

Д. В. Голуб¹
В. В. Біліченко²
В. В. Аулін¹
А. С. Замуренко¹
Р. П. Кічура¹

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

¹Центральноукраїнський національний технічний університет

²Вінницький національний технічний університет

Проведено аналіз методів і методик розв'язання проблеми підвищення і забезпечення належного рівня надійності технічних систем, який дає можливість, на основі використання сили аналогій, з'ясувати напрями забезпечення надійності автомобільних транспортних систем.

З'ясовано сутність поняття надійності функціонування автомобільних транспортних систем перевезень вантажів і пасажирів із методологічного погляду. Обґрунтовано недостатність нормативно-правової документації для розробки методів і методик оцінки надійності транспортних систем. Розглянуто синтез понять «управління» та «надійність» функціонування транспортних систем порівняно з аналогічними поняттями технічних систем.

Розглянуто експертний метод та методику експертної оцінки причин відмов виробничої підсистеми автотранспортного підприємства та його службами. Виявлено, що факторний аналіз у поєднанні з експертною оцінкою дають можливість оцінити значимість причин відмов транспортних систем та їх частість. Відповідно до класифікації відмов технічних систем проведено аналіз щодо приналежності їх до автомобільних транспортних систем.

Проаналізовано класифікацію відмов технічних систем за різною сукупністю ознак. Встановлено, що класифікація відмов автомобільних транспортних систем базується на використанні аналогії з класифікацією відмов технічних систем, а також на результатах проведеного аналізу факторів причин відмов, що виникають у виробничій системі підприємства перевізника. Виявлено, що вибір значущих факторів, які впливають на відмови автомобільних транспортних систем, ґрунтується на методі експертних оцінок, проведено їх ранжування по значущості, а також розраховано їх відносні частоти. Наведено результати факторного аналізу причин відмови виробничої підсистеми автотранспортного підприємства.

Зроблено припущення, що за аналогією до технічних автомобільні транспортні системи також піддаються декомпозиції на стадіях життєвого циклу. Тому раптова відмова автомобільних транспортних систем характеризується стрибкоподібною зміною значень одного або кількох вихідних параметрів, узгоджених із замовником, а поступова відмова відбувається внаслідок повільного, поступового погіршення характеристик функціонування підсистеми або системи загалом чи учасника перевезень вантажів та пасажирів.

Ключові слова: автомобільна транспортна система, транспортні засоби, перевезення, оцінка, надійність, відмова, фактори, підсистема, елемент.

Вступ

Якість функціонування автомобільної транспортної системи (АТС) визначається споживачем, незважаючи на велику кількість показників якості у процесі перевезення вантажів і пасажирів автомобільним транспортом, вони мають однакові або подібні параметри, які регулюються відповідними стандартами [1, 2]. Згідно з дослідженнями вчених Д. Бауерсокса та Д. Клосса щодо ланцюгів перевезень АТС, що здійснюють транспортування вантажів і пасажирів, якість роботи таких систем найкраще оцінювати з урахуванням доступності, функціональності та надійності [3].

Серед вказаних критеріїв якості надійність є однією із ключових компонентів ефективної роботи ТС [4, 5]. Крім того, їхня надійність є основною характеристикою, оскільки замовнику під час укладення договору на перевезення вантажів та пасажирів необхідні гарантії щодо якісного надання транспортних послуг.

Досвід використання транспортних послуг показує, що чим більш надійно виконується робота виконавця, тим ефективніше проходить процес перевезень для замовника. Під час аналізу взаємозв'язку ефективності, якості і надійності АТС важливо уникати заміни їх визначень та

спрощеного вибору критеріїв оцінки надійності. Тому важливо чітко визначити терміни «надійність», «відмова» та «управління надійністю транспортних систем».

Метою роботи є розробка методологічного підходу щодо з'ясування напрямів забезпечення надійності функціонування АТС, використовуючи силу аналогій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Спочатку розглянемо термінологію надійності функціонування АТС для перевезення вантажів і пасажирів. Потім проведемо порівняння та пошук взаємозв'язку між такими поняттями, як «ефективність», «якість» і «надійність» АТС [6, 7].

Важливо зазначити, що оцінка ефективності є переважно суб'єктивною і залежить від інтересів та поглядів учасників транспортного процесу, в яких проводиться ця оцінка [8, 9].

Із результатів досліджень, що аналізують проблему кількісної оцінки надійності систем вантажних перевезень, випливає, що підхід, який базується на використанні термінології та забезпеченні надійності об'єктів, включно із транспортними системами, та використанні відповідних аналогій, має великий вплив на цю проблему. У техніці, крім збереженості та довговічності, надійність технічних систем також містить безвідмовність. Надійність вважається задовільною, якщо кількість відмов не перевищує заданого рівня [10, 11]. Відмовою вважається будь-яке несправне функціонування, втрата працездатності або подія, що призводить до виходу робочих параметрів системи, агрегату або всієї машини за допустимі межі.

Результати дослідження

У технічних системах надійність АТС можна оцінювати за кількістю порушень укладених угод про перевезення вантажів та пасажирів. Якщо виконання транспортних послуг відбувається без порушень, то надійність системи можна вважати на максимальному рівні. Порушення можуть містити невиконання плану вантажних перевезень, затримки у доставці та недбале ставлення до вантажів і багажу, за які може бути накладено штраф або вимагатися компенсація завданого збитку.

Низка порушень може бути здійснена як з вини перевізника, так і фрахтувальника:

- невивезення вантажу, передбаченого договором;
- ненадання транспортного засобу (ТЗ), передбаченого договором фрахтування;
- несвоєчасне надання ТЗ або контейнера;
- незбереження вантажу з моменту прийняття його для перевезення і до моменту видачі вантажоодержувачу або уповноваженій ним особі;
- незбереження багажу з моменту прийняття його для перевезення і до моменту видачі його особі, уповноваженій на отримання багажу;
- прострочення терміну перевезення вантажу;
- затримка відправлення ТЗ або прибуття його із запізненням на понад годину (з вини вантажовідправника, вантажоодержувача, фрахтувальника або пасажирів);
- відмова від користування ТЗ, передбаченим договором фрахтування;
- незазначення у транспортній накладній особливих відміток або необхідних при перевезенні вантажу запобіжних заходів;
- спотворення відомостей про властивості вантажу, затримка (простій) ТЗ;
- затримка (простій) контейнерів, відправлення у складі багажу, зданого для перевезення, предметів, доставка яких у складі багажу заборонена.

Перелік і розміри штрафів визначаються нормативно-правовими документами чинного законодавства, але відповідальність за порушення під час перевезень може бути розширена угодою. Відсутність надійності транспорту не завжди можна пояснити перевізником, який надав транспортну послугу. Причинами також можуть бути порушення з боку вантажовідправника або вантажоодержувача, наприклад, затримки або пошкодження вантажу під час навантаження та розвантаження, а також порушення через форс-мажорні обставини, наприклад, погодні умови, які ускладнюють транспортування вантажу запланованим маршрутом.

Отже, надійність АТС для перевезення вантажів і пасажирів є комплексною характеристикою, яка містить здатність системи задовольняти вимоги замовника і виконавця транспортної послуги щодо кількості та стану вантажу, безпека пасажирів і збереження їх багажу, дотримання графіка транспортного процесу, а також підтримка і відновлення встановленого рівня транспортного обслуговування.

Для того, щоб бути конкурентоспроможним на ринку, автоперевізнику необхідно постійно здійснювати управління надійністю своєї роботи. Відповідно до ДСТУ 2860-94 «Надійність техніки.

Терміни та визначення» [2] поняття керування надійністю звучить як цілеспрямована діяльність щодо обґрунтування, планування, забезпечення, підвищення та підтримки характеристик безвідмовності, ремонтпридатності, довговічності та збережувальності об'єктів, що розглядаються.

Можна помітити, що структура управління АТС подібна до технічних систем, і логічно сказати, що управління системами перевезень вантажів і пасажирів автомобільним транспортом містить виконання заходів, які забезпечують дотримання вимог необхідного рівня надійності згідно з договірними умовами, його підтримання та подальше підвищення до економічно доцільного рівня. На основі аналізу низки ДСТУ в таблиці 1 приведена послідовність синтезу сформульованих вище понять.

Фундаментальним для теорії надійності будь-яких систем є поняття «відмови», на якому ґрунтується методологічний апарат аналізу і кількісної оцінки їх надійності, незалежно від складності, призначення і сфери використання. В теорії надійності технічних систем відмовою є подія, після настання якої робочі параметри агрегату, машини або процесу виходять за допустимі межі. Це визначення справедливе як для простих технічних об'єктів, так і для складних технічних систем і технологічних процесів. Знаючи кількість таких подій в одиницю часу, можна провести оцінку надійності технічного об'єкта. Надійність буде задовільною за умови, що кількість відмов не перевищить заданого рівня.

Що стосується відмови АТС, то її можна трактувати так:

- невиконання прийнятого замовлення (заявки) на процес перевезення;
- порушення зазначених у договорі вимог по кількості і якості вантажу;
- недотримання вимог безпеки пасажирів і збереження багажу, що перевозяться;
- недотримання графіку транспортного процесу;
- порушення відновлення заданого рівня транспортного обслуговування.

Щоб встановити міру відповідальності за настання відмови в АТС і визначення гарантійних зобов'язань виконавця транспортної послуги, необхідно здійснити класифікацію відмов, що відбуваються при її функціонуванні. Зазначимо, що ця класифікація дає змогу нормувати надійність через обґрунтування номенклатури і численних значень її нормованих показників, проводити оцінку витрат на усунення можливих наслідків до моменту настання відмови, прогнозувати можливе місце і час виникнення відмови, стандартизувати заходи щодо усунення або попередження відмов в АТС. Найпростішим шляхом класифікації відмов в АТС є використання сили аналогій відповідно до класифікації відмов технічних систем та технологічних процесів [12, 13].

Відомо, що відмови технічних систем класифікуються по різній сукупності ознак і згідно з роботами [3, 6, 9] пропонується така класифікація відмов:

- за характером прояву: раптові відмови, поступові відмови і ті, що перемежуються, збої;
- за причинами виникнення: конструктивні, виробничі й експлуатаційні відмови;
- за часом виникнення: припрацювальні і деградаційні відмови;
- за рівнем критичності: катастрофічні, некатастрофічні – критичні і некритичні;
- за природою виникнення: випадкові і систематичні відмови;
- за ознакою подальшого використання об'єкта: повні і часткові відмови;
- за ступенем впливу елементів об'єкта на працездатність один одного: залежні і незалежні відмови;
- за легкістю виявлення: очевидні і приховані відмови.

Аналіз нормативно-технічної документації [14, 15], що стосується автомобільних транспортних перевезень, свідчить, що в ній проводиться ранжирування відмов на групи за критерієм критичності або тяжкості наслідків. Кожній групі відмов ставиться у балах ранг критичності та ймовірність їх виникнення відповідно до спеціальної реперної шкали. Ця класифікація знайшла застосування на автомобільному транспорті при діагностиці технічного стану ТЗ.

За наявності джерел статистичної інформації про тривалу експлуатацію даного об'єкта як класифікаційні ознаки застосовують кількісні критерії. Наприклад, в американському стандарті [13] приводиться класифікація відмов на транспорті від частоти їх виникнення на 1 000 ТЗ.

Зазначена класифікація відмов АТС базується на використанні аналогії з класифікацією відмов технічних систем, а також на результатах проведеного аналізу факторів причин відмов, що виникають у виробничій системі автоперевізника. Виявлено, що вибір значущих факторів, які впливають на відмови АТС, здебільшого ґрунтується на методі експертних оцінок.

Для виявлення причин відмов виробничої підсистеми автотранспортних підприємств на основі анкетування вивчають думки фахівців таких кваліфікацій: майстри, технологи, механіки, водії, економісти, а також менеджери, що мають тривалий стаж роботи і великий виробничий досвід організації автомобільних перевезень. На попередньому етапі експертизи кожного експерта тестували на компетентність шляхом самооцінки. Відібрані експерти переходили на наступний етап –

інструктаж. У процесі інструктажу проводиться знайомство експертної групи з метою експерименту і послідовністю його проведення [16].

Таблиця 1

Синтез понять «управління» та «надійність» функціонування АТС перевезень вантажів та пасажирів порівняно з аналогічними поняттями технічних систем

Джерела наявних понять	Наявна термінологія	Синтезовані поняття
ДСТУ 2860-94 «Надійність техніки. Терміни та визначення»	Надійність – властивість об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції у заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування	Надійність функціонування АТС перевезень вантажів та пасажирів – комплексна властивість здатності АТС виконувати узгоджені між замовником транспортної послуги та її виконавцем вимоги з кількості та стану вантажу, що перевозиться, безпеки пасажирів та збережуваності їх багажу, дотримання графіків транспортного процесу та забезпечення заданого рівня якості транспортного обслуговування
	Безвідмовність – властивість об'єкта виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи наробітку	
	Довговічність – властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту	
	Збережуваність – властивість об'єкта зберігати в заданих межах значення параметрів, що характеризують здатність об'єкта виконувати потрібні функції, під час і після зберігання та (чи) транспортування	
	Ремонтопридатність – властивість об'єкта бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції за допомогою технічного обслуговування та ремонту	
	Відмова – подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібну функцію, тобто у порушенні працездатного стану об'єкта	
	Керування надійністю – цілеспрямована діяльність щодо обґрунтування, планування, забезпечення, підвищення та підтримки характеристик безвідмовності, ремонтнопридатності, довговічності та збережуваності об'єктів, що розглядаються	
ДСТУ 2609-94 «Вантажні автомобільні перевезення. Терміни та визначення»	Вантажні автомобільні перевезення – переміщення вантажів за допомогою автомобільного транспорту	Управління надійністю функціонування АТС перевезень вантажів та пасажирів – реалізація заходів, що забезпечують встановлений замовником рівень надійності транспортної послуги, його підтримання та подальше підвищення до економічно доцільних меж
ДСТУ 2610-94 «Пасажирські автомобільні перевезення. Терміни та визначення»	Пасажирські автомобільні перевезення – переміщення людей і багажу за допомогою автомобільного транспорту	
	Транспортний процес – процес перевезень, що складається з цілеспрямованих і послідовних дій щодо переміщення пасажирів і багажу	
Босняк М. Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Київ, 2009	Процес перевезень – сукупність операцій із перевезення пасажирів	
Босняк М. Г. Вантажні автомобільні перевезення. Київ, 2010	Транспортний процес – процес переміщення вантажів від постачальників до споживачів	
	Транспортна послуга – перевезення вантажів та комплекс допоміжних операцій, що пов'язані з доставкою вантажів автомобільним транспортом	

Потім здійснюється індивідуальна співбесіда з кожним з експертів, завданням якого є виявлення великого кола будь-яких можливих факторів, унаслідок яких відбуваються відмови. Відмови в тому напрямі діяльності, з яким експерт не пов'язаний у своїй професійній діяльності, виключалися ним із

розгляду. Відповіді в анкеті нумеровалися за рівнем значимості до відповідного питання. Результати співбесіди заносили у спеціально розроблену облікову анкету (рис. 1).

ПІБ експерта _____
Дата заповнення _____
Місце роботи _____
Посада _____
Стаж роботи _____
№ Питання:
№ Відповідь:

Рис. 1. Форма бланку анкети співбесіди з експертом із питань процесів перевезень автомобільним транспортом

За результатами співбесід відповіді експертів аналізували і систематизували по групах. Заключним етапом роботи експертної групи є анкетування, в результаті якого проставляються відповідні бали в порожніх графах анкети. В балах оцінюється значущість вказаних в анкеті факторів. Максимальний бал за оцінною шкалою можна прийняти рівним максимальному числу факторів цієї групи. Експертам рекомендують робити можливі доповнення або пояснення у міру заповнення анкети. За наслідками експертизи оцінюється узгодженість думок експертів за допомогою розрахунку коефіцієнта конкордації.

Результати експертної оцінки піддавалися перевірці на достовірність за критерієм Пірсона:

$$\chi_{\text{розрах}}^2 = m(n-1) \cdot \omega_k, \quad (1)$$

де m – кількість об'єктів експертизи; n – кількість експертів; ω_k – коефіцієнт конкордації.

Порівнюються розрахункові $\chi_{\text{розрах}}^2$ і табличні $\chi_{\text{табл}}^2$ значення критерію Пірсона. Достовірність результатів експертизи вважається задовільною за умови:

$$\chi_{\text{розрах}}^2 > \chi_{\text{табл}}^2. \quad (2)$$

Результати експертного аналізу використовуються при визначенні причини відмов основних служб виробничої системи автоперевізника, проведено їх ранжування по значущості, а також розраховані їх відносні частоти. Як приклад використання методики проведення експертизи і обробки її результатів наводиться в таблиці 1 з результатами факторного аналізу причин відмови виробничої підсистеми автотранспортного підприємства (АТП).

У таблиці зазначені відмови внаслідок недоліків у роботі суміжних служб та відмови, що виникають внаслідок недоліків у роботі елементів самої служби. У разі сумісного прояву факторів, що впливають на виникнення відмов, при розрахунку відносних частот враховували головні чинники. На основі наведеної класифікації відмов технічних об'єктів і результатів аналізу факторів проводили класифікацію відмов АТС. Перелік запропонованих класифікаційних ознак представлено на рисунку 2.

Назви, сутність і структура більшості класифікаційних ознак залишаються незмінними. Виняток становить класифікація відмов через причини виникнення – конструктивні, виробничі, експлуатаційні, а також за часом виникнення – припрацювальні, деградаційні. Можна припустити, що за аналогією до технічних автомобільні транспортні системи також піддаються декомпозиції по стадіях життєвого циклу. Однак таке припущення вимагає обґрунтування і серйозних доведень, заснованих на встановленні чіткої залежності напрацювання на відмову на кожній із стадій життєвого циклу АТС.

Раптова відмова АТС характеризується стрибкоподібною зміною значень одного або кількох вихідних параметрів, узгоджених із замовником. Прикладом раптової відмови можна навести зниження коефіцієнта випуску ТЗ за зміну, внаслідок різкого падіння температури зовнішнього середовища в зимових умовах при відкритому способі зберігання рухомого складу.

Характерні результати факторного експертного аналізу причин відмов виробничої підсистеми АТП

Служби АТП	Причини відмов виробничої підсистеми АТП	Оцінка фактора	
		Значимість, балів	Відносні частоти, %
Управління	Недоліки організації та контролю автотранспортного виробництва	1	45
	Відсутність алгоритмів виконання нерегламентованих робіт	2	10
	Застарілі норми витрати ресурсів	3	13
	Відсутність попереджень про недоліки виробничого процесу від працівників	4	12
	Застарілі технології	5	18
	Помилки в технічній документації	6	2
Експлуатації	Невиконання коефіцієнта технічної готовності автопарку ремонтною службою	1	15
	Неякісне паливо	2	15
	Неякісний ремонт рухомого складу	3	20
	Відсутність фронту робіт	4	5
	Невідповідність застосовування рухомого складу умовам експлуатації	5	25
	Порушення водіями трудової дисципліни	6	17
	Кліматичні умови	7	3
Технічна	Нестача кваліфікованих фахівців	1	60
	Порушення ремонтним персоналом трудової дисципліни і регламентів робіт	2	20
	Відсутність матеріалів для ремонту, інструменту і спеціального обладнання	3	11
	Застаріле ремонтне обладнання	4	9
Ремонтна	Порушення графіка ТО	1	12
	Відсутність запасних частин для ремонту або їх низька якість	2	15
	Великий знос рухомого складу	3	15
	Низьких рівень оснащеності ремонтних майстерень	4	5
	Порушення ремонтним персоналом трудової дисципліни і регламентів робіт	5	11
	Неправильна експлуатація рухомого складу	6	11
	Виконання водіями ТО і ремонтних операцій	7	15
	Вихід з ладу мереж енергопостачання	8	1
	Вихід з ладу транспортних комунікацій	9	5
	Низький рівень механізації робіт на постах	10	10
Матеріального забезпечення	Значні коливання якості матеріально-технічних ресурсів	1	35
	Відсутність дилерських центрів	2	20
	Порушення постачальниками термінів перевезень	3	25
	Сезонність перевезень вантажів і пасажирів	4	20

Поступова відмова відбувається внаслідок повільного погіршення характеристик функціонування підсистеми чи елементів АТС або учасника перевезень. Це може відбуватися, наприклад, у разі зниження коефіцієнта технічної готовності ТЗ, внаслідок збільшення пробігу з початку експлуатації автомобіля.



Рис. 2 Класифікаційні ознаки відмов АТС перевезень вантажів та пасажирів

Відмовам, або збоям, що є змінними, властиві багатократне виникнення, однорідність характеру і самоусунення. Це не вимагає втручання підсистеми управління. Прикладом такого різновиду відмов може бути збільшення часу надходження ТЗ в дорозі з причини, наприклад, оформлення протоколу ДТП. Збої в роботі перевізника виникають досить часто.

Якщо замовник перевезень вантажів і пасажирів не розпізнав наявність збою, що практично ніяк не позначається на параметрах АТС, то у цих випадках збої можна не відносити до категорії відмов і ними можна в розрахунках надійності знехтувати.

Катастрофічні відмови можуть призвести не тільки до припинення роботи АТС, але і до припинення існування перевізника як організації. Наприклад, заборона з боку місцевого самоврядування обслуговування маршрутними таксі приватного перевізника міських автобусних маршрутів внаслідок порушення останнім договорів на перевезення. Зазвичай це призводить до скорочення і реструктуризації автопарку перевізника та у низці випадків до припинення цього виду комерційної діяльності. Зі всіх перерахованих видів відмов це найнебезпечніший вид.

Дуже важливим є розпізнавання виникнення такої відмови, оскільки у разі її настання у перевізника відсутня можливість впливу на деструктивну ситуацію, що склалася. Будь-які інші види відмов, що не призводять до ліквідації транспортного процесу і до припинення договірних відносин між заявником і виконавцем транспортної послуги, будуть віднесені до категорії некатастрофічних відмов, а саме – до критичних або некритичних. Однією з таких відмов є невиконання змінного завдання на перевезення вантажів та пасажирів, яке не призводить до припинення договірних стосунків, але може істотно понизити ймовірність їх продовження на наступний період. До зазначеного можна також додати подання на спеціалізований маршрут автобуса, що неоснащений системою кондиціонування салону і сидіннями з відкидними спинками, як це було позначено в договорі на перевезення.

Випадкова відмова в роботі АТС може бути обумовлена збоями в роботі диспетчерської служби, систем автоматики і механізації робіт, безпосередньо пов'язаних із процесами перевезень, технічного обслуговування й авторемонту. Зазвичай основною причиною таких відмов є грубі помилки або промахи в роботі людей, тобто так званий людський фактор. Прикладом такої відмови може бути відсутність на робочому місці ремонтника або водія з поважних чи неповажних причин.

Систематичні відмови здебільшого обумовлюються певними закономірними явищами. Кількість таких відмов багато в чому залежить від уміння перевізника аналізувати їх потік, виділяти з нього відмови, схожі за причиною і природою, тобто наявна можливість прогнозування відмов.

При повній відмові елемент виробничої підсистеми АТП припиняє виконання покладених на нього функцій. Якщо частина функцій після виникнення відмови об'єктом все-таки виконуються, наприклад, в аварійному режимі роботи, то це вважається частковою відмовою. Наслідки від виникнення повної відмови АТС мають тісний зв'язок із часом на його ліквідацію. На автомобільному транспорті трапляються випадки, коли оперативна реакція диспетчера на повну відмову, що виникла, не дозволяє перевести її в розряд катастрофічних подій. У випадку з пасажирськими перевезеннями як приклад подібної ситуації може бути поломка автобуса на міжміському маршруті в лютий мороз. Ще одним прикладом, але вже у випадку міжнародних вантажних перевезень, може бути оперативна реакція

диспетчера при позаплановій затримці ТЗ, що перевозить живність, на пункті митного огляду, коли є помилки в товарно-транспортній документації. Своєчасне коректування процесів перевезень дає змогу перевести повну відмову в розряд часткової: об'єкт перевезення доставлений, але із затримкою. Прикладом часткової відмови може бути зниження змінної продуктивності ТЗ внаслідок великих простоїв в очікуванні під навантаженням.

Залежні відмови елементів виробничої підсистеми АТС обумовлені відмовами суміжних по технологічному ланцюгу елементів. Прикладом залежної відмови може бути позаплановий вихід із ладу двигуна автомобіля через низьку якість капітального ремонту. Тут наявний вплив відмови підсистеми відновлення працездатності рухомого складу на роботу суміжного елемента АТС – підсистеми експлуатації. Зазначимо, що відмова є незалежною, якщо такого впливу не простежується. Прикладом такої відмови може бути аварійне відключення електроенергії в ремонтній зоні, що не викликає зупинку рухомого складу на лінії.

Про існування прихованих відмов перевізник може не знати. Основною причиною їх наявності в роботі АТС є відсутність систематичного аналізу резервів виробничих ресурсів, які має в своєму розпорядженні перевізник. Прикладом прихованих відмов може бути скорочення міжремонтних пробігів рухомого складу внаслідок недоліків організації робіт із ТО. Резерви вимагають відволікання коштів на своє утримання, що, зрештою, збільшує вартість транспортних послуг і зниження конкурентоспроможності їх власника. Якщо проводити роботу з виявлення і корисного використання цих резервів, то приховані відмови в певний момент часу перетворяться в послідовність явних відмов. Це може бути погана наповнюваність автобусів, внаслідок нераціонального вибору їх місткості та інтервалу руху на маршруті та ін.

Серед класифікаційних ознак відмов АТС можна додатково ввести три ознаки, що не використовуються для класифікації відмов технічних систем: за способом боротьби з відмовами, за можливістю їх усунення, за джерелом відмови. Класифікація за способом боротьби з відмовами дає змогу розробити план заходів щодо попередження можливих відмов і ліквідації відмов, що виникли. Велика частина відмов АТС мають типовий характер і виявляються в схожих ситуаціях. До них можна віднести оснащення автобусів, що працюють на міських маршрутах, супутниковими системами стеження до моменту введення в дію відповідного законодавчого акта. Ефективною мірою боротьби з відмовами такого вигляду є розробка стандартних алгоритмів поведінки лінійного та інженерно-технічного персоналу, задіяного в процесі перевезень. Прикладом може слугувати процедура обов'язкового проходження передрейсового медичного огляду водіями або обов'язкове виконання операцій щоденного технічного обслуговування автомобілів перед виїздом на лінію. Такі заходи відіграють роль профілактики кількості відмов. Елементом системи попередження або профілактики відмов є інструкції з охорони праці для працівників транспортних підрозділів АТП, в яких містяться основні способи і прийоми виконання робіт для попередження виникнення аварійної ситуації. У разі настання аварійної ситуації в цих інструкціях також міститься послідовність дій будь-якого посадовця для її усунення. Не зважаючи на деяке збільшення витрат, робота з профілактики відмов забезпечує істотне зростання надійності. Прикладом відмови, що може бути усуненою, є виявлення під час проходження щорічного технічного огляду несправностей приладів освітлення ТЗ. У такому разі ТЗ направляються в ремонтну зону для усунення несправності з подальшим повторним проходженням техогляду.

Класифікацію відмов по можливостям усунення і джерелам їх виникнення необхідно використовувати під час укладання договірних відносин між перевізником, замовником та іншими учасниками процесу перевезень вантажів та пасажирів. Усувними та неусувними відмовами АТС можуть бути подання автомобілів, що знаходяться в резерві, при поломці основного ТЗ та втрати вантажу або ТЗ.

Відмовами АТС за джерелом виникнення можуть бути як перевізник, так і замовник транспортної послуги, а також інший учасник процесу перевезень вантажів та пасажирів: подання під навантаження автопоїзда не на пневмоподушках, а з ресорною підвіскою, бій склотарі вантажу, що призвів до збільшення його відсотка, під час доставки; порушення встановленого в договорі на перевезення розміру передоплати за виконувани роботи; охолодження і твердіння гарячої асфальтобетонної суміші в кузові автосамоскида внаслідок наднормативних простоїв в очікуванні розвантаження через несправності асфальтоукладальника дорожнього управління.

Розділення відмов на усувні і неусувні, позначення можливого джерела відмови є одними з ключових моментів укладання договору на перевезення. Обговорення цих питань до початку договірних відносин між замовником і виконавцем транспортної послуги дають змогу розмежовувати повноваження і відповідальність між сторонами, розв'язати спірні питання до початку роботи і, отже,

створити сприятливе середовище для безвідмовної роботи АТП. Розглянута класифікація відмов по джерелу їх виникнення гостро відчувається останніми роками, коли не тільки замовник, але і будь-який інший учасник процесу перевезень вантажів або пасажирів стає особливо чутливим до збоїв у її схемі. Це обумовлює той факт, що все більше користувачів транспортних послуг на перший план висувають вимоги гарантованого їх виконання.

Розглянуте дає змогу визначити відмову АТС, як більш складного і комплексного поняття, ніж поняття відмови технічної системи, з урахуванням характеристики функціонування великої кількості людей і техніки. Запропоноване визначення також містить можливість кількісної оцінки рівня надійності АТС. Для цього необхідно розробити метод забезпечення й оцінки надійності системи перевезень вантажів та пасажирів автомобільним транспортом.

Висновки

1. З'ясовано напрями забезпечення надійності АТС на основі аналізу методів і методик розв'язання проблеми підвищення і забезпечення належного рівня надійності технічних систем із використанням сили аналогій.

2. З'ясовано сутність поняття надійності функціонування АТС перевезень вантажів і пасажирів з методологічного погляду. Обґрунтовано недостатність нормативно-правової документації для розробки методів і методик оцінки надійності АТС. Розглянуто синтез понять «управління» та «надійність» функціонування АТС порівняно з аналогічними поняттями технічних систем.

3. На основі використання сили аналогій розглянуто зміст поняття «відмова» АТС та зроблена спроба дати класифікацію їх відмовам. Відповідно до класифікації відмов технічних систем проведено аналіз щодо приналежності їх до АТС. Розглянуто експертний метод та методику експертної оцінки причин відмов виробничої підсистеми АТП за його службами.

4. Виявлено, що факторний аналіз у поєднанні з експертною оцінкою дають можливість оцінити значимість причин відмов АТС та їх частоту. Проведено ранжування факторів по значущості, а також розраховано їх відносні частоти. Наведено результати факторного аналізу причин відмови виробничої підсистеми АТП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] ДСТУ 2861-94 «Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення». Київ: Держстандарт України: УкрНДІ, 1994. 76 с.
- [2] ДСТУ 2860-94 «Надійність техніки. Терміни та визначення». Київ: Держстандарт України: УкрНДІ, 1994. 96 с.
- [3] Bowersox D. J., Closs D. J. *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. McGraw-Hill Companies, 1996. 730 p.
- [4] Аулін В. В., Голуб Д. В. Аналіз системи перевезення пасажирів у містах, основні тенденції її розвитку і шляхи удосконалення. *Вісник НТУ: у 2-х томах. Частина 2*. Київ: НТУ, 2007. С. 279–284.
- [5] Аулін В. В. Скакун О. О., Голуб Д. В. Підвищення якості обслуговування пасажирів за рахунок оптимізації рухомого складу на маршрутах міста. *Підвищення надійності машин і обладнання: тези доповідей студентів та магістрантів II Всеукр. студ. наук.-практ. конф.*, 10 квітня 2008 р. Кіровоград: КНТУ, 2008. С. 76–78.
- [6] Bates J., Polak J., Jones P. A. Cook The valuation of reliability for personal travel. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2001. Vol. 37. № 2/3. P. 191–229.
- [7] Аулін В. В., Щербіна С. Ф., Голуб Д. В. Забезпечення належного рівня якості транспортного обслуговування пасажирів в сучасних умовах функціонування транспортних систем міст. *Тези доповідей студентів і магістрантів на XLVII наук. конф.*, 18 квітня 2013 року. Кіровоград: КНТУ, 2013. С. 25–27.
- [8] Голуб Д. В. Теоретична модель транспортної системи як сукупності взаємодіючих і взаємоперетворюючих елементів та підсистем. *Кропивницький: ЦНТУ, 2022. Вип. 5(36). Ч. 2 С. 324–334.*
- [9] Dhillon V. S. *Transportation System s Reliability and Safety*. Taylor & Francis Group: New York, 2011. 230 P.
- [10] Деякі аспекти забезпечення надійності системи автотранспортного обслуговування / Аулін В. В. та ін. *Підвищення надійності машин і обладнання: тези доповідей IX Всеукраїнської наук.-практ. конференції студентів, аспірантів та молодих учених Кіровоград: КНТУ, 2015. С. 41–44.*
- [11] Аулін В. В., Голуб Д. В. Забезпечення надійності системи транспортного обслуговування АПК в ринкових умовах функціонування. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації с.-г. техніки: матеріали X Міжнар. наук.-практичної конференції*. Кіровоград: КНТУ, 2015. С. 167–168.
- [12] AIAG Potential Failure Mode and Effect Analysis. Third Edition, 2001. 64 с.
- [13] SAE J 1739:2000 Potential Failure Mode and Effect Analysis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effect Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA) and Potential Failure Mode and Effect Analysis for Machinery. SAE International, 2002. 57 с.
- [14] Аулін В. В., Голуб Д. В. Нормативно-правове забезпечення надійності функціонування транспортних систем в Україні. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки*. 2016. № 2(77). С. 28–35.
- [15] Аулін В. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В. Ступінь забезпечення надійності та якості пасажирських і вантажних автомобільних перевезень в Україні національними та міжнародними стандартами. *Вісник інж. акад України*. 2016. № 3. С. 156–162.

[16] Дослідження пасажиропотоків та визначення пасажиромісткості і кількості транспортних засобів на маршрутах м. Кіровограда / Аулін В. В. та ін. *Звіт про виконання науково-дослідної роботи № держреєстрації 0111U007503*. Кіровоград: КНТУ, 2011. 674 с.

Голуб Дмитро Вадимович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, e-mail: dimchik529@gmail.com

Аулін Віктор Васильович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, e-mail: AulinVV@gmail.com

Замуренко Артем Сергійович – здобувач кафедри експлуатації та ремонту машин, e-mail: artemzamurenko@gmail.com

Кічура Руслан Петрович – здобувач кафедри експлуатації та ремонту машин, e-mail: romnik83@ukr.net

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Біліченко Віктор Вікторович – д-р техн. наук, професор, ректор, e-mail: Bilichenko.v@gmail.com

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

D. Golub¹
V. Bilichenko²
V. Aulin¹
A. Zamurenko¹
R. Kichura¹

Methodological approach to solving the problem of functional reliability of automobile transport systems

¹Central Ukrainian National Technical University

²Vinnitsa National Technical University

An analysis of methods and techniques for solving the problem of increasing and ensuring the appropriate level of reliability of technical systems was carried out, which made it possible, based on the use of analogies, to find out the directions for ensuring the reliability of automobile transport systems.

The essence of the concept of the reliability of the functioning of automobile transport systems for the transportation of goods and passengers from a methodological point of view is clarified. The insufficiency of regulatory and legal documentation for the development of methods and techniques for assessing the reliability of transport systems is substantiated. The synthesis of the concepts of "management" and "reliability" of the functioning of transport systems in comparison with similar concepts of technical systems is considered.

The expert method and methodology of expert assessment of the reasons for failures of the production subsystem of the motor vehicle enterprise and its services are considered. It was found that factor analysis in combination with expert assessment makes it possible to assess the significance of the reasons for failure of transport systems and their frequency. In accordance with the classification of failures of technical systems, an analysis of their belonging to automobile transport systems was carried out.

The classification of failures of technical systems according to different sets of features is analyzed. It was established that the classification of failures of automobile transport systems is based on the use of analogy with the classification of failures of technical systems, as well as on the results of the analysis of the factors of the causes of failures that occur in the production system of the carrier's enterprise. It was revealed that the selection of significant factors affecting the failure of automobile transport systems is based on the method of expert evaluations, their ranking by importance was carried out, and their relative frequencies were calculated. The results of the factor analysis of the reasons for the failure of the production subsystem of the motor vehicle enterprise are given.

It is assumed that by analogy with technical automobile transport systems, they are also subject to decomposition by stages of the life cycle. Therefore, a sudden failure of automobile transport systems is characterized by a sudden change in the values of one or more initial parameters agreed with the customer, and a gradual one occurs as a result of a slow, gradual deterioration of the functioning characteristics of the subsystem or the system as a whole or a participant in the transportation of goods and passengers.

Key words: road transport system, vehicles, transportation, assessment, reliability, failure, factors, subsystem, element.

Golub Dmitry – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor, Department of Operation and Repair of Machines, e-mail: dimchik529@gmail.com

Bilichenko Viktor – Sc. Dr. (Eng.), Professor, Rector, e-mail: Bilichenko.v@gmail.com

Aulin Viktor – Sc. Dr. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Operation and Repair of Machines, e-mail: AulinVV@gmail.com

Zamurenko Artem – getter of the Department of Operation and Repair of Machines, e-mail: artemzamurenko@gmail.com

Kichura Ruslan – getter of the Department of Operation and Repair of Machines, e-mail: romnik83@ukr.net