

ВИЗНАЧЕННЯ РЕМОНТОЗДАТНОСТІ ПНЕВМАТИЧНИХ ПІДВІСОК АВТОБУСА З ПОЗИЦІЙ ДОСТУПУ

Гудз Г. С.¹, Глобчак М. В.¹, Коцюмбас О. Й.¹, Осташук М. М.¹

¹НУ «Львівська політехніка»

Анотація. На засадах структурного аналізу пневмопідвісок керованих та ведучих коліс автобуса А 70132 побудовані графи та розраховані функції доступу, що характеризують ремонтоздатність підвіски під час розбиральних операцій.

Ключові слова: пневмопідвіска, автобус, ремонтоздатність, графи, функції.

Вступ

Ремонтоздатність [1] як одну з експлуатаційних властивостей автомобіля закладають ще при його конструюванні. Для її кількісної оцінки розроблено низку обґрунтованих критеріїв [2]. У той же час недостатньо уваги приділено структурній оцінці ремонтоздатності складових одиниць автомобіля з позицій пошуку полегшеного доступу до невідновлюваних деталей у разі відмов агрегатів або вузлів. Тому доступ стає важливим чинником, що визначає ремонтоздатність пневматичних підвісок автобусів під час розбирально-складальних операцій.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є дослідження ремонтоздатності пневматичної підвіски автобуса Богдан А 70132 з позицій доступу під час розбиральних операцій. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: визначити ремонтоздатність автобуса за допомогою структурного аналізу; проаналізувати відстані вершин графів доступу до підвіски ведучих коліс автобуса; провести аналіз отриманих результатів.

Аналіз публікацій

Останні дослідження підвісок автобусів з позицій ремонтоздатності проведені досить давно через реструктуризацію автомобільної галузі і стосувались ресорно-пневматичних підвісок автобусів [3, 4]. Тому актуальним постало питання оцінки ремонтоздатності пневматичних підвісок сучасних вітчизняних автобусів.

Визначення ремонтоздатності автобуса

Досягнення вище означеної мети здійснювалось залученням методу дискретної математики, в якому найбільш повно задачам структурного аналізу складових одиниць автомобіля відповідає теорія графів [5].

Комплекс розбиральних робіт можна представити графами доступу, в яких вершини означають закінчення робіт, а орієнтовані ребра, зображені відрізками прямих зі стрілками, – послідовність розбиральних робіт. У залежності від конструктивних особливостей складових одиниць і складових елементів, графи наводять великою гамою усіляких варіантів, що характеризують різні можливості доступу [6].

Із властивостей графа для зазначених цілей використовують віддаленість від кореневої вершини графа $d(x_o, x_i)$, що визначається як найкоротша відстань і виражається цілими позитивними числами. Чим більша відстань від кореневої вершини графа, тим гірший доступ.

Друга важлива властивість графа – його вага $\mu(x_i)$, яка характеризує кількість складових одиниць і деталей, пов'язаних з кореневою вершиною, що одночасно знімаються. Чим більша вага вершини графа, тим досконаліша конструкція складової одиниці (складової частини) з позиції ремонтоздатності, тому що при одному роз'єднанні знімається кілька деталей (складових одиниць), що скорочує витрати праці.

Оцінку досконалості складової одиниці чи складової частини автотранспортного засобу з умов забезпечення найкращого доступу до деталі, що відмовила, зручніше робити за допомогою функції доступу, що є основним критерієм структурної оцінки ремонтоздатності машин. Функція доступу характеризує пристосованість конструкції до швидкого відновлення втраченої нею працездатності шляхом заміни невідновлюваного елемента, що вийшов з ладу. Ця функція має вигляд [2]

$$\Delta\varphi = \varphi d(x_o, x_i) - \varphi \mu(x_i), \quad (1)$$

де $\varphi d(x_o, x_i) = d^2(x_o, x_i) Fd(x_o, x_i) - [d(x_o, x_i) Fd(x_o, x_i)]^2$ – сумарна характеристика

відстані між вершинами графа доступу;

$f\mu(x_i) = \mu^2(x_i)F\mu(x_i) - [\mu(x_i)F\mu(x_i)]^2$ – сумарна характеристика ваги графа доступу.

З формули (1) випливає, що доступ до елемента конструкції поліпшується зі зменшенням негативної та збільшенням позитив-

ної різниці між значеннями $\phi d(x_o, x_i)$ і $f\mu(x_i)$.

Розглянемо послідовність розбиральних робіт на прикладі підвісок керованих і ведучих коліс автобуса Богдан А 70132, конструктивні схеми яких наведені на рис. 1 та 2.

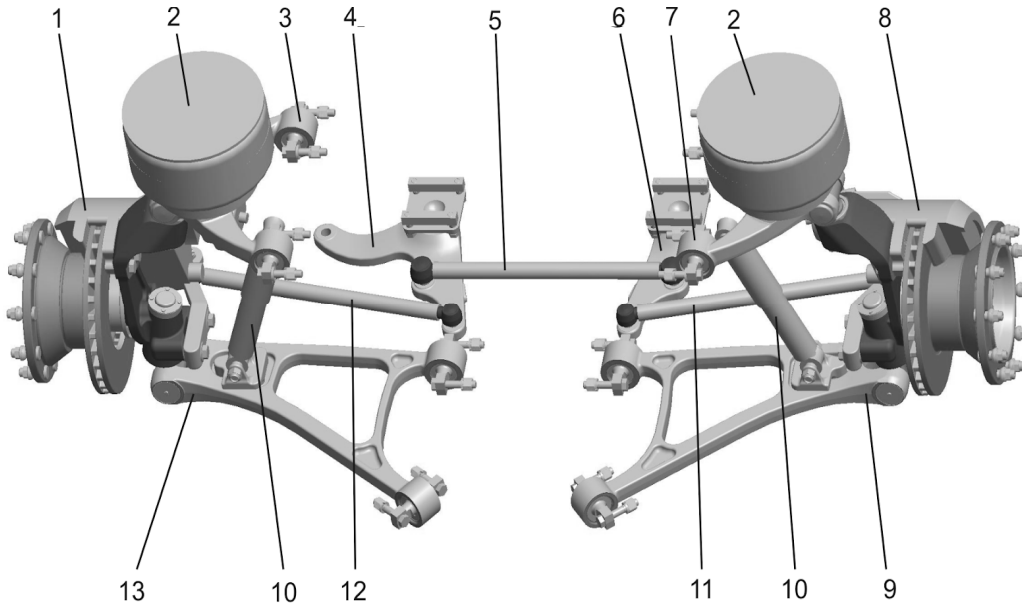


Рис. 1. Підвіска керованих коліс автобуса Богдан А70132: 1 – колісний механізм лівий; 2 – рукавний пружний елемент; 3 – важіль верхній лівий; 4 – важіль кермової трапеції лівий; 5 – тяга кермова поперечна; 6 – важіль кермової трапеції правий; 7 – важіль верхній правий; 8 – колісний механізм правий; 9 – важіль нижній правий; 10 – амортизатор; 11 – тяга кермова права; 12 – тяга кермова ліва; 13 – важіль нижній лівий

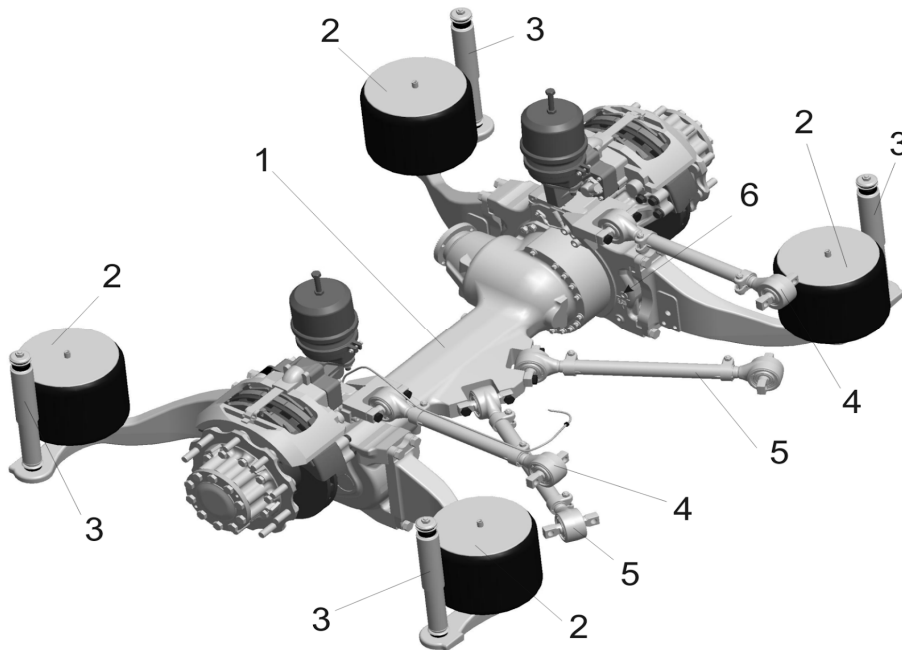


Рис. 2. Підвіска ведучої осі автобуса Богдан А70132: 1 – ведуча вісь; 2 – рукавний пружний елемент; 3 – амортизатор; 4 – верхня реактивна тяга; 5 – нижня реактивна тяга; 6 – зашрубок отвору контролю рівня оливи

Підвіска керованих коліс (рис. 1) незалежна, пневматична з важільними напрямними пристроями, пневматичними пружними елементами рукавного типу, важелями з кульовими гумометалевими шарнірами, телескопічними гідравлічними амортизаторами. Вона складається із двох колісних механізмів – лівого 1 та правого 8, двох пневматичних рукавних пружних елементів 2 із вмонтованими гумовими обмежувачами ходу стиску, які фіксуються верхньою частиною до кузова. Підвіска містить два гідравлічні амортизатори 10 двосторонньої дії з вмонтованими обмежувачами ходу відбою. Фіксація коліс відносно кузова від поздовжніх та поперечних переміщень здійснюється напрямним пристроєм, що складається з двох нижніх важелів – лівого 13 і правого 9 та двох верхніх – лівого 3 та правого 7. Важелі з'єднуються з кузовом автобуса через гумометалеві шарніри болтами та гайками. В конструкцію підвіски входить кермова трапеція, яка складається з двох важелів – лівого 4 та правого 6, кермових тяг – лівої 12, правої 11 та поперечної 5.

Вільний доступ є до наступних деталей і складових одиниць підвіски: до шарнірів верхніх та нижніх важелів підвіски, амортизаторів, пружних рукавних елементів, шарнірів кермових тяг, кронштейнів важелів кермової трапеції, штуцерів приводу гальм.

У табл. 1, а подано зведені графи доступу до підвіски керованих коліс автобуса Богдан А 70132 за трьох варіантів розбирання.

За першого варіанта розбирання, з метою відкриття доступу до колісних механізмів автобуса, від'єднують від основи кузова автобуса наступні деталі і складові одиниці підвіски: амортизатори, пневматичні рукавні пружні елементи та кермові тяги. Ці роботи відповідають першому рівню доступу, коли постає завдання від'єднати основні деталі й вузли від кузова.

На другому рівні графа розташовані роботи зі зняття від'єднаних деталей та вузлів: колісних механізмів у зборі, амортизаторів, пневмобалонів та кермових тяг.

Зняттям верхніх та нижніх важелів підвіски і кермової трапеції завершується комплекс розбиральних робіт підвіски керованих коліс автобуса, що зображені на третьому рівні графа (табл. 1, варіант 1, а).

Послідовність виконання розбиральних робіт пневмопідвіски за другим та третім варіантами аналогічна з першим та відображена у табл. 1, а. Аналогічно побудовані графи доступу (табл. 1, б) до підвіски ведучих коліс автобуса.

Опрацювання всіх варіантів для проведення розрахунків подано в табл. 2 і 3.

Нижче наведено приклад розрахунку функцій доступу $\Delta\phi$ за формулою (1), а в табл. 4 – їхні порівняльні результати всіх розрахунків.

Таблиця 1 – Графи доступу до пневматичної підвіски керованих коліс (а) і ведучих коліс (б) автобуса Богдан А70132 за трьома варіантами розбирання

<p style="text-align: center;">Варіант 1, а</p> <p>1, 15 – нижні шарніри поворотних кулаків; 1', 15' – верхні шарніри поворотних кулаків; 2, 14 – нижні шарніри амортизаторів; 2', 14' – верхні шарніри амортизаторів; 3, 3', 13, 13' – рукавні пружні елементи; 4, 4', 12, 12' – кульові шарніри кермових тяг; 5, 11 – шарніри нижніх важелів; 6, 10 – шарніри верхніх важелів; 7, 9 – кронштейни кермової трапеції; 8 – поздовжня кермова тяга; 16, 22 – поворотний кулак з колісним механізмом; 17, 21 – нижні важелі з шарнірами; 18, 20 – верхні важелі з шарнірами; 19 – кермова трапеція</p>	<p style="text-align: center;">Варіант 1, б</p> <p>1, 2, 3, 4 – амортизатори; 5, 6, 7, 8 – рукавні пружні елементи; 9, 10 – нижні реактивні тяги; 11, 12 – верхні реактивні тяги; 13 – ведуча вісь у зборі з реактивними тягами</p>

<p>Варіант 2, а</p> <p>1,13 – верхні шарніри амортизаторів; 2,12 – рукавні пружні елементи; 3,11 – шарніри нижніх важелів; 4,10 – шарніри верхніх важелів; 5,9 – кульові шарніри кермових тяг; 6,8 – кронштейни кермової трапеції; 7 – поздовжня кермова тяга; 14,16 – колісні механізми у зборі з важелями, рукавними пружними елементами і амортизаторами; 15 – кермова трапеція в зборі з кермовими тягами</p>	<p>Варіант 2, б</p> <p>1,13 – верхні шарніри амортизаторів; 2,12 – рукавні пружні елементи; 3,11 – шарніри нижніх важелів; 4,10 – шарніри верхніх важелів; 5,9 – кульові шарніри кермових тяг; 6,8 – кронштейни кермової трапеції; 7 – поздовжня кермова тяга; 14,16 – колісні механізми у зборі з важелями, рукавними пружними елементами і амортизаторами; 15 – кермова трапеція у зборі з кермовими тягами</p>
<p>Варіант 3, а</p> <p>1,11 – верхні шарніри амортизаторів; 2,10 – рукавні пружні елементи; 3,9 – шарніри нижніх важелів; 4,8 – шарніри верхніх важелів; 5,7 – кронштейни кермової трапеції; 6 – поздовжня кермова тяга; 12 – підвіска у зборі з колісними механізмами, рукавними пружними елементами, амортизаторами, кермовою трапецією і кермовими тягами</p>	<p>Варіант 3, б</p> <p>1,11 – верхні шарніри амортизаторів; 2,10 – рукавні пружні елементи; 3,9 – шарніри нижніх важелів; 4,8 – шарніри верхніх важелів; 5,7 – кронштейни кермової трапеції; 6 – поздовжня кермова тяга; 12 – підвіска у зборі з колісними механізмами, рукавними пружними елементами, амортизаторами, кермовою трапецією і кермовими тягами</p>

Таблиця 2 – Результати дослідження ваги і відстані вершин графів доступу до підвіски керованих коліс автобуса Богдан А 70132

Графи досту- пу до деталей, що відмовили	Характеристика ваги			
	Вершини	$\mu(x_i)$	$F_\mu(x_i)$	$\frac{\mu(x_i) \cdot F_\mu(x_i)}{\mu^2(x_i) \cdot F_\mu(x_i)}$
Варіант 1	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 1 ¹ , 2 ¹ , 3 ¹ , 4 ¹ , 12 ¹ , 13 ¹ , 14 ¹ , 15 ¹ , 16, 22	1	17	$\frac{1 \times 17}{1^2 \times 17}$
	5, 6, 10, 11, 17, 18, 20, 21	2	8	$\frac{2 \times 8}{2^2 \times 8}$
	19	3	1	$\frac{3 \times 1}{3^2 \times 1}$
Варіант 2	1, 2, 5, 7, 9, 12, 13	1	7	$\frac{1 \times 7}{1 \times 7}$
	3, 4, 5, 8, 10, 11	2	6	$\frac{2 \times 6}{2^2 \times 6}$

	14, 15, 16	5	3	5×3 $5^2 \times 3$
Варіант 3	1, 2, 6, 10, 11	1	5	1×5 $1^2 \times 5$
	3, 4, 5, 7, 8, 9	2	6	2×6 $2^2 \times 6$
	12	28	1	28×1 $28^2 \times 1$
Графи досту- пу до деталей, що відмовили	Характеристика відстаней			
	Вершини	$d(x_0, x_1)$	$F_d(x_0, x_1)$	$\frac{d(x_0, x_1)}{F_d(x_0, x_1)}$ $\frac{d^2(x_0, x_1)}{F_d(x_0, x_1)}$
Варіант 1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	1	15	1×15 $1^2 \times 15$
	$1^1, 2^1, 3^1, 4^1, 12^1, 13^1, 14^1, 15^1,$ 16, 17, 18, 19, 20, 21	2	8	2×8 $2^2 \times 8$
		3	7	
Варіант 2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	1	13	1×13 $1^2 \times 13$
	14, 15, 16	2	3	2×3 $2^2 \times 3$
Варіант 3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	1	11	1×11 $1^2 \times 11$
	12	2	1	2×1 $2^2 \times 1$

Таблиця 3 – Результати дослідження ваги і відстані вершин графів доступу до підвіски ведучих коліс автобуса Богдан А 70132

Графи доступу до деталей, що відмовили	Характеристика ваги			
	Вершини	$\mu(x_i)$	$F_\mu(x_i)$	$\frac{\mu(x_i) \cdot F_\mu(x_i)}{\mu^2(x_i) \cdot F_\mu(x_i)}$
Варіант 1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, $1^1, 2^1, 3^1, 4^1,$ $5^1, 6^1, 7^1, 8^1$	1	16	1×16 $1^2 \times 16$
	9, 10, 11, 12, 13	2	5	2×5 $2^2 \times 5$
Варіант 2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1	8	1×8 $1^2 \times 8$
	9, 10, 11, 12, 14	2	5	2×5 $2^2 \times 5$
	13	7	1	7×1 $7^2 \times 1$
Варіант 3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	1	12	1×12 $1^2 \times 12$
	13	10	1	10×1 $10^2 \times 1$
Графи доступу до деталей, що відмовили	Характеристика відстаней			
	Вершини	$d(x_0, x_1)$	$F_d(x_0, x_1)$	$\frac{d(x_0, x_1)}{F_d(x_0, x_1)}$ $\frac{d^2(x_0, x_1)}{F_d(x_0, x_1)}$

Варіант 1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	1	12
	1 ¹ , 2 ¹ , 3 ¹ , 4 ¹ , 12 ¹ , 13 ¹ , 14 ¹ , 15 ¹	1 ¹ , 2 ¹ , 3 ¹ , 4 ¹ , 5 ¹ , 6 ¹ , 7 ¹ , 8 ¹	2	8
	16, 17, 18, 19, 20, 21	13	3	1
Варіант 2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	1	12
	14, 15, 16	13	2	1
		14	3	1
Варіант 3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	1	12
	12	13	2	1

Проведемо визначення функції доступу для першого варіанту розбирання підвіски

керованих коліс автобуса Богдан А70132 за даними табл. 1, а та 2:

$$\begin{aligned} \phi \cdot d(x_0, x_1) &= d^2(x_0, x_1) \cdot Fd(x_0, x_1) - [d(x_0, x_1) \cdot Fd(x_0, x_1)]^2 = \\ &= (1^2 \cdot 15 + 2^2 \cdot 8 + 3^2 \cdot 7) - (1 \cdot 15 + 2 \cdot 8 + 3 \cdot 7)^2 = -2594; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\mu}(x_1) &= \mu^2(x_1) F_{\mu}(x_1) - [\mu(x_1) F_{\mu}(x_1)]^2 = (1^2 \cdot 17 + 2^2 \cdot 8 + 3^2 \cdot 1) - \\ &- (1 \cdot 17 + 2 \cdot 8 + 3 \cdot 1)^2 = -1238; \end{aligned}$$

$$\Delta\phi = \phi \cdot d(x_0, x_1) - \phi_{\mu}(x_1) = -2594 - (-1238) = -1356$$

За таким алгоритмом визначимо функції доступу для всіх трьох варіантів розбирання підвісок керованих і ведучих коліс автобуса

Богдан А70132, зведемо їх до табл. 4 і проведемо порівняльний аналіз із метою розроблення практичних рекомендацій.

Таблиця 4 – Результати визначення функцій доступу

Об'єкт	Варіант	$\phi \cdot d(x_0, x_1)$	$\phi_{\mu}(x_1)$	$\Delta\phi$
Підвіска керованих коліс автобуса Богдан А70132	I	-2594	-1238	-1356
	II	-336	-1050	+714
	III	-154	-1212	+1058
Підвіска ведучих коліс автобуса Богдан А70132	I	-907	-493	-414
	II	-264	-563	+299
	III	-153	-372	+219

З табл. 4 видно, що найбільш раціональним варіантом для розбирання пневматичної підвіски керованих коліс є третій, а для ведучих – другий.

Висновки

За допомогою структурного аналізу пневмопідвісок різних автобусів можна оцінити з позицій доступу їхню ремонтоздатність.

Література

1. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни і визначення. К.: Держстандарт України, 1994. 36 с.
2. Волков Н. Ремонтпригодность машин / под ред. П. Н. Волкова. М.: Машиностроение, 1975. 368 с.
3. Гудз Г. С. Структурная оценка ремонтпригодности подвески автобуса ЛАЗ-4202 / Г. С. Гудз, Ю. И. Дробот, П. И. Еременко.-

Львов: Труды ВКЭИАВТОБУСПРОМ, 1981. С. 187-195.

4. Кельман І. І. Підвищення експлуатаційних властивостей автобуса в сучасних умовах / І. І. Кельман, К. Лейда, Р. А. Акоюн.-Львів: НВП «Мета», 1997. 253 с.
5. Зиков О. О. Основы теории графов / О. О. Зиков. М.: Вузовская книга, 2004.-664 с.
6. Иващенко Н. И. Технология ремонта автомобилей / Н. И. Иващенко. – К.: Вища школа, 1977. 360 с.
7. Автобус Богдан А 70132. Настанова щодо експлуатування: ВГК ДП «Автоскладальний завод №1 АТ «Автомобільна компанія «Богдан Моторз»». Луцьк: 2016. 97 с.

References

1. DSTU 2860-94. Nadiynist' tekhniki-ky. Terminy i vyznachennya.-К.: De-rzhstandart Ukrainy, 1994.-36 s. [DSTU 2860-94. Reliability of technology. Terms and definitions] Gosstandart of Ukraine, 1994. 36 p
2. Volkov N. Remontopryhodnost mashyn [Maintenance of cars] pod. red.. P. N. Volkova.-М.: Mashynostroeny, 1975. 368 s.
3. Hudz H. S. Strukturnaya otsenka remontopryhodnosti podvesky avtobusa LAZ-4202 [Structural assessment of the maintenance of the suspension of the bus LAZ-4202] - L'vov: Trudy VKÉYAVTOBUSPROM, 1981. S. 187-195.
4. Kel'man I. I. Pidvyshchennya ekspluatatsiynykh vlastyvostey avtobusa v suchasnykh umovakh [Improvement of the operational properties of the bus in modern conditions] L'viv: NVP «Mета», 1997. 253 s.
5. Zykov O. O. Osnovy teoryy hrafov [Fundamentals of graph theory] Vuzovskaya knyha, 2004.-664 s.
6. Yvashchenko N. Y. Tekhnolohyya remonta avtomobyley [Car repair technology] Vyshcha shkola, 1977. 360 s.
7. Avtobus Bohdan A 70132. Nastanova shchodo ekspluatuvannya: VHK DP «Avtoskladal'nyy zavod №1 АТ «Av-tomobil'na kompaniya «Bohdan Motorz»» [Bus Bogdan A 70132. Instruction on exploitation: VGK of SE "Automobile assembly plant № 1 JSC" Automobile company Bogdan Motors "] Luts'k: 2016. 97 s.

¹Гудз Густав Стефанович, д.т.н., проф. кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка». вул. С. Бандери 32, 79013, Львів; 6-й корпус, кімната 110 (1-ий поверх), тел: (032) 258 21-71, e-mail: erat.dept@lpnu.ua

¹Глобчак Михайло Васильович, к.т.н., доц. кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка». вул. С. Бандери 32, 79013, Львів; 6-

й корпус, кімната 110 (1-й поверх),

тел: (032) 258 21-71, e-mail: erat.dept@lpnu.ua

¹Коцюмбас Олег Йосифович, к.т.н., кафедра експлуатації та ремонту автомобільної техніки Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка». вул. С. Бандери 32, 79013, Львів; 6-й корпус, кімната 110 (1-й поверх),

тел: (032) 258 21-71, e-mail: erat.dept@lpnu.ua

¹Осташук Михайло Михайлович, к.т.н., доц., кафедра експлуатації та ремонту автомобільної техніки Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка». вул. С. Бандери 32, 79013, Львів; 6-й корпус, кімната 110 (1-й поверх), тел: (032) 258 21-71, e-mail: erat.dept@lpnu.ua

Определение ремонтпригодности пневматических подвесок автобуса с позиции доступа

Аннотация. На основе структурного анализа пневмоподвесок управляемых и ведущих колес автобуса А 70132 построены графы и рассчитаны функции доступа, характеризующие ремонтоспособность подвески при разборочных операциях.

Ключевые слова: пневмоподвеска, автобус, ремонтпригодность, графы, функции

Гудз Густав Стефанович¹, д.т.н., проф., кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка». ул. С. Бандеры 32, 79013, Львов; 6-й корпус, комната 110 (первый этаж),

тел: (032) 258 21-71, e-mail: erat.dept@lpnu.ua

Глобчак Михаил Васильевич¹, к.т.н., доц., кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка». ул. С. Бандеры 32, 79013, Львов; 6-й корпус, комната 110 (первый этаж), тел: (032) 258 21-71, e-mail: erat.dept@lpnu.ua

Коцюмбас Олег Йосифович¹, к.т.н., кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка». ул. С. Бандеры 32, 79013, Львов; 6-й корпус, комната 110 (первый этаж),

тел: (032) 258 21-71, e-mail: erat.dept@lpnu.ua

Осташук Михаил Михайлович¹, к.т.н., доц. кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка». ул. С. Бандеры 32, 79013, Львов; 6-й корпус, комната 110 (первый этаж), тел: (032) 258 21-71, e-mail: erat.dept@lpnu.ua

Determination of optimal load parameters for efficient operation of silicon solar battery

Abstract. Problem. Maintainability as a special property of machine should be built into it during its design phase. There are some scientific premises of

quantitative evaluation of maintainability, but there are also some gaps in regard to qualitative (structural) evaluation of maintainability of some units and aggregates. **Goal.** Based on the structural analysis of the pneumatic suspensions of the steered and driving wheels of the A 70132 bus, graphs were constructed and the access functions were calculated that characterize the repair-ability of the suspension during disassembly operations. **Methodology.** Based on the structural analysis of the pneumatic suspensions of the steered and driving wheels of the A 70132 bus, graphs were constructed and the access functions were calculated that characterize the repair-ability of the suspension during disassembly operations. **Results.** It is rational to evaluate an access to non-renewable parts by analysis of the sequence of disassembly works, necessary for obtaining access to failed machine parts. These work sequences can be represented as access graphs, where graphs nodes represent ends of works and oriented edges (drawn as line segments with arrows) describe the order by which disassembly works are performed. The graphs of such kind belong to oriented class with root node, which is shown as a point and zero, and indicates the start of works. It is also rational to use such properties of graphs as distance from the root node $d(x_0, x_i)$ and its weight $\mu(x_i)$. The main criterion of structural evaluation of machines maintainability, which describes the convenience of rapid recovery of machines operating is its accessibility function φ . There are values of this criterion calculated for pneumatic garter of driven and undriven wheels of Bogdan A 70132 bus in this article as well as the most rational ones are chosen. **Originality.** The reparability of the component part of the vehicle with the conditions for ensuring the best access to the refused part has been determined, it is more convenient to do with the ac-

cess function, which is the main criterion for structural assessment of reparability of machines **Practical value.** With the help of structural analysis of pneumatic suspensions of different buses, it is possible to estimate their reparability from the access point.

Key words: air suspension, bus, repair, graphs, functions.

Hudz G.¹, Ph.D., Prof., Department of Operation and Repair of Automotive Engineering of the Institute of Mechanical Engineering and Transport of the National University "Lviv Polytechnic". st. S. Bandera 32, Lviv; 6th building, room 110 (first floor), tel: (032) 258 21-71, e-mail: erat.dept@lpnu.ua

Globchak M.¹, Ph.D., Assoc. Prof., Department of Operation and Repair of Automotive Engineering of the Institute of Mechanical Engineering and Transport of the National University "Lviv Polytechnic". st. S. Bandera 32, Lviv; 6th building, room 110 (first floor), tel: (032) 258 21-71, e-mail: erat.dept@lpnu.ua

Kotsjumbas O.¹, Ph.D., Department of Operation and Repair of Automotive Engineering of the Institute of Mechanical Engineering and Transport of the National University "Lviv Polytechnic". st. S. Bandera 32, Lviv; 6th building, room 110 (first floor), tel: (032) 258 21-71, e-mail: erat.dept@lpnu.ua

Ostashuk M.¹, Ph.D., Assoc. Prof., Department of Operation and Repair of Automotive Engineering of the Institute of Mechanical Engineering and Transport of the National University "Lviv Polytechnic". st. S. Bandera 32, Lviv; 6th building, room 110 (first floor), tel: (032) 258 21-71, e-mail: erat.dept@lpnu.ua