



М. В. Глобчак¹, О. Л. Мاستикаш¹, М. М. Борис²

¹ Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

² Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ПІДТРИМАННЯ НАДІЙНОСТІ ПІДВІСКИ АВТОБУСІВ ЗАСОБАМИ МАТЕРІАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Встановлено, що можливість виконання автомобілем перевізницьких функцій з урахуванням умов експлуатації, заданого інтервалу часу або пробігу характеризується безвідмовністю, як однією з властивостей надійності. Одним з показників цієї властивості є ймовірність безвідмовної роботи, що визначається за результатами попередньо проведених експериментальних спостережень за певними вузлами або системами автомобіля. Характерним випадком може бути відмова будь-якого елемента автомобіля, що призведе до виходу з ладу всього об'єкта. Прикладом можуть бути: привод автомобіля, гальмівна система, підвіска тощо. Відмови таких елементів можна розрахувати з використанням одного із законів розподілу ймовірностей – розподілу Пуассона, що використовують до елементів (систем) з великим числом можливих подій, кожна із яких рідко трапляється. Цей розподіл у практиці експлуатації можна застосувати для встановлення таких взаємозв'язків: кількість відмов для групи одночасно працюючих автомобілів за даний проміжок часу (або напрацювання), кількість дорожньо-транспортних пригод, кількість автомобілів, які надходять в зону обслуговування (ремонт) за одиницю часу, кількість запасних частин, що отримують зі складу тощо. Ймовірність пуассонівського розподілу використано у розрахунках відмов підвісок автомобілів. З'ясовано, що пневматичні підвіски сучасних великих автобусів є складними багатовузловими технічними системами, у яких можуть виникати відмови різних видів у процесі роботи. Надійна робота підвіски значною мірою залежить від багатьох чинників, що мають складний і багатопрофільний характер. Наявність даних про відмови у підвісці дає змогу здійснити їх систематизацію, встановити причини і розробити заходи щодо їх усунення, до прикладу, коригуванням термінів виконання профілактичних робіт. Ще одним вирішенням проблеми підтримання надійності підвіски автобусів є розроблення методики (закону) матеріально-технічного постачання. Вона передбачає виділення в окрему групу постійно замінюваних конструктивних елементів, кількість запасу яких потребує використання інформації про інтенсивності потоків відмов та їх поєднання з розрахунками. Одним із способів керування надійністю підвіски пропонуємо використання розробленої методики, яка дасть змогу мінімізувати їх кількість.

Ключові слова: зношування конструктивних елементів; інтенсивність відмов; пуассонівський розподіл; керування матеріальними запасами; блок-схема розв'язку задачі; закон керування запасами.

Вступ. Пневматична підвіска великих міських низькопідлогових автобусів забезпечує плавність руху, що реалізується завдяки низькій жорсткості підвіски та сприятливому характеру її пружної характеристики, а також можливістю регулювання висоти кузова в широкому діапазоні. Плавність – основна здатність тривалого руху автобуса нерівними дорогами в інтервалі експлуатаційних швидкостей без надмірних динамічних навантажень в елементах підвіски.

Основними елементами, що захищають кузов автобуса від динамічних навантажень під час руху нерівностями опорної поверхні та зводять коливання і вібрації до прийняттого рівня, передусім є жорсткість передньої та задньої підвісок, а також жорсткість шин.

Основними показниками оцінки роботи підвіски є рівні вібронавантаженості водія, пасажирів та характерних деталей кузова. Погіршення властивостей підвіски, спричинених відмовами її елементів, призводить до збільшення тривалості простоїв автобусів, зростання витрат на технічне обслуговування і ремонти, що призводить до істотного збільшення собівартості перевезень.

Тобто, перед розробниками таких підвісок автобусів (перше завдання) і фахівцями в галузі технічної експлуатації (друге завдання) постає загальне питання розроблення підходів для забезпечення можливості керування цими властивостями засобами матеріального забезпечення на засадах системності та комплексності.

Інформація про авторів:

Глобчак Михайло Васильович, канд. техн. наук, доцент, кафедра експлуатації та ремонту автомобільної техніки.

Email: mykhailo.v.hlobchak@lpnu.ua

Мастикаш Олександр Леонідович, ст. викладач, кафедра експлуатації та ремонту автомобільної техніки.

Email: o.mastykach@gmail.com

Борис Микола Михайлович, канд. техн. наук, доцент, кафедра лісових машин, проректор з науково-педагогічної виховної роботи та міжнародних зв'язків. **Email:** borysmm@ukr.net

Цитування за ДСТУ: Глобчак М. В., Мастикаш О. Л., Борис М. М. Науково-методичні підходи підтримання надійності підвіски автобусів засобами матеріального забезпечення. Науковий вісник НЛТУ України. 2020, т. 30, № 2. С. 93–98.

Citation APA: Hlobchak, M. V., Mastykach, O. L., & Borys, M. M. (2020). Scientific and methodological approaches to maintaining the reliability of the bus suspension by means of material security. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30(2), 93–98.

<https://doi.org/10.36930/40300217>

Ці підходи, а також результати поданих досліджень можна застосувати і використовувати в процесі технічного обслуговування і ремонту спеціалізованих лісових машин і транспортних засобів, що використовуються в лісовому господарстві.

Об'єкт дослідження – підходи до обґрунтування надійності підвіски автобусів засобами матеріального забезпечення.

Предмет дослідження – науково-методичні засоби та прикладні методи розрахунку, за допомогою яких можна обґрунтувати надійність підвіски автобусів засобами матеріального забезпечення.

Метою дослідження є удосконалення наявних і встановлення нових підходів до обґрунтування надійності підвіски автобусів засобами матеріального забезпечення.

Основними завданнями є здійснення досліджень процесу керування матеріальним забезпеченням відновлення підвіски, опис методики розв'язання задачі збереження надійності підвіски шляхом обмеженого запасу елементів, а також подання прикладу розрахунків за реальними спостереженнями, здійсненими на автобусному АТП, що дає змогу на підставі запропонованої методики дослідити вплив зміни періоду поповнення на закон керування запасами.

Наукова новизна результатів дослідження полягає в актуалізації пошуку шляхів підвищення надійності транспортних засобів у процесі експлуатації. У роботі запропоновано оригінальний підхід до підтримання надійності систем і агрегатів автобусів, що опирається на паралельний до експлуатації процес матеріально-технічного забезпечення.

Практична значущість отриманих результатів роботи полягає у встановленні відповідного закону керування матеріальним запасом, орієнтованого на забезпечення надійності в контексті проблеми збереження властивостей підвіски автобусів під час експлуатації.

Аналіз літературних джерел. Можливість виконання автомобілем перевізницьких функцій з урахуванням умов експлуатації, заданого інтервалу часу або пробігу характеризується безвідмовністю, як однією з властивостей надійності [4, 5]. Найпоширенішим показником цієї властивості є ймовірність безвідмовної роботи, що визначається за результатами попередньо проведених експериментальних спостережень за певними вузлами або системами автомобіля.

Методична база прогнозування необхідної номенклатури та кількості запасних частин залежить від методів оброблення вихідної інформації щодо надійності автомобілів та їх елементів у процесі експлуатації, а також від методичного забезпечення стратегій обслуговування і ремонту автомобілів [8]. Під час ремонту вузлів і систем автомобіля визначальне значення має правильний вибір технології дефектування, зокрема розгляд її як процесу масового обслуговування, особливою якою є випадковий характер контролю [6, 7].

У процесі руху транспортних засобів основний вплив на стан елементів, що забезпечують необхідну плавність руху, здійснюють нерівності опорної поверхні, спричиняючи істотні коливання та динамічні навантаження [2, 3, 10]. Обґрунтований вибір жорсткості підвіски та шин забезпечують надійність транспортних засобів у процесі експлуатації.

З огляду на це важливого значення набуває стан інформаційної бази, яка містить вихідні дані для визначення й уточнення необхідної кількості запасних частин

під час експлуатації, розрахунку необхідних виробничих потужностей і устаткування для їх виготовлення, розмірів і кількості складів, виробничих потужностей для відновлення деталей, вузлів і агрегатів автомобіля [9].

На підставі аналізу літературних джерел ми сформулювали структуру задачі керування властивостями підвіски автобусів (рис. 1). Впровадження нових проектних розробок, що формують початкові властивості підвіски, визначаються технічними завданнями та відповідними конструкторськими рішеннями (див. рис. 1, блок I).

Збереження цих початкових властивостей в експлуатації можливе з використанням засобів контролю, профілактики та відновлення технічного стану підвіски (див. рис. 1, блок II). Відновлення (ремонт) підвіски завжди залежить від однієї з важливих складових процесу технічної експлуатації – матеріального забезпечення [5]. Тобто для збереження властивостей підвіски автобусів та її відновлення потрібно належно вирішувати питання матеріального забезпечення (див. рис. 1, блок III).

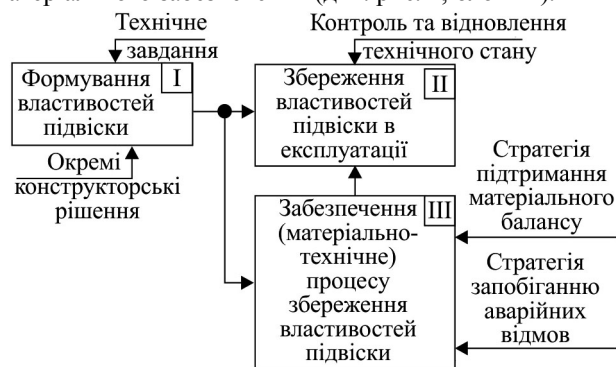


Рис. 1. Структура задачі керування властивостями підвіски автобусів

За період комерційної експлуатації автотранспортного засобу замінюється близько 7-9 тис. деталей, а поповнення запасу здійснюється за вибіркоким принципом. Серед них тільки 70-80 одиниць є конструктивними елементами, що впливають на аварійні відмови. Тому спостереження за їх динамікою витрачання дасть змогу надійніше керувати і підтримувати необхідний резерв, що й запропоновано в роботі.

Результати дослідження

Аналіз процесу керування матеріальним забезпеченням відновлення підвіски. Матеріально-технічне забезпечення (МЗ) на автотранспортних підприємствах (АТП) базується на підтриманні балансу між потоками постачання та експлуатаційними витратами, що не є універсальним засобом. Матеріально-технічне постачання може здійснюватися різними групами запасних частин, наприклад: група двигуна, група гальмівної системи тощо. Окрім цього, існує особлива група елементів конструкції підвіски, технічний стан яких буде впливати на безпеку руху автобусів. Вибір таких елементів у процесі МЗ дає змогу запобігати відмовам. Для пасажирських автотранспортних засобів, особливо міських автобусів великого класу, вимоги до безпеки руху є пріоритетними порівняно з іншими вимогами технічної експлуатації.

Результати аналізу показують, що існують об'єктивні передумови розвитку системи МЗ у напрямку одночасного застосування різних варіантів його реалізації. Як один з варіантів розглянемо збереження експлуатаційних властивостей автобусів шляхом забезпечення надійності підвіски.

Згадані вище елементи дають змогу скласти групу конструктивних деталей, які забезпечують плавну роботу підвіски автобуса і при цьому сприймають або передають підвищені сили навантаження від реактивних та гальмівних моментів, що пришвидшують руйнування. Будову, конструктивні елементи та характеристики

пневматичних підвісок великих міських автобусів А185 та МА3-203 розглядали відповідно до заводських рекомендацій з їх експлуатації [1]. Для підвіски таких автобусів склад основних конструктивних елементів цієї групи, що найчастіше виходять з ладу і потребують заміни, подано в табл. 1.

Табл. 1. Склад групи конструктивних елементів пневматичної підвіски автобусів А185, МА3-203

Передня підвіска				
$i =$	1	2	3	4
Тип елемента	Пневмобалон	Верхня та нижня реактивні штанги	Поперечна реактивна штанга	Гідравлічний амортизатор
n_i	два	чотири	одна	два
Елементи зносу	гумокордна оболонка – 2 од.	гумові втулки – 16 од.	кульовий палець – 1 од.; гумометалевий шарнір – 1 од.	гумова подушка – 4 од.
Задня підвіска				
$i =$	5	6	7	8
Тип елемента	Пневмобалон Задній	Нижня реактивна штанга	V-подібна реактивна штанга	Гідравлічний амортизатор
n_i	чотири	дві	одна	чотири
Елементи зносу	гумокордна оболонка – 4 од.	кульовий палець – 1 од.; гумометалевий шарнір – 1 од.	кульовий палець – 1 од.; гумометалевий шарнір – 1 од.	гумова подушка – 8 од.

Пневмобалони виходять з ладу внаслідок деформацій від вертикальних знакозмінних навантажень. Окрім цього, їхня робота супроводжується додатковими змінними зусиллями тиску повітря в процесі їх роботи, можливим замерзанням повітряного конденсату в камерах тощо. Це призводить до руйнування гумокордної оболонки пневмобалона.

Верхні та нижні реактивні штанги передньої підвіски сприймають зусилля від реактивних та гальмівних моментів, що призводить до появи циклічних силових напружень у матеріалах. До зміни стану робочих поверхонь пар тертя таких елементів конструкції призводить зношування гумових втулок, переважно нерівномірних.

Поперечна реактивна штанга передньої підвіски сприймає бокові навантаження, що призводять до зношування гумометалевих шарнірів та кульових пальців. Дві реактивні штанги та V-подібна реактивна штанга задньої підвіски передають тягові зусилля та сприймають зусилля від реактивного та гальмівних моментів.

Гідравлічні амортизатори гасять коливання, що виникають під час руху нерівностями дороги. При цьому порушується їх герметичність та надійність кріплення до елементів підвіски (кронштейнів каркаса, балки).

Позначення $n_i (i=1, \dots, N)$ в табл. 1 надаємо кількості однотипних елементів цієї групи; N – кількість типів елементів в групі. У розглядуваному випадку $N=8$ за загальної кількості елементів зношування од.

Передні та задні пневмобалони з кількістю $n_1=2$ і $n_5=4$ у загальному випадку мають однакову конструкцію та відповідно шість елементів зношування. Верхня та нижня реактивні штанги передньої підвіски у кількості $n_2=4$ мають 16 елементів зношування. Поперечна реактивна штанга передньої підвіски у кількості $n_3=1$ та нижня реактивна штанга задньої підвіски $n_6=1$ мають схожі чотири елементи зношування. Гідравлічні амортизатори однакової конструкції у кількості $n_4=2$; $n_8=4$, окрім їх підтікання та відмови, мають відповідно 12 елементів зношування. V-подібна реактивна штанга задньої підвіски у кількості $n_7=1$ має два елементи зношування.

Розв'язуючи поставлену задачу з надійності підвіски виходимо з того, що відмова або вихід з ладу кожного елемента зношування складальної одиниці робить обов'язковим його заміну, оскільки наслідком може бути втрата властивостей підвіски. Початковий обсяг призначеного для заміни на одному автобусі запасу елементів i -го типу позначимо m_i . Припустимо, що запас створюється на деякий період часу T , який визначається кількістю днів. Тому шуканими параметрами є набір цілих чисел $M = m_i (i=1, \dots, N)$ і період часу T поповнення запасу.

Для керування матеріальним запасом вважаємо, що підвіска автобуса втрачає властивості з моменту виходу з ладу (m_{i+1}) -го елемента. Приймаючи гіпотезу про пуассонівський характер статистичного розподілу відмов i -го елемента, ймовірність небажаної події можна подати у такому вигляді:

$$P_i(m_i, T) = 1 - \sum_{k=0}^{m_i} \frac{\Lambda_i T}{k!} e^{-\Lambda_i T}, \quad (i=1, \dots, N), \quad (1)$$

де: $\Lambda_i = n_i \lambda_i$ – параметр потоку відмов i -го типу, визначений на підставі статистичної оцінки інтенсивності λ_i відмов довільного i -го елемента в інтервалі $t_0 < t < t_0 + T$; $k = 0, 1, 2, \dots$ – поточні цілі значення відмов елементів підвіски; m_i – початковий обсяг запасу елементів i -го типу, призначеного для заміни на одному автобусі.

Використовуючи залежність (1) як статистичну модель надійності конструктивних елементів, виникають дві проблеми: часового тренду і неповної визначеності параметрів потоків Λ_i .

У загальному випадку інтенсивність відмов елементів конструкції підвіски автобусів виступає змінною величиною в часі t . Але, якщо інтервал $t_0 \dots (t_0 + T)$ вважати обмеженим, функція (1) є стаціонарною. Для цього достатньо, наприклад, виконати оцінку параметрів інтенсивності на підставі такого виразу:

$$\lambda_i = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} \lambda_i(t) dt. \quad (2)$$

Джерелом проблеми недостатньої визначеності є нечіткість експлуатаційної інформації про параметри. Тому в загальному випадку доводиться оперувати їх множинними оцінками, що зроблені в різних умовах. Під час практичних спостережень виникають максимальне $\lambda_i(\max)$ та мінімальне $\lambda_i(\min)$ значення інтенсивностей відмов i -го конструктивного елемента. Тоді розрахунковий вираз набуде такого вигляду:

$$\lambda_i = \nu \lambda_i(\max) + (1 - \nu) \lambda_i(\min), \quad (3)$$

де – частка зношених конструктивних елементів у складі відповідної групи (приймаємо в межах).

За відсутності уточнювальної спостережної інформації в формулі (3), її можна прийняти $\nu = 1 - \nu = 0,5$.

Введемо припущення, що надійність системи, складеної з N -типів елементів, формується за схемою послідовного з'єднання. Тоді ймовірність збереження технічного стану P_N всієї виділеної сукупності конструктивних елементів підвіски становитиме:

$$P_N = \prod_{i=1}^N [1 - P_i(m_i, T)]. \quad (4)$$

За незначного значення ймовірності небажаної події (відмови) $P_i(m_i, T) \ll 1$ формулу (4) доцільно замінити наближеним виразом:

$$P_N \approx 1 - \sum_{i=1}^N P_i(m_i, T). \quad (5)$$

Тоді умову матеріально-технічного забезпечення процесу збереження властивостей підвіски на підставі керування матеріальними запасами АТП можна записати у вигляді нерівності:

$$1 - \sum_{i=1}^N P_i(m_i, T) \geq P_D, \quad (6)$$

де P_i – допустима ймовірність збереження властивостей підвіски автобуса в експлуатації.

Рівень задаємо, виходячи з вимог умов експлуатації (в межах міста) або з урахуванням можливих тенденцій конструктивного удосконалення показників підвіски виробником.

"Експлуатаційною" оцінкою рівня P_D виступає допустиме співвідношення між кількістю автобусів з підвіскою A_2 , що відповідає нормативним вимогам і списковою кількістю автобусів рухомого складу A_C :

$$P_D = A_2 / A_C. \quad (7)$$

"Конструктивна" оцінка рівня P_D утворюється на підставі даних про величини передбачених розробниками пробігів L_i до списання i -тих еталонних елементів конструкції (зразки з кращими показниками надійності). Тоді, з використанням очікуваного значення математичного сподівання $M(L)$ добового пробігу автобуса на маршруті, знаходимо інтенсивність еталонного потоку відмов i -елементів підвіски:

$$\Lambda_{i,l} = \frac{n_i M(L)}{L_i}. \quad (8)$$

Підстановка результату (8) у формулу (1), коли, а далі – у формулу (4), коли $P_N = P_D$, дає змогу знаходити допустиме значення ймовірності збереження показників підвіски автобуса у функції змінного періоду часу T .

Нерівність (6), у разі, коли знайдена права частина, дасть змогу вибирати параметри закону керування запасами за наявності таких додаткових умов:

$$M = \sum_{i=1}^N m_i \rightarrow \min, \text{ при } T = \text{const}, \\ T \rightarrow \min, \text{ при } M = \text{const}. \quad (9)$$

Перша з умов (9) скеровує на пошук вирішення питання збереження надійності підвіски обмеженим запасом, а друга – на подовження періоду використання запасу без його поповнення за $M = \text{const}$.

На рис. 2 подано алгоритм пошуку розв'язування задачі для випадку врахування першої з умов. Період часу T (блок 1) задає сам виконавець, з урахуванням бажаного поповнення запасів АТП.

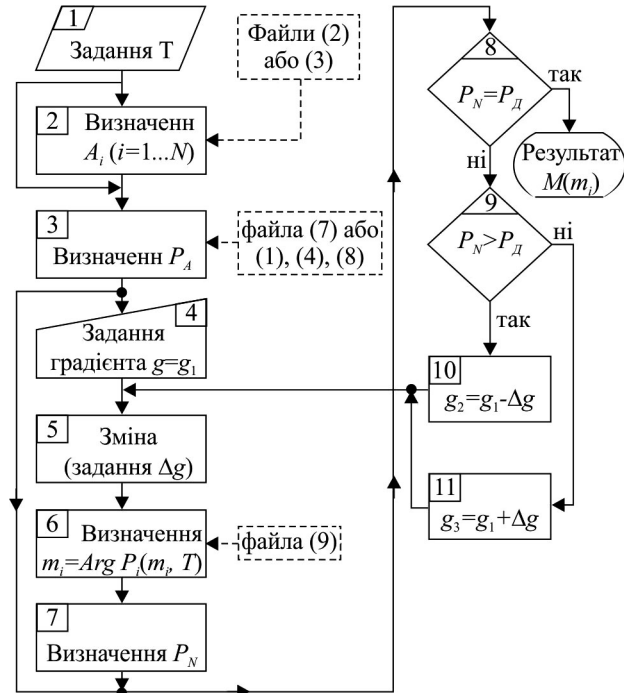


Рис. 2. Блок-схема розв'язування задачі збереження надійності підвіски обмеженим запасом елементів

Для визначення інтенсивностей реальних потоків відмов конструктивних елементів (блок 2) здійснюється оброблення інформації спостереження за підвісками автобусів підприємства, застосовуючи вирази (2) або (3).

Для визначення допустимого рівня ймовірності збереження властивостей підвіски автобуса (блок 3) передбачається виконання однієї з процедур: розрахунку за формулою (6) або за формулами (8), (1) і (4) з урахуванням прийнятого T . Кінцевий вибір рівня ймовірності може опиратися одразу на більше або середнє значення ймовірності.

У блоках 4-11 (див. рис. 2) розрахунки виконують методом найшвидшого запуску. Задається довільне додатне кількісне значення параметра запасу елементів підвіски (градієнта) $g = g_1$ (блок 4) і крок поступового переходу (збільшення) на одне значення $\Delta g = g_1$ його можливої зміни (блок 5).

Підбором g (блок 6) визначаються кількість запасу елементів $m_i (i = 1 \dots N)$, за яких виконується нерівність:

$$P_i(m_i, T) - P_i(m_i + 1, T) \geq g_1. \quad (10)$$

За знайденим набором значень m_i розраховують показник надійності P_N (блок 7) і перевіряють умову його відповідності допустимому рівню (блок 8). У разі отримання позитивного результату, дані про величини $m_i (i = 1, \dots, N)$ виводять як кінцеві. В іншому випадку,

потрібно визначити співвідношення між i (блок 9). Якщо ймовірність перевищує допустиме значення – поступовий перехід (градієнт) зменшується (блок 10) до допустимого рівня.

Потім знову виконується вибір чисел m_i (блок 6), але вже за такою умовою:

$$P_i(m_i, T) - P_i(m_i + 1, T) \geq g_2. \quad (11)$$

У випадку негативного результату перевірки в блоці 9, градієнт g збільшується (блок 11) до $g_3 = g_1 + \Delta g$, а вибір параметрів m_i здійснюється з урахуванням нерівності:

$$P_i(m_i, T) - P_i(m_i + 1, T) \geq g_3. \quad (12)$$

Підбором значень параметра запасу елементів підвіски (градієнта) g за декілька ітерацій знаходиться набір $M = m_i (i = 1, \dots, N)$, що дасть змогу задовольнити вимогу збереження властивостей підвіски автобуса під час експлуатації мінімальною кількістю елементів запасу.

Приклад виконання розрахунків. Проведеними на автобусному АТП спостереженнями зафіксовано відповідні інтенсивності потоків відмов. Отримані результати подано в табл. 2. Приймаючи, знаходимо розрахункові значення інтенсивності відмов (індексація конструктивних елементів відповідає табл. 1).

Табл. 2. Дані для визначення закону керування запасами

Інтенсивність відмов	Номер i -го типу елементів							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Мінімальний рівень, $\lambda_i(\min) \cdot 10^{-3}$	2.5	2.8	1.7	1.6	4.1	4	2.7	2.6
Максимальний рівень, $\lambda_i(\max) \cdot 10^{-3}$	3.5	3.2	2.3	2.4	5.9	6	3.3	3.4
$\lambda_i \cdot 10^{-3}, 1/\text{день}$	3	3	2	2	5	5	3	3

Визначимо запас конструктивних елементів за умови, коли період поповнення $T = 100$ днів і допустимий рівень надійності підвіски автобуса.

У ході ітераційної процедури знаходимо бажаний запас елементів підвіски (градієнт): $g = 4 \cdot 10^2$. При цьому, величина сукупного запасу становить $M = 29$ одиниць на один автобус. Розподіл запасу за типами конструктивних елементів становить: $m_1 + m_2 = 5$; $m_3 = 3$; $m_4 = 3$; $m_5 = 5$; $m_6 = 5$; $m_7 = 4$; $m_8 = 4$.

Такий запас конструктивних елементів необхідно поповнювати з урахуванням чисельності рухомого складу АТП. Запропонована методика розрахунку дає змогу дослідити вплив зміни періоду поповнення на закон керування запасами.

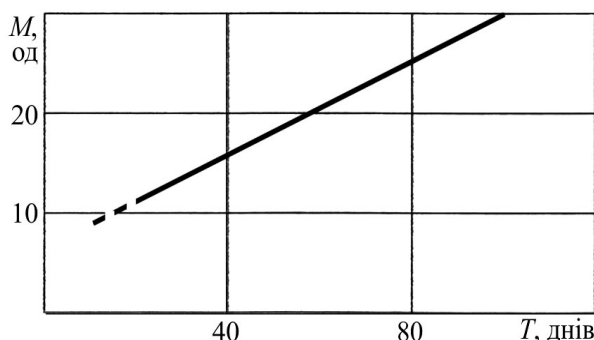


Рис. 3. Розрахункова залежність обсягу запасу M від поповнення T за допустимого рівня надійності підвіски автобуса

На рис. 3 зображено залежність обсяг запасу M від поточного значення часу поповнення запасів T для прийнятих початкових даних. Отримана функціональна залежність кількості запасних частин за фіксованого рівня надійності підвіски від терміну їх поповнення має такий вигляд:

$$M = M_0 + kT, \text{ де } M_0 = 8.$$

Аналіз залежності показує, що закон зростання необхідного матеріального запасу у функції T є близьким до лінійного.

$$P_D = 90, \%$$

Висновок. Подано оригінальну методику розрахунку підтримання надійності підвіски автобусів засобами матеріального забезпечення, що базується на виділенні групи регулярно замінюваних конструктивних елементів, для котрих періодично поновлюється запас, що забезпечить наперед задану ймовірність збереження технічного стану підвіски автобуса.

Отримано лінійну залежність кількості запасних частин за фіксованого рівня надійності підвіски від терміну їх поповнення, для якої $k = \text{tg } \alpha = 0,2125$.

Оцінювання запасу передбачає використання інформації стосовно інтенсивності потоків відмов конструктивних елементів.

Розроблену методику доцільно застосовувати як засіб керування властивостями підвіски автобусів під час їх експлуатації.

Запропоновані в роботі науково-методичні підходи підтримання надійності підвіски та отримані результати досліджень можна застосовувати в процесі виконання технічного обслуговування і ремонту спеціалізованих лісових машин і транспортних засобів, що використовуються в лісовому господарстві.

References

1. Avtobusy MAZ 203, MAZ-207. (2018). Rukovodstvo po eksploatacii 203065-000020 RE. Minsk. Retrieved from: <http://maz.by/ru/services/documentation/customer-info/manual-buses/>. [In Russian].
2. Borys, M. M. (2008). Analiz plynosti rukhu sortymentovoza na bazi kolisnoho traktora. *Vestnyk KhNADU*, 43. 107–110. [In Ukrainian].
3. Bybluk, N., Herys, M., & Borys, M. (2011). Influence of parameters of the wheeled timber machines on controllability and stability of their motion. *Mobilne enerzhe-ticki prostredky – Hydraulika – Zhivotne prostredie – Ergonomia mobilnych strojov: Zbornik vedeckych recenzovanych prac*. Zvolen, 20 september 2011, pp. 25–35.
4. DSTU 2860-94. (1994). Nadiinist tekhniki. Terminy i vyznachen-hennia. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 36 p. [In Ukrainian].
5. Fornalchuk, Ye. Yu., Oliskevych, M. S., Mastykash, O. L., & Pello, R. A. (2004). Tekhnichna eksploatatsiia ta nadiinist avtomobiliv: navch. posibnyk. Lviv: Afisha, 492 p. [In Ukrainian].
6. Hudz, H. S., Borys, M. M., & Zakhara, I. Ya. (014). Systematyzatsiia defektiv kuzova spetsialnykh avtobusiv. *Naukovi notatky: mizhvuz. zb. (za haluziamy znan "Mashynobuduvannia ta metaloobroblyennia", "Inzhenerna mekhanika", "Metalurhiia ta materialoznavstvo"*, 2(46), 117–120. [In Ukrainian].
7. Hudz, H. S., Hlobchak, M. V., Kotsiumbas, O. Y., & Zakhara, I. Ya. (2019). Porivnialna otsinka alhorytmiv demontazhu pidvisky avtobusa BAZ A 11110 na zasadakh strukturnoho analizu. *Naukovyi zhurnal "Suchasni tekhnologii v mashynobuduvanni ta transporti"*, 1(12), 48–56. [In Ukrainian].
8. Kindratskyi, B. I., & Mastykash, O. L. (2012). Prohramne rehuliu-vannia vyrobnychykh protsesiv na pidpriemstvakh avtomobilno-ho transportu: monohrafiia. Lviv: KINPATRI LTD, 114 p. [In Ukrainian].

9. Shhetina, V. A., Lukinskii, V. S., & Sergeev, V. I. (1988). *Snabzhenie zapasnymi chastiami na avtomobilnom transporte*. Moscow: Transport, 112 p. [In Russian].
10. Vikovych, I. A. (2013). *Teoriia rukhu transportnykh zasobiv: pidruchnyk*. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, 672 p. [In Ukrainian].

M. V. Hlobchak¹, O. L. Mastykach¹, M. M. Borys²

¹ Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

² Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO MAINTAINING THE RELIABILITY OF THE BUS SUSPENSION BY MEANS OF MATERIAL SECURITY

It is established that the ability to perform car functions of transportation, taking into account the operating conditions, a given time interval or mileage is characterized by failure-free, as one of the properties of reliability [1]. The failure-free rate is the probability of failure-free operation, which is determined by the results of preliminary experimental observations of specific units or systems of the car. A typical case may be the failure of any element of the car, which results in the failure of the entire object. An example can be: car drive, brake system, suspension and more. The failures with such elements can be calculated using a Poisson probability distribution. The Poisson distribution is used for elements (systems) with many possible events, each of which is not common. The following application of this distribution is possible in the practice of car operation, for example: the number of failures for a group of simultaneously operating cars during a predetermined period of time (or time); number of accidents; the number of vehicles entering the service area (repair) per unit time, the number of spare parts received from the warehouse; etc. The Poisson distribution will be used in the calculations of the probability of failure-free operation of vehicle suspensions. It has been found that the pneumatic suspension of modern large buses is a complex, multi-node technical system, in which different kinds of failures can occur during their operation. Reliable suspension performance is highly dependent on many factors that are complex and multi-disciplinary. The availability of failures data of the suspensions of modern large buses allows systematizes failures and identifies the causes of failures; develop measures for their elimination, for example by adjusting the timing of preventive work. Another solution to the problem of maintaining the reliability of the bus suspension is to develop a method (law) of logistics. It provides for the selection in a separate group of a number of permanently replaceable structural elements, the amount of stock of which requires the use of information on the intensity of failure flows and their combination with calculations. One way to control the reliability of the suspension is to use a developed technique.

Keywords: Wear of structural elements; failure rate; Poisson distribution; inventory management; flowchart for solving the problem; inventory management technique.