

УДК 629.113.004

А. П. КРАВЧЕНКО, д-р. техн. наук, проф., завідуючий кафедрою автоники і управління на транспорті, ВНУ ім. В. Даля, Луганськ;
Е. А. ВЕРИТЕЛЬНИК, асп., ВНУ ім. В. Даля

ИССЛЕДОВАНИЯ НАРУШЕНИЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ-ТЯГАЧЕЙ В ГАРАНТИЙНЫЙ И ПОСЛЕГАРАНТИЙНЫЙ ПЕРИОДЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Проведен сравнительный анализ эксплуатационной надежности автомобилей-тягачей MERCEDES-BENZ 1844 ACTROS LS в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации, определены законы распределения для потока отказов по узлам для этих периодов, выполнен расчет безотказности некоторых элементов.

Ключевые слова: автомобиль-тягач, статистические данные, надежность, вероятность отказа.

Введение. Из общего количества автопоездов, выполняющих международные перевозки, значительная часть является иностранного производства ведущего производителя MERCEDES – BENZ. В этой связи становится актуальной проблема: насколько надежно работают эти транспортные средства в условиях украинских дорог, какие основные дефекты и неисправности влияют на простой автопоездов в ремонте. Классификация совокупности отказов и неисправностей автомобилей, законам распределения наработки на отказ и времени устранения отказов и неисправностей позволяет разработать и осуществить мероприятия конструктивного, технологического и организационного порядка, которые обеспечивают управление эксплуатационной надежностью автопоездов, а также позволяют прогнозировать будущие отказы элементов автомобилей.

Цель исследования, постановка задачи. Целью исследования является повышение эффективности эксплуатации автопоездов. Основные задачи исследования: выявить изменения состояния автомобилей в процессе гарантийного и послегарантийного периодов эксплуатации и установить причины их простоев; установить закономерности ухудшения технического состояния и определить в эксплуатационных условиях наименее надежные агрегаты, узлы и детали.

Создание информационного фонда по эксплуатационной надежности автомобилей осуществлялось на базе автотранспортных предприятий международных перевозок, эксплуатирующих подвижной состав по дорогам Европы и стран СНГ.

Обследование включало автомобили – тягачи MERCEDES-BENZ 1844 ACTROS LS в составе автопоездов с полуприцепами SCHMITZ и KRONE на пробеге гарантийного и послегарантийного периодов эксплуатации. Эксплуатировались автопоезда на дорогах I – й и II – й категории условий эксплуатации. На основании собранных данных по изучению устранения дефектов и неисправностей контрольных групп автомобилей построены диаграммы накопленных частот, распределения пробегов до появления нарушений работоспособности автомобиля, распределения неисправностей по агрегатам, узлам, механизмам и системам.

Для построения статистических характеристик нарушений работоспособности информация по наработкам (пробегам) разбивалась на интервалы с определением наибольшего и наименьшего значения показателя, опытной вероятности, опытной частоты, среднеквадратичного отклонения и значение коэффициента вариации.

© А. П. Кравченко, Е. А. Верительник, 2013

Матеріали досліджень.

Виконана оцінка надійності за перший рік експлуатації автомобілей-тягачей дозволила виявити найменше надійні агрегати і вузли, що потребують удосконалення конструкції і якості виготовлення.

Найбільш характерними замінами на гарантійному пробігу були: заміна рулевих тяг, заміна сальника ведучої шестерні головної передачі, заміна або ремонт турбокомпресора, заміна паливного бака, заміна торсіона кабіни, ремонт або заміна автономного опалювача, заміна тахографа, ремонт або заміна форсунок, холодильника, електронних блоків управління агрегатів і вузлів, дисплея, повітряних і масляних трубопроводів, датчиків, кабелів ABS, генератора, амортизаторів, гальмівних механізмів, акумуляторної батареї (табл. 1). Були місця заміни, автономного опалювача (56 од.), холодильника (19 од.), паливного бака (11 од.), рулевих тяг (41 шт.), тахометра (16 од.), торсіона кабіни (98 шт.). Враховуючи складність конструкції транспортного засобу і гарантійний період експлуатації, виконанню робіт по заміні передували ретельна перевірка і діагностика на фірмових сервісних центрах, потім при можливості ремонт і, нарешті, заміна.

Таблиця 1 – Розподіл порушень працездатності, що викликали заміну деталей, вузлів, агрегатів

НАИМЕНОВАНИЕ ДЕТАЛИ, УЗЛА, АГРЕГАТА	ГАРАНТИЙНЫЙ ПЕРИОД	ПОСЛЕГАРАНТИЙНЫЙ ПЕРИОД
	К ОБЩЕМУ КОЛИЧЕСТВУ, %	К ОБЩЕМУ КОЛИЧЕСТВУ, %
Подвеска кабины	21,0	9,5
Автономный отопитель	20,5	7,0
Рулевые тяги	8,6	2,3
Элементы световой сигнализации	8,6	4,2
Сальники ведущей шестерни главной передачи	7,2	0,5
Тахограф	3,3	2,5
Топливный бак	2,3	2,4
Турбокомпрессор	1,7	0,2
Другое	29,0	71,5

Встановлено, що підвіска автомобіля має найбільшу ймовірність появи відмов і несправностей (рис. 1, а). При русі автопоезда таке стан викликає розгойдування, а водії швидше втомлюються. Керування автопоездом в такому стані особливо небезпечно в умовах гололода. Через технічний стан елементів підвіски відновлювалися і замінялися амортизатори, крани управління підвіскою. Були випадки буксирування транспортних засобів на станції технічного обслуговування. Підвіска кабіни також виявилася не надійною.

На перших 10-ти тис. км пробігу для двадцяти п'яти автомобілей були виконані гарантійні заміни коробки передач, паливного бака, турбокомпресора, сальника ведучої шестерні головної передачі, рулевих тяг, блоку управління двигателем. В гарантійний період експлуатації середня наработка до першого порушення працездатності склала 31 тис. км [1].

В послегарантийний період були виконані заміни генераторів і роликів натяжителя, виникали поломки пневморесор підвески, гідроусилителя рулевого управління, виникав преждевременний износ наконечников продольной тяги, створювалися проблеми з автономним отопителем салона (рис. 1, б).

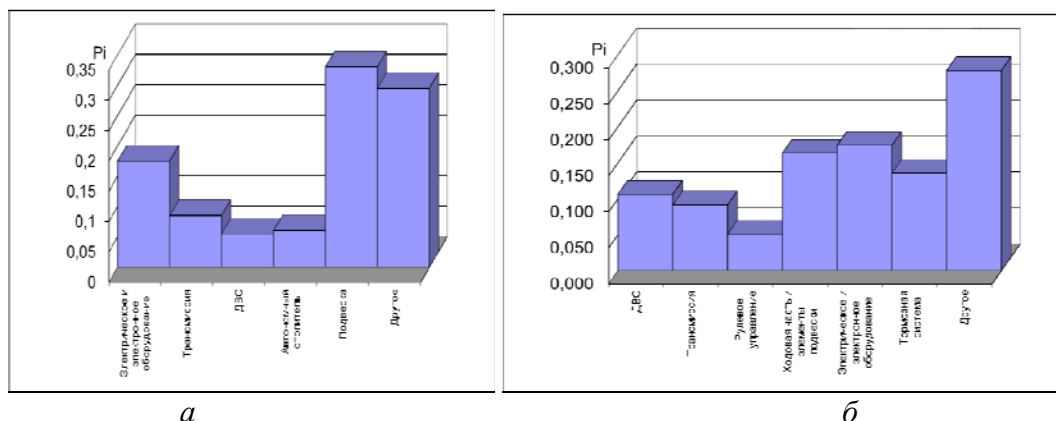


Рисунок 1 – Распределение неисправностей и отказов механизмов и систем:
 а - гарантийный период; б - послегарантийный период

Виявлені порушення технічного стану автомобілів в гарантійний і послегарантийний періоди по своєму виду, характеру, причинам виникнення і часу усунення значительно різняться між собою [2, 3]. Їх аналіз, вивчення фізичної сутності і частоти повторюваності дозволило кваліфіковано впливати на експлуатаційну надійність автомобіля.

В течение гарантийного пробегу розподілення несправностей і відмов по механізмам і системам автомобілів близькі до нормального, експоненціального і закону розподілення Вейбулла. В умовах послегарантийного пробегу картина несколько змінюється, тільки елементи підвески в обох випадках підкоряються нормальному закону розподілення (табл. 2).

Таблиця 2 – Статистическая характеристика отказов и неисправностей

ЕЛЕМЕНТЫ АВТОМОБИЛЯ	ГАРАНТИЙНИЙ ПЕРІОД		ПОСЛЕГАРАНТИЙНИЙ ПЕРІОД	
	σ	ЗАКОНИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ	σ	ЗАКОНИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
Двигатель	0,8	Експоненціальний	-	отсутствует
Агрегаты	1,356	Вейбулла	-	отсутствует
Электрооборудование	2,786	Вейбулла	2,70	нормальный
Прочее	0,748	Вейбулла	2,28	логнормальный
Подвеска	7,305	Нормальный	1,81	нормальный
Тормозная система	-	Отсутствует	2,46	нормальный

Класифікую порушення технічного стану автомобілів в гарантійний період, слід відзначити, що більша їх частина стосується до поломки, ослабленню затяжки кріплення, перетиранню, преждевременному износу. Удельный вес износных отказов составляет около 20%, а ослабление затяжки кріплення – более 60%. Характерно, що число последних с пробегом зменшується і в період

послегарантийного пробегу уже не превышает 15%. Исследование законов распределения соответствующих наработок на отказ в течение первого полугодия эксплуатации показывает, что имеют место симметричные, но в большем количестве – асимметричные распределения; некоторые, описываемые бета-распределением, приведены на рисунках 2 - 6. Знание закономерностей возникновения отказов позволяет решать практические задачи в сферах конструкции автомобилей и планирования запасных частей в их эксплуатации.

Проведенный анализ распределения нарушений работоспособности агрегатов автомобилей (рис. 2) показал подчинение в гарантийный период эксплуатации закону распределения Вейбулла, в послегарантийный период выявить закон распределения сложно, можно только отметить пиковое количество появлений отказов на пробеге 350-500 тыс.км. Если на первых 80 тыс. км пробега имели место по одному случаю замены коробки передач и заднего моста, а также сальника ведущей шестерни главной передачи (34 ед.), то на послегарантийном пробеге неисправности агрегатов (общее количество - 488) представлены заменами подшипника выжимного (41,5% от всех отказов трансмиссии) и диска сцепления (24,1%). Выход из строя джойстика коробки переключения передач составляет 9,1% к общему числу неисправностей трансмиссии. За все время эксплуатации было выполнено две замены редукторов заднего моста и одной коробки переключения передач в сборе. Среди прочих неисправностей трансмиссии - отказы пневмо-гидроусилителя сцепления - 10,5%.

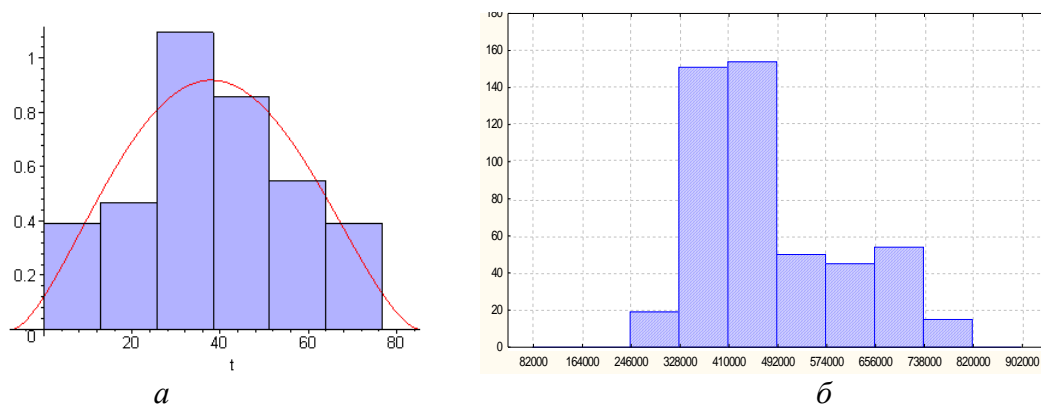


Рисунок 2 – Гистограммы и теоретические кривые распределения нарушений работоспособности агрегатов: *a* - гарантийный пробег; *б* - послегарантийный пробег

Системы электро- и особенно электронного оборудования были подвержены нарушению работоспособности ($P_i=0,174$). Неудачное место расположения аккумуляторных батарей приводит к постоянному их загрязнению и засорению вентиляционных отверстий пробок. Отсутствие необходимой тепловой изоляции кабин привело к появлению при низких температурах конденсата, который, попадая на приборную панель, вызывает самопроизвольное срабатывание электроприборов. В результате заменялись аккумуляторные батареи, датчики, тахографы, кабель ABS, производилось перепрограммирование бортовых компьютеров. Отказы в гарантийный период подчинены бета-распределению (рис. 3, *a*).

На послегарантийном пробеге 17% отказов относится к электрооборудованию, большинство (178 нарушений) приходится на замену ролика натяжителя ремня генератора, 124 – на замену подшипника генератора, 119 – на замену ремня генератора. За все время эксплуатации автомобилей было заменено 58 генераторов – это фактически на каждом 3-м автомобиле. Также было зафиксировано 105 ремонтов

тахографов, из них 10 – замена тахографов в сборе. В послегарантийный период отказы подчинены нормальному закону распределения (рис. 3, б).

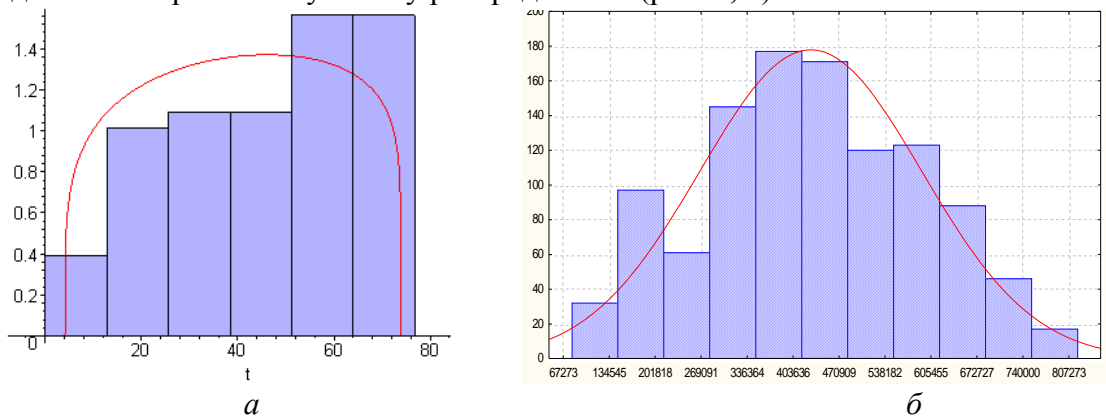


Рисунок 3 – Гистограммы и теоретические кривые распределения нарушений работоспособности электрооборудования: а - гарантийный пробег; б - послегарантийный пробег

Отказы рулевого управления на гарантийном пробеге представлены в основном заменами наконечников рулевых тяг (41 ед.).

Поток отказов элементов рулевого управления на послегарантийном периоде эксплуатации хорошо подчиняется нормальному закону распределения (рис.4, а). Основные нарушения: рулевой вал, наконечники тяг (в сумме 45%), сами рулевые тяги, элементы гидроусилителя – сальники (10,6%) и шланги (21,7%), также менялись насосы гидроусилителя – 4 единицы. Средняя наработка до первого отказа рулевого управления в этот период составила 493987,7 км [4]. Среднее значение потока отказов составило 0,34 на одну тыс. км. Результаты расчета показателей безотказности работы рулевого управления в зависимости от пробега представлены в табл. 3 и на рисунке 4.

Таблица 3 – Показатели безотказности работы рулевого управления

Δl , тыс.км.	$r(l)$, ед.	$\sum r(l)$, ед.	$P(l)$	$Q(l)$	$\alpha(\Delta l)$, тыс.км 10^{-7}	$\lambda(\Delta l)$, тыс.км 10^{-7}
0-89	0	0	1	0	0	0
89-178	1	1	0,9993	0,0006	0,07023	0,07025
178-267	6	7	0,9956	0,00438	0,42135	0,42214
267-356	16	23	0,9856	0,0143	1,12359	1,12924
356-445	61	84	0,9475	0,0525	4,28371	4,36695
445-534	70	154	0,9037	0,0962	4,91573	5,02567
534-623	71	225	0,8593	0,1406	4,98596	5,09909
623-712	33	258	0,8387	0,1612	2,31742	2,34156
712-801	14	272	0,83	0,17	0,98315	0,98747

Недостаточно оказались подготовлены автомобили к эксплуатации при пониженных температурных условиях. Основной причиной явились недостаточная теплоизоляция и ненадёжный автономный отопитель кабин. По различным причинам восстанавливались и заменялись автономные отопители ($P_1=0,066$). По этой причине некоторые автомобили до четырёх раз представлялись на сервисные центры. За этот период было зафиксировано 56 поломок отопителей. Отказы систем теплообеспечения продолжились и на послегарантийном периоде эксплуатации – было произведено 372

ремонтных воздействия на автономные отопители. Распределения нарушений представлены на рис. 5 а, б.

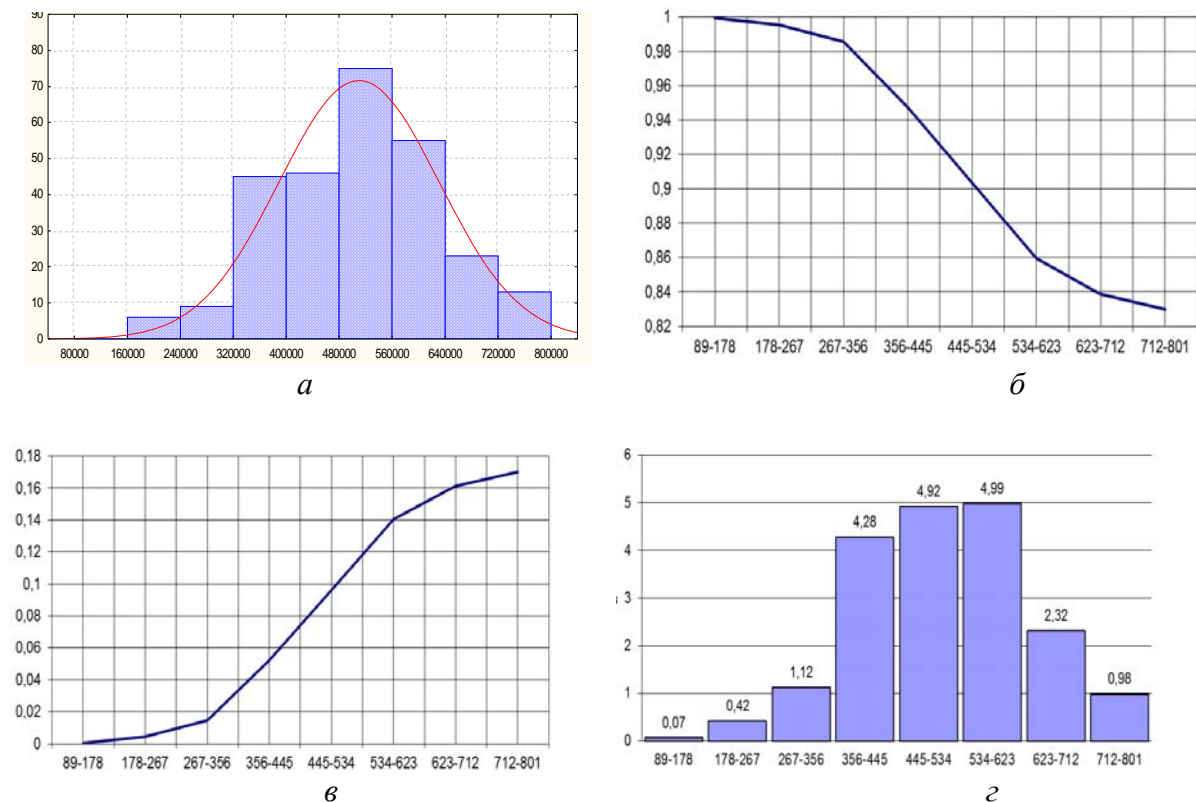


Рисунок 4 – Гистограммы и теоретические кривые распределения нарушений работоспособности рулевого управления: а - послегарантийный пробег; б - вероятность безотказной работы; в - вероятность отказа; г - частота отказов

Неисправности тормозной системы на гарантийном пробеге были единичными случаями. Анализ надежности тормозной системы на послегарантийном пробеге автомобилей выявил следующие нарушения работоспособности: тормозные диски (78,2%), датчики ABS (6,2%), модуляторы EBS (как правило, задней оси) - 6,2%, кабель EBS (2,9%), блок EBS (1,7%). Имели место отказы энергоаккумуляторов – 1,8%, операции замены тормозных шлангов и розеток ABS, модуля управления тормозами имели место в единичных случаях и составляют в сумме около 1% случаев [5].

Для тормозной системы средняя наработка до первого отказа составила 465200,2 км, а среднее значение параметра потока отказов 0,82 на одну тыс. км. Полученные значения показателей безотказности работы тормозной системы приведены в таблице 4 и на рисунке б.

Повышение наработок в этом случае может быть достигнуто совершенствованием режимов и технологии технического обслуживания и ремонта. В условиях эксплуатации информация может быть использована для определения объема ремонтных воздействий по устранению отказов и планирования запасных частей.

Изучение этих закономерностей нарушения работоспособности автомобилей-тягачей позволило глубже познать природу отказов, их физическую сущность, выработать стратегию их предупреждения, моделировать и прогнозировать нарушения технического состояния автомобилей.

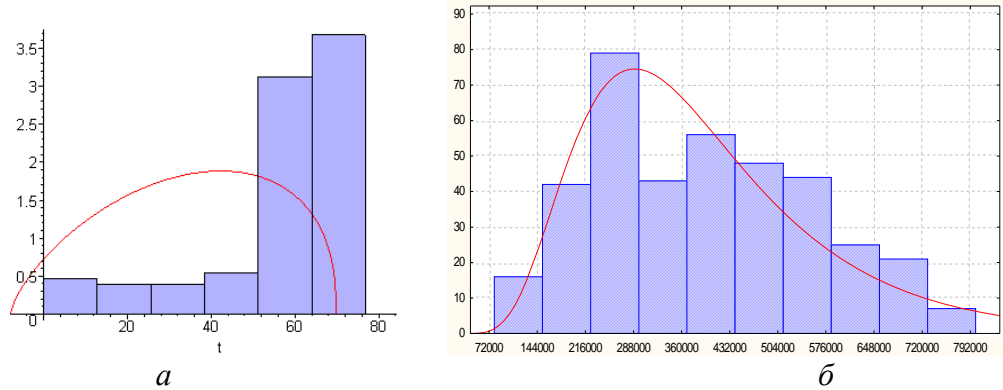


Рисунок 5 – Гістограми і теоретичесие кривые распределения нарушений работоспособности автономного отопителя: *a* - гарантийный пробег; *б* - послегарантийный пробег

Таблица 4 – Показатели безотказности работы тормозной системы

Δl , тыс.км.	$r(l)$, ед.	$\sum r(l)$, ед.	$P(l)$	$Q(l)$	$\alpha(\Delta l)$, тыс.км 10^{-7}	$\lambda(\Delta l)$, тыс.км 10^{-7}
80-160	1	2	0,999	0,0009	0,0558	0,0558
160-240	26	28	0,988	0,0125	1,4509	1,4594
240-320	82	110	0,9509	0,04910	4,5759	4,661
320-400	122	232	0,896	0,10357	6,8080	6,9986
400-480	123	355	0,842	0,15848	6,8638	7,0576
480-560	106	461	0,794	0,20580	5,9152	6,0585
560-640	151	612	0,727	0,27321	8,4263	8,7203
640-720	76	688	0,693	0,30714	4,2411	4,3143
720-800	32	720	0,679	0,32143	1,7857	1,7986
800-880	4	724	0,677	0,32321	0,2232	0,2234

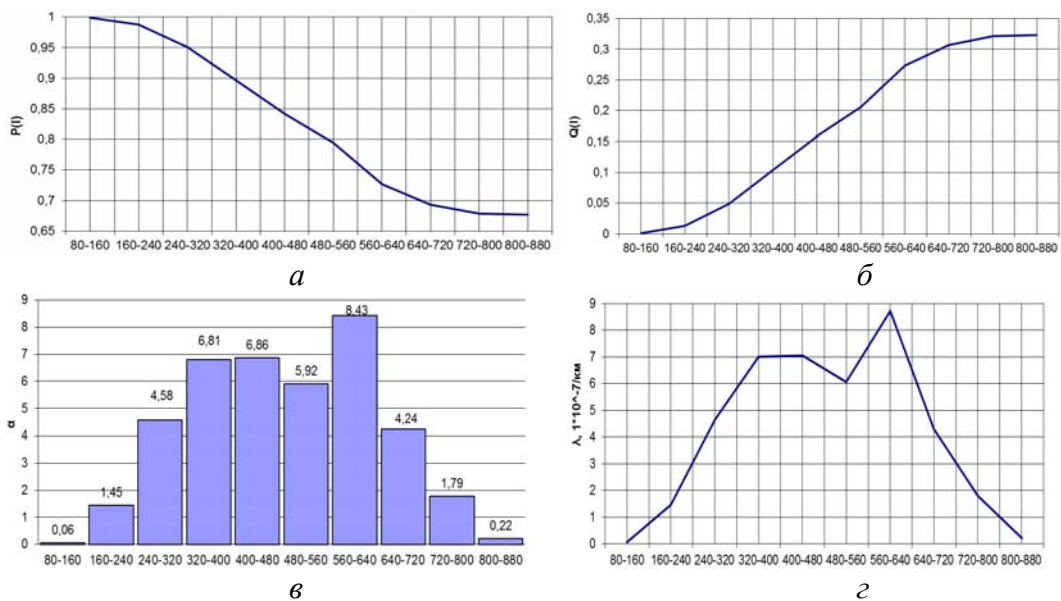


Рисунок 6 – Показатели безотказности работы тормозной системы: *a* - вероятность безотказной работы, *б* - вероятность отказа, *в* - частота отказов, *г* - интенсивность отказов

Выводы. Полученные данные показывают, что большинство из появляющихся нарушений работоспособности, отвечающих асимметричным законам распределения, отражают несоответствующий требованиям уровень конструкции и технологии сборки автомобилей или неквалифицированное управление автомобилем. К ним могут быть отнесены все неисправности, вызвавшие замену комплектующих и выполнение крепёжных работ (крепление крана уровня подвески, топливного бака, холодильника, боковых спойлеров и др.). Симметричные законы распределения свидетельствуют о конструкции, которая не приспособлена к специфическим условиям эксплуатации по дорогам стран СНГ.

Список литературы: 1. *Бажинов А.В.* Надежность автомобильных поездов / *А.В. Бажинов, А.П. Кравченко.* – Луганск: Изд-во Ноулидж, 2009. – 412 с. 2. *Кравченко А.П.* Статистический анализ надежности автомобилей-тягачей MERSEDES-BENZ 1844 ACTROS LS / *А.П. Кравченко, Е.А. Верительник* // Материалы VII международной научно-технической конференции «Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств». – Пенза: ПГУАС, 2012. – С. 188 – 192. 3. *Кравченко А.П.* Исследование надежности автомобилей-тягачей MERCEDES - BENZ в гарантийный период эксплуатации / *А.П. Кравченко, О.И. Шкварок, Р.Г. Мухин [и др.].* // Материалы международной научно-технической конференции “Транспорт, экология - устойчивое развитие”. – Варна: ТУ, 2005. – С. 42 – 49. 4. *Кравченко А.П., Верительник Е.А.* Надежность систем активной безопасности автомобилей-тягачей mercedes-benz actros ls 1844 / *А.П. Кравченко, Е.А. Верительник* // Материалы международной научно-технической конференции “Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти”. – м. Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2012. – С. 213 – 216. 5. *Кравченко А.П.* Надежность систем активной безопасности автомобилей-тягачей / *А.П. Кравченко, Е.А. Верительник* // Материалы III Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та дорожнього руху», 16 – 17 квітня 2013 р., Харків. – Харків: ХНАДУ, 2013. – С. 152 – 154.

Надійшла до редколегії 17.05.2013

УДК 629.113.004

Исследования нарушений работоспособности автомобилей-тягачей в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации / А. П. Кравченко, Е. А. Верительник, // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – № 29 (1002). – С. 106–113. – Бібліогр.: 5 назв.

Проведений порівняльний аналіз експлуатаційної надійності автопоїздів MERCEDES - BENZ 1844 ACTROS LS в гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації, визначені закони розподілу для потоку відмов по вузлах для цих періодів, виконаний розрахунок безвідмовності деяких елементів.

Ключові слова: автомобіль-тягач, статистичні дані, надійність, вірогідність відмови.

A comparative operating security of lorry convoys of MERCEDES analysis is conducted - BENZ 1844 ACTROS LS in warranty and post-warranty periods of exploitation, the laws of distribution are certain for the stream of refuses on knots for these periods, the calculation of faultlessness of some elements is executed.

Keywords: emi-truck statistical data, reliability, probability of refuse.