлуатації. Вони ж встановлюють трудозатрати профілактичних РОД, орієнтуючись на сприятливі умови експлуатації.

Погіршені умови експлуатації АТЗ проти тих, які визнано сприятливими, спричинюють:

- зменшення ресурсу АТЗ;
- зменшення періодів між профілактичними РОД;

- збільшення витрат пального;
- збільшення витрат запасних частин.

Очевидно, що належно точне, пряме й формалізоване обліковування впливу на технічний стан автомобіля великої кількості незалежних один від одного чинників є неможливим. Проте, існує можливість опосередкованого недиференційованого обліковування інтенсивності споживання потенційних властивостей АТЗ. Ця можливість впливає з основних закономірностей творення, трансформації, споживання енергії в автомобілі. Наприклад, якщо за однакових пробігів та транспортних робіт два однакові автомобілі спожили різну кількість палива, то це означатиме, що той автомобіль, який спожив більше його працював за більш скрутних експлуатаційних та організаційних умов. Його системи, агрегати, вузли спряження пропустили через себе більше механічної енергії, частина якої була витрачена на подолання АТЗ протидії доквілля, а частина вимушено розсіяна у формі тепла, зробивши внесок у процеси старіння-зношування та у майбутні руйнування деталей.

На підставі сказаного можна вважати, що періодичності профілактичних РОД зумовлюються обсягами споживання енергії, які пропорційні обсягам витраченого палива. Тобто, відкоректовану періодичність ТО і КР автомобілів можна визначити без використання коефіцієнтів K_1, K_2, K_3 , а за фактично витраченою кількістю палива. Цей підхід запропонований професором М.Я. Говорущенком.

План обслуговування та виробнича програма ТО і ремонту АТЗ. План обслуговування визначає кількість ТО і КР та їх трудомісткість за рік, в тому числі поточного ремонту на один автомобіль, а виробнича програма – річну та змінну кількість РОД і річний обсяг робіт по усьому парку автомобілів.

Для складання плану обслуговування потрібно знати середньодобовий пробіг автомобіля $l_{сд}$, періодичність $L_{РОД}^k$ та трудомісткість РОД $t_{РОД}^k$, річну тривалість робочого періоду D_p ВТБ і річний пробіг автомобіля L_p .

Річний пробіг автомобіля можна визначати різними способами. Наприклад, через добуток

$$L_p = D_p \cdot l_{cd} \cdot K_z, \quad (6.16)$$

де K_z – коефіцієнт готовності автомобіля. Значення K_z можна розрахувати з огляду на показники використання АТЗ у ремонтному циклі. Під ремонтним циклом розуміють період експлуатації АТЗ від початку його експлуатації до першого капітального ремонту, або між двома (попереднім і наступним) КР. Коефіцієнт готовності за цикл визначається з виразу:

$$K_z = \frac{D_e^y}{D_e^y + D_{np}^y}, \quad (6.17)$$

тут D_e^y – номінальна кількість робочих днів АТЗ за цикл визначається з відношення $D_e^y = L_{kp}^y / l_{cd}$; D_{np}^y – кількість днів простоїв автомобіля за цикл, $D_{np}^y = D_{top}^k + D_{kr}^k$.

Після цього визначають коефіцієнт переходу від циклу до року:

$$\eta_p = \frac{L_p}{L_{kp}^k}. \quad (6.18)$$

Кількість ТО за ремонтний цикл визначається відношенням пробігу АТЗ за цикл до відкоректованого пробігу до даного виду ТО. Через те, що пробіг автомобіля за цикл дорівнює пробігові його до КР, то кількість КР: $N_{kp}^y = L_y / L_{kp}^k = 1$.

У разі, якщо пробіг АТЗ рівний L_{kp}^k чергове, останнє, ТО-2 не проводиться у зв'язку із скеруванням автомобіля у КР. Тому кількість ТО-2 за цикл дорівнює

$$N_{to-2}^y = \frac{L_{kp}^k}{L_{to-2}^k} - N_{kr}^k \quad (6.19)$$

У зв'язку з тим, що виконання чергових ТО-2 включає роботи з ТО-1, кількість останніх за цикл буде дорівнювати

$$N_{\text{ТО-1}}^{\text{н}} = \frac{L_{\text{кр}}^{\text{к}}}{L_{\text{ТО-1}}^{\text{к}}} - N_{\text{ТО-2}}^{\text{н}} - N_{\text{кр}}. \quad (6.20)$$

Обсяг робіт з ЩО не входить у ТО-1 і ТО-2, а його періодичність дорівнює середньодобовому пробігові ($l_{\text{сд}}$) Тому кількість ЩО за цикл визначається з виразу: $N_{\text{що}}^{\text{н}} = L_{\text{кр}}^{\text{к}} / l_{\text{сд}}$.

У разі дотримання кратності пробігу до КР періодичностям обслуговування і середньодобовому пробігу річна кількість РОД ($N_{\text{РОД}}^{\text{р}}$) завжди буде визначатися цілими числами. Річну кількість РОД обчислюють за добутком:

$$N_{\text{РОД}}^{\text{р}} = N_{\text{РОД}}^{\text{н}} \eta_{\text{р}}. \quad (6.21)$$

Трудомісткості всіх видів ТО і ПР реалізуються у виробничо-технічній базі АТП, режим роботи якої має бути узгоджений з режимом роботи підприємства. Режим виробництва ТО і ПР визначає робочий період, протягом якого виконуються ці види РОД. Він визначений кількістю робочих днів протягом року ($D_{\text{р}}$), робочих годин за зміну ($t_{\text{зм}}$) і робочих змін за добу ($n_{\text{зм}}$). Різні за видами РОД можуть мати різний робочий період. Річний робочий період зон ЩО, ТО-1 і ПР, як правило, дорівнює кількості робочих днів використання автомобілів на лінії за рік. Залежно від призначення АТП він може становити 255, 305, 357 або 365 робочих днів. Для зони ТО-2 річний робочий період береться рівним 255 днів за п'ятиденного робочого тижня і 305 днів – за шестиденного робочого тижня.

Також різним може бути добовий робочий період. Для зон ЩО і ТО-1 він не перевищує міжзмінного періоду (часу між поверненням першого автомобіля з лінії сьогодні і виїздом останнього на лінію завтра). Тільки в разі цілодобової роботи автомобілів добовий робочий період зон ЩО і ТО-1 може досягти 24 годин. У всіх випадках добовий робочий період цих зон необхідно узгодити з графіком випуску і повернення автомобілів з лінії. Добовий робочий період зони ТО-2 не перевищує двох робочих змін (6,7-16,0 год.). Аналогічним чином працює зона і виробничі відділення (дільниці) ПР. Три-

валість робочої зміни рівна 6,7 год за шестиденного і 8 год за п'ятиденного робочого тижня.

Обсяг виробництва та чисельність основного і допоміжного персоналу АТП. Обсяг виробництва ТО і ПР визначає загальна річна трудомісткість робіт кожного виду і є основою для розрахунку потреби підприємства у робочій силі, робочих постах та обладнанні. Загальна річна трудомісткість розраховується за видами робіт (у люд-год):

$$\text{ЩО} - T_{\text{щО}}^p = A_c t_{\text{щО}}^k N_{\text{щО}}^p; \quad (6.22)$$

$$\text{ТО-1} - T_{\text{ТО-1}}^p = A_c t_{\text{ТО-1}}^k N_{\text{ТО-1}}^p; \quad (6.23)$$

$$\text{ТО-2} - T_{\text{ТО-2}}^p = A_c t_{\text{ТО-2}}^k N_{\text{ТО-2}}^p; \quad (6.24)$$

$$\text{ПР} - T_{\text{ПР}}^p = A_c t_{\text{ПР}}^k \frac{L_p}{1000}, \quad (6.25)$$

де A_c – спискова кількість АТЗ, од.

Відкоректовану трудомісткість ТО-2 узгоджують із сезонним обслуговуванням. З цією метою враховують збільшення трудомісткості ТО-2 за рахунок суміщення з ним СО ($t_{\text{СО}}$). Тому трудомісткість ТО-2 перераховується за формулою

$$t_{\text{ТО-2}}^k = t_{\text{ТО-2}} + \frac{2 t_{\text{СО}}}{N_{\text{ТО-2}}^p} \quad (6.26)$$

До працівників АТП належать: водії АТЗ (експлуатаційний персонал); виробничники ВТБ (слюсарі-ремонтники з ТО і ПР автомобілів); допоміжний персонал; інженерно-технічні працівники, службовці та молодший обслуговуючий персонал.

Технологічно необхідну (явкову) чисельність персоналу перших двох категорій працівників розраховують за формулою

$$N_{\text{я}} = \frac{T_{i(\text{я})}^p}{\Phi_{\text{н}} K_{\text{нн}}}, \quad (6.27)$$

де $T_{i(\text{я})}^p$ – річні обсяги роботи водіїв та i -го виду робіт з ТО і ПР, люд-год; $\Phi_{\text{н}}$ – номінальний річний фонд часу відповідних працівни-

ків, год; K_{nn} – коефіцієнт перевиконання норм виробітку відповідних працівників.

Номинальний річний фонд часу виробничника розраховують з такого виразу:

$$\Phi_n = (D_{kp} - D_g - D_{ce}) \cdot t_{zm} - D_{nc} \cdot t', \quad (6.28)$$

де D_{kp} , D_g , D_{ce} – кількість відповідно календарних, вихідних і святкових днів у році; t_{zm} – тривалість зміни, год.; D_{nc} – кількість передвихідних і передсвяткових днів у році, t' – тривалість, на яку скорочується робоча зміна у передсвяткові та передвихідні дні, год.

Трудомісткість робіт виконуваних водіями під час перевезення вантажів чи пасажирів, прирівнюють до тривалості перебування автомобіля в наряді, або до загальної тривалості роботи водіїв на лінії (маршруті).

Спискову чисельність водіїв чи виробничників ВТБ розраховують через співвідношення:

$$N_c = \frac{T_{i(s)}^p}{\Phi_e K_{nn}}, \quad (6.29)$$

де Φ_e – ефективний річний фонд часу штатного працівника.

Його (Φ_e) розраховують за виразом:

$$\Phi_e = \Phi_n - (D_{відп} + D_{н.н}) \cdot t_{zm}, \quad (6.30)$$

тут $D_{відп}$ – кількість днів відпустки працівника; $D_{н.н}$ – кількість днів невиходу на роботу з поважних причин.

До допоміжних робіт відносяться роботи з самообслуговування підрозділів підприємства (ремонт і обслуговування технологічного обладнання, оснащення та інструментів, ремонт і обслуговування інженерного обладнання, мереж і комунікацій, обслуговування компресорного обладнання), транспортні роботи (міжпостове та міжопераційне транспортування вузлів, агрегатів, матеріалів), приймання, зберігання, та видача матеріальних цінностей, переміщення АТЗ у зони їх обслуговування та ремонту, прибирання виробничих приміщень і території підприємства. Чисельність робітників для вико-

нання цих робіт береться у процентному відношенні від чисельності основних виробників.

Розрахунок кількості постів і ліній для технічного обслуговування та поточного ремонту. Пости технічного обслуговування та ремонту АТЗ за технологічним призначенням поділяють на універсальні та спеціалізовані. Доцільність застосування того або іншого з них залежить від добової (змінної) програми відповідного виду обслуговування (ремонту).

Для розрахунку кількості постів лінії (зони) для технічного обслуговування АТЗ потрібно спочатку визначити ритм виробництва і такт роботи поста. **Ритм виробництва** – це тривалість роботи зони технічного обслуговування, яка припадає на виконання одного обслуговування i -го виду:

$$R_i = 60t_{зм}n/N_{i0}, \quad (6.31)$$

де $t_{зм}$ – тривалість зміни, год.; n – кількість змін; N_{i0} – кількість добових РОД i -го виду.

Такт поста – це тривалість перебування автомобіля на i -му виді РОД на цьому посту:

$$\tau_i = (60t_i/P_n) + t_{3в}, \quad (6.32)$$

де t_i – трудомісткість i -го виду обслуговування на окремому посту; люд-год; P_n – кількість робітників, які одночасно працюють на посту, ос.; $t_{3в}$ – тривалість заїзду автомобіля на пост та виїзду з нього $t_{3в} = 1-3$ хв.

Кількість універсальних постів обслуговування X_{TO}^y визначають через відношення загальної тривалості простою всіх запланованих для технічного обслуговування автомобілів $\tau_i N_{i0}$ до фонду часу одного поста $t_{зм}n$

$$X_{TO}^y = \frac{\tau_i \cdot N_{i0}}{60t_{зм}n} = \frac{\tau_i}{R_i \eta_i}, \quad (6.33)$$

тут η_i – коефіцієнт використання робочого часу поста під час виконання i -го обслуговування ($\eta_i = 0,85 - 0,90$).

Кількість спеціалізованих постів X_{TO}^c визначають через відношення річного обсягу спеціалізованих (наприклад, діагностичних) робіт T_δ до номінального річного фонду часу поста Φ_n та кількості одночасно працюючих P_n :

$$X_{TO}^c = \frac{T_\delta}{\Phi_n P_n} = \frac{T_\delta}{D_p t_{зм} n P_n \eta_i}, \quad (6.34)$$

де D_p – річна кількість днів роботи постів, днів.

Тривалість встановлення автомобіля та з'їзд його з поста, кількість одночасно працюючих на постах ЩО, ТО-1, ТО-2 регламентуються нормативними документами.

Прогресивним методом організації технічного обслуговування вважають використання потокових технологічних ліній. Мінімальна добова (змінна) кількість ТО, за якої відчутні переваги потокового методу, становить для ТО-1: 12-15, для ТО-2: 5-7.

Кількість потокових технологічних ліній періодичної дії обґрунтовується, виходячи з їх такту.

Такт лінії – це інтервал часу між випуском з лінії двох сусідніх автомобілів, що пройшли певний вид обслуговування. Аналогічно такту поста такт лінії, визначають з виразу:

$$\tau_n = (60 t_i / P_n) + t_n, \quad (6.35)$$

де t_i – трудомісткість робіт одного технічного обслуговування, люд-год; P_n – загальна кількість робітників на лінії, ос.; t_n – тривалість пересування автомобіля з поста на пост лінії, хв.

Чисельність робітників на лінії обслуговування розраховують з добутку

$$P_n = X_{TO}^n P_c, \quad (6.36)$$

де X_{TO}^n – кількість постів лінії; P_c – середня кількість робітників на посту лінії обслуговування, ос.

Тоді

$$\tau_n = \frac{60 t_i}{X_{TO}^n P_c} + t_n. \quad (6.37)$$

Кількість постів лінії X_{TO}^n для виконання певного виду обслуговування залежить від змісту та обсягу робіт, їх технологічної послідовності та можливої спеціалізації.

Загальну кількість робітників на лінії рекомендовано визначати за відповідними нормативними документами, виходячи з класифікаційних ознак автомобілів, які обслуговуються. Обґрунтований розподіл їх за постами забезпечує рівність такту кожного поста і такту лінії:

$$(60t_1/P_1) + t_n = (60t_2/P_2) + t_n = \dots = (60t_i/P_n) + t_n, \quad (6.38)$$

тут t_1, t_2, t_i – обсяги робіт (трудомісткості), які виконуються на відповідних постах, люд.-год; P_1, P_2, P_i – відповідно кількість працюючих на постах, ос.

Тривалість пересування автомобіля при використанні конвеєрної лінії визначають з відношення

$$t_n = (L_a + a)/v_k, \quad (6.39)$$

де L_a – габаритна довжина автомобіля (автопоїзда), м; a – відстань між суміжними автомобілями, м; v_k – швидкість переміщення автомобіля конвеєром, м/хв.

Кількість потокових ліній обслуговування

$$m = N_{id} \tau_n / (60t_{3m} n) = \tau_n / R, \quad (6.40)$$

де $N_{id} \tau_n$ – тривалість усіх запланованих обслуговувань i -го виду протягом доби, хв.; $60t_{3m} n$ – добовий фонд часу однієї лінії обслуговування, хв.

Кількість ліній обслуговування можна визначити і через заплановану продуктивність однієї лінії

$$N_n = 60t_{3m} n / \tau_n. \quad (6.41)$$

З огляду на це кількість ліній обслуговування становитиме:

$$m = N_{id} / N_n. \quad (6.42)$$

Під час розрахунку кількості ліній необхідно підібрати значення P_n так, щоб відношення τ_n / R було виражено цілим або близьким до нього числом, інакше лінія буде перевантажена.

Прогресивним вважається потокове виробництво з повною механізацією робіт на постах. Цим забезпечується менша кількість працюючих за рахунок збільшення продуктивності праці. При повній механізації робіт на постах обслуговування доцільно використовувати лінії неперервної дії. Наприклад, для прибирально-мийних робіт у зоні щоденного обслуговування. У такому разі такт лінії $\tau_{\text{ццо}}^n$ залежить від продуктивності N_y (авт./год) основного засобу механізації (мийної установки), а також узгоджується з швидкістю конвеєра v_k . Залежності між ними мають вигляд

$$\tau_{\text{ццо}}^n = 60/N_y; \quad (6.43)$$

$$v_k = N_y (L_a + a)/60. \quad (6.44)$$

Якщо на лінії ЩО передбачено механізацію тільки мийних робіт, то такт лінії розраховують за швидкістю переміщення автомобілів конвеєром (2-3 м/хв), тобто

$$\tau_{\text{ццо}}^n = (L_a + a)/v_k. \quad (6.45)$$

При цьому пропускна здатність лінії ЩО вираховується за виразом $N_{\text{ццо}}^n = 60/\tau_{\text{ццо}}^n$.

Кількість постів на лінії ЩО призначають згідно із спеціалізацією їх за видами (прибирання, миття, сушіння або обтирання). На постах з відсутньою механізацією (ручним виконанням) розподіл працюючих за постами пропорційний їх трудомісткостям ($t_{\text{ццо}1}, t_{\text{ццо}2}, \dots, t_{\text{ццо}i}$) Загальна кількість робітників, що обслуговують такі пости визначається з умови

$$P_{\text{ццо}} = 60m_{\text{ццо}}t_{\text{ццо}}/\tau_{\text{ццо}}^n, \quad (6.46)$$

де $m_{\text{ццо}}$ – кількість ліній ЩО; $t_{\text{ццо}} = t_{\text{ццо}1} + t_{\text{ццо}2} + \dots + t_{\text{ццо}i}$, – трудомісткість робіт, які виконуються вручну, люд.-год.

Для потоку неперервної дії кількість ліній ЩО $m_{\text{ццо}} = \tau_{\text{ццо}}^n/R_{\text{ццо}}$.

Постові роботи поточного ремонту АТЗ можуть виконуватися на універсальних або спеціалізованих постах. Спеціалізація постів здійснюється з урахуванням технологічної однорідності робіт.

Кількість постів поточного ремонту за рівномірного розподілу робіт між змінами розраховується за формулою

$$\Pi = \frac{T_{np} \varphi}{D_p n t_{zm} P_n \eta}, \quad (6.47)$$

де T_{np} – річна трудомісткість постових робіт поточного ремонту, люд-год.; φ – коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів на пости, $\varphi = 1,2-1,5$.

За нерівномірного розподілу робіт між змінами розрахунок кількості постів ПР ведеться за трудомісткістю робіт у найбільш завантаженому зміні. Якщо розрахункова кількість постів ПР, $\Pi = 5-6$, доцільно спеціалізувати їх за видами виконуваних робіт.

З метою зменшення ступеня нерівномірності надходження автомобілів на пости доцільно передбачити пости очікування у відповідних відведених для цього зонах. У зимовий період на цих постах безпосередньо перед обслуговуванням чи ремонтом розігрівають двигун тощо. Кількість постів очікування встановлюється у відсотках від розрахункових значень показників зон ТО та ПР: для постів ЩО - 15-25% годинної пропускну здатності постів (ліній); для зон ТО-1, ТО-2 - відповідно 10-15%, і 30-40% від змінної програми обслуговувань; для зон ПР - 20-30% від розрахункової кількості постів.

Розрахунок і підбір технологічного устаткування. До технологічного устаткування належать стаціонарні та пересувні стенди, верстати та виробничий реманент (стелажі, столи, шафи), а також інше обладнання, прилади, пристрої, необхідні для забезпечення виробничого процесу.

Під час проектування нових підприємств, перелік устаткування визначають, користуючись “Табелем технологічного устаткування і спеціалізованих інструментів”, а також каталогами, довідниками та іншими нормативними документами.

Кількість основного спеціалізованого (підйомно-транспортного, мийного, діагностичного та ін.) устаткування визначається за кількістю відповідних постів обслуговування чи ремонту автомобілів.

Кількість верстатного і стендового устаткування розраховують на підставі річної трудомісткості відповідних робіт ($T_{уст}$) та номінального річного фонду часу устаткування ($\Phi_{уст}$) за формулою:

$$N_{уст} = \frac{T_{уст}}{\Phi_{уст}} = \frac{T_{уст}}{D_p \cdot t_{зм} \cdot n_{зм} \cdot \eta_{уст}}, \quad (6.48)$$

де $\eta_{уст}$ – коефіцієнт використання устаткування протягом зміни.

Розрахункову кількість металообробних верстатів доцільно формувати у такій структурі: токарні - 60%; фрезерні - 12%; шліфувальні - 10%; заточні - 8%; стругальні - 5%; свердлильні - 5%.

Кількість установок для миття автомобілів дорівнює кількості потокових ліній ЩО. Вибір типу мийної установки для виконання виробничої програми ЩО автомобілів здійснюється за її розрахунковою продуктивністю (пропускною здатністю, авт./год.) W за формулою

$$W_i = \varphi \cdot N_{що} / (T_{зм} n M_y \eta_m), \quad (6.49)$$

тут $N_{що}$ – добова кількість щоденних обслуговувань; M_y – кількість мийних установок; η_m – коефіцієнт використання робочого часу мийної установки.

Кількість виробничого інвентаря і складського устаткування визначають у відповідних пропорціях за кількістю працюючих у найбільш завантажену зміну та величиною складських запасів.

Розрахунок площ приміщень. Розрахунок площ окремих підрозділів ВТБ АТП здійснюють відповідними способами для наступних груп приміщень:

- **зони ЩО, ТО-1, Д-1, ТО-2, Д-2 і ПР;**
- **виробничі відділення** (дільниці) - агрегатне, слюсарно-механічне, електротехнічне, акумуляторне, ремонту приладів системи живлення, шиномонтажне, вулканізаційне, ковальсько-ресорне, мідницьке, зварювальне, бляхарське, арматурне, оббивне, деревообробне, а також приміщення для робіт відділу головного механіка (ВГМ);

- **складські приміщення** - агрегатів, запчастин і деталей експлуатаційних матеріалів, мастильних матеріалів, лакофарбових матеріалів, інструментів, кисню і ацетилену в балонах, шин, запчастин і матеріалів ВГМ, а також відкритий майданчик для зберігання автомобілів і агрегатів, що підлягають списанню;
- **зони зберігання** - відкриті майданчики, навіси, будівлі для зберігання автомобілів;
- **допоміжні приміщення** - адміністративні приміщення, приміщення громадських організацій, побутові приміщення;
- **технічні приміщення** - енергетичні і санітарно-технічні служби (трансформаторна, компресорна, насосна, вентиляційна та інші).

Площі зон обслуговування, ремонту і зберігання автомобілів визначаються за формулою

$$F_z = f_a P_z K_{ц,н}, \quad (6.50)$$

де f_a – площа автомобіля в плані (за габаритними розмірами), м²; P_z – кількість постів (автомобіле-місць) в даній зоні; $K_{ц,н}$ – коефіцієнт щільності розміщення постів в зоні, який беруть рівним 6-7 – за одностороннього розташування постів у зонах ТО і ПР; 4-5 – за двостороннього розташування постів у зонах ТО і ПР і за потокового методу ТО; 2,5-3 – у зоні зберігання автомобілів.

На території України застосовують переважно відкритий спосіб зберігання АТЗ. Залежно від прийнятої організації зберігання АТЗ автомобіле-місця можуть бути закріплені за конкретними автомобілями або знеособленими. У першому випадку кількість місць зберігання рівна списковій ($M_{зб} = A_{сн}$), а у другому:

$$M_{зб} = A_{сн} - P_{пр} - P_{то} - P_o - A_{кр}, \quad (6.51)$$

де $P_{пр}$, $P_{то}$, P_o – кількість постів відповідно ПР, ТО, очікування; $A_{кр}$ – кількість автомобілів, які перебувають у капітальному ремонті на АРЗ.

Площі виробничих відділень і приміщень ВГМ розраховуються двома способами: за кількістю працюючих у найбільш завантажену зміну ($P_{зм}$) – F_1 ; за площею, яку займає обладнання ($f_{об}$), з урахуванням коефіцієнтів щільності його розташування ($K_{щ.о}$) – F_2 :

$$F_1 = f_1 + f_2(P_{зм} - 1), \quad F_2 = f_{об}K_{щ.о}, \quad (6.52)$$

де f_1 і f_2 – питомі площі, які припадають на першого і на кожного наступного робітників, м²/ос.

У разі розміщення автомобіля у приміщенні відділення або зони (наприклад, фарбувальне, зварювальне та ін.) до розрахованої площі цього приміщення необхідно додати збільшену у 2-3 рази площу автомобіля.

Площі складських приміщень АТП визначаються перемножуванням питомої площі i -го виду складу (f_m) на річний пробіг всіх АТЗ ($L_{сп}$) і на коефіцієнти коректування K_6, K_7, K_8, K_9 , тобто

$$F_c = 10^{-6} f_{ni} \cdot L_{сп} \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \dots \quad (6.53)$$

Перелічені коефіцієнти залежать від: кількості технологічно-сумісних груп АТЗ (K_6); типу автомобілів (K_7); висоти складських приміщень (K_8); категорії умов експлуатації (K_9).

Рекомендований такий орієнтовний перелік допоміжних приміщень для АТП:

- **адміністративні приміщення** – кабінети для керівного персоналу (директора, головного інженера, заступника директора з експлуатації); відділи (технічний, плановий, експлуатаційний, бухгалтерія та ін.), кімнати диспетчера, нарядна, водіїв, цехових контор; приміщення начальників колон, варті, прохідної;
- **приміщення громадських організацій** – профспілок, а також для занять, зборів та відпочинку;

- **побутові приміщення** – гардероб, душові, вмивальні, туалети, пункти харчування, медичні.

Площі адміністративних приміщень, а також приміщень громадських організацій, розраховують за нормою 4 м^2 на одного працюючого у приміщенні. Площа кабінетів керівництва становить 10-15% площі робочих відділень.

Гардеробні можуть бути з закритим або з відкритим зберіганням одягу. Для закритого зберігання кількість індивідуальних шаф береться рівною штатній кількості працівників у всіх змінах. За відкритого зберігання одягу, на вішалках, кількість місць зберігання береться рівною чисельності працюючих у двох змінах. Площа підлоги гардеробу на одну шафу береться рівною $0,25 \text{ м}^2$, а на одне місце на вішалці – $0,1 \text{ м}^2$. Ширина проходу між шафами – не менше, ніж 1 м.

Кількість душових сіток та кранів у вмивальних визначається кількістю працівників у найбільш завантаженій зміні з розрахунку від 3 до 15 осіб на один душ і від 7 до 20 осіб на один кран. Площу підлоги на одну душову кабінку з роздягальною беруть рівною 2 м^2 , а на один умивальник – $0,8 \text{ м}^2$ за одностороннього їх розташування.

У туалетах кількість кабін з унітазами приймають з розрахунку одна кабінка на 15 жінок і одна кабінка на 30 чоловіків, які працюють у найбільш завантажену зміну. Розмір кабін $1,2 \times 0,9 \text{ м}$. Площа підлоги туалету повинна бути з розрахунку $2-3 \text{ м}^2$ на одну кабінку.

Крім перелічених площ, необхідно передбачити площі для котельні зі складом палива, трансформаторної, насосної станції, вентиляційної. Вони розраховуються залежно від прийнятої системи енергопостачання вибраного обладнання для опалення, вентиляції і водопостачання.

Остаточні площі приміщень уточнюються під час безпосередньо планування зон і відділень ВТБ підприємства. Допустиме відхилення прийнятих при плануванні площ приміщень від розрахункових не повинно перевищувати 20% для приміщень площею до 100 м^2 , 10% – для приміщень площею більше 100 м^2 .

Питання для самоконтролю

1. Основні етапи технологічного проектування виробничої бази АТП.
2. Початкові дані для технологічного проектування комплексного АТП.
3. Вибір та коректування нормативів пробігів і трудомісткостей ТО та ремонту АТЗ.
4. Розрахунок кількості РОД за ремонтний цикл для одного автомобіля.
5. Розрахунок загальної річної трудомісткості робіт з ТО та ремонту АТЗ.
6. Обґрунтування чисельності основного та допоміжного виробничого персоналу.
7. Способи розрахунку кількості постів та ліній для технічного обслуговування і поточного ремонту АТЗ.
8. Розрахунок і підбір технологічного устаткування.
9. Склад основних та допоміжних приміщень комплексного АТП.
10. Способи розрахунку площ приміщень ВТБ АТП.

6.3. Організація виробничого процесу ТЕА на підприємстві

Опис методів, які застосовувались до введення діагностування як обов'язкового елемента системи технічного обслуговування, наведено у достатній кількості навчальної літератури. В ній перспективним щодо покращення системи підтримання АТЗ у справному та працездатному стані вважається єдине періодичне ТО (одноступенева профілактика). Воно суттєво спрощує організацію виробничого процесу ТЕА. Однак, впровадження єдиного ТО можливе тільки за технологічної пристосованості до нього АТЗ та інших причин. Розглянемо особливості організації комплексного ТО (КТО) автомобілів, як різновиду єдиного ТО. Цей метод ТО має декілька підвидів.

Повний обсяг робіт з ТО-2 поділяється на дві частини, які виконуються за два заїзди автомобіля на потокову лінію упродовж місяця. У кожному із заїздів, крім групи операцій ТО-2, виконують од-

ночасно фіксований обсяг робіт ТО-1. Періодичність КТО дещо більша періодичності ТО-1 і значно менша від періодичності ТО-2. Кількість заїздів у подальшому було збільшено з метою кращого дотримання періодичності ТО-2. Перевагами такого різновиду методу КТО вважають: можливість використання потокового виробництва для невеликих АТП, на яких потоковий метод для організації ТО-2 недоцільний; невеликі обсяги додаткових робіт щодо ТО-1 дають змогу проводити КТО у міжзмінний час, що сприяє збільшенню коефіцієнта технічної готовності. Разом з тим, для цього різновиду методу організації ТО характерні: порушення у спеціалізації постів і зниження особистої відповідальності виконавців у різних заїздах АТЗ, низький коефіцієнт використання обладнання та труднощі з обґрунтуванням кількості заїздів.

Іншим різновидом організації КТО є комплексно-потоковий метод ТО, за якого кількість заїздів чи комплексів додаткових робіт вибирається рівною кількості потокових ліній. На кожній з потокових ліній перших один-два пости відводяться для виконання операцій ТО-1, а наступні - для комплексів додаткових робіт. Іноді потокові лінії доповнюють спеціалізованими зонами для ПР агрегатів. Цей різновид методу організації КТО дає змогу зберегти прийняту спеціалізацію постів та виконавців, а також раціонально завантажити технологічне обладнання.

Однак сумісне виконання операцій ТО і ремонту АТЗ не забезпечує високої якості виконання робіт. Комплексно-потоковий метод застосовують лише на великих комплексних АТП і БЦТО з однотипним складом АТЗ. За повнішого застосування діагностувального комплексу розглянуті різновиди КТО можна істотно покращити.

Типовий процес ТО-1 автомобілів з діагностуванням Д-1. Операції ТО-1 за основними організаційними ознаками можна об'єднати у 4 групи:

1. Контрольні та регулювальні операції з обслуговування двигуна та приладів електрообладнання та систем живлення, які не потребують стаціонарного діагностичного обладнання
2. Операції з обслуговування решта агрегатів та систем автомобіля, які не потребують високого фахового рівня виконавців

3. Мазильні, заправні та очисні операції, які за своєю специфікою недоцільно суміщати з іншими роботами
4. Діагностувальні і регулювальні операції механізмів та систем, які впливають на безпеку руху (перевірка гальм на стенді, кермового керування, кутів встановлення напрямних коліс за боковим відведенням на стенді, дії зовнішніх світлових приладів та засобів звукової сигналізації)

Схема реалізації типового процесу ТО-1 вантажних АТЗ з їх діагностуванням наведена на рис. 6.9. Автомобілі після виконання прибирально-мийних робіт з ЩО надходять на пости виконання 1, 2 та 3 груп операцій ТО-1. Тут робітниками 2-5 розрядів виконуються кріпильні, регулювальні, шиноремонтні, змащувальні, та інші роботи згідно з технологічними картами ТО-1. Кількість виконавців на кожному посту може коливатись від 2 до 5 залежно від виробничої програми зони ТО-1, методу організації процесу та характеру робіт. Контрольно-регулювальна частина кожної операції, за винятком мазильних робіт, виконується за допомогою кріпильних та інших інструментів.

Під час перевірки працездатності гальм АТЗ, встановлення керованих коліс та інших систем, які впливають на безпеку руху, у зоні ТО-1 виконуються підготовчі (до завершального діагностування) роботи: перевірка тиску і підпомповування шин, перевірка та за необхідністю регулювання вільного ходу педалі гальма, кріпильні роботи.

Мазильно-очисні роботи становлять 15-20 % трудомісткості ТО-1. Основу їх становлять доливання оливи в картери і мащення партертя через прес-маслянки згідно з картою змащування. Крім цього, провертається елемент фільтра грубої очистки двигуна, промиваються повітряні фільтри двигуна та вентиляції картера із заміною оливи в їх корпусах, перевіряється рівень оливи у бачку гідропідсилювача керма, зливається конденсат з повітряних балонів тощо.

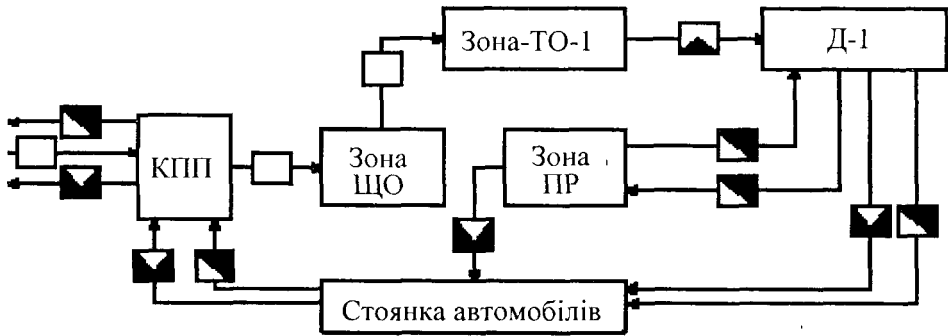


Рис. 6.9. Схема типового технологічного процесу ТО-1 АТЗ з їх діагностуванням:

- | | | | |
|---|------------------------|---|------------------------------|
| □ | – заплановані на ТО-1; | ▣ | – які пройшли ТО-1 і Д-1; |
| ▣ | – які пройшли ТО-1; | ▣ | – які пройшли ТО-1, Д-1 і ПР |

Сумісно з операціями обслуговування в зоні ТО-1 можуть виконуватися (за потребою) операції супутнього ПР трудомісткістю до 7-10 люд-год. за умови, що їх загальний обсяг не перевищуватиме 10-15 % (залежно від моделі автомобіля) від його відкоректованої нормативної трудомісткості ТО-1. До таких операцій відносяться заміна відтяжних пружин, ламп, електропровідників, запобіжників, привідних пасів тощо. Якщо під час обслуговування виявлено (або перед початком його з листа обліку ТО і ПР відомо), що ремонтні роботи перевищують вказані межі, то автомобіль скеровується у зону постових робіт ПР.

Планове діагностування Д-1 відноситься до 4 групи операцій ТО-1 і виконується на окремому проїзному посту. Це діагностування виконують безпосередньо після закінчення робіт 1, 2 та 3 груп операцій ТО-1, а також вибірково після інших робіт, або після скерування АТЗ з КПП.

Крім планових діагностувань Д-1 (Д-2), деякі автомобілі, не створюючи перешкод запланованим на діагностування АТЗ, скеровуються на вибіркоче діагностування. Цей вид робіт при Д-1 відрізняється від кінцевого після ТО-1 і ТО-2 тим, що для нього обов'язковим є виконання підготовчих робіт, які визначають якість

діагностування. Зважаючи на відносно невелику кількість вибірко-вих діагностувань і можливості виконання підготовчих робіт у зоні очікування чи на інших постах трудомісткість усіх видів діагностування береться однаковою. Якщо на дільниці Д-1 не вдається відрегулювати гальма чи встановити керовані колеса найпростішими регулюваннями, то автомобіль переводять у зону ПР.

За рішенням начальника відділу технічного контролю автомобілі із зони ПР можуть скеровуватися для перевірки справності механізмів і систем, які впливають на безпеку руху, а також з КПП, якщо органолептичними методами не вдається визначити ступінь чи місце несправності.

Типовий процес ТО-2 автомобілів з діагностуваннями Д-1 і Д-2. Операції ТО-2, за основними організаційними ознаками об'єднують у 5 основних груп:

1. Підготовчі, контрольно-діагностичні та регулювальні операції, які пов'язані з пуском двигуна і потребують застосування стаціонарних діагностичних стендів (без систем, які впливають на безпеку руху)
2. Операції з обслуговування двигуна, які можна проводити при непрацюючому двигуні, та технологічно складні щодо інших агрегатів, які потребують виконавців з високою кваліфікацією
3. Операції з обслуговування решта агрегатів та систем автомобіля, які не потребують високої кваліфікації виконавців
4. Мазильні, заправні та очисні операції, які можуть бути розміщені тільки з аналогічними роботами ТО-1
5. Контрольно-регулювальні та діагностичні операції по системам, які впливають на безпеку руху і вимагають стаціонарних діагностичних стендів.

На рис. 6.10. наведено схему типового технологічного процесу ТО-2 вантажних АТЗ з їх діагностуванням. Автомобілі передовсім проходять огляд на КПП, після чого виконують прибирально-мийні роботи в зоні ЩО. Відтак надходять у відділення Д-2 для виконання робіт 1 групи ТО-2. Діагностування Д-2 є першим етапом ТО-2 і включає у себе підготовчо-завершальні, контрольно-діагностичні і регулювальні операції.

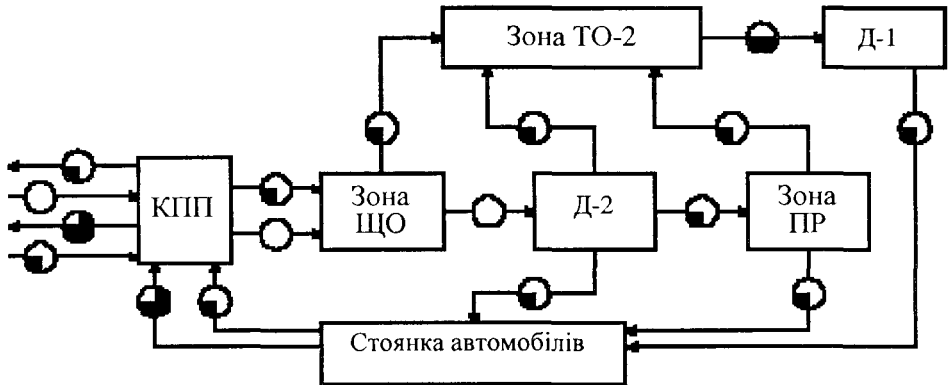


Рис. 6.10. Схема типового технологічного процесу ТО-2 АТЗ з їх діагностуванням:

- – заплановані на ТО-2;
- ◐ – які пройшли Д-2;
- ◑ – які пройшли Д-2 і ТО-2
- – які пройшли Д-2, ТО-2 і Д-1

У разі потреби Д-2 виконують і перед ПР. Мета попереднього діагностування – отримати потужнісні та економічні характеристики автомобілів, виявити несправності, визначити способи і місце усунення їх. Завершальне діагностування Д-1 виконують після ТО-2 або вибірково після ремонту. Мета цього діагностування – визначити технічний стан агрегатів, вузлів і систем, від яких залежить безпека руху, а також якість виконання операцій ТО чи ремонту.

У зону ТО-2 автомобілі надходять після діагностування за графіком. За централізованого ТО-2 і в тих випадках, коли на підприємстві підтримується незнижуваний запас агрегатів і вузлів, справні автомобілі доцільно скеровувати на ТО-2 відразу ж після Д-2. Виявлені несправності усувають при Д-2 регулюванням, ТО-2 або у зоні ПР. У зоні ТО-2 допускається виконувати ремонтні операції з трудомісткістю не більш як 0,5-0,7 люд-год. (до 10% трудомісткості ТО-2). Автомобілі, які потребують більшої трудомісткості ремонту скеровують у зону ПР. З неї надходять на стоянку або у зону ТО-2, якщо поточний ремонт закінчено у той день, на який заплановане обслуговування. Усі автомобілі після ТО-2 підлягають діагностуванню. Якщо за результатами діагностування немає претензій до

якості виконання ТО чи ПР, то автомобілі скеровуються на стоянку або ж на лінію.

Підготовчо-завершальні операції, наприклад, для автобусів великої вмісткості становлять близько 36 % від робіт Д-2 і включають в себе операції з встановлення їх на пост і зняття з поста, під'єднання шлангу відведення відпрацьованих газів, а також операції з підготовки систем до діагностування (перевірка двигуна на наявність сторонніх шумів і стукотів, перевірка натягу привідних пасів, тиску повітря в шинах тощо). Після цього виконуються контрольно-діагностичні операції, які становлять 41,5 % від загального обсягу Д-2. З цією метою у відділенні Д-2 повинні бути всі необхідні діагностичні стенди та прилади, з допомогою яких можна об'єктивно оцінити технічний стан всіх агрегатів та вузлів, крім тих, які забезпечують безпеку руху.

За результатами діагностування уточняється також потреба виконання регулювальних робіт та їх обсяги. Ці операції становлять 22,5 % від усіх робіт з Д-2 і виконуються за потребою.

Якщо за результатами попереднього діагностування Д-2 виявлено несправності, трудомісткість усунення яких перевищує встановлену для супутнього поточного ремонту норму, або ж можуть спричинити загрозу безпеці руху, негативно впливати на довкілля, призводити до зростання витрати палива, то автомобіль, до встановлення на пост ТО-2, скеровується у зону ПР.

Якщо виявлена діагностуванням трудомісткість ремонтних робіт не перевищує 10-15 % від трудомісткості 2, 3 і 4 груп операцій ТО-2, то автомобіль протягом 1-2 днів експлуатується, а потім скеровується у ТО-2.

Після виконання Д-2 відділ підготовки виробництва гуртує необхідні агрегати, запасні частини і матеріали для проведення ТО-2. Якщо виявлено трудомісткіші несправності, ніж передбачено типовою технологією ТО-2, то вони усуваються (до скерування на ТО-2) у зоні ПР. Автомобіль може проходити діагностування Д-2 безпосередньо після повернення з лінії і скеровуватися після цього у зону очікування або на пост ТО-2.

У разі, якщо ТО-2 виконують централізовано, наприклад, у БЦТО, то для уникнення дублювання робіт попереднього і завершального діагностувань питання про місце проведення кожного з них вирішується для кожного підрозділу АТП з урахуванням конкретних умов.

З рис.6.2 видно, що, крім запланованих 100 % автомобілів, які скеровуються на ТО-2, у відділенні Д-2 проходять також вибіркові діагностування автомобілі (за скеруванням начальника ВТК) із зони ПР для уточнення неявних несправностей і розв'язання спірних питань (в середньому 10 % обсягів до планового Д-2). Якщо річна виробнича програма діагностування Д-2 становить 120 % від програми ТО-2, це свідчить про доцільність виділення Д-2 в окремий пост (відділення).

Діагностування Д-1 на завершення ТО-2 (5 група операцій ТО-2) виконується на підприємствах, які діагностують більше, ніж 200 автомобілів у рік, в окремому відділенні Д-1 (спеціалізовані діагностування Д-1 і Д-2), а на підприємствах меншої потужності – у об'єднаному з Д-2 відділенні, яке має комплексний стенд перевірки тягових та гальмівних властивостей (комплексне діагностування).

Для автомобілів, у яких регулюється не лише сходження, але і розвал коліс, при виявленні на проїзному стенді бокового відведення у зоні контакту з колесом потрібна додатково поглиблена елементна перевірка та регулювання кутів встановлення керованих коліс. В цьому разі автомобіль встановлюється на спеціалізований пост зони ПР, який оснащений електрооптичним чи оптичним стендом. За відсутності швидкодіючого проїзного стенду у відділенні Д-1, автомобіль скеровується на спеціалізований пост для перевірки та регулювання кутів встановлення коліс. На невеликих АТП у комплексному відділенні діагностування чи на посту ПР, замість названих вище стендів, можуть використовуватись прилади К-470, К-476 та інші.

Операції ТО-2 2, 3 і 4 груп виконуються у зоні ТО-2, як було сказано, при другому заїзді АТЗ, через 1-2 дні після проведення діагностування Д-2. Кріпильно-регульовальні, мастильні та інші роботи цих груп виконуються аналогічно вищеописаним згідно з технологі-

чними картами ТО-2. Тут проводяться, зокрема, поглиблені і труднощіші операції, пов'язані з обслуговуванням і регулюванням двигуна та інших агрегатів, монтажньо-демонтажними роботами, заміною оливи та консистентних мастильних матеріалів в підшипниках тощо. Усі роботи з ТО-2 реалізуються на універсальних непроїзних чи проїзних постах канавного типу. Мастильні роботи 4 групи для 200 і більше одиниць АТЗ виконуються з допомогою пересувного мастильного оснащення, або на спеціалізованих постах мащення.

Особливості реалізації типових процесів ТО-1 і ТО-2 поточним методом. Як зазначалось вище, вибір компонування діагностичних комплексів та типових методів організації ТО, залежать, в основному, від кількості автомобілів та їх пробігу (розміру АТП). За середніх річних пробігів АТЗ на підприємствах розміром 50-200 автомобілів рекомендовано комплексне діагностування з універсальним постом Д-1 і Д-2, а для більших – спеціалізоване діагностування.

Зупинимося докладніше на особливостях виконання останніх груп операцій для типових процесів ТО. Основні відмінності поточкових методів залишаються і в технологічних процесах з використанням повнокомплектного діагностування. Однак, до них ставляться і додаткові вимоги.

У зв'язку з цим, що частина робіт переноситься у відділення діагностування, використовувати поточковий метод доцільно лише за великої виробничої програми. Спеціальним керівним документом з ТО з використанням діагностування поточковий метод рекомендується для змінних програм: ТО-1 - не менше 12-15 автомобілів; для ТО-2 - не менше 5-7 одиниць технологічно сумісних автомобілів. З цих меж виходить, що за середніх пробігів автомобілів, чисельністю більш, ніж 200 технологічно сумісних одиниць для виконання ТО-1 доцільно створювати поточкові лінії. Спеціалізація постів на цих лініях дещо зміниться, порівняно із звичайною зоною ТО-1.

Доцільним буде роботи 1, 2 і 3 груп виконувати на трьох послідовно розташованих постах. На першому посту лінії виконуються операції 1 групи з обслуговування складних агрегатів, які не потребують діагностичних стендів. Залежно від програми ТО-1 їх вико-

нують 2-4 слюсарі-ремонтники 4-5 розрядів. На цьому ж посту перевіряють стан шин, тиск повітря в них і за потребою підпомпують їх.

Перед першим постом потокової лінії (у першу чергу, для автобусів і легкових автомобілів) може встановлюватися в'їзний тамбур для підігріву їх у холодну пору року. Перевіряється зайнятість виконавців та порядок їх закріплення з урахуванням рівномірного завантаження на всіх постах. Для дозавантаження на перший пост можуть додаватися операції з найбільш завантаженої - другої групи робіт.

На другому посту лінії виконуються операції 2 групи. Це кріпильні та регулювальні роботи щодо таких агрегатів як передній і задній мости, кардана передача, стоянкові та робочі гальма, підвіска, кузов, кермове керування. Для цієї групи операцій може відводитись на лінії два пости. Для більших виробничих програм можуть використовуватися високопродуктивні механізовані інструменти. Для мастильних робіт 3 групи на останньому посту доцільно використовувати системи централізованого змащування.

Підготовчі операції до завершального діагностування Д-1, які впливають на якість його виконання, реалізуються на постах № 1 і № 2 потокової лінії ТО-1. Після виконання трьох груп операцій автомобіль у той же день подається у відділення Д-1 і встановлюється на стенд для перевірки гальм. Для великої програми діагностування стенд для перевірки гальм повинен бути автоматизованим, а стенд для перевірки геометрії встановлення керованих коліс - проїзним.

За відсутності швидкодійних засобів експрес-діагностування звичайні роликові стенди встановлюють на декількох постах. У будь-якому разі пропускна здатність відділення Д-1 має бути на 30-40 % більшою продуктивності зони ТО-1. Це дає змогу обійтися одним комплектом обладнання для Д-1, на відміну від схем розміщення стендів на кожній лінії, а також уникнути загазованості приміщення зони ТО-1. З урахуванням компоновальних рішень визначаються такти постів, які взаємопов'язані між собою, планується також деякий резерв площі у відділенні Д-1 на випадок повторних перевірок

після усунення виявлених на ділянці Д-1 несправностей систем і механізмів АТЗ, які впливають на безпеку руху.

З урахуванням потоків автомобілів, аналогічно визначаються також відношення пропускних здатностей Д-2 і ТО-2. Коефіцієнти зайнятості відділень діагностування повинні бути меншими на 5% або рівними коефіцієнтам зайнятості відповідних постів зони ТО-2. На кожному посту діагностування повинні працювати два оператори-діагности. Якщо кількість автомобілів на підприємстві 200 і більше одиниць, то передбачено ще одну інженерно-технічну посаду майстра-діагноста. Персонал зони ТО-2, який виконує 2, 3 і 4 групи робіт ТО, - це слюсарі 4-5 розрядів і 2-3 розрядів – для 3 і 4 груп. Спеціалізація за групами робіт зберігається і для часто вживаного для ТО-2 методу універсальних постів та його різновиду – методу частково спеціалізованих паралельних постів.

Потоковий метод організації процесу ТО-2 використовується лише за наявності типових АТЗ, що зумовлює використання одних і тих же інструментів і приблизно рівні трудомісткості робіт за їх групами. За середніх пробігів автомобілів 50-60 тис. км у рік ТО-2 може проводитись на потокових лініях, якщо в АТП їх 400 і більше одиниць однієї технологічно сумісної групи.

Деякі операції поточного ремонту АТЗ допускається виконувати на потокових лініях ТО-2. Трудомісткість їх не повинна перевищувати 30 люд.-хв, а сумарна трудомісткість супутнього ПР мала б бути у межах 10-15 % від відкоректованої трудомісткості ТО-2. Роботи супутнього ПР розподіляються за постами 2 і 3 груп операцій ТО-2 відповідно до агрегатів, які обслуговуються.

Для методу універсальних постів, особливо для малих виробничих програм (2-5 обслуговувань у зміну) допускається суміщати операції ПР з трудомісткістю до 30-40 люд.-хв., за загального обсягу цих робіт до 20-25 % від трудомісткості ТО-2. Більше значення цієї трудомісткості супутнього ПР відносяться до менших виробничих програм ТО. Перелік сумісних з ТО ремонтних робіт дається у відповідній документації.

Застосування діагностування АТЗ разом з упорядкуванням процесів ТО та ремонту забезпечує індивідуальний підхід до оцінки технічного стану кожного автомобіля, і як результат - зниження загальної трудомісткості ремонтно-обслуговувальних дій.

Організація поточного ремонту АТЗ на підприємстві. Поточний ремонт автомобілів виконують, переважно, індивідуальним та агрегатним методами. За індивідуального методу агрегати, зняті з автомобіля, не знеособлюються, їх ремонтують та встановлюють на цей же автомобіль. При цьому автомобіль тривалий час простоює. Реальним зниженням тривалості простоювання АТЗ в ремонті є застосування агрегатного методу виконання цих робіт.

Як відомо, найтривалішою складовою ремонту АТЗ є, власне, ремонт агрегатів. Значно менше часу витрачається на їх демонтаж і монтаж, а також на транспортування (якщо ремонт виконується не на іншому підприємстві). На практиці, різниця між тривалостями ремонту та монтажно-демонтажними роботами може зрости з багатьох організаційних, або технологічних причин. Зокрема, тривалість демонтажу (монтажу) можна зменшити збільшенням кількості одночасно працюючих виконавців. Однак, для ремонтних операцій це зробити, з відомих причин, неможливо. З іншого боку ремонтні операції затягуються через несвоєчасне постачання запасних частин та матеріалів тощо.

Оскільки під час ремонту агрегатів, автомобіль найдовше простоює не на демонтажно-монтажних роботах, а через очікування їх з ремонту, заміна несправного агрегата наперед відремонтованим, або новим, суттєво зменшує простоювання АТЗ в ремонті. Для ефективного функціонування агрегатного методу ремонту необхідно мати незнижувальний запас агрегатів обмінного фонду. Очевидно, що у випадках, коли нескладний ремонт можна виконати без тривалих простоїв з достатньою якістю без демонтажу агрегата, то його виконують безпосередньо на автомобілі.

Перевага агрегатного методу полягає в тому, що, крім скорочення простоїв АТЗ в експлуатаційний час, він дозволяє організувати поточний ремонт у міжзмінний період, бо тривалість його не переви-

щує тривалості демонтажно-монтажних робіт. Цим методом підвищується готовність автомобільного парку.

Необхідна кількість оборотних агрегатів обмінного фонду за типами АТЗ визначається з огляду на: їх спискову кількість; річні пробіги автомобілів; категорії умов експлуатації; тривалість перебування агрегата в ремонті або відстань до авторемонтних підприємств. Відчутний вплив на обсяги обмінних фондів має якість ремонту агрегатів, їх ресурс після ремонту.

Різні надійність і довговічність агрегатів та систем автомобіля спричиняють нерівномірну (наприклад, добову) потребу в усуненні їх відмов. Крім цього, несправності та відмови автомобіля можуть проявлятися як за одним агрегатом, так і за декількома одночасно. Наявність в АТП тільки універсальних постів призводить до того, що у різні години робочої зміни на будь-якому з постів необхідно виконувати різні за характером ремонтні роботи. Універсальність постів призводить також до частих переходів з поста на пост робітників різного фаху і пересування з одного місця на інше технологічного обладнання. Зменшити такі пересування можна оснащенням цих постів повним набором технологічного обладнання, наперед знаючи, що ступінь його завантаження буде малим. Вихід з цієї ситуації вбачається тільки в проведенні часткової, або повної спеціалізації постів поточного ремонту. Ступінь спеціалізації постів визначається потоками відмов та несправностей АТЗ. Визначення характеру розподілу потоків відмов та несправностей за основними агрегатами та системами автомобіля проводять групуючи їх за конструктивно-технологічною однорідністю. Замовлення на ремонт приймають за такими спорідненими групами агрегатів та систем:

1) двигун, системи мащення, охолодження, живлення, запалення, електрообладнання;

2) коробка передач, зчеплення, стоянкове гальмо, карданна передача;

3) кермове керування, передній та задній мости, робоча гальмівна система;

4) кузов, кабіна, рама, облицювання, шини, підвіска.

Відповідно до цього операції поточного ремонту АТЗ поділено на чотири групи: 1) контрольно-діагностичні з визначення технічного стану агрегатів та систем автомобіля, а також визначення якості ремонту; 2) ремонт та заміна двигуна, або його систем; 3) ремонт та заміна зчеплення, коробки передач, стоянкового гальма, карданної передачі, редуктора; 4) ремонт та заміна деталей і вузлів гальмівної системи, кермового керування, переднього та заднього мостів, підвіски.

Щодо цієї класифікації розроблені типові технологічні процеси постових робіт ПР. Операції першої групи рекомендується виконувати на спеціалізованих діагностичних постах, а операції 2, 3, та 4-ї груп – як на універсальних, так і на спеціалізованих постах. Для кожного типу поста підібрано технологічне обладнання. Універсальні пости та пости ремонту двигунів розміщують на оглядових канавах, а пости для 3 і 4-ї груп операцій – на підйомниках.

Крім цього, давно розповсюдженими стали спеціалізовані пости для фарбувальних, зварювально-бляхарських, змащувальних робіт, пости заміни коліс. Все частіше зустрічаються в зонах ПР пости для ремонту та заміни двигунів, для зняття та встановлення кузовів, ресор тощо.

Питання для самоконтролю

1. Суть одноступеневої та двоступеневої системи профілактичного обслуговування АТЗ.
2. Особливості застосування комплексного ТО та його різновидів.
3. Як групують операції ТО-1 за основними організаційними ознаками?
4. Схема реалізації типового процесу ТО-1 вантажних АТЗ з їх діагностуванням.
5. Як групують операції ТО-2 за основними організаційними ознаками?
6. Схема реалізації типового процесу ТО-2 вантажних АТЗ з їх діагностуванням.
7. Особливості реалізації типових процесів ТО-1 і ТО-2 поточним методом.

6.4. Визначення основних показників та параметрів виробничого процесу

Значна частина об'єктів виробничо-технічної бази, на якій реалізуються процеси технічної експлуатації автомобілів за своїм призначенням, властивостями та характером функціонування може бути віднесена до так званих **систем масового обслуговування** (СМО). Під СМО розуміють сукупність засобів разом з виконавцями (зони, пости, канави, робочі місця), які забезпечують обслуговування (ремонт) замовлень, що надходять потоком, і можуть утворювати чергу перед ними. Прикладом СМО можуть бути диспетчерські служби АТП у режимі опрацювання інформації, зони ТО і ПР при виконанні відповідних робіт для груп автомобілів, АЗС у режимі постійного заправлення автомобілів, складські служби при отриманні, зберіганні і видачі запасних частин, агрегатів.

Вважають, що будь-який вид діяльності у таких системах обслуговування клієнтів (замовлень) здійснюється в типових ланках на робочих місцях, постах, які називають каналами (апаратами) СМО. Перебіг процесів у СМО та визначення параметрів їх функціонування здійснюють з використанням теорії масового обслуговування. Вона, зокрема, розглядає інтервали часу τ , між надходженням чергових замовлень у СМО як випадкові величини розподілені за показниковим законом. Так само можуть бути розподілені тривалості перебування замовлень в окремих каналах СМО (τ_0). Розподіл же подій (замовлень) у вхідних потоках СМО за одиницю часу (m) повинен підпорядковуватись законові Пуассона. Функції густини розподілу інтервалів та подій мають такий вигляд

$$f_1(\tau_s) = \lambda e^{-\lambda\tau_s}; f_2(\tau_0) = \mu e^{-\mu\tau_0}; P_m = \frac{(\lambda\tau_s)^m}{m!} e^{-\lambda\tau_s}, \quad (6.54)$$

де λ – густина потоку замовлень на обслуговування; μ – інтенсивність обслуговування замовлень; m – кількість замовлень за розглядувану одиницю часу, $m = 0, 1, 2, 3, \dots$

Густина потоку – це величина обернена до математичного сподівання інтервалу часу між замовленнями $\lambda = [M(\tau_s)]^{-1}$. Відповідно μ – це величина, обернена до математичного сподівання тривалості обслуговування одного замовлення $\mu = [M(\tau_o)]^{-1}$.

Дія непрогнозованих випадкових чинників позначається на якості функціонування СМО. Вона зумовлює наслідки: відмови в обслуговуванні замовлень; утворення черги перед каналами обслуговування; простоювання обладнання (каналів) за відсутності замовлень. Метою дослідження СМО є пошук таких її параметрів, показників, які за відповідними критеріями задовільнятимуть вимоги замовників на обслуговування їх замовлень.

Основними показниками функціонування СМО вважаються:

- тривалість простою системи;
- середня завантаженість системи;
- середня кількість об'єктів (замовлень) на обслуговуванні;
- імовірність відмови в обслуговуванні;
- відносна та абсолютна пропускну здатності системи;
- довжина черги замовлень, або середня тривалість очікування в черзі; інші техніко-економічні показники роботи СМО.

В основу розв'язання задач з визначення показників СМО покладено марковську дискретну математичну модель. Її графічна інтерпретація подається у вигляді графа переходів між можливими станами системи (рис. 6.11).

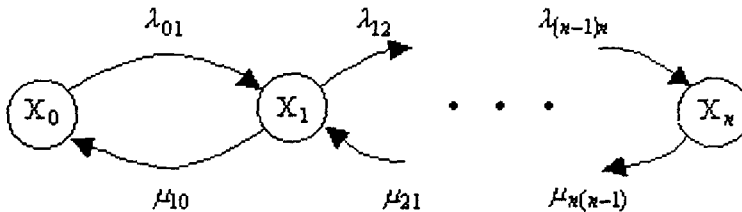


Рис. 6.11. Граф станів СМО (пости ТО і ПР АТЗ)

Вершини графа відповідають певній комбінації станів каналів обслуговування: X_0 – стан, коли всі канали вільні; X_1 – стан систе-

ми, коли задіяний один канал; X_2 – стан, коли задіяно два канали і т.д. Кінцевим слід вважати стан X_n , у якому функціонують одночасно усі n каналів. Переходи (зображені дугами) із станів зліва на право обумовлені надходженням чергових замовлень, а переходи з права на ліво – їх обслуговуванням.

Розрахунок показників СМО розпочинається через визначення імовірностей P_0, \dots, P_n перебування системи у можливих станах:

$$P_0 = \left(\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} \right)^{-1}; P_k = \frac{\alpha^k}{k!} \cdot P_0, (k=1, \dots, n), \quad (6.55)$$

де P_0 – імовірність того, що всі канали вільні; α – зведена густина потоку замовлень $\alpha = \lambda/\mu$; k – кількість каналів системи; P_k – імовірність того, що функціонують k каналів системи.

На основі цих імовірностей розраховуються показники роботи СМО:

- тривалість простоювання каналів обслуговування, $t_p = P_0 \cdot t_p$, тут t_p – режим роботи каналів обслуговування;
- імовірність відмови в негайному обслуговуванні, $P_{від} = P_n$;
- відносна пропускна здатність, $q = 1 - P_{від}$;
- дійсна і номінальна продуктивність каналу, $Q = \lambda \cdot q \cdot t_p$;
 $Q_n = \mu \cdot n \cdot t_p$ ($Q_n \geq Q$);
- математичне сподівання кількості замовлень, які одночасно перебувають на обслуговуванні (кількість одночасно зайнятих каналів) $M(k) = \sum_{k=1}^n k \cdot P_k$.

Автотранспортні, обслуговувальні та ремонтні підприємства (цехи, майстерні, заводи) можуть бути:

- одноканальними СМО з обмеженою чергою;
- СМО з відмовами за обмеженої кількості каналів обслуговування;
- СМО з обмеженою кількістю каналів і обмеженою чергою;
- СМО, які функціонують у режимі так званої “загибелі і розмноження”;

- багатоканальними СМО.

Для кожного з них розглядаються задачі з визначення показників їх функціонування як СМО. Результати їх розв'язку кладуться в основу вироблення і прийняття рішень стосовно цілеспрямованого керування процесами ТО і ремонту АТЗ.

Визначення показників функціонування зони поточного ремонту АТЗ. Нехай, потрібно визначити показники роботи зони ПР вантажного автотранспортного підприємства. Зона містить n каналів – універсальних постів і працює t_p годин на добу. Замовлення – це автомобілі, які потребують ремонту. Вони надходять у зону, утворюючи найпростіший пуассонівський потік, а інтервали між ними підпорядковані показниковому закону. Середній інтервал часу між прибуттям чергових автомобілів становить $M(\tau_a)$ годин. Тривалість ПР - з математичним сподіванням $M(\tau_p)$, год. Задана умова - черга автомобілів перед зоною ПР не утворюється.

Для цієї зони треба визначити: тривалість її простоювання t_{np} ; імовірність відмови у виконанні ремонту $P_{від}$; відносну пропускну здатність q ; дійсну Q і номінальну Q_n продуктивності зони ПР; математичне сподівання $M(k)$ кількості автомобілів, які одночасно ремонтуються.

Приклад. У виробничо-технічній базі АТП, розміром 200 од. вантажних автомобілів виникла потреба дослідити якість функціонування зони ПР. Відомими є такі початкові умови: кількість постів зони $n = 3$; тривалість роботи зони протягом доби $t_p = 16$ год.; середній інтервал часу між прибуттям автомобілів та середня тривалість ремонту становлять $M(\tau_s) = 1,6$ год; $M(\tau_o) = 8$ год.

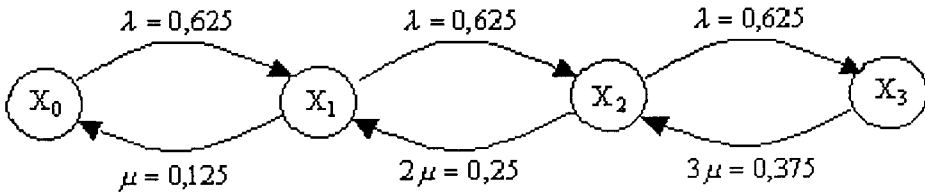
1. Визначають густину потоку автомобілів у зону ПР

$$\lambda = \frac{1}{M(\tau_s)} = \frac{1}{1,6} = 0,625 \text{ год}^{-1}.$$

2. Інтенсивність ремонту АТЗ одним постом становитиме

$$\mu = \frac{1}{M(\tau_o)} = \frac{1}{8} = 0,125 \text{ год}^{-1}.$$

3. Складають граф станів системи:



4. Зведена густина вхідного потоку АТЗ у ремонт

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,625}{0,125} = 5,0.$$

5. Імовірності можливих станів системи:

$$P_0 = \left(1 + \alpha + \frac{\alpha^2}{1 \cdot 2} + \frac{\alpha^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} \right)^{-1} = \left(1 + 5,0 + \frac{5^2}{1 \cdot 2} + \frac{5^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} \right)^{-1} = 0,025;$$

$$P_1 = \frac{\alpha}{1!} \cdot P_0 = 0,127; \quad P_2 = \frac{\alpha^2}{1 \cdot 2} \cdot P_0 = 0,318; \quad P_3 = \frac{\alpha^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} \cdot P_0 = 0,530.$$

6. Перевіряють результати розрахунків імовірностей P_0, \dots, P_3 :

$$\sum_{k=0}^n P_k = P_0 + P_1 + P_2 + P_3 = 1,0.$$

7. Тривалість простою зони ПР

$$t_p = P_0 \cdot t_p = 0,025 \cdot 16 = 0,407 \text{ год.}$$

8. Імовірність відмови у виконанні ремонту АТЗ

$$P_{\text{від}} = P_n = 0,53.$$

9. Відносна пропускна здатність зони становить

$$q = 1 - P_{\text{від}} = 1 - 0,53 = 0,47.$$

10. Визначають дійсну та номінальну продуктивність зони:

$$Q = \lambda \cdot q \cdot t_p = 0,625 \cdot 0,470 \cdot 16 = 4,7 \text{ ремонтів за добу};$$

$$Q_n = \mu \cdot n \cdot t_p = 0,125 \cdot 3 \cdot 16 = 6,0 \text{ ремонтів за добу};$$

11. Математичне сподівання кількості автомобілів, які одночасно ремонтуються у зоні:

$$M(k) = P_1 + 2P_2 + 3P_3 = 0,127 + 2 \cdot 0,318 + 3 \cdot 0,530 = 2,35.$$

Висновок: 1) простоювання зони ПР вантажного АТП буде тривати протягом доби, $t_{np} = 0,407 \text{ год.} = 24,4 \text{ хв.}$; 2) автомобілям вхідного потоку відмовлять у негайному ремонті без очікування в черзі, $P_{\text{від}} = 53\%$; 3) ті, яких відремонтовують протягом доби буде, $q = 47\%$ автомобілів; 4) номінальна продуктивність зони $Q_n = 6$ ремонтів на добу; 5) зважаючи на густину вхідного потоку, зона ПР відремонтує 5 авт./добу; 6) у зоні одночасно ремонтується $M(k) = 2,35$ автомобілів.

Оскільки частка простоїв постів зони протягом доби становить лише $(0,407/16) \cdot 100 = 2,5\%$, приймати якісь управлінські рішення щодо покращення організації роботи її не потрібно.

Визначення показників функціонування постів діагностування АТЗ. З позицій теорії масового обслуговування треба дослідити показники роботи однопостової зони Д-1 або Д-2. Автомобілі прибувають на пости діагностування, створюючи вхідний найпростіший пуассонівський потік, з середнім інтервалом $M(\tau_s)$ годин. Пост може працювати t_p годин на добу. Середня тривалість діагностування одного АТЗ становить $M(\tau_o)$ годин. Якщо пост зайнятий – утворюється черга. Довжина черги не повинна перевищувати f автомобілів. Решта автомобілів, які надходять, покидають зону Д1 (Д2). Необхідно визначити: 1) тривалість роботи і простоювання зони - t_o, t_{np} ; 2) коефіцієнт використання робочого часу - C_i ; 3) імовірність утворення черги автомобілів та загальну тривалість її існування - $P_{чер}, t_{чер}$; 4) імовірність відмови в обслуговуванні - $P_{від}$; 5) відносну пропускну здатність поста - q ; 6) дійсну і номінальну продуктивності поста, Q, Q_n ; 7) середню довжину черги та середню тривалість очікування в черзі - $M(r); M(t_{чер})$.

В даному разі розглядається одноканальна СМО з чергою. Її розрахункова схема має вигляд графа станів, інтенсивності переходів між якими не залежать від номера вершини (рис. 6.12).

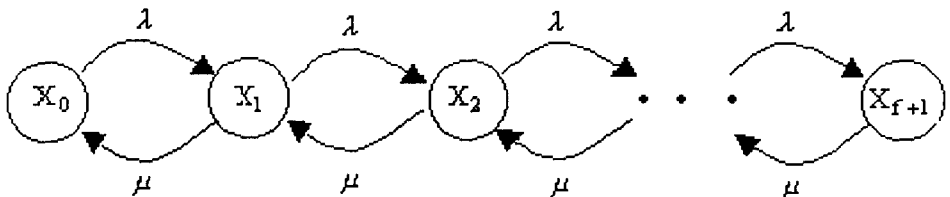


Рис. 6.12. Граф станів одноканальної СМО з обмеженою чергою
(однопостова зона діагностування АТЗ)

Тут стани СМО: X_0 – канал (пост) вільний; X_1 – канал зайнятий; $X_2 \dots X_{f+1}$ – утворення черги до f замовлень у ній.

Для розглядуваної СМО показники її роботи визначаються за формулами:

- імовірність перебування поста у незавантаженому стані

$$P_0 = \frac{1 - \alpha}{1 - \alpha^{(f+2)}}; \quad (6.56)$$

- тривалість роботи і простоювання поста відповідно

$$t_6 = (1 - P_0) \cdot t_p; \quad t_{np} = t_p - t_6; \quad (6.57)$$

- коефіцієнт використання робочого часу поста

$$C_t = \frac{t_6}{t_p}; \quad (6.58)$$

- імовірність відмови у діагностуванні

$$P_{від} = \frac{\alpha^{(f+1)} \cdot (1 - \alpha)}{1 - \alpha^{(f+2)}}; \quad (6.59)$$

- відносна пропускна здатність поста

$$q = 1 - P_{від}; \quad (6.60)$$

- дійсна та номінальна продуктивності поста

$$Q = \lambda \cdot q \cdot t_p; \quad Q_n = \mu \cdot t_p; \quad (6.61)$$

- імовірність утворення черги автомобілів та загальну тривалість її існування

$$P_{чер} = \alpha^2 \cdot P_0; \quad t_{чер} = P_{чер} \cdot t_p; \quad (6.61)$$

- середня довжина черги та середня тривалість очікування в черзі

$$M(r) = \frac{\alpha^2 \cdot [1 - \alpha^f \cdot (f + 1 - f \cdot \alpha)]}{(1 - \alpha^{(f+2)}) \cdot (1 - \alpha)}; \quad (6.62)$$

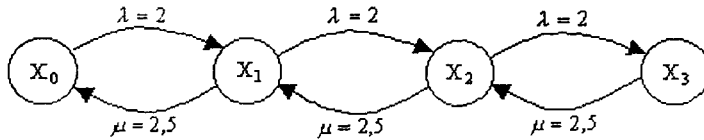
$$M(t_{чер}) = M(r) \cdot \lambda^{-1}. \quad (6.63)$$

Приклад. Розрахувати показники режиму роботи поста СТО для виконання Д-1 вантажних АТЗ. Відомо, що $M(\tau_r) = 0,5$ год., $M(\tau_o) = 0,4$ год., $t_p = 8$ год., $f = 2$ од.

1. Визначають густину вхідного потоку АТЗ на діагностування та інтенсивність його виконання:

$$\lambda = \frac{1}{M(\tau_3)} = 2 \text{ од./год.}; \quad \mu = \frac{1}{M(\tau_o)} = 2,5 \text{ од./год.}$$

2. Будують граф можливих станів поста Д-1:



3. Зведена густина виконання замовлень на діагностування становитиме

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = 0,8.$$

4. Імовірність перебування поста у незавантаженому стані

$$P_0 = \frac{1 - \alpha}{1 - \alpha^{(f+2)}} = \frac{1 - 0,8}{1 - 0,8^4} = 0,34.$$

5. Визначаємо тривалість використання і простоювання поста:

$$t_e = (1 - P_0) \cdot t_p = 5,28 \text{ год.}; \quad t_{np} = t_p - t_e = 2,72 \text{ год.}$$

6. Коефіцієнт використання робочого часу поста

$$C_t = \frac{t_e}{t_p} = 0,66.$$

7. Імовірність утворення черги перед постом і загальна тривалість її існування протягом зміни

$$P_{чер} = \alpha^2 \cdot P_0 = 0,8^2 \cdot 0,34 = 0,22;$$

$$t_{чер} = P_{чер} \cdot t_p = 0,22 \cdot 8 = 1,76 \text{ год.}$$

8. Імовірність відмов у виконанні діагностування з причин надто великої черги

$$P_{від} = \frac{\alpha^{(f+1)} \cdot (1 - \alpha)}{1 - \alpha^{(f+2)}} = \frac{0,8^3 \cdot (1 - 0,8)}{1 - 0,8^4} = 0,17.$$

9. Відносна пропускна здатність поста Д-1

$$q = 1 - P_{від} = 1 - 0,17 = 0,83.$$

10. Абсолютна і номінальна продуктивність поста становитиме

$$Q = \lambda \cdot q \cdot t_p = 2 \cdot 0,83 \cdot 8 = 13,28 \text{ од.};$$

$$Q_n = \mu \cdot t_p = 2,5 \cdot 8 = 20 \text{ од./добу.}$$

11. Середня довжина черги автомобілів на діагностування Д-1

$$M(r) = \frac{\alpha^2 \cdot [1 - \alpha^f \cdot (f + 1 - f \cdot \alpha)]}{(1 - \alpha^{(f+2)}) \cdot (1 - \alpha)} =$$

$$= \frac{0,8^2 \cdot (1 - 0,8^2 \cdot (2 + 1 - 2 \cdot 0,8))}{(1 - 0,8^4) \cdot (1 - 0,8)} = 0,568 \text{ од.}$$

12. Середня тривалість очікування АТЗ у черзі на діагностування:

$$M(t_{чер}) = M(r) \cdot \lambda^{-1} = 0,568 / 2 = 0,284 \text{ год.} = 17 \text{ хв.}$$

Отже, режим роботи однопостової зони Д-1 буде характеризуватись тим, що протягом зміни ($t_p = 8$ год.) його обладнання буде використовуватись $t_g = 5,28$ год. при простоюванні $t_{np} = 2,72$ год. Коефіцієнт використання робочого часу поста становитиме $C_t = 0,66$. При цьому автомобілям, які прибули, буде відмовлено ($P_{від} = 17\%$) у діагностуванні з причин обмежень на довжину черги. Одночасно за номінальної здатності виконання $Q_n = 20$ діагностувань за зміну буде виконано лише $Q = 13$. За умови, що імовірність утворення черги становить $P_{чер} = 0,22$, перед постом утворюється черга з середньою довжиною $M(r) = 0,568$ автомобіля. Це обумовить очікування автомобілем діагностування в середньому $M(t_{чер}) = 17$ хв. Таким чином, з метою підвищення коефіцієнта використання робочого часу поста (до 0,85) необхідно прийняти рішення про зняття обмеження на довжину черги.

Визначення показників використання ремонтно-технологічного обладнання виробничо-технічної бази АТП. Нехай потрібно визначити показники використання обладнання у слюсарно-механічному відділенні виробничо-технічної бази АТП. Тут нараховується n_g верстатів. З їх використанням виконуються роботи, замовлення, які надходять з постів ПР. Загальна кількість останніх n_n . Спостереженнями встановлено, що потреба у виконанні слюсарно-механічних робіт під час ремонту автомобіля виникає в середньому через кожні $M(\tau_1)$ годин. Середня тривалість виконання робіт одного замовлення, становить $M(\tau_0)$ годин. Відділення працює t_p годин на зміну. Необхідно визначити: кількість верстатів, зайнятих одночасно виконанням замовлень $M(n)$; продуктивність слюсарно-механічного відділення Q ; тривалості простоювання та використання верстатів протягом зміни, t_{np} , t_g .

За інтенсивності обслуговування (виконання робіт на верстатах n_g) μ та інтенсивності надходження замовлень з постів (n_n) ПР λ в разі, коли $n_g < n_n$, граф функціонування еквівалентної СМО буде мати наступний вигляд (рис. 6.13).

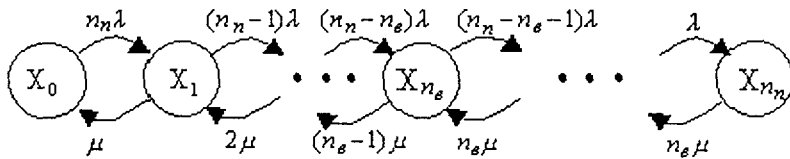


Рис. 6.11. Граф станів замкненої СМО з чергою
(слюсарно-механічне відділення ВТБ АТП)

На рисунку: X_0 – стан СМО (слюсарно-механічне відділення), коли верстати слюсарно-механічного відділення не використовуються (простоюють); X_1 – стан, коли з одного поста зони ПР у відділення надійшло одне замовлення на виконання робіт; X_2 – стан, коли з двох постів ПР у відділення надійшло два замовлення; X_{n_g} – стан, коли усі n_g верстатів виконують замовлення для такої ж кількості постів ПР; $X_{(n_g+1)}$ – стан, коли усі n_g верстатів виконують замовлення для $(n_g + 1)$ постів ПР; X_{n_n} – стан, коли роботи виконуються на усіх n_g верстатах слюсарно-механічного відділення для усіх n_n постів ПР.

Як і у попередніх прикладах, цю фізичну систему можна подати як замкнену СМО. У ній інтенсивність надходження замовлень на обслуговування (слюсарно-механічні роботи) залежать від номера стану системи. Тобто розглядається випадковий марковський процес.

Основні розрахункові формули для визначення показників функціонування такої СМО:

- імовірність того, що верстати слюсарно-механічного відділення не використовуються (простоюють)

$$P_0 = \left(1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} + \frac{\lambda_{01}\lambda_{12}}{\mu_{10}\mu_{21}} + \frac{\lambda_{01}\lambda_{12}\lambda_{23}}{\mu_{10}\mu_{21}\mu_{32}} + \dots + \frac{\lambda_{01}\lambda_{12}\dots\lambda_{n_n-1,n_n}}{\mu_{10}\mu_{21}\dots\mu_{n_n,n_n-1}} \right)^{-1}; \quad (6.64)$$

- імовірність того, що відповідно з одного, двох постів зони ПР надійшли замовлення у відділення

$$P_1 = \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} P_0; P_2 = \frac{\lambda_{01}\lambda_{12}}{\mu_{10}\mu_{21}} P_0; \dots; \quad (6.65)$$

- імовірність того, що у відділення надійшли замовлення від усіх n_n постів зони ПР

$$P_{n_n} = \frac{\lambda_{01}\lambda_{12}\lambda_{23}\dots\lambda_{n_n-1,n_n}}{\mu_{10}\mu_{21}\mu_{32}\dots\mu_{n_n,n_n-1}} P_0; \quad (6.66)$$

- математичне сподівання кількості зайнятих верстатів у відділенні

$$M(n_e) = (n_e = 1)P_1 + (n_e = 2)P_2 + (n_e = 3)P_3 + \dots + (n_e = N)P_{n_n} \quad (6.67)$$

- продуктивність слюсарно-механічного відділення

$$Q = M(n_e) \cdot \mu \cdot t_p; \quad (6.68)$$

- тривалість простоювання та використання верстатів

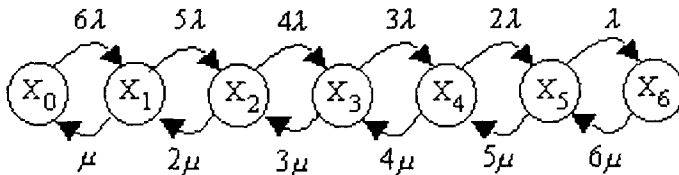
$$t_{np} = P_0 \cdot t_p; \quad t_{en_e} = t_p - t_{np} \quad (6.69)$$

Послідовність розв’язання задачі з використанням наведених вище показників розглянемо на прикладі СМО – слюсарно-механічного відділення АТП, для якої відомі такі початкові дані: $n_e = 2$; $n_n = 6$; $M(\tau_3) = 1,5$ год.; $M(\tau_0) = 0,5$ год.; $t_p = 8$ год.

1. Визначають густину потоку надходження замовлень та інтенсивність виконання їх одним каналом еквівалентної СМО:

$$\lambda = \frac{1}{M(\tau_3)} = 0,67 \text{ год}^{-1}; \quad \mu = \frac{1}{M(\tau_0)} = 2,0 \text{ год}^{-1}.$$

2. Складають граф можливих станів СМО:



Тут: X_0 – обидва верстати не використовуються (простоюють); X_1 – на одному з верстатів виконуються замовлення з одного поста ПР; X_2 – два верстати задіяні для виконання замовлень з двох постів ПР; X_3 – два верстати задіяні для виконання замовлень з трьох постів ПР і так далі; X_6 – на усіх шести постах існує потреба виконання слюсарно-механічних робіт, в яких задіяні обидва верстати відділення.

3. Імовірності можливих станів СМО:

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \left(1 + \frac{6\lambda}{\mu} + \frac{6\lambda \cdot 5\lambda}{\mu \cdot 2\mu} + \frac{6\lambda \cdot 5\lambda \cdot 4\lambda}{\mu \cdot 2\mu \cdot 3\mu} + \frac{6\lambda \cdot 5\lambda \cdot 4\lambda \cdot 3\lambda}{\mu \cdot 2\mu \cdot 3\mu \cdot 4\mu} + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{6\lambda \cdot 5\lambda \cdot 4\lambda \cdot 3\lambda \cdot 2\lambda}{\mu \cdot 2\mu \cdot 3\mu \cdot 4\mu \cdot 5\mu} + \frac{6\lambda \cdot 5\lambda \cdot 4\lambda \cdot 3\lambda \cdot 2\lambda \cdot \lambda}{\mu \cdot 2\mu \cdot 3\mu \cdot 4\mu \cdot 5\mu \cdot 6\mu} \right)^{-1} = \\
 &= \left(1 + 2 + \frac{5}{3} + \frac{10}{9} + \frac{5}{9} + \frac{5}{27} + \frac{5}{162} \right)^{-1} = 0,153; \\
 P_1 &= \left(\frac{6\lambda}{\mu} \right) \cdot P_0 = \left(\frac{6 \cdot 0,67}{2,0} \right) \cdot 0,153 = 0,308; \\
 P_2 &= \left(\frac{6\lambda \cdot 5\lambda}{\mu \cdot 2\mu} \right) \cdot P_0 = \left(\frac{6 \cdot 0,67 \cdot 5 \cdot 0,67}{2,0 \cdot 2 \cdot 2,0} \right) \cdot 0,153 = 0,255; \\
 P_3 &= \left(\frac{6\lambda \cdot 5\lambda \cdot 4\lambda}{\mu \cdot 2\mu \cdot 3\mu} \right) \cdot P_0 = \left(\frac{6 \cdot 0,67 \cdot 5 \cdot 0,67 \cdot 4 \cdot 0,67}{2,0 \cdot 2 \cdot 2,0 \cdot 3 \cdot 2,0} \right) \cdot 0,153 = 0,17; \\
 P_4 &= \left(\frac{6\lambda \cdot 5\lambda \cdot 4\lambda \cdot 3\lambda}{\mu \cdot 2\mu \cdot 3\mu \cdot 4\mu} \right) \cdot P_0 = \left(\frac{6 \cdot 0,67 \cdot 5 \cdot 0,67 \cdot 4 \cdot 0,67 \cdot 3 \cdot 0,67}{2,0 \cdot 2 \cdot 2,0 \cdot 3 \cdot 2,0 \cdot 4 \cdot 2,0} \right) \cdot 0,153 = 0,088; \\
 P_5 &= \left(\frac{6\lambda \cdot 5\lambda \cdot 4\lambda \cdot 3\lambda \cdot 2\lambda}{\mu \cdot 2\mu \cdot 3\mu \cdot 4\mu \cdot 5\mu} \right) \cdot P_0 = \\
 &= \left(\frac{6 \cdot 0,67 \cdot 5 \cdot 0,67 \cdot 4 \cdot 0,67 \cdot 3 \cdot 0,67 \cdot 2 \cdot 0,67}{2,0 \cdot 2 \cdot 2,0 \cdot 3 \cdot 2,0 \cdot 4 \cdot 2,0 \cdot 5 \cdot 2,0} \right) \cdot 0,153 = 0,028; \\
 P_6 &= \left(\frac{6\lambda \cdot 5\lambda \cdot 4\lambda \cdot 3\lambda \cdot 2\lambda \cdot \lambda}{\mu \cdot 2\mu \cdot 3\mu \cdot 4\mu \cdot 5\mu \cdot 6\mu} \right) \cdot P_0 = \\
 &= \left(\frac{6 \cdot 0,67 \cdot 5 \cdot 0,67 \cdot 4 \cdot 0,67 \cdot 3 \cdot 0,67 \cdot 2 \cdot 0,67 \cdot 0,67}{2,0 \cdot 2 \cdot 2,0 \cdot 3 \cdot 2,0 \cdot 4 \cdot 2,0 \cdot 5 \cdot 2,0 \cdot 6 \cdot 2,0} \right) \cdot 0,153 = 4,7 \cdot 10^{-3}.
 \end{aligned}$$

4. Перевіряють правильність розрахунків:

$$P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_6 = 1,0$$

5. Кількість верстатів, які одночасно працюють, становитиме:

$$M(n_g) = 1 \cdot P_1 + 2 \cdot (P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6) = 1,388.$$

6. Тривалості використання верстатів протягом зміни:

$$- \text{простоювання обох верстатів } t_{np} = P_0 \cdot t_p = 0,153 \cdot 8 = 1,224 \text{ год.};$$

$$- \text{працює один верстат } t_{e1} = P_1 \cdot t_p = 0,308 \cdot 8 = 2,464 \text{ год.};$$

$$- \text{працюють два верстати } t_{e2} = t_p - t_{np} - t_{e1} = 8 - 1,224 - 2,464 = 4,312 \text{ год.}$$

7. Продуктивність роботи відділення,

$$Q = M(n_g) \cdot \mu \cdot t_p = 1,388 \cdot 2 \cdot 8 = 22,2 \text{ зам./зм.}$$

Висновки: за даних умов обидва верстати у слюсарно-механічному відділенні використовуються протягом зміни повністю лише $t_{e2} = 4,3$ год.; один верстат працює протягом $t_{e1} = 2,5$ год.; відділення простоє упродовж $t_{np} = 1,2$ год. За зміну виконується в середньому 22 замовлення, хоча протягом зміни від $n_n = 6$ постів може надійти $Q = \lambda \cdot n_n \cdot t_p = 0,67 \cdot 6 \cdot 8 = 32$ зам./зм.

Отже, з метою узгодження роботи відділення із зоною ПР АТП необхідно виробити і прийняти відповідні рішення щодо скорочення простоїв першого.

Питання для самоконтролю

1. Для розрахунку показників функціонування яких об'єктів ВТБ підприємств автомобільного транспорту застосовують теорію масового обслуговування?
2. Перерахуйте основні показники роботи постів ТО чи ремонту АТЗ як СМО.
3. Чим обумовлюється різниця між дійсною та номінальною продуктивностями СМО?
4. Що розуміють під графом станів СМО?
5. Що таке замкнена та розімкнена СМО?
6. Умова забезпечення узгодженої роботи між вхідними та вихідними потоками системи?

6.5. Методи зберігання АТЗ та матеріально-технічних засобів

Зберігання АТЗ - це утримання їх у технічно справному стані на території АТП у міжзмінний період та на час вилучення із сфери експлуатації. Тривалість зберігання поділяється на **короткочасне і тривале** (консервація). На консервацію ставлять АТЗ, які тривалий час з відомих причин не використовуватимуться. Типовим є короткочасне зберігання автомобілів у міжзмінний період, мета якого – зберегти справність та працездатність, автомобілів, не допустити руйнування їх деталей.

На АТП найбільш поширені два способи зберігання автомобілів: у закритих приміщеннях (опалюваних і неопалюваних) та на відкритих майданчиках, в тому числі під навісами. Зберігання автомобілів в опалюваних приміщеннях у холодну пору року, на відміну від неопалюваних, повністю захищає їх від будь-яких дій (холоду, снігу, дощу, вітру, пилу, сонячної радіації).

Закрите приміщення для стоянки розглядають як приміщення складського типу, призначене тільки для зберігання справних автомобілів, пуску двигунів та огляду автомобілів перед виїздом на лінію. При зберіганні автомобілів в опалюваних будівлях підтримується температура, достатня для захисту системи охолодження двигуна від замерзання, недопущення загуснення оливи в картерах двигуна і агрегатах трансмісії, а також забезпечення працездатності акумуляторних батарей.

Автобуси і легкові автомобілі, а також автомобілі, від яких за характером їх роботи потрібна постійна готовність до негайного виїзду (автомобілі медичної і технічної допомоги, пожежні автомобілі тощо), забезпечують місцями для стоянки у закритих опалюваних приміщеннях у першу чергу.

Автомобілі асенізаційні, паливозаправники і ті, якими перевозять хімічні добрива, отрутохімікати та подібні до них, зберігаються на окремих місцях стоянки в ізольованих приміщеннях.

Складські приміщення. Технічне майно (агрегати, запасні частини, акумуляторні батареї, шини, гумові вироби, матеріали та ін.) зберігають у складських приміщеннях. Вони повинні забезпечувати зручність приймання та підготовки його до зберігання, надійне збереження і швидкість видачі, пожежну безпеку.

Залежно від потужності АТП склади поділяють на **загальновиробничі і цехові** (склади виробничих дільниць).

За призначенням загальновиробничі склади поділяються на **матеріальні** (склади палива, мастильних матеріалів та інших експлуатаційних матеріалів, шин, запасних частин, інструментів, металовиробів, допоміжних матеріалів та ін.), ремонтного фонду, брукту, господарські (для зберігання тари, спецодягу, господарських матеріалів, робочого інвентарю тощо). Розташування складів на території

АТП залежить від характеру матеріальних цінностей та їхнього призначення. Наприклад, склади запасних частин і матеріалів розміщують поблизу зони ТО і ремонту рухомого складу.

За конструкцією склади поділяють на **відкриті** (майданчики, платформи для металу великих профілів, лісоматеріалів, вугілля та ін.), **напіввідкриті** (навіси для матеріалів, що потребують провітрювання або захисту від сонячного проміння й атмосферних опадів – труб, пиломатеріалів та ін.), **закриті** (для зберігання предметів, які мають бути захищені від атмосферних впливів – запасні частини, матеріали та ін.), спеціальні (склади палива та мастильних матеріалів та інше).

Закриті склади організують, як правило, в опалюваних будівлях. Приміщення обладнують стелажами, стендами і підставками, які забезпечують правильне зберігання майна. Стелажі розташовують з урахуванням найкращого використання площі, освітлення, зручності транспотування і догляду за майном.

Для механізації навантажувально-розвантажувальних робіт склади обладнують кранами, кран-балками, електротельферами, візками, ліфтами та іншими підйомно-транспортними засобами. Вибираючи місце для технічного майна, враховують, що на нижній полиці стелажів укладають важкі і важкопересувні деталі, а на верхні – легкі. До полиць стелажів прикріплюють ярлики з назвами майна. Майно, що зберігається в тарі (ящиках), укладають у штабелі на дерев'яних підставках завтовшки 20-25 см. Висота таких штабелів залежить від висоти приміщення, роду майна та міцності упаковки. Між штабелями мають бути проходи завширшки 1 м для огляду, маркування, укладання, видачі майна, а також вентиляції. На кожному ящику прикріплюють ярлики, на яких зазначають назву і кількість майна.

В усіх складських приміщеннях забороняється зберігати технічне майно купою або зберігати разом різні за технічним станом категорії майна. Усе воно підлягає точному обліку. На кожен його вид у складі заводять облікову картку, у якій записують надходження і витрати матеріалу, виводять залишки. За цими даними регулюють надходження на склади нового технічного майна.

Під час зберігання майна з нього періодично видаляють пил, бруд, вологу, провітрюють і просушують, а уражене корозією і цвіллю обробляють; захисне покриття відновлюють змащуванням або підфарбовуванням. Нормативи зберігання технічного майна наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. Нормативи зберігання технічного майна в АТП

Запасні частини і матеріали	Тривалість зберігання, діб
Паливо для автомобілів	5
Мастильні і лакофарбові матеріали, автомобільні камери	15
Кисень і ацетилен у балонах, пиломатеріали, метал, інші експлуатаційні матеріали	10
Агрегати	Постійний незнижуваний запас
Деталі та вузли	20
Відпрацьовані мастильні матеріали, які підлягають регенерації	10
Металобрухт, цінний металобрухт	15
Автомобілі й агрегати, які підлягають списанню	10
Автомобільні шини	10
Ремонтний фонд, який підлягає капітальному ремонту	10
Інструменти	15

Примітки: 1. Для АТП, розташованих у віддалених районах або у місцях нерегулярного постачання, допускається збільшувати тривалість зберігання, але не більш, ніж у 2 рази.

2. Якщо в регіоні функціонує централізована система матеріально-технічного постачання і якщо є центральні склади, тривалість зберігання запасних частин і матеріалів, крім палива, зменшують у 2 рази.

Рівень організації роботи складу можна оцінити його вантажообігом, добрим збереженням матеріальних цінностей, безперервним постачанням виробничих підрозділів підприємства, використанням площі та об'єму складських приміщень, розміром капітальних вкладень на обладнання складу, ступенем механізації складських робіт, продуктивністю праці робітників складу та іншими техніко-економічними показниками. Використання площі складських при-

міщень визначається відношенням площі, зайнятої матеріалами, до загальної площі складу. Аналогічно визначають використання об'єму складських приміщень.

Зберігання палива і мастильних матеріалів. Рідке автомобільне паливо зберігають у спеціальних підземних складах. Таке зберігання менш небезпечне, займає меншу площу, не потребує для зливання палива спеціальних насосних установок, забезпечує мінімальні втрати палива від випаровування. Паливо зберігається у резервуарах різної місткості. Їх заглиблюють настільки, щоб найвищий рівень палива в них був не менш, ніж на 0,2 м нижче від поверхні землі.

При зберіганні рідкого автомобільного палива треба передбачати заходи, які створюють цілковиту безпеку при його зберіганні. Особливо суворі вимоги щодо зберігання бензину. Вже при температурі вищій від 0 °С повітря може бути насичене парами бензину в такій концентрації, яка може призвести до вибуху. Тому склади палива обладнують засобами пожежогасіння, розміщують їх на ізольованій огороженій території і оснащують обладнанням для заправки АТЗ паливом. Основними місцями зберігання і роздачі автомобільного палива є автозаправні станції і заправні пункти.

Мастильні матеріали зберігають у спеціальних сховищах, де рідкі оливи тримають у цистернах, а консистентні мастильні матеріали – у металевих бочках із кришками. Склади мастильних матеріалів розміщують у підвальних приміщеннях під постами ТО автомобілів. У складі мастильних матеріалів може зберігатися в спеціальних місткостях гас, промивна рідина та інші матеріали.

Запас палива Q_n на всі види робіт (лінійні, внутрігаражні і технічні потреби) визначають за формулою:

$$Q_n = 1,01 \sum L_{\text{доб}} H_n D_3^n v / 1000, \quad (6.70)$$

де $\sum L_{\text{доб}}$ – сумарний добовий пробіг автомобілів однієї моделі, км; H_n – норма витрати палива, л/100 км; D_3^n – тривалість зберігання палива, діб; v – коефіцієнт зміни норми витрати палива.

Запас мастильних матеріалів Q_M визначають залежно від витрати палива:

$$Q_M = \sum L_{\text{дооб}} H_M D_3^M / 10000, \quad (6.71)$$

де H_M – норма витрати мастильних матеріалів на 100 л палива (табл. 6.3), л; D_3^M – тривалість зберігання мастильних матеріалів (для олів двигунів), днів.

Таблиця 6.3. Норми витрат мастильних матеріалів (H_M)

Тип оливи	Норма витрати мастильного матеріалу для автомобіля з двигуном, л	
	карбюраторним	дизельним
Моторна	2,4	3,2
Трансмісійна	0,3	0,4
Спеціальна	0,1	0,1
Пластичний (консистентний) мастильний матеріал, кг	0,2	0,3

Кількість колонок для заправки автомобілів:

$$N_K = (A_e t_{\text{зан}} / 60T_{\text{зан}}) + 1, \quad (6.72)$$

де A_e – експлуатаційна кількість автомобілів; $t_{\text{зан}}$ – тривалість заправки одного автомобіля, хв; $T_{\text{зан}}$ – загальна тривалість заправки всіх автомобілів АТП, год; 1 – кількість резервних колонок.

Тривалість заправки одного автомобіля визначають сумою:

$$t_{\text{зан}} = t_{n.з} + t_{в.з}, \quad (6.73)$$

тут $t_{n.з}$ – тривалість підготовчо-завершальних операцій, $t_{n.з} = 1,5 - 2$ хв; $t_{в.з}$ – тривалість власне заправки одного автомобіля, хв. ($t_{в.з} = V_n W_K$, де V_n – місткість паливного бака, л; W_K – подача колонки, л/хв.)

Кількість складського устаткування визначають за нормами запасів кожного виду матеріалу.

Зберігання запасних частин, агрегатів і матеріалів. Склад запасних частин повинен відповідати таким загальним вимогам: розміщення складу має забезпечувати швидке і з найменшими затратами часу отримання запасних частин та їх доставку за призначенням; склад повинен завжди мати запасні частини необхідної номенклатури; повинен забезпечувати захист запасних частин від впливу температури та вологи, механічних та інших пошкоджень; на складі треба мати обладнання, пакувальні і допоміжні матеріали, які забезпечують збережуваність запасних частин від отримання їх до реалізації з найменшими затратами фізичної праці і матеріальних засобів; склад повинен вести облік про щорічне витрачання запасних частин з урахуванням сезонності, а також мати обчислювальну техніку для виконання облікових операцій.

Складські операції, пов'язані з переміщенням запасних частин, повинні бути механізовані. Для цього застосовують різні механізми: електронавантажувачі, ліфти, тягачі з причіпними візками, кран-балки, кран-штабелери, конвеєри, роликові конвеєри ручні візки та інше устаткування.

Для надійного збереження технічного майна при транспортуванні і зберіганні запасних частин на складах до моменту використання важливе значення має консервація. Вибір консерваційних матеріалів залежить від таких чинників: матеріалу виробу, точності обробки поверхонь, які консервують, планового терміну зберігання, умов зберігання і транспортування, затрат на консервацію і розконсервацію та інше. Поширені такі консерваційні матеріали: пластичні мастильні матеріали, рідкі консерваційні оливи, антикорозійні оливи з мастильними властивостями, полімерні покриття, мікровоски, інгібітори корозії.

Пластичні мастильні матеріали застосовують для консервації зовнішніх поверхонь виробів, які зберігаються на відкритих майданчиках, оскільки вони практично не змиваються водою. Проте, внаслідок того, що консервація пластичними мастильними матеріалами погіршує товарний вигляд виробів, потребує великих затрат під час розконсервації і неекономічна з огляду на витрати матеріалів, зараз застосовують інгібіровані оливи й інгібітори корозії.

Економії при використанні для консервації рідких інгібірованих олив досягають завдяки легкості нанесення їх, незначних витрат матеріалів і затрат праці при розконсервації, можливості механізації процесу консервації. Принципова відмінність рідких інгібірованих мастильних матеріалів від твердих консистентних полягає в тому, що рідкі мастильні матеріали захищають метал від корозії в тонкому молекулярному шарі за рахунок адсорбції поверхнево-активних речовин – інгібіторів корозії – металом. При нанесенні мастильного матеріалу в підігрітому стані захисну плівку отримують тоншою, витрата його за однакової ефективності захисту менша. Незважаючи на те, що рідкі інгібіровані мастильні матеріали дорожчі від твердих, застосування їх дає економічний ефект.

Для консервації запасних частин, які мають хромовані, оцинковані, пофарбовані поверхні або такі, до яких входять гума, пластмаси чи інші неметалеві матеріали, часто використовують мікровоскові покриття. Ці захисні рідини являють собою водні або інші воскові суспензії, які створюють після нанесення їх на поверхню суцільні пластично-тверді воскові покриття.

Зараз набули поширення тверді або напівтверді еластичні плівки. Вони швидко висихають і тверднуть, завдяки чому прискорюється пакування виробів. Вони добре захищають поверхню металу від корозії та механічних пошкоджень і легко видаляються при розконсервації. Антикорозійні плівкові покриття випускають різних кольорів і відтінків, що дає змогу розрізнити покриття, визначати час нанесення покриття, щоб в установлені терміни зробити переконсервацію, розпізнавати деталі однієї групи (наприклад, деталі двигуна – покриття червоного кольору, деталі коробки передач – жовтого кольору тощо).

Консервація виробів інгібіторами корозії – найдешевший і поширений засіб. Інгібітори застосовують у вигляді інгібірованого паперу, порошоків, а також спиртових, спиртоводних або водних розчинів. Для розконсервації виробів, видалення мастильного матеріалу застосовують пару, гас, лужний розчин, чистий бензин, розчинники та інші засоби.

Збереження консерваційних покриттів залежить від властивостей та якості бар'єрних матеріалів, тому питанням пакування запасних частин приділяють велику увагу. Бар'єрне пакування має зберігати консерваційні матеріали і за можливістю захищати деталі від механічних пошкоджень. Основним способом бар'єрного пакування виробів є загортання їх у папір. При застосуванні для консервації летких інгібіторів шви в папері заклеюють липкою стрічкою або пакують вироби в поліетиленові чохла і чохла з полімерних плівок.

Для упакування використовують, головним чином, картонні коробки. Застосовується також спеціальна металева і комбінована, рідше – дерев'яна тара. Застосовують і полімерні матеріали. Вони міцні, мають високу питому в'язкість, водо-, оливо- і кислотостійкі, прозорі, гнучкі, малопроникні для газів і пари. Із полімерних матеріалів виготовляють тару малого і середнього розмірів. Для упакування великих виробів використовують різні сорти плівок і паперу. Поширене також пакування деталей у плівку під вакуумом.

В умовах АТП запасні частини, агрегати, прилади й електроустаткування зберігають у закритих опалюваних складах на багатоярусних стелажах або у шафах, розташованих за груповою (агрегатною) системою, щоб було зручно знаходити потрібні деталі. Температура повітря у приміщенні повинна бути не нижче, ніж 5°C за відносної вологості 40-75 %. Картери агрегатів мають бути заповнені оливою відповідно до технічних умов. Зовнішні отвори агрегатів закривають дерев'яними корками, обгорнутими промасленим папером. Дзеркальну поверхню гільз циліндрів покривають мастильним матеріалом, а всі отвори закривають парафінованим папером.

На стелажах блоки циліндрів укладають на нижніх полицях у вертикальному положенні. Шийки колінчастих і розподільчих валів поверх антикорозійного покриття обгортають пергаментним папером. Їх зберігають на спеціальних стелажах або стендах на нижніх полицях. Поршні зберігають у вертикальному положенні головками вгору, поршневі кільця і вкладиші – у заводській упаковці. Клапани, поршневі пальці і подібні до них деталі зберігають у вертикальному положенні на стелажах, полиці яких покриті промасленим або пара-

фінованим папером. Шестерні і вали укладають на нижніх полицях стелажів у кілька рядів у дерев'яних рамках з гніздами. Ресори і листи ресор зберігають у штабелях на ребро на дерев'яних настилах, усі підшипники – на стелажах у заводській упаковці.

Фарби і лаки зберігають в неопалюваних приміщеннях у справному герметичному упакованні з доброю вентиляцією, захищеними від прямої дії сонячних променів. Карбід кальцію має зберігатися в сухому неопалюваному приміщенні з витяжкою, у герметичній упаковці. Сірчану і соляну кислоти зберігають в закритих вентиляваних приміщеннях. Бутлі з сірчаною кислотою повинні бути закриті притертими скляними корками, головки яких обгорнуті конопляною тканиною і обв'язані шпагатом.

Балони з киснем повинні зберігатися у вертикальному положенні на дерев'яних пірамідах. Окреме приміщення для їх зберігання, обладнане витяжними трубами, має бути ізольованим та віддаленим не менш, ніж на 100 м від інших будівель.

Кольорові метали зберігають на стелажах роздільно, щоб уникнути хімічної взаємодії між ними, олово – при температурі не нижче, ніж 12°C (допускається короткочасне зберігання при температурі не нижче –20°C). Такі жорсткі вимоги до температури повітря при зберіганні олова пояснюються тим, що за різких коливань і низькій температурі олово зазнає особливого виду корозії, яку називають олов'яною чумою. Виявивши її, усі виливки олова переплавляють.

Запас матеріалів і запасних частин залежно від сумарного добового пробігу АТЗ ($\sum L_{\text{доб}}$) визначають за формулою:

$$Q_{\text{м.зч}} = \sum L_{\text{доб}} M_a \omega D_3^{\text{м.зч}} 10^{-6}, \quad (6.74)$$

де M_a – маса автомобіля, кг; ω – коефіцієнт частки матеріалів і запасних частин від маси автомобіля на 10000 км пробігу, значення коефіцієнта ω для різних матеріалів наведено в таблиці 6.4; $D_3^{\text{м.зч}}$ – тривалість зберігання матеріалів і запасних частин.

Таблиця 6.4. Значення коефіцієнта ω

Об'єкт зберігання	Значення ω		
	Вантажний автомобіль	Легковий автомобіль	Автобус
Запасні частини	1-1,5	1,5-2	1-1,5
Метали і металовироби	0,5-0,8	0,5-0,7	0,7-1
Хімікати та лакофарби	0,1-0,2	0,2-0,3	0,2-0,3
Інші матеріали	0,1-0,2	0,1-0,2	0,2-0,3

Запас агрегатів обмінного фонду обчислюють за формулою

$$Q_a = A_c n_a \cdot 10^{-2}, \quad (6.75)$$

де n_a – кількість оборотних агрегатів на кожні 100 автомобілів.

Зберігання акумуляторних батарей (АКБ). Під час зберігання акумуляторних батарей вони втрачають частину (0,7-4,0 % за добу) їх ємності (саморозряд). Через шар електроліту, що потрапив на поверхню брудної батареї, може також відбуватися розряд. Тому в процесі тривалого зберігання треба здійснювати профілактичні заходи, щоб підтримувати АКБ у справному стані.

Акумуляторні батареї зберігають у сухих, добре вентильованих, приміщеннях. Батареї ставлять в один ряд на підлозі або на стелажах вивідними затискачами вгору на відстані не менш як 1 м від печей і нагрівальних приладів, у місцях, захищених від потрапляння прямих сонячних променів. Приміщення для зберігання АКБ повинно бути ізольоване від приміщень, в яких зберігається інше майно.

Розрізняють зберігання батарей із сухими пластинами, з електролітом і без нього. Батареї з сухими пластинами можна зберігати при температурі навколишнього повітря до -30 °С. Максимальний термін зберігання батарей у такому вигляді не повинен перевищувати двох років.

Заряджені АКБ з електролітом зберігають за можливістю при температурі не вище 0 °С, оскільки при понижених температурах саморозряд і корозія акумуляторних пластин сповільнюються. Максимальний термін зберігання АКБ з електролітом становить при температурі не вище як 0 °С близько півтора року, а при температурі не нижче, ніж $18-20$ °С – близько дев'яти місяців. Мінімальна тем-

пература при зберіганні батарей з електролітом має бути не нижче, ніж $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. У разі зберігання батарей при плюсовій температурі їх треба щомісяця підзаряджати відповідно до інструкції про приведення акумуляторних батарей у робочий стан. Після закінчення зберігання, перед пуском в експлуатацію батареї треба повністю зарядити.

Зберігати АКБ без електроліту слід тільки у тому разі, коли їх потрібно транспортувати до споживача. Перед тим, як поставити на зберігання, такі батареї повністю заряджають, після чого зливають електроліт з двогодинною витримкою батареї верх дном над посудиною. Коли електроліт тече, батареї закривають корками й ущільнювальними дисками, обмивають 10%-м розчином нашатирного спирту або 5%-м розчином каустичної соди і зберігають при температурі не вище 0°C і не нижче -30°C близько року. У разі зберігання їх при кімнатній температурі максимальний термін зберігання знижується до трьох місяців.

Тривале зберігання сучасних АКБ має деякі особливості. Є такі способи тривалого зберігання АКБ з електролітом: з періодичним зарядженням їх, з постійним – мікрострумами, які компенсують саморозряд; із заміною електроліту водним розчином борної кислоти.

При зберіганні батарей з періодичним підзарядженням їх попередньо заряджають і очищають від забруднень. Поверхню акумулятора протирають 10 %-м розчином аміаку. Контролюють густину електроліту (не рідше одного разу на місяць), і, якщо вона нижча від початкової на $0,05\text{ г/см}^3$, батарею підзаряджають. Практично батареї підзаряджають щомісяця (при зберіганні в теплому приміщенні) і через 3-4 місяці (при зберіганні у приміщенні з температурою $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче).

Якщо АКБ зберігають протягом 6 місяців і більше доцільно замінити електроліт. Для цього акумулятор повністю заряджають і зливають електроліт. Потім двічі промивають дистильованою водою з проміжками 15-20 хв., наповнюють водним 4-5 %-им розчином борної кислоти, закривають елементи корками і ставлять на зберігання у приміщення з температурою вище $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після закінчення терміну

зберігання розчин борної кислоти зливають і наповнюють батарею електролітом з густиною $(1,4 \pm 0,01)$ г/см³. Через 20-30 хв. густину електроліту коректують до $1,24-1,25$ г/см³, перемішуючи його, а також зливають менш концентрований і додають концентрованіший електроліт з густиною $(1,4 \pm 0,01)$ г/см³. Після цього батарею ставлять без підзаряджання на автомобіль. Протягом 12 місяців зберігання зарядженість таких батарей практично не змінюється.

Зберігання шин і гумотехнічних виробів. Щоб запобігти старінню гуми, усі нові, відновлені, придатні до експлуатації і ремонту шини, камери та ободові стрічки зберігають у закритому окремому сухому приміщенні, захищеному від сонячної радіації. Якщо у складському приміщенні є вікна, їх шибки фарбують червоною або оранжевою фарбою. Стелажі у складських приміщеннях розміщують відповідно до норм пожежної безпеки і з урахуванням зручності роботи та із застосуванням вантажопідйомних механізмів. Опалювані пристрої, які є на складі, екранують. Стелажі з шинами і вішалки з камерами та ободовими стрічками не повинні бути ближче 1 м від опалювальних приладів.

При зберіганні шин допускається коливання температури повітря в межах $-30 - +35$ °С і відносної вологості 50-80%. Температуру і відносну вологість на складах регулюють, провітрюючи приміщення (у жарку погоду – вночі). При відносній вологості нижче 50% застосовують штучне зволоження, посипаючи підлогу вологим трачанням або обприскуючи його водою. У дощову погоду склади мають бути зачинені. Не можна допускати, щоб у складах було затхле повітря, а на стінах – цвіль. При появі їх приміщення дезінфікують 2%-м розчином формаліну і провітрюють. Забороняється провітрювати склади під час грози і протягом 2-3 год. після неї через різке збільшення озону в повітрі.

Нові шини, відновлені, а також ті, які були в експлуатації, але придатні до подальшого використання, шини, підготовлені до здачі на відновлення, зберігають у вертикальному положенні на стелажах або на рівній підлозі. При зберіганні шин у зборі з камерами, останні напompовують повітрям до внутрішнього розміру покришок, щоб

не допустити утворення складок на них. Безкамерні шини зберігають із дерев'яними або картонними розпірками між бортами. Шини, які були в експлуатації, і придатні для подальшого зберігання очищають від бруду. Допускається: а) зберігати шини вантажних автомобілів у зборі з підпомпованими камерами штабелями заввишки до 2 м протягом не більше одного місяця; б) зберігати шини на піддонах при дотриманні вимог пункту „а”; в) зберігати шини на відкритому повітрі терміном до одного місяця у вертикальному положенні, під навісом або укритими матеріалом, який захищає їх від зовнішнього впливу (сонця, атмосферних опадів і забруднень). При тривалому зберіганні шини перевертають, змінюючи опорну поверхню через кожних три місяці.

Запас шин визначають за формулою

$$Q_{ш} = \sum L_{об} K_{ш} D_3''' / L_n, \quad (6.76)$$

де $K_{ш}$ – кількість робочих коліс автомобіля; D_3''' – тривалість зберігання шини; L_n – норма пробігу шини, км.

Камери зберігають підпомпованими повітрям, підвішеними на кронштейнах із циліндричними поверхнями. Через кожних три місяці зберігання на кронштейнах камери повертають, змінюючи сектор підвісу. Допускається не більш як три місяці зберігати камери на піддонах, складеними стопами або згорнутими, при цьому вживають заходів для того, щоб виключити можливість пошкодження їх вентилями та іншими предметами. Ободові стрічки зберігають підвішеними на кронштейнах із напівкруглими поверхнями. Допускається зберігати ободові стрічки пачками по 5-20 стрічок у кожній (залежно від розміру стрічок). Не можна зберігати шини, камери, ободові стрічки в одному приміщенні з паливом, мастильними матеріалами та хімічно активними речовинами. Дотримання викладених правил забезпечує захист шин і гумових виробів від дії таких чинників, які шкідливо впливають на їх збережуваність: озону, сонячного світла, тепла, органічних розчинників, мастильних матеріалів, кислот; тривалого контакту з міддю та іншими корозійно активними речовинами; тривалого однобічного навантаження, перегинів, нагромадження один на один, опертя шин на нерівності поверхонь.

Питання для самоконтролю

1. Способи зберігання АТЗ.
2. Яке призначення консервації АТЗ в автотранспортних підприємствах?
3. Дайте характеристику основних складських приміщень комплексного АТП.
4. Від чого залежать обсяги паливо-мастильних матеріалів в АТП і як вони визначаються?
5. Як визначити запас агрегатів обмінних фондів в АТП?
6. Технологія зберігання акумуляторних батарей на підприємстві.
7. Технологія зберігання шин та гумотехнічних виробів на підприємстві.

6.6. Оптимізація обсягів запасних частин та шин

Ефективність використання та надійність автомобільної техніки у значній мірі залежить від забезпечення її матеріальними ресурсами. До них належать: паливо; мастильні матеріали; запасні частини та ремонтно-технічні матеріали; агрегати обмінного фонду; шини; інші матеріали.

Витрати палива, мастильних матеріалів, шин функціонально залежать від пробігу автомобіля. Останній впливає на витрату запасних частин та обмінних агрегатів. Надійність їх, як відомо, визначає надійність автомобіля, а, отже, величину його пробігу. Тому методи та моделі оцінювання потреби у запасних частинах та агрегатах і методи оцінювання надійності автомобілів повинні бути взаємопов'язаними. Визначальним чинником, який пов'язує ці методи - є інтенсивність потоку відмов деталей, агрегатів та автомобіля в цілому.

Потреби АТП у запасних частинах визначаються переважно надійністю автомобілів (агрегатів, деталей), інтенсивністю експлуатації та віковою структурою АТЗ. Надійність автомобілів оцінюють за параметром чи функцією потоку відмов, які визначаються напрацюваннями деталей на відмови. Інтенсивність експлуатації автомобілів

характеризується їх пробігом упродовж планового періоду. Вікова структура парку визначається пробігом автомобілів з початку експлуатації.

Розрахунок потреби у запасних частинах n -го виду для автомобілів однієї марки з урахуванням вищеперелічених чинників, здійснюють за формулою:

$$Q_n = r \cdot \sum_{j=1}^h [\Omega_n(L_j) - \Omega_n(L_o)] \cdot A_j, \quad (6.77)$$

де r – кількість однакових деталей на автомобілі, од; $\Omega_n(L_j), \Omega_n(L_o)$ – значення функції потоку відмов n -ї деталі автомобіля j -ї вікової групи на кінець та початок запланованого періоду; L_o, L_j – пробіг автомобіля j -ї вікової групи з початку його експлуатації до початку та на кінець запланованого періоду відповідно, тис. км; A_j – кількість автомобілів j -ї вікової групи, од.

Такі компоненти формули (6.77) як функція потоку відмов і пробіг автомобіля з початку експлуатації, пов'язані не тільки функціонально, але й мають спільну інформаційну базу, визначаються надійністю деталей автомобіля. Знаходження функції потоку відмов і річного пробігу автомобілів у спільній інформаційній базі можливе, якщо їх пробіг розраховувати на основі моделювання зміни імовірності безвідмовної роботи (коефіцієнта готовності) автомобілів з урахуванням змін надійності їх агрегатів вузлів і деталей.

Відповідно до такої схеми прогноз потреби у запасних частинах ґрунтується на розрахунках характеристик процесів відновлення деталей, агрегатів і автомобілів, моделюванні змін коефіцієнта готовності їх за віковими групами та прогнозуванні пробігу на планований період. Реалізація функції керування матеріально-технічним постачанням в АТП потребує розв'язування задач оптимізації номенклатури запасних частин, які входять у склад матеріальних запасів підприємства.

Під номенклатурою запасних частин розуміють перелік найменувань конструктивних елементів автомобіля, які складено у певній послідовності відповідно до технічної документації заводу-виготівника. Номенклатурні каталоги, за якими АТП здійснюють

замовлення запасних частин, передбачають 700-800 найменувань запасних частин для кожної моделі АТЗ. Реальну картину потреби запасних частин будують на основі результатів спостережень за групами автомобілів в експлуатації.

Результати досліджень експлуатаційної надійності АТЗ вказують на те, що реальна потреба у запасних частинах переважно складається з обмеженої кількості деталей, які частіше за інші виходять з ладу і, отже, є визначальними щодо надійності та трудових і матеріальних затрат на підтримання АТЗ у справному стані.

Одним із поширених методів оптимізації номенклатури запасних частин є використання математичних моделей систем масового обслуговування за наперед заданими показниками. Такого типу задачі розв'язуються багатокроковими процедурами - способом поступової зміни шуканого параметра забезпечується бажаний рівень обраних показників.

Нехай, з огляду на застосування агрегатного методу ремонту, для складу агрегатів АТП потрібно визначити необхідну кількість оборотних двигунів n_0 . З постів зони ПР до агрегатного відділення надходять двигуни, які потребують ремонту. Одночасно, до складу надходять замовлення на отримання оборотних двигунів. Тривалість відновлення працездатності двигуна в агрегатному відділенні та інтервали часу між надходженням чергових замовлень з зони ПР – випадкові величини. Інтервали часу між надходженням замовлень підпорядковуються, як правило, показниковому закону. Математичні сподівання вказаних величин становлять відповідно $M(\tau_0)$ і $M(\tau_1)$ годин. У разі відсутності на складі відремонтованого або нового двигуна, замовник займає чергу і перебуває в стані очікування. Такий стан вважається небажаним, тому необхідно обмежитися тривалістю очікування $[\Delta t_{\text{чер}}]$.

Розрахункова схема багатоканальної СМО з очікуванням (чергою) еквівалентна розглянутій у підрозділі 6.4. Якщо допустима довжина черги двигунів дорівнює f одиниць за наявних n каналів обслуговування (постів ремонту двигунів) і постійній інтенсивності

надходження замовлень на отримання двигунів λ , граф можливих станів матиме наступний вигляд (рис.6.14):

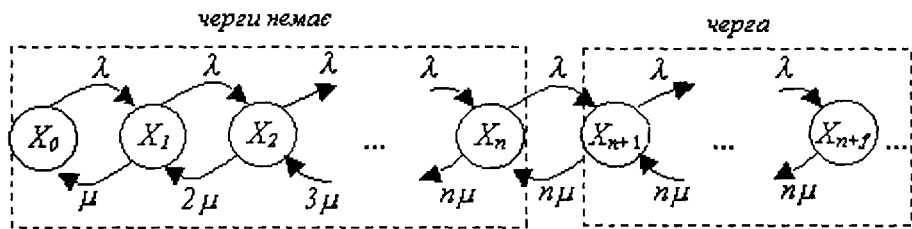


Рис. 6.14. Граф станів багатоканальної СМО з обмеженою чергою на обслуговування

Стани, які відповідають наявності черги (починаючи з стану X_{n+1}) описуються таким чином: інтенсивності переходів зліва на право дорівнюють λ , а інтенсивності переходів у зворотній бік – $n \cdot \mu$.

Якщо СМО у даному разі вважати склад оборотних агрегатів (двигунів), у який із зони ПР АТЗ надходять замовлення з інтенсивністю λ , а поповнення їх здійснюється з агрегатного відділення з параметром μ , то значення ймовірностей, які відповідають усім можливим станам системи розраховуються за формулами:

$$P_0 = \left(\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^{n+1}}{n!(n-\alpha)} \right)^{-1}; \quad (6.78)$$

$$P_k = \frac{\alpha^k}{k!} P_0, \quad (1 \leq k \leq n); \quad (6.79)$$

$$P_{n+r} = \left(\frac{\alpha}{n} \right)^r P_n, \quad (1 \leq r \leq f), \quad (6.80)$$

де P_0 – імовірність того, що на склад не надходять замовлення на двигуни з зони ПР; P_k – імовірність того, що на склад надійшло k замовлень на двигуни (черга відсутня); P_{n+r} – імовірність того, що на склад надійшло $(n+r)$ замовлень на двигуни (наявність черги).

Математичне сподівання довжини черги та середня тривалість очікування в черзі визначаються з виразів:

$$M(r) = \frac{\alpha^{n+1} P_0}{(n-1)!(n-\alpha)^2}; \quad (6.81)$$

$$M(\Delta t_{\text{чep}}) = \lambda^{-1} M(r). \quad (6.82)$$

Приклад. Початкові дані: $M(\tau_3) = 12,5$ год.; $M(\tau_0) = 10$ год.; $[\Delta t_{\text{чep}}] = 0,5$ год.

1. Визначають параметри λ , μ та α :

$$\lambda = 1/M(\tau_3) = 0,08 \text{ год}^{-1}; \quad \mu = 1/M(\tau_0) = 0,1 \text{ год}^{-1}; \quad \alpha = \lambda/\mu = 0,8.$$

2. З умови $n_{\text{min}} \geq \alpha$, знаходять мінімально можливу кількість двигунів: $n_{\text{min}} = 1$.

3. Для варіанту $n = n_{\text{min}}$ математичне сподівання довжини черги:

$$P_0 = \left(1 + 0,8 + \frac{0,8^2}{1 \cdot (1-0,8)} \right)^{-1} = 0,2; \quad M(r) = \frac{0,8^2 \cdot 0,2}{1 \cdot (1-0,8)^2} = 0,2.$$

4. Середня тривалість очікування видачі двигуна зі складу:

$$M(\Delta t_{\text{чep}}) = \frac{0,2}{0,08} = 2,5 \text{ год.}$$

5. Приймають $n = n_{\text{min}} + 1$ і визначають математичне сподівання довжини черги для цього варіанту:

$$P_0 = \left(1 + 0,8 + \frac{0,8^2}{1 \cdot 2} + \frac{0,8^3}{1 \cdot 2(2-0,8)} \right)^{-1} = 0,42; \quad M(r) = \frac{0,8^3 \cdot 0,42}{1 \cdot 1,2^2} = 0,149.$$

6. Середня тривалість очікування видачі двигуна зі складу:

$$M(\Delta t_{\text{чep}}) = \frac{0,149}{0,08} = 1,86 \text{ год.}$$

7. Приймають $n = n_{\text{min}} + 2$ і визначаємо математичне сподівання довжини черги для цього варіанту:

$$P_0 = \left(1 + 0,8 + \frac{0,8^2}{1 \cdot 2} + \frac{0,8^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{0,8^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot (3-0,8)} \right)^{-1} = 0,447;$$

$$M(r) = \frac{0,8^4 \cdot 0,447}{2 \cdot (3-0,8)^2} = 0,019.$$

8. Середня тривалість очікування двигуна:

$$M(\Delta t_{\text{чep}}) = \frac{0,019}{0,08} = 0,24 \text{ год.}$$

9. З умови $M(\Delta t_{\text{чep}}) \leq [\Delta t_{\text{чep}}]$ ($0,24 < 0,5$) робиться висновок про необхідну і достатню кількість оборотних двигунів: на складі АТП повинен бути незни-

жуваний запас трьох двигунів. При цьому середня тривалість вимушеного простою в зоні ПР АТЗ становитиме 14 хв., при нормі простою - не більше 30 хв.

Ефективними методами оптимізації обсягів запасних частин в ТЕА є методи теорії прогнозування. Потреба у прогнозах виникає на усіх рівнях керування ТЕА. Наприклад, на низовому рівні (ВТБ АТП) об'єктами прогнозування виступають запаси оборотних агрегатів, вузлів, запасних частин для забезпечення процесів ТО та ремонту.

Прогнозування базується на математичних моделях двох типів – статистичних і детермінованих. Перший тип характеризується відсутністю повної визначеності зв'язків між параметрами процесу внаслідок впливу неконтрольованих чинників. Статистичні моделі прогнозування формуються на підставі спостережень. Інформаційною базою при цьому служать звітні дані або результати безпосередніх вимірювань (діагностування). Використовуються при цьому закони розподілів: нормальний, логарифмічно-нормальний, експоненційний, Вейбула тощо. Сфера можливого застосування цих моделей – прогнозування рівнів надійності АТЗ, термінів списання АТЗ, обсягів виконання РОД, витрат запасних частин, вузлів, експлуатаційних матеріалів тощо.

Елементами раціональної організації матеріально-технічного забезпечення АТП виступають передбачення рівня витрат запасних частин, вузлів і агрегатів. У чинній системі планування обсяг витрат названих ресурсів прийнято задавати на один календарний рік в одиницях на кожні 100 АТЗ. За відомих значень середнього річного пробігу автомобіля L_p , математичного сподівання пробігу автомобіля до заміни об'єкта, або його відновлення - \bar{L} , математичного сподівання терміну служби автомобіля в роках t_a , коефіцієнта відновлення ресурсу після ремонту η , річний обсяг запасних частин становитиме:

$$H = \frac{100}{t_a} \left[\frac{L_p t_a - \bar{L}}{\eta \bar{L}} + 0,5 \left(\frac{v^2}{\eta} + 1 \right) \right], \quad (6.83)$$

де v – коефіцієнт варіації пробігів АТЗ на відмови.

Коефіцієнт v розраховується за виразом $v = \sigma_L / \bar{L}$, тут σ_L – середньоквадратичне відхилення пробігів АТЗ на відмови, тис. км; $\sigma_L = \sqrt{D_L}$, де D_L – дисперсія розглядуваної випадкової величини).

Значення \bar{L} і D_L визначаються за окремими вузлами, агрегатами та деталями опрацюванням відповідної статистичної інформації. Для прикладу, у таблиці 6.5 наведено результати опрацювань інформації про пробіги АТЗ на відмови з причин виходу з ладу їх агрегатів, які потребують заміни.

Середній термін служби автомобіля визначають з виразу:

$$t_a = \text{int} \left(\frac{(n_k + 1)L_{KP}^k}{L_p} \right), \quad (6.84)$$

де n_k – кількість капітальних ремонтів, яка передбачається протягом терміну служби АТЗ (переважно $n_k = 2$); позначення “int” означає, що результат заокруглюють до найближчого цілого числа.

Приклад. Нехай за довідковими даними математичне сподівання ресурсу кульових пальців приводу кермового керування вантажного автомобіля становить $\bar{L} = 50$ тис. км. Попередніми спостереженнями зафіксовано його дисперсію $D_L = 100$ тис. км. Потрібно зробити прогноз щодо витрат цих деталей на наступний рік, якщо середньорічний пробіг АТЗ становить $L_p = 100$ тис. км. Відомі також математичне сподівання терміну служби АТЗ, $t_a = 5$ років, та коефіцієнт відновлення ресурсу $\eta = 1$. Проаналізувати зміну обсягів кульових пальців приводу кермового керування при збільшенні удвічі значення коефіцієнта варіації.

1. Визначають коефіцієнт варіації ресурсу кульового пальця:

$$v = \sqrt{D_L} / \bar{L} = 10 / 50 = 0,20$$

2. Розраховують прогнозований річний обсяг запасу кульових пальців кермових приводів для забезпечення працездатності 100 одиниць АТЗ:

$$H = \frac{100}{5} \left[\frac{100 \cdot 5 - 50}{1 \cdot 50} + 0,5 \left(\frac{0,2^2}{1} + 1 \right) \right] = 190,4 \text{ од.}$$

3. Розраховують норму витрат при збільшенні коефіцієнта варіації удвічі:

$$v = 2 \cdot 0,20 = 0,4, \text{ тоді } H = \frac{100}{5} \left[\frac{100 \cdot 5 - 50}{1 \cdot 50} + 0,5 \left(\frac{0,4^2}{1} + 1 \right) \right] = 191,6 \text{ од.}$$

Отже, зміна обсягів кульових пальців – збільшення на 0,63%.

Таблиця. 6.5. Математичні сподівання та дисперсії розсіювання пробігів АТЗ до заміни базових агрегатів

Марка АТЗ	\bar{L} , тис. км / D_L , тис. км			
	Двигун	Коробка передач	Задній міст	Передній міст
ГАЗ-53 А	200/100	260/150	280/140	270/130
ЗИЛ-130	250/100	300/200	320/180	290/170
МАЗ-5335	275/130	295/150	320/160	330/170
КамАЗ-5320	320/160	330/150	310/140	300/170
ГАЗ-2401	200/180	250/150	320/170	300/160
ПАЗ-672	180/90	190/80	200/90	150/100

Задачі прогнозування часто зводяться до передбачення грошових витрат в майбутньому на основі минулих обсягів витрат на запасні частини, матеріали до АТЗ. Мінімальний період часу, за який з найбільшою вірогідністю може бути складена регресійна модель, дорівнює 5 рокам. За меншого проміжку часу ступінь вірогідності може зменшитись внаслідок випадкових відхилень в обсягах споживання або продажу їх. Припустимо, що відомий графік обсягу споживання запасних частин і матеріалів до АТЗ в регіоні за період n років ($t = n$). При цьому прогнозується, що залежність має лінійний характер

$$y = a_0 + a_1 t, \quad (6.85)$$

де y - обсяг споживання; t - роки; a_0, a_1 - коефіцієнти рівняння регресії, які визначають способом найменших квадратів.

Слід зазначити, що ці коефіцієнти мають такий фізичний зміст: a_0 - коефіцієнт, який відображає основний обсяг споживання і вплив незмінних чинників (площі складів, розташування магазинів прода-

жу тощо); a_1 - коефіцієнт, який враховує динаміку зміни щорічного приросту обсягу споживання і вплив чинників, які змінюються в часі (зростання грошових доходів населення, збільшення товарних ресурсів тощо).

Підставивши в рівняння (6.85) значення $t (t = 1, 2, \dots, n)$ одержують розрахункове (теоретичне) значення обсягів споживання за звітний період, при підстановці $t = n + 1$, прогнозоване значення на наступний плановий рік. Після порівняння теоретичного обсягу споживання з фактичним за кожний рік звітного періоду, можна зробити висновок про ступінь розбіжності щодо реального процесу.

Для прийняття остаточного рішення про можливість використання отриманої моделі прогнозування обсягу споживання на плановий період, потрібно розрахувати похибку прогнозу відхилення від його можливого розвитку. Для цього визначають сумарне відносне відхилення Y фактичного обсягу споживання y від розрахункового (теоретичного) \bar{y} за роками звітного періоду

$$Y = \sum \left| \frac{y - \bar{y}}{y} \cdot 100\% \right|. \quad (6.86)$$

На кінцеві результати прогнозу обсягів споживання запасів можуть впливати багато чинників, які необхідно враховувати, коректуючи обрану модель прогнозу. Отже математична модель набуває вигляду:

$$y = a_0 + a_1 t + S_t, \quad (6.87)$$

де S_t - відхилення фактичного обсягу споживання від розрахункового, або від загальної закономірності розвитку.

Для визначення цього параметра використовують значення середнього квадратичного відхилення σ фактичного обсягу споживання від розрахункового:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}}. \quad (6.88)$$

Вважається, що відхилення розрахункового обсягу споживання від фактичного $(y - \bar{y})$ незалежні між собою і описуються нормальним законом розподілу.

Для прийняття остаточного рішення про обсяг споживання на плановий рік користуються наступним правилом: 1) якщо розрахунковий обсяг споживання за останній рік менший від фактичного на одне і більше σ , то до кінцевого результату додається його значення; 2) якщо розрахунковий обсяг споживання за останній рік значно перевищує фактичний (на одне і більше σ), то кінцевий результат зменшують на його величину.

Зміст планування і керування поповненням складів запасними частинами, полягає у визначенні правил організації процесу поповнення, зберігання і постачання (видачі) запасу і у визначенні відповідних параметрів цього процесу. За допомогою відповідних математичних методів можна визначити оптимальний розмір одноразових поставок, їх періодичність, розмір максимального, середнього та страхового запасів, графіки постачань тощо. Різні системи постачань для відповідних задач відрізняються між собою початковими умовами: постійними чи змінними витратами матеріалів, допустимістю чи недопустимістю дефіциту, можливістю чи неможливістю запізнень поставок та інших чинників.

Усі системи поповнення запасів пов'язані з тим чи іншим визначенням послідовності контролю фактичного стану запасів на складі. Це потребує великих затрат праці та часу, особливо за наявності значної номенклатури запасних частин та матеріалів. Переважно з величезної кількості найменувань найбільша частина вартості запасу належить незначній номенклатурі запасних частин та матеріалів. Найпоширенішим способом групування номенклатури і обсягів запасних частин та матеріалів для зберігання їх на складах вважають метод ABC. Згідно з цим методом вся номенклатура деталей конкретного автомобіля (з точки зору попиту на них) поділяється на групи А, В, С: група А – деталі великого попиту; В – середнього; С – деталі низького попиту.

На першому етапі розрахунків вводиться єдиний вартісний показник C_i , який відображає усі види затрат щодо i -ї запасної частини. Цей показник розраховують для кожної деталі з використанням формули:

$$C_i = M_i (C_{зчи} + C_{РОД_i} + C_m), \quad (6.91)$$

де M_i – кількість i -х деталей, які використані за певний період експлуатації (пробіг) АТЗ, од.; $C_{зчи}$ – гуртова вартість i -ї деталі, грн.; $C_{РОД_i}$ – вартість РОД, пов'язаних з усуненням відмови i -ї деталі, грн.; C_m – втрати прибутків АТП, внаслідок простою АТЗ в ремонті через відсутність i -ї запасної частини, грн.

Отримані значення C_i за окремими запасними частинами розміщують послідовно у порядку зменшення їх вартості: $C_1 \geq C_2 \geq \dots \geq C_i \geq \dots \geq C_N$, де N – загальна кількість найменувань деталей (номенклатура).

Для зручності розрахунків вводять відносні величини вартісних показників q_i (у відсотках) і цим виконують нормування їх:

$$q_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^N C_i} \cdot 100\%. \quad (6.92)$$

Значення q_i підсумовуються за зростанням ($q_{\sum_i} = \sum q_i$) і подають у вигляді графіка (графічний метод), або, у разі застосування аналітичного способу, - таблицею пар значень ($q_{\sum_i}; i$) для визначення функціональних залежностей $q_{\sum_i} = f(i)$, де i – номер деталі, $i = 1, N$.

У графічному методі на осі ординат відкладають значення q_{\sum_i} , на осі абсцис – індекси 1, 2, ..., i , ..., N , відповідно до присвоєного номера позиції номенклатури запасних частин (рис. 6.15). Точки з координатами ($q_{\sum_i}; i$) на графіку з'єднують плавною кривою $OO'D$, яка загалом є опуклою. Після цього проводять дотичну LV до кумулятивної кривої $OO'D$, паралельно прямій OD . Пряма OD відповідає рівномірному розподілові затрат по усій номенклатурі, тобто характеризує частку будь-якої деталі від загального обсягу.

Абсциса точки дотику O' заокруглена до найближчого цілого значення відокремлює від всієї номенклатури деталей першу групу N_A (група А), в яку входять деталі з показниками $q_{\Sigma_i} \geq \bar{q}_{\Sigma_i}$. Відповідно ордината точки O - q_{Σ_A} вказує частку попиту групи деталей А у загальному показнику q_{Σ_i} .

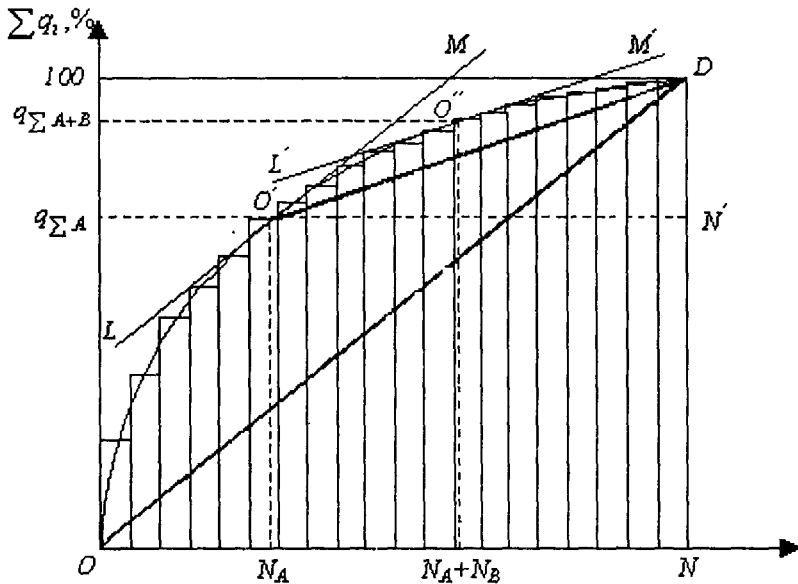


Рис. 6.15. Визначення графічним методом АВС обсягів номенклатури запасних частин до парку АТЗ

Продовжують розподіл за групами решти номенклатури деталей, користуючись вищеописаним способом. З'єднують точки O' і D , після чого проводять дотичну до кривої $O'O''D$, паралельну прямій $O'D$. Абсциса точки O'' поділяє решту номенклатури деталей на дві групи: груп B і C .

Таким чином, до групи B належать деталі з показником q_{Σ_b} який задовольняє умову

$$\bar{q}_{\Sigma_j} \leq q_{\Sigma_b} \leq \bar{q}_{\Sigma_N} \quad (6.91)$$

де

$$\bar{q}_{\Sigma_j} = \frac{100 - q_{\Sigma_A}}{N - N_A}. \quad (6.92)$$

Слід зазначити, що, якщо крива $OO'O'D$ не опукла, то неможливо виділити жодну з груп деталей; якщо не опуклою є крива $O'O'D$, то неможливо виділити деталі груп B і C .

Визначення необхідних запасів автомобільних шин виконують користуючись формулою

$$P_{ш} = \frac{L_3 \cdot n_{ш}}{L_n}, \quad (6.93)$$

де L_3 – річний пробіг усіх автомобілів в АТП; $n_{ш}$ – кількість шин на одному автомобілі без запасного колеса; L_n – норма пробігу АТЗ з даним типорозміром шин, тис. км.

За наявності в АТП інформації про ресурси нових і відремонтованих шин прогнозування потреби у шинах виконують з використанням методу статистичного моделювання. У цьому разі спочатку визначаються закони розподілів ресурсів нової та відремонтованої шин, моделюють функцію відновлення шини. В результаті прогнозована потреба у шинах визначається за формулою

$$P_{ш} = [\Omega(L_k) - \Omega(L_0)] \cdot n_{ш} \cdot A_c, \quad (6.96)$$

де $\Omega(L_0), \Omega(L_k)$ – функції розподілу тривалості відновлення шини даного розміру на початку та в кінці прогнозованого періодів; A_c – спискова кількість АТЗ розглядуваної моделі, од.; $(L_k - L_0)$ – річний пробіг АТЗ, тис. км.

Питання для самоконтролю

1. Як пов'язані між собою прогноз потреби в запасних частинах та функція потоку відмов АТЗ?
2. Що розуміють під номенклатурою запасних частин АТЗ?
3. Яка різниця між статистичними і детермінованими математичними моделями в теорії прогнозування запасів?
4. Зміст методу АВС групування номенклатури та обсягів запасних частин (матеріалів).

ЗАГАЛЬНИЙ ПІДСУМОК

Вважаємо за потрібне підвести підсумок. Вивчення дисципліни “Технічна експлуатація автомобілів” у послідовності структури посібника, сподіваємось, дасть можливість формувати теоретичні та прикладні знання і уміння як одне нерозривне ціле. Як відомо, у зв’язку з появою усе складніших за конструкціями автомобілів, з електронізацією їх органів керування, підвищенням їх експлуатаційної надійності та відповідними змінами в організації і технології технічного обслуговування та ремонту, деякі розділи цієї дисципліни з метою повнішого і глибшого розуміння виведені в окремі дисципліни – “Основи технічної діагностики”, “Діагностування технічного стану автомобілів”, “Технічні засоби діагностування”, “Вступ до технологічних процесів на автомобільному транспорті”, “Експлуатація та обслуговування машин”, “Технологічний розрахунок і проектування підприємств автомобільного транспорту”. Інженер із спеціальності “Автомобілі і автомобільне господарство” повинен однаково добре володіти усіма дисциплінами, які логічно пов’язані між собою і фактично утворюють професійно зорієнтований навчальний комплекс під назвою “Технічна експлуатація автомобілів”.

Часто виникають дискусії щодо назви цієї дисципліни: вона не відповідає прийнятій у практиці технічної підготовки автомобілів до використання назві “Технічне обслуговування та ремонт автомобілів”. На нашу думку, не слід зосереджувати (без особливої потреби на це) увагу над подібного роду питаннями, оскільки обґрунтування щодо умовного поділу експлуатації автомобілів на комерційну та технічну, зроблене понад 50 років тому, не повинно викликати особливих непорозумінь у підготовці фахівців та їх трудовій діяльності. Тим більше, у теперішніх перехідних умовах капіталізації господарського комплексу країни не варто адаптувати назви навчальних дисциплін чи то до регламентованого переліку професій, чи до прийня-

тих, наприклад, у Європі, чи, нарешті, у зв'язку з так званим “Болонським процесом”. Інша справа – доповнення їх новітніми матеріалами як з теоретичних основ, так і техніко-технологічних з урахуванням поступу у науці та в галузі автомобільного транспорту.

Зараз спостерігається інтенсивне оновлення бібліотек підручниками з “Технічної експлуатації автомобілів” з, практично, відсутністю посібників, які покликані їх змістовно доповнювати, сприяючи цим самостійній праці студентів над обширними, не простими, навчальними матеріалами. Автори, спираючись на багатолітній досвід викладання дисципліни, на теоретичні та прикладні здобутки та дотримуючись прийнятих вимог до навчальних посібників, ставили за мету спонукати студентів до самостійної праці, результати якої визначають рівень підготовки фахівця.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Авдонькин Ф.Н.* Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. – М.: Транспорт, 1985. – 215 с.
2. *Бабушкін Г. Ф., Тарасенко О. В., Юдін В. П.* Багатоетапний розрахунок потрібної кількості транспортних машин з урахуванням динаміки вхідних даних у плановому періоді // Автошляховик України, 1998, №3. – С. 6-7.
3. Визначення показників та параметрів системи керування технічною експлуатацією автомобілів: Методичні вказівки / Уклад. Є. Ю. Форнальчик, Р. А. Пельо. – Львів: в-дво ДУ “Львівська політехніка”, 2000. – 97 с.
4. *Говорущенко Н. Я.* Техническая эксплуатация автомобилей. – Харьков: Вища шк., 1984. – 312 с.
5. *Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В., Говорун А. Г.* та ін. Екологія автомобільного транспорту: Навч. посібник. – К.: Основа, 2002. – 312 с.
6. *Гурвич И. Б., Сиркин П. Е.* Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей. – М.: Транспорт, 1984. – 141 с.
7. *Дунаев А.П.* Организация диагностирования при обслуживании автомобилей. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.
8. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни і визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 36 с.
9. ДСТУ 2823-94. Тертя і зношування в машинах. Терміни і визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 46 с.

10. Збірник задач з теорії ймовірностей: Навч. посібник Рудавський Ю. К., Костробій П. П., Олексів І. Я. та ін. – Львів: Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2001. – 244 с.
11. *Канарчук В. Є., Курніков І. П.* Виробничі системи на транспорті: Підручник. – К.: Вища шк., 1997. – 359 с.
12. *Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигиринець А. Д.* Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. – К.: Вища шк., 1994 – (У 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. – 342с.; Кн. 2: Організація, планування і управління. – 383 с.; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. – 599 с.
13. *Курніков І. П., Пустовойтенко С. В., Морозюк С. В.* Прогнозування запасів в автосервісі на основі минулого обсягу споживання // Вісник Північного наукового центру ТАУ, 2003, вип. 3. – С. 95-97.
14. *Лудченко О.А.* Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2003. – 511 с.
15. *Миросніков Л.В., Болдин А.П., Пал В. И.* Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях. М.: Транспорт, 1977. – 263 с.
16. Надёжность и эффективность в технике. Справочник в 10-ти томах, том 1. – М.: Машиностроение, 1987. – 280 с.
17. *Напольский Г.М.* Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: Учебник для вузов – М.: Транспорт, 1985. – 231 с.
18. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с.
19. *Проников А. С.* Надёжность машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.
20. *Сергеев А. Г.* Метрологическое обеспечение автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1988. – 247 с.

21. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник/ Под ред. Е. С. Кузнецова. Изд. 3-е перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 413с.
22. Технические средства диагностирования: Справочник / Клюев В.В., Пархоменко П.П. и др. Под общ. ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
23. Технологічне проектування підприємств автомобільного транспорту: Навч. посібник / І. П. Курніков, М. К. Корольов, В. М. Токаренко. – К.: Вища шк., 1993. – 191 с.
24. Технологическое оборудование для технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей: Справочник/ Попржедзинский Р. А. , Харазов А. М., Карцев В. Г. – М.: Транспорт, 1988.–176 с.
25. *Фастовцев Г. В.* Организация технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1989. – 240 с.
26. *Фёдоров С. А.* Современные способы диагностики на автомобильном транспорте: Уч. пособие. – Л.: СЗПИ, 1991. – 80 с.
27. *Форнальчик Є. Ю.* Основи надійності та технічної експлуатації автомобілів. Збірник задач та завдань. – Львів: ДУ "ЛП", 1999. – 76 с.
28. *Форнальчик Є. Ю.* Теоретичні основи технічної експлуатації автомобілів. Конспект циклу лекцій. – Львів, 2001. – 98 с.
29. *Харазов А. М.* Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей. – М.: Высшая шк., 1990. – 208 с.
30. *Харазов А. М., Кривенко Е. И.* Диагностирование легковых автомобилей на станциях технического обслуживания: Учеб. пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая шк., 1986. – 321с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Автомобіль (автотранспортний засіб

- АТЗ) 14

Автомобільний транспорт 13

Автотранспортне підприємство

(АТП) 273

- класифікація 188, 273

Агрегатний метод ремонту 170

Антифризи 102

Байеса формула 158

- метод 232

Балансування коліс 321

Балансувальне обладнання 320

Безвідмовність 124

- показники оцінки 127

Варіація випадкової величини 150

Виробничі дільниці 279

- варіанти об'єднань 282, 405

Виробничий процес 185

Виробничо-технічна база (ВТБ) 275,

394

- структура 276

Витратомір палива 364

Відмова 138

- класифікація 138-140

Гама-відсотковий пробіг АТЗ на (до)

відмову 127, 132

- ресурс 128

- термін служби 128

- тривалість відновлення 129,

134

Гайкокрут 299, 301

Газоаналітична апаратура 365

Газобалонні автомобілі 313

- обладнання 313

Гальми

- діагностування 386

- обладнання 387

Гістограма розподілу 147

Готовність АТЗ 125

- показники оцінки 125

Густина потоку відмов 131

Деселерометр 386

Дефект 204

Димомір 366

Динамометричні стенди

- класифікація 357

Дисперсія випадкової величини 87

Діагностика

- диференціальна 196

- технічна 196

Діагностування

- алгоритм 199

- двигуна 362

- загальне 219

- електрообладнання 368

- засоби 197

- змінний блок 196

- підвіски АТЗ

- поелементне 219

- порогові способи 225

- процес 197

- програма 199

- гальм АТЗ 386

- об'єкт 196

- тестове 196

- функціональне 196

Довговічність 125

- показники оцінки 128

Довідково-інформаційна база даних

217

Домкрати 339

- класифікація 339
- Елементарні перевірки 198
- Естакади 388
- Життєвий цикл** 14
- Закони розподілу випадкових величин 150
- Закономірність зношування пар тертя
 - - деталей двигуна 80
 - - трансмісії 111
 - - ходової частини 104
- Засоби діагностування 197
- Збережуваність АТЗ 125
 - показники оцінки 129
- Знос (спрацювання) 59
- Зносостійкість (стійкість проти спрацювання тертям) 59
- Зношування абразивне
 - втомуою 68
 - ерозійне 73
 - кавітаційне 73
 - корозією 79
 - механічне 72
 - корозійно-механічне 72
 - молекулярно-механічне 72
- Зони ЦО, ТО-1, ТО-2, ПР 278
- Імовірність**
 - безвідмовної роботи 127, 130
 - відмов 128
 - узгодження 156
- Інтенсивність відмов 127
 - зношування 65
 - відновлення 129, 134
- Кarti**
 - технологічні 284
 - операційні 285
 - постові 285
- Квантиль розподілу 132
- Кермове керування
 - діагностування 376
 - засоби 376
- Контрольовані параметри 197
- Критерій
 - згоди 156
 - економічний 158
 - економіко-імовірнісний 158
 - імовірнісний 158
- Коефіцієнт випуску АТЗ на лінію
 - готовності 129, 135
 - запасу надійності 45
 - оперативної готовності 130, 135
 - технічного використання 130
 - тертя 61
 - ефективності використання 135
- Контрольні точки 197
- Лінійна витрата палива 97
- Локалізація несправностей 195
- Матеріал**
- Метод мінімального ризику 234
- Методи
 - діагностування 245
 - - віброакустичні 251
 - - за параметрами
 - - - структурними 245
 - - - робочих процесів 244
 - - - супутніх процесів 245
 - - інструментальні 240
 - - оптичні 254
 - - статодинамічні 245
 - - органолептичні 240
 - - організаційні 240
 - - технологічні 240
 - визначення періодичності ТО 179, 180
 - - визначення зносу деталей 73, 75
- Модель діагностування
 - двозначна логічна 224
 - дискретна (топологічна) 224
 - неперервна 222
 - неявна 219
 - явна 219

Мотор-тестер 371

Нагнітачі мастил 305

Надійність АТЗ 124

- експлуатаційна 28
- параметрична 72

Напрацювання 127

Несправність АТЗ 127

- кратна 226
- одинична 226
- яка однозначно перевіряється 229
- яку можна умовно виявити 230
- яку можна розпізнати 229
- яку не можна розпізнати 229
- що не може бути виявлена 228

Обсяги робіт з ТО (ПР) 420

Об'єднання АТП 273

Ознака діагностична 207

Оливороздавальні установки 306

Операція 185

Оцінки якості діагностування

- вірогідність контролю 237
- глибина контролю 237
- повнота контролю 237

Параметри вхідні, вихідні 201

- діагностичні 197, 204
- - взаємозалежні 207
- - класифікація 204
- - однозначність 210
- - стабільність 210
- - технологічність 210
- - чутливість 210
- допоміжні (супутні) 203
- потоку відмов 127, 133
- структурні 203
- технічного стану 197

Перекидачі 338

- конструктивні схеми 339

Повідомлення інформаційне 197

Періодичність ТО 172, 178

Підйомники 330

- класифікація 330-333

Положення про ТО і ремонт АТЗ (Положення-98) 168

Полігон розподілу показників надійності 147

Порохотяги 292

Правило позитивного градієнта вибору матеріалів пар тертя 76

Працездатність 126

Принципи вибору матеріалів пар тертя 76

Проблеми, пов'язані з ТЕА 18

Прогнозування технічного стану АТЗ 218

Процеси

- допоміжні 32
- робочі 31
- руйнівні 33

Реглоскопи 374

Режим роботи ВТБ 419

Ремонтпридатність АТЗ 125

- показники оцінки 128

Ремонт АТЗ 170

- капітальний 171
- поточний 170, 239
- знеособлений 170
- незнеособлений

Ресурс

- гамма-відсотковий 128, 134
- середній 128, 133

Роботи

- агрегатні 341
- акумуляторні 309
- арматурні 350
- бляхарські 346
- деревообробні 353
- електротехнічні 311
- зварювальні 348
- змашувальні та очисні 303
- ковальсько-ресорні 344
- контрольно-оглядові 302
- контрольно-діагностувальні 302
- крипильні 299

- мідницькі 345
- оббивні 352
- регулювальні 302
- розбирально-складальні 290, 329
- слюсарно-механічні 343
- фарбувально-сушильні 350
- шиномонтажні 289
- шиноремонтні 290
- Робоче місце 284
- Робочі пости 284
- Руйнування деталей
 - об'ємне 66
 - поверхнєве 63
- Самодіагностика 267
- Сезонне ТО 169
- Сигнал 198
 - дискретний 207
 - неперервний 207
 - нульовий 207
- Сканер 372
- Стенди для діагностування
 - гальм 388
 - двигунів АТЗ 358
 - загального технічного стану АТЗ 359
 - кермових керувань 377
 - параметрів керованих коліс 383-386
 - підвіски (амортизаторів) 378
 - шин АТЗ 378
- Стан АТЗ 125, 126
- Стетоскопи 361
- Стробоскопи 371
- Таблиця
 - функцій несправностей 225
 - несправностей 225
- Такт технологічної лінії 423
 - поста 422
- Тест діагностичний 230
- Технічний стан 38, 195
- Технологічний процес
 - діагностування 390
 - означення 185
- основні складові 187
- Токсичність відпрацьованих газів 364
- Трудомісткість діагностування
 - ТО та ПР 129, 186
- Установки для миття АТЗ
 - ручного 293
 - механізованого 293
- Фарбування АТЗ**
 - обладнання 353
 - технологічний процес 351
- Фонд робочого часу 421
- Формула додавання імовірностей 145
 - множення імовірностей 146
- Функція розподілу закону
 - Вейбулла 150
 - експоненційного (показникового) 152
 - нормального 151, 152
 - нормованого нормального 150
 - Пуассона 154
- Характеристика робоча 201
- Ходова частина АТЗ
 - геометрія 380
 - обладнання 380-385
- Частість випадкової величини
 - емпірична 145
 - теоретична 145
- Числові характеристики розподілів показників надійності АТЗ 148-155
- Шарпі правило 76**
- Шини**
 - обладнання для контролю 319

Навчальний посібник

**Форнальчик Євген Юліанович, Оліскевич Мирослав Стефанович,
Мастикаш Олександр Леонідович, Пельо Роман Андрійович**

ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА НАДІЙНІСТЬ АВТОМОБІЛІВ

Книга надрукована в редакції автора – Форнальчика Є.Ю.

Свідоцтво про внесення
до державного реєстру ДК № 618 від 02.10.2001 р.

Підписано до друку 10.08.2004. Формат 70x100 1/16.
Папір офсетний. Гарнітура Таймс. Друк офсетний.
Наклад 1000 прим.

Повне товариство – видавнича фірма “Афіша”.
79005, м. Львів, вул. Костя Левицького, 4.
Тел./факс: (0322) 97-14-27.

Віддруковано ПТВФ “Афіша”.
79005, м. Львів, вул. Костя Левицького, 4.

Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С., Мاستикаш О.Л., Пельо Р.А.
Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник
/ За загальною ред. Є.Ю.Форнальчика. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.

ISBN 966-325-029-1

Викладено сучасне трактування технічної експлуатації автомобілів, її зміст та завдання, основні положення як навчальної дисципліни. Розгляд матеріалів побудований за логікою їх засвоєння – від теоретичних основ, через фізичну суть явищ та подій, до практичного застосування результатів. Для описання реальних організаційно-технологічних взаємозв'язків між суб'єктами автомобільного транспорту в середовищі ринкової економіки використовуються чинні національні стандарти і положення, відповідні методи та методики з традиційними детермінованими і ймовірно-статистичними підходами. Технологічна частина посібника містить прогресивні технології і технічні засоби, в тому числі закордонні аналоги, для виконання операцій технічного обслуговування, діагностування та поточного ремонту автомобілів.

Для студентів та магістрантів, які навчаються за спеціальністю “Автомобілі і автомобільне господарство”, а також для інженерно-технічного персоналу галузі автомобільного транспорту.

ББК 39.33.08 я 73
УДК 629.083 (075.8)

