

Научная статья  
Статья в открытом доступе  
УДК 629.4.014.62  
doi: 10.30987/2782-5957-2024-2-56-61

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО СРОКА СЛУЖБЫ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Дмитрий Геннадьевич Евсеев<sup>1</sup>, Сергей Викторович Лагутин<sup>2</sup>✉

<sup>1,2</sup> Российский университет транспорта, Москва, Россия

<sup>1</sup> evseev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0020-1297>

<sup>2</sup> lagutin.seryoga@yandex.ru

### Аннотация

Рассматривается и описывается метод определения остаточного ресурса пассажирского вагона на основе статистических данных отказов элементов пассажирских вагонов.

Нормативный ресурс эксплуатации многих пассажирских вагонов подходит к завершению,

поэтому возникает необходимость определения фактического остаточного ресурса пассажирского вагона до его списания и утилизации.

**Ключевые слова:** вагон, статические данные, срок службы, метод, анализ, определение, устройство, надежность.

Ссылка для цитирования:

Евсеев Д.Г. Метод определения остаточного срока службы пассажирского вагона на основе статистических данных / Д.Г. Евсеев, С.В. Лагутин // Транспортное машиностроение. – 2024. - №2. – С.56-61. doi: 10.30987/2782-5957-2024-2-56-61.

Original article  
Open Access Article

## TECHNIQUE TO FIND OUT THE REMAINING SERVICE LIFE OF PASSENGER CAR BASED ON STATISTICAL DATA

Dmitry Gennadievich Evseev<sup>1</sup>, Sergey Viktorovich Lagutin<sup>2</sup>✉

<sup>1,2</sup> Russian University of Transport, Moscow, Russia

<sup>1</sup> evseev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0020-1297>

<sup>2</sup> lagutin.seryoga@yandex.ru

### Abstract

A technique to find out the remaining service life of a passenger car based on statistical data of failures of passenger car elements is considered and described.

The regulatory service life of many passenger cars is coming to an end, therefore it becomes neces-

sary to find out the actual remaining life of the passenger car before its decommissioning and disposal.

**Keywords:** car, statistical data, service life, technique, analysis, definition, device, reliability.

Reference for citing:

Evseev DG, Lagutin SV. Technique to find out the remaining service life of a passenger car based on statistical data. Transport Engineering. 2024;2:56-61. doi: 10.30987/2782-5957-2024-2-56-61.

### Введение

Пассажирский вагон – это сложное техническое устройство, представляющее собой единицу подвижного состава, кото-

рая включает в себя широкий спектр номенклатуры технического, электронного и электротехнического оборудования, узлов

и элементов, каждый из которых определяет надежность пассажирского вагона в целом.

При рассмотрении надежности пассажирского вагона стоит обратить внимание на надежность и безопасность тех узлов, из которых он состоит [6]. Именно

### Материалы, модели, анализ и методы

Для определения среднего срока службы пассажирского вагона в целом необходимо определить ее вероятность безотказной работы (ВБР)  $P(t)$ . Тогда можно определить общий срок службы вагона (время безотказной работы) по следующей формуле [1]:

$$T_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} P(t) dt, \quad (1)$$

где  $P(t)$  – ВБР всей системы (пассажирского вагона в целом).

Для нахождения остаточного срока службы воспользуемся следующей формулой:

$$T_{\text{ост}} = T_{\text{ср}} - T_{\text{экс}}, \quad (2)$$

где  $T_{\text{экс}}$  – фактическое время эксплуатации вагона.

При определении ВБР всей системы необходимо выделить следующие узлы и элементы пассажирского вагона, которые в большей мере оказывают влияние на безопасность и надежность вагона. Данные элементы представлены в виде древовидной модели на рис. 1.

Далее необходимо определить блок-схему надежности пассажирского вагона, которая наилучшим способом будет отображать его надежность [3].

В основу определения блок-схемы заложен принцип рациональности и трудоемкости ремонта тех элементов детали, которых не могут обеспечивать заявленные эксплуатационные показатели.

По результатам исследований в этой области сформирована блок-схема надежности вагона, которая наилучшим образом отображает надежность и безопасность вагона (рис. 2).

Согласно данной блок-схеме списание и утилизация пассажирского вагона происходит по наступлению хотя

поэтому вся задача при определении остаточного срока службы пассажирского вагона сводится к определению некоторой функции, которая будет включать в себя функции надежности этих узлов и элементов вагона.

бы одного из следующих событий: одновременный отказ системы А и В; А и С; В и С; D и E [4].

Стоит так же отметить, что система А представляет собой совокупность элементов, которые логически соединены между собой последовательно. Это означает, что отказ системы А произойдет в том случае, если произойдет отказ хотя бы одного элемента. Блок-схема данной системы приведена на рис. 3.

По такому же принципу устроена система В и С.

Система D представляет собой совокупность элементов, которые логически соединены между собой параллельно. Это означает, что отказ системы произойдет только в том случае, когда наступит одновременный отказ всех элементов данной системы. Блок-схема такой системы представлена на рис. 4.

По такому же принципу работает система E.

Необходимо обратить внимание на то, что надежность элементов, образующих систему А и С, зависит от приработываемости деталей и износа системы. После продолжительного периода эксплуатации надежность безотказной работы данных элементов сильно снижается. Ввиду этого для определения ВБР элементов данных систем используем модель надежности Рэлея, а именно:

$$P(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

где  $\sigma$  – параметр распределения. Данный параметр относится к исходным данным для определения ВБР элемента.

Надежность элементов В, D и E не сильно зависит от времени эксплуатации, и величина отказа элементов данных систем в первом приближении является постоян-

ной величиной. Поэтому для определения таких элементов используется экспоненциальная модель надежности, которая выглядит следующим образом:

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t}, \quad (4)$$

где  $\lambda$  – интенсивность отказа. Данный параметр также является исходной величиной для определения ВБР элемента.

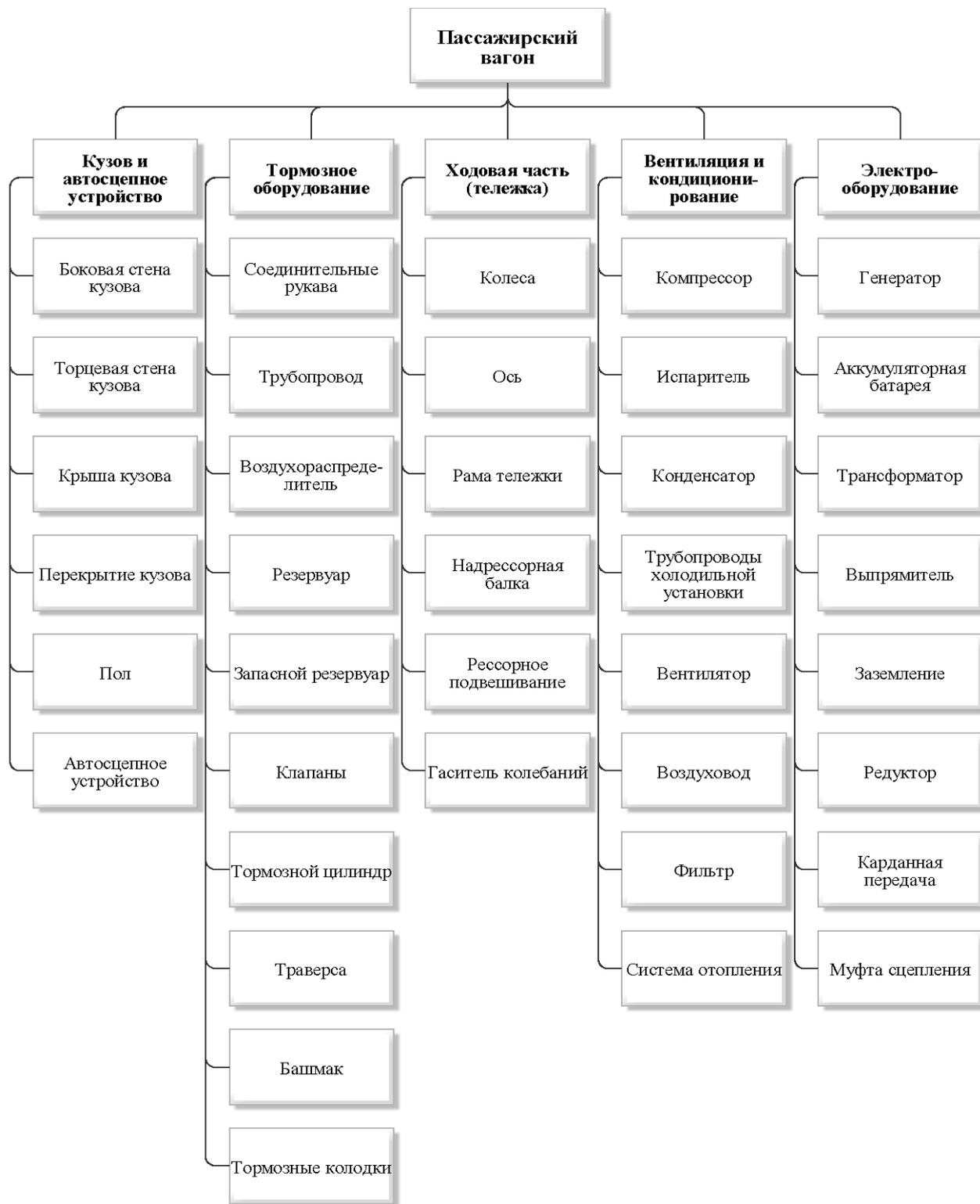


Рис. 1. Древоподобная модель надежности пассажирского вагона

Fig. 1. Tree model of passenger car reliability

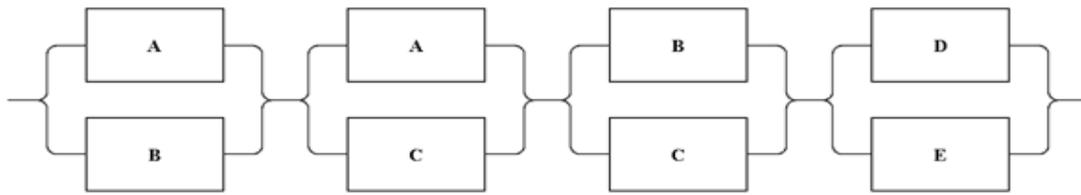


Рис. 2. Блок-схема надежности пассажирского вагона: группа А – кузов и автосцепное устройство; группа В – тормозное оборудование; группа С – ходовая часть (тележка); группа D – вентиляция и кондиционирование; группа Е – электрооборудование

*Fig. 2. Block diagram of passenger car reliability*  
*Group A – Body and automatic coupling device; Group B – Braking equipment; Group C – Chassis (trolley); Group D – Ventilation and air conditioning; Group E – Electrical equipment*

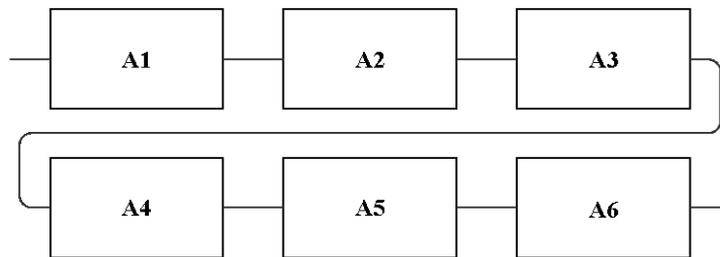


Рис. 3. Блок-схема надежности системы А  
*Fig. 3. Block diagram of system reliability A*

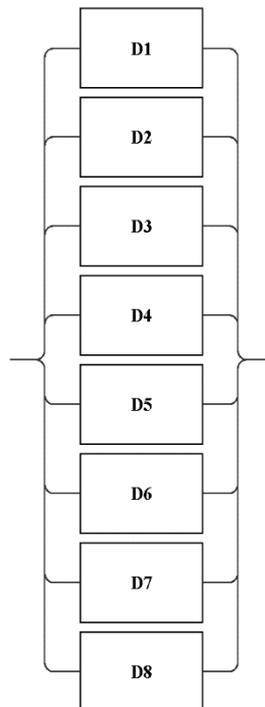


Рис. 4. Блок-схема надежности системы D  
*Fig. 4. Block diagram of system reliability D*

А. Произведем пробный анализ системы  
 Данная система состоит из нескольких элементов (A1, A2, A3, A4, A5, A6),

ВБР каждого из которого представлена в следующем виде:

$$P_{A_i}(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma_i^2}}, \quad (5)$$

где  $i$  – порядковый номер элемента системы А.

Согласно представленной блок-схеме для системы (рис. 3), все элементы которо-

го представлены в виде последовательной цепочки, вероятность безотказной работы определяется следующим образом:

$$P_A(t) = P_{A_1}(t) \cdot P_{A_2}(t) \cdot P_{A_3}(t) \cdot P_{A_4}(t) \cdot P_{A_5}(t) \cdot P_{A_6}(t) = \\ = e^{-\frac{t^2}{2\sigma_1^2}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma_2^2}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma_3^2}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma_4^2}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma_5^2}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2\sigma_6^2}} = e^{-\frac{t^2}{2} \left( \frac{1}{\sigma_1^2} + \frac{1}{\sigma_2^2} + \frac{1}{\sigma_3^2} + \frac{1}{\sigma_4^2} + \frac{1}{\sigma_5^2} + \frac{1}{\sigma_6^2} \right)}. \quad (6)$$

Для наглядности у данной системы также определяем:

- средний срок службы [4]:

$$T_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} P(t) dt; \quad (7)$$

- вероятность отказа [4]:

$$Q(t) = 1 - P(t); \quad (8)$$

- плотность отказа [4]:

$$f(t) = -\frac{dP(t)}{dt}. \quad (9)$$

Аналогичным образом в зависимости от принятых блок-схем и моделей надежности элементов определяется ВБР других систем [5].

После определения ВБР каждого элемента и нахождения ВБР других систем, определяем ВБР всей системы согласно блок-схеме, представленной на рис. 2. Проинтегрировав полученное выражение, можно определить срок службы безотказной работы системы, в роли которой выступает рассматриваемый пассажирский вагон [6].

## Заключение

Данная методика позволяет комплексно определить показатели надежности каждого элемента, группы элементов (системы) и пассажирского вагона в целом. Благодаря данной методике, используя минимальное количество опытов,

можно с указанной доверительной вероятностью определить срок службы пассажирского вагона, опираясь лишь на эксплуатационные показатели, учитывающиеся при определении исходных данных для составления ВБР.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 33788–2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 46 с. – Текст : непосредственный.
2. Коршунов, С. Д. Совершенствование метода оценки несущей способности и остаточного ресурса кузовов пассажирских вагонов после ремонта : специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Коршунов Сергей Дмитриевич ; Брянский гос. техн. ун-т. – Брянск, 2014. – 171 с. – Текст : непосредственный.
3. Положение о продлении срока службы пассажирских вагонов, курсирующих в международном сообщении. Утверждено Советом по железнодорожному транспорту государственным участникам Содружества, протокол от 21-22.10.2014 № 61. – Москва : ОАО «ВНИИЖТ», 2014. – 35 с. – Текст : непосредственный.
4. Теория надежности Конспект лекций для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 220400 «Управление в технических системах». – Издательство Томского политехнического университета, 2015. – 83 с. – Текст : непосредственный.
5. Третьяков, А. В. Продление срока службы подвижного состава : монография / А. В. Третьяков. – Москва : Изд-во МБА, 2011. – 304 с. – Текст : непосредственный.
6. РД 24.050.37–95 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. – Москва : ГосНИИВ, 1995. – Текст : непосредственный.

## REFERENCES

1. GOST 33788-2016. Freight and passenger coaches. Test methods for strength and dynamic quality. Moscow: Standartinform; 2016.
2. Korshunov SD. Improving the method of assessing the bearing capacity and residual life of passenger car bodies after repair [dissertation]. [Bryansk (RF)]: Bryansk State Technical University; 2014.
3. Regulation on extending the service life of passenger cars rolling internationally. Moscow: VNIIZHT; 2014.
4. Theory of reliability: lecture notes for students of the Institute of Electronic Education. Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University; 2015.
5. Tretyakov AB. Extending the service life of rolling stock: monograph. Moscow: MBA Publishing House; 2011.
6. RD 05/24/37–95 Freight and passenger coaches. Test methods for durability and driving performance. Moscow: GosNIIV; 1995.

### Информация об авторах:

**Евсеев Дмитрий Геннадьевич** – доктор технических наук, тел.: +7 (985) 769-60-78, e-mail: evseev dg@gmail.com.

**Evseev Dmitry Gennadievich** – Doctor of Technical Sciences; phone: +7 (985) 769-60-78, e-mail: evseev dg@gmail.com.

**Лагутин Сергей Викторович** – аспирант кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», тел.: +7 (985) 769-60-78, e-mail: lagutin.seryoga@yandex.ru.

**Lagutin Sergey Viktorovich** – Graduate Student of the Department of the Technology of Transport Engineering and Rolling Stock Repair; phone: +7 (985) 769-60-78, e-mail: lagutin.seryoga@yandex.ru.

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflicts of interests.**

**Статья опубликована в режиме Open Access.  
Article published in Open Access mode.**

Статья поступила в редакцию 11.12.2023; одобрена после рецензирования 20.12.2023; принята к публикации 26.01.2024. Рецензент – Антипин Д.Я., кандидат технических наук, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог», директор учебно-научного института транспорта Брянского государственного технического университета, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 11.12.2023; approved after review on 20.12.2023; accepted for publication on 26.01.2024. The reviewer is Antipin D.Ya., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Railway Rolling Stock, Director of the Educational and Scientific Institute of Transport at Bryansk State Technical University, member of the Editorial Council of the journal *Transport Engineering*.