

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 4 (2021)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/PIZZ2271>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***Р. Ю. Зарипов¹, А. Д. Сулейменов², Ж. Р. Каримова³**

^{1,2,3}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЦЕЛЬНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛУВАГОНОВ

Проведен анализ состояния инвентарного вагонного парка по построенным и списанным грузовым вагонам, а именно цельнометаллическим полувагонам. На основе статистических данных определено, что данный тип грузовых вагонов является самым многочисленным в составе инвентарного парка вагонов.

Приведены результаты исследований показателей надежности для кузова полувагона с последующим анализом отказов по узлам и деталям, которые требуется усовершенствовать при проектировании вагона нового поколения для максимальной адаптации их к средствам механизации при погрузочно-разгрузочных работах.

В качестве исходных данных для анализа параметров надежности приняты данные по распределению отказов в целом по несущей конструкции кузова. При анализе надежности за основу взяли расчет безотказности, что оценивает работоспособность вагона с начального периода эксплуатации до первого деповского ремонта, или между отцепочными при условии полного восстановления неисправных или поврежденных узлов и деталей кузова вагона.

В ходе проведения исследований принят ряд рекомендаций, способствующих повышению надежности конструкции кузова полувагона. Для исследования надежности кузовов в целом и их частей, и элементов в частности, по полученным из эксплуатации материалам выведена и построена гистограмма параметра потока отказов от времени. Зависимость описывается по экспоненциальному закону и показывает снижение параметра потока отказов с ростом календарного срока использований после деповского ремонта.

Ключевые слова: полувагон, надежность, вероятность безотказной работы, отказ, пробег.

Введение

Полувагон предназначен для общесетевого использования на железных дорогах Казахстана, стран СНГ и Балтии колеи 1520 мм для перевозки массовых неагрессивных грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков: насыпных непылевидных, навалочных, штабельных и штучных с креплением их в соответствии с требованиями правил погрузки.

Полувагоны являются основной «движущей силой» инвентарного парка грузовых вагонов Казахстана, что подтверждается данными [1], графически отраженными на рисунке 1. Вместе с тем, основную часть вагонов частных компаний-перевозчиков также составляют полувагоны.

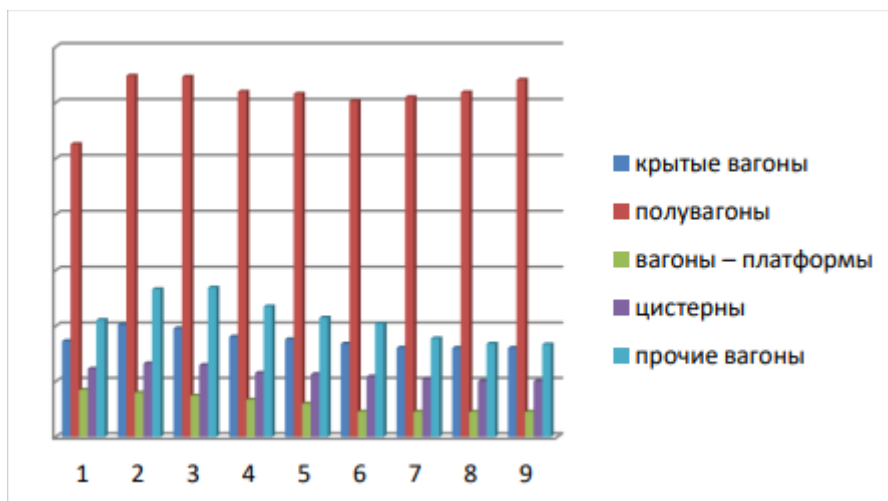


Рисунок 1 – График распределения количества вагонов по видам

Вместе с партнерами с АО НК «Қазақстан Темір Жолы» проведены исследования нынешнего состояния цельнометаллических полувагонов вагонного парка. Кафедра «Транспортная техника и логистика» факультета Инженерии имеет договора о сотрудничестве с предприятиями, такими как ТОО «Камкор Вагон», АО «ВагонСервис», а также Павлодарское отделение ФАО «Грузовые перевозки».

Материалы и методы

Были проведены исследования [2–8] с целью сбора статистических материалов характерных неисправностей и последующего анализа надежности элементов несущей конструкции кузовов цельнометаллических полувагонов.

Надежность вагонов, согласно [9], рассматривается как их свойство выполнять заданные функции в конкретных условиях работы, которые сохраняют во время применения выходные параметры в допустимых пределах. При анализе надежности за основу взяли расчет безотказности, что оценивает работоспособность вагона с начального периода эксплуатации до первого деповского ремонта, или между отцепочными ремонтами (ТО и Р) при условии полного восстановления неисправных или поврежденных узлов и деталей кузова вагона [9–10].

Безотказность вагона можно характеризовать с помощью плотности вероятностей отказа.

Вероятность отказа равна

$$Q(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\sum_{i=1}^t n_i \Delta t}{N_0} \quad (1)$$

Плотность распределения вероятности события $F(T)$ рассчитывается по выражению

$$F(\Delta T) = \frac{\Delta N(\Delta T)}{N_0 \Delta T}, \quad (2)$$

где $\Delta N(\Delta T)$ – количество отказов за промежуток времени ΔT

Исходя из этого, вероятность отказа рассчитывается по формуле

$$Q(t) = \int_0^t f(\tau) d\tau \text{ и } P(t) = \int_t^\infty f(\tau) d\tau \quad (3)$$

Как известно [8], оценить надежность полувагонов можно с помощью параметров безотказности, которыми является:

1) вероятность возникновения отказов $R(t)$ или вероятность безотказной работы $P(t)$. На конкретном промежутке времени показатель $P(t)$ относится к числовой характеристике безотказности вагона. Принимаем через промежуток времени P постоянной работы вагона от начала работы до первого отказа, а через I – промежуток времени, за который требуется вычислить $P(t)$, то $P(t)$ записываем в виде

$$P(t) = P\{T > t\}, t > 0 \quad (4)$$

Значение T является положительным и состоит из дискретного и непрерывного распределения. Показатель $P(t)$ позволяет в полной мере определять надежность вагона. Он имеет определенные характерные признаки

$$1 \geq P(t) \geq 0; P(0) = 1; P(\infty) = 0. \quad (5)$$

Статистически $P(t)$ равна

$$P(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{N_0 - \sum_{i=1}^{t/\Delta t} ni}{N_0} = \frac{N(t)}{N_0} \quad (6)$$

где N_0 – количество вагонов в начале испытаний;

ni – количество отказавших вагонов в промежутке времени i ;

t – промежуток времени для $P(t)$;

$N(t)$ – количество вагонов, работающих безотказно во времени $[0, t]$.

2) функция параметра серии отказов $\omega(t)$ определяет среднее количество отказавших вагонов, появившихся в ближайший период времени, и равна

$$\omega(t) = \Omega(t) \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M\{n(t - \Delta t)\} - M\{n(t)\}}{\Delta t} \quad (7)$$

$\omega(t)$ связан с основной функцией выражением

$$\Omega(t) = \int_0^t \omega(\tau) d\tau \quad (8)$$

Используя метод статистического анализа $\omega(t)$ находится из формулы

$$\omega(t) = \frac{\Delta n(\Delta t)}{N_0 \Delta t} \quad (9)$$

где $\Delta n(\Delta t)$ – суммарное количество отказавших вагонов в промежутке времени

от $t - \frac{\Delta t}{2}$ до $t + \Delta t/2$

средняя наработка на отказ T_{cp} определяется как отношение наработки восстановленного вагона к математическому ожиданию количества его отказов в период наработки

$$T_0 \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n t_{cp i} \quad (10)$$

где $t_{cp i}$ – период времени безотказной эксплуатации между $(i-1)$ и i отказами изделия;

N – количество отказов вагона.

Результаты и обсуждение

Исходными данными для анализа параметров надежности являются данные по распределению отказов в целом по несущей конструкции кузова, представленных на рисунке 2.

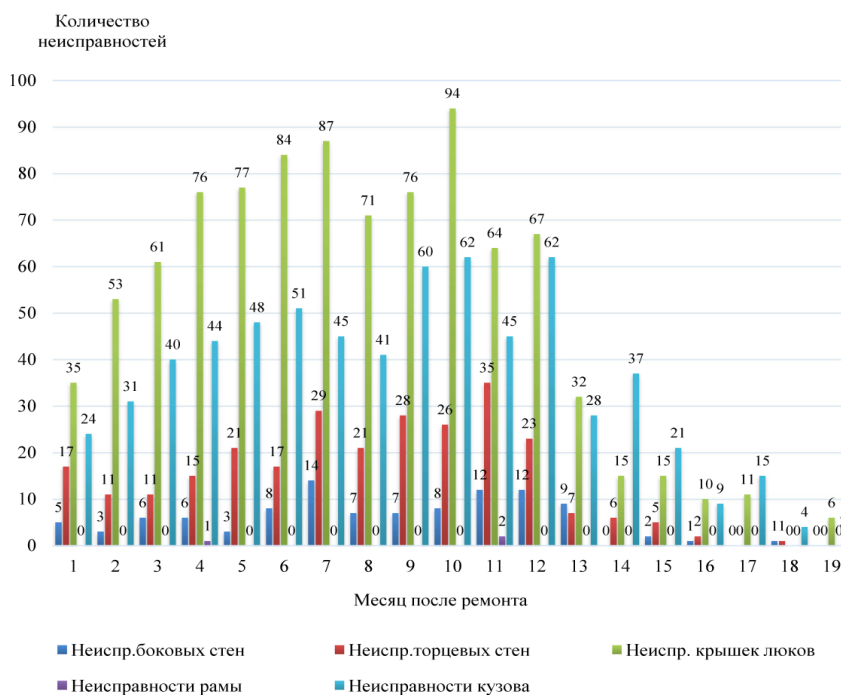


Рисунок 2 – Распределение отказов по несущей конструкции кузова

В начале исследования надежности в качестве закона распределения функции отказов вместо логарифмического или логарифмически-нормального закона был принят экспоненциальный закон [9].

Для исследования надежности кузовов в целом и их частей, и элементов в частности, по полученным из эксплуатации материалам была выведена и построена гистограмма параметра потока отказов от времени (рисунок 3). Зависимость описывается по экспоненциальному закону и показывает снижение параметра потока отказов с ростом календарного срока использований после деповского ремонта [10].

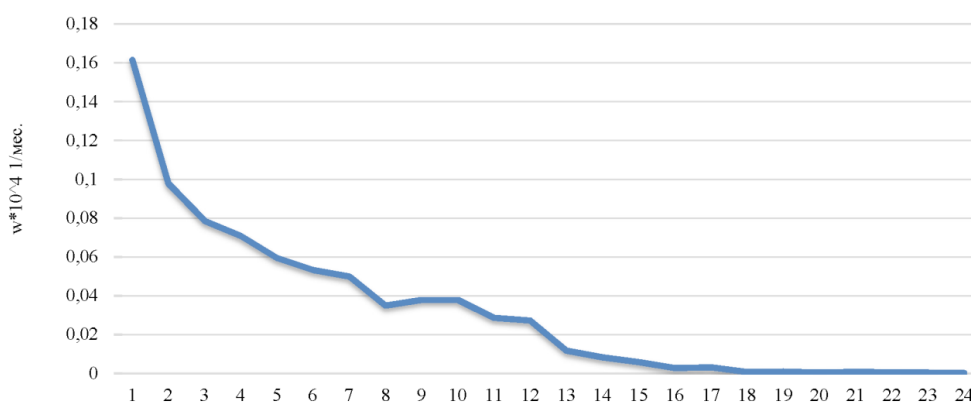


Рисунок 3 – Распределение параметров потока отказов полувагона

Гистограмма распределения наработки элементов кузова полувагона до отказа отражает максимальное значение наработки на отказ в количестве 6024 часов на завершающем этапе эксплуатации вагона перед следующим плановым ремонтом (рисунок 4).

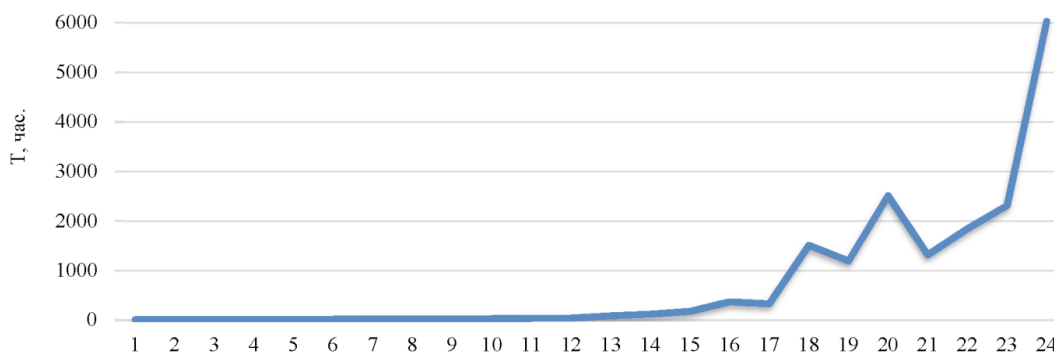


Рисунок 4 – Нарботка на отказ полувагона за расчетный период

По графику (рисунок 5) отметим, что вероятность безотказной работы полувагона является убывающей функцией времени его работы или пробега, т. е. с ростом пробега вероятность безотказной работы снижается. При бесконечно малом значении вероятность безотказной работы равна единице, то есть $P(0) = 1$; при бесконечно высоком значении пробега в ходе эксплуатации вероятность безотказной работы равна нулю, то есть $P(0) = 0$.

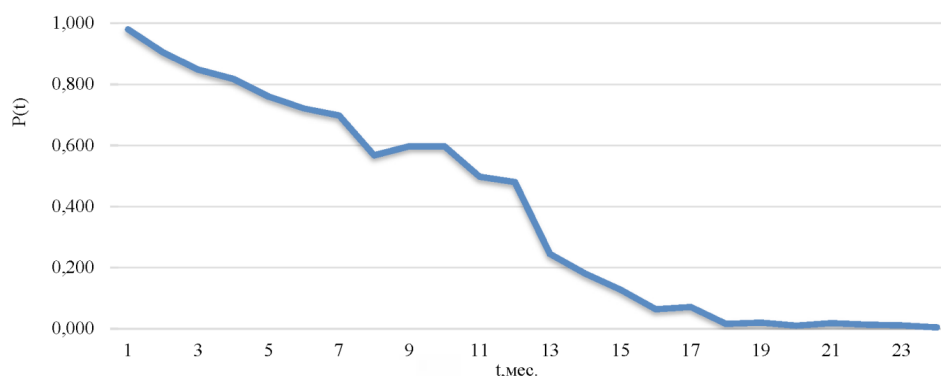


Рисунок 5 – Вероятность безотказной работы полувагона

Вероятность возникновения отказа $R(t)$ и вероятность безотказной работы $P(t)$ (рисунок 6) являются противоположными событиями. В начальный момент эксплуатации вероятность $R(t)$ равняется нулю, в процессе работы полувагона показатели вероятности возникновения отказов будут увеличиваться и на девятнадцатом месяце достигнут максимального значения, которое будет постоянно вплоть до следующего ремонта.

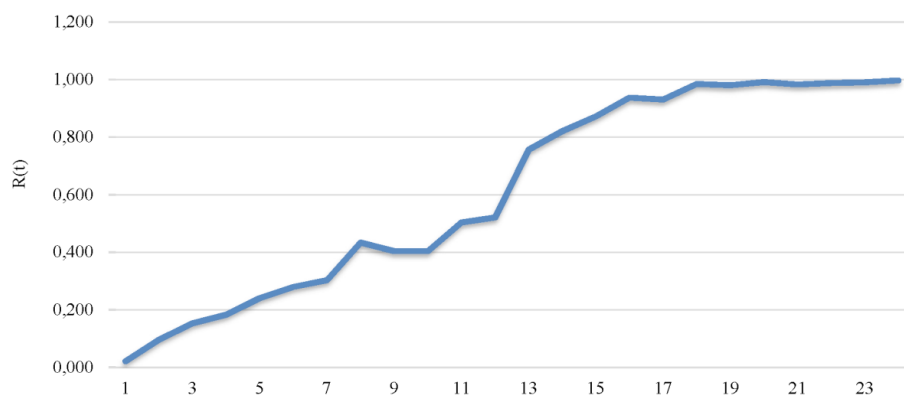


Рисунок 6 –Вероятность возникновения отказов

Выводы

В ходе проведения исследований принят ряд рекомендаций, способствующих повышению надежности конструкции кузова полувагона, такие как:

- укрепление слабых мест путем доработки существующих конструкций;
- проектирование новых конструкций;
- применение новых способов [11–12] и технических средств погрузочно-разгрузочных работ.

Применение предложенных рекомендаций позволит значительно улучшить результаты, приведённые на рисунках 3–6 при соответствующем расширении выборки исследуемых объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Комитет по Статистике Республики Казахстан : информационный портал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <http://www.stat.gov.kz>, 2021. – 1 с.

2 **M. Płaczek, A. Wróbel and A. Buchacz** /A concept of technology for freight wagons modernization // Materials Science and Engineering. – 161. – 2016. – 012107. – doi:10.1088/1757-899X/161/1/012107.

3 **Бектуров К. Б., Зарипов Р. Ю., Медведев А. С., Каербекоев Д. Ж.** Перспективы применения композиционных материалов в грузовом вагоностроении // Журнал Наука и техника Казахстана. – 2017. – № 1–2. – 25–34 с.

4 **Чепурченко И. В.** Анализ надежности конструкций кузовов полувагонов в эксплуатации / И. В. Чепурченко, Д. Я. Носырев, И. Ю. Крошечкина // Наука и техника транспорта, 2018. – № 4. – С. 34–40

5 **Gerlici, J., Fomina, Y., Fomin O., Kravchenkoa K., HauseraV.** Analysis of the possibility of the use of tough side bearers in the covered wagons design for the light-weight loads transportation / Juraj Gerlici et al. // Transportation Research Procedia. – 40. – 2019. – P. 694–702

6 **Voropai, V.** Development of a design-experimental methodology for the prediction of reliable exploitation of freight railway wagons. // *Transport problems*. – 2017. – Vol. 12. – Issue 3.

7 **Битюцкий, А. А.** Пути повышения эффективности грузовых вагонов, выпускаемых российскими вагоностроительными предприятиями // *Тяжелое машиностроение*. – 2008. – № 2. – С. 29–33.

8 ГОСТ 27.002–2015 Надежность в технике. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2016. – 24 с.

9 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 2016. – 319 с.

10 Конструирование и расчет вагонов : учеб. для студентов вузов / В. В. Лукин [и др.]; под ред. В. В. Лукина. – М. : УМК МПС РФ, 2000. – 731 с.

11 **Zaripov, R. & Gavrilov, P.** Research opportunities to improve technical and economic performance of freight wagon through the introduction of lightweight materials in their construction. // *Journal «Procedia Engineering»*. – 2017. – Vol. 187. – P. 22–29.

12 **Lovska, A.** Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge // *Metallurgical and Mining Industry*. – 2015. – No. 1. – P. 49–54.

REFERENCES

1 Комитет по Статистике Республики Казахстан: информационный портал. [Electronic resource]. – URL: <http://www.stat.gov.kz>. – 2021. – 1 P.

2 **Placzek M., Wróbel A. and Buchacz A.** A concept of technology for freight wagons modernization // *Materials Science and Engineering*. – 161. – 2016. – 012107. – doi:10.1088/1757-899X/161/1/012107.

3 **Bekturov, K. B., Zaripov, R. Yu., Medvedev, A. S., Kaerbekov, D. Zh.** Perspektivy primeneniya kompozicionnyh materialov v gruzovom vagonostroenii // *Zhurnal Nauka i Tekhnika Kazahstana*. – 2017. – № 1–2. 25–34 p.

4 **Chepurchenko, I. V.** Analiz nadezhnosti konstrukcij kuzovov poluvagonov v ekspluatatsii / I. V. Сhepurchenko, D. Ya. Nosyrev, I. Yu. Kroshechkina // *Nauka i Tekhnika Transporta*. – 2018. – № 4. – P. 34–40

5 **Gerlici J., Fomina Y., Fomin O., Kravchenko K., Hausera V.** Analysis of the possibility of the use of tough side bearers in the covered wagons design for the light-weight loads transportation Juraj Gerlici et al. // *Transportation Research Procedia*. – 40. – 2019. – P. 694–702.

6 **Voropai, V.** Development of a design-experimental methodology for the prediction of reliable exploitation of freight railway cars // *Transport problems*. – 2017 Vol. 12. – Issue 3.

7 **Битюцкий, А. А.** Пути повышения эффективности грузовых вагонов, выпускаемых российскими вагоностроительными предприятиями // *Тяжелое машиностроение*. – 2008. – № 2. – P. 29–33.

8 GOST 27.002–2015 Nadezhnost' v tekhnike. Terminy i opredeleniya. – Moscow. : Standartinform, 2016. – 24 p.

9 Normy dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznih dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnyh). – Moscow : GosNIIV-VNIIZHT, 2016. – 319 p.

10 Konstruirovaniye i raschet vagonov: ucheb. dlya studentov vuzov / V. V. Lukin [i dr.]; pod red. V. V. Lukina. – Moscow : UMK MPS RF, 2000. – 731 p.

11 **Zaripov, R. & Gavrilov, P.** Research opportunities to improve technical and economic performance of freight wagon through the introduction of lightweight materials in their construction. Journal «Procedia Engineering». – 2017. – Vol. 187. – P. 22–29.

12 **Lovska A.** Peculiarities of computer modeling of strength of body bearing construction of gondola car during transportation by ferry-bridge Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – No. 1. – P. 49–54.

Материал поступил в редакцию 17.12.21/

***Р. Ю. Зарипов¹, А. Д. Сулейменов², Ж. Р. Каримова³**

^{1,2,3}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 17.12.21 түсті.

ТҮТАС МЕТАЛДЫ АШЫҚ ВАГОНДАРДЫҢ СЕНІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Салынған және есептен шығарылған жүк вагондары, атап айтқанда тұтас металды ашық вагондар бойынша мұқамалдық Вагон паркінің жай-күйіне талдау жүргізілді. Статистикалық деректер негізінде жүк вагондарының бұл түрі вагондардың мұқамал паркінің құрамында ең көп болып табылатыны анықталды.

Тиеу-түсіру жұмыстары кезінде механикаландыру құралдарына барынша бейімдеу үшін жаңа буын вагонын жобалау кезінде жетілдіру талап етілетін түйіндер мен бөлшектер бойынша істен шығуларды кейіннен талдай отырып, жартылай вагон шанағына арналған сенімділік көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері келтірілген.

Сенімділік параметрлерін талдау үшін бастапқы деректер ретінде корпусның тірек құрылымы бойынша жалпы сәтсіздіктерді бөлу туралы мәліметтер қабылданды, сенімділікті талдау кезінде сенімділік есебі негізге алынды, ол вагонның жұмыс қабілеттілігін пайдаланудың бастапқы кезеңінен бастап деполық жөндеуге дейін немесе вагон корпусының ақаулы немесе зақымдалған бөліктері мен бөліктері толық қалпына келтірілген жағдайда бағалайды. зерттеулер жүргізу барысында жартылай вагон корпусының конструкциясының сенімділігін арттыруға ықпал ететін бірқатар ұсыныстар қабылданды.

Тұтастай алғанда денелердің және олардың бөліктерінің, атап айтқанда элементтердің сенімділігін зерттеу үшін пайдаланудан

алынған материалдар бойынша уақыттың істен шығу ағынының параметрінің гистограммасы шығарылып, салынды. Тәуелділік экспоненциалды заңға сәйкес сипатталады және деполық жөндеуден кейін күнтізбелік пайдалану мерзімінің өсуімен сәтсіздік ағынының параметрінің төмендеуін көрсетеді.

Кілтті сөздер: ашық вагон, сенімділік, үздіксіз жұмыс істеу ықтималдығы, істен шығу, жүрілген жол.

***R. Y. Zaripov¹, A. D. Suleimenov², Zh. R. Karimova³**

^{1,2,3} Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 17.12.21.

INVESTIGATION OF THE RELIABILITY OF ALL-METAL GONDOLA CARS

The analysis of the car fleet of the inventory condition for built and decommissioned freight cars, namely all-metal gondola cars, was carried out. Based on statistical data, it is determined that this type of freight cars is the most numerous in the inventory fleet of wagons.

The results of studies of reliability indicators for the body of a gondola wagon are presented, followed by an analysis of failures in nodes and parts that need to be improved when designing a new generation wagon for maximum adaptation to mechanization during loading and unloading operations.

As initial data for the analysis of reliability parameters, data on the distribution of failures in general over the load-bearing structure of the body were taken as the basis for reliability analysis, which evaluates the operability of the wagon from the initial period of operation to the first depot repair, or between uncoupling, subject to complete restoration of faulty or damaged components and parts of the wagon body. The dependence is described according to an exponential law and shows a decrease in the failure flow parameter with an increase in the calendar period of use after depot repair.

Keywords: gondola wagon, reliability, probability of trouble-free operation, failure, mileage.

Теруге 17.12.21 ж. жіберілді. Басуға 27.12.21 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
5,07 Mb RAM
Шартты баспа табағы 9,15 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан
Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3875

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz
nitk.tou.edu.kz