

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 4, 2025 vol. 2

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**
Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT
RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

**E-ISSN: 2181-2438
ISSN: 3060-5164**

**VOLUME 2, ISSUE 4
DECEMBER, 2025**



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 2, ISSUE 4 DECEMBER, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “Journal of Transport” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Determination of the reliability of rolling stock derailment control devices

E.I. Khidirov¹^a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

The article addresses the issue of determining the reliability of rolling stock derailment control devices. To enhance reliability, a dual-channel actively redundant and recoverable system has been developed. The analysis is based on reliability theory and Markov processes with discrete states. The state diagram of the system and differential equations describing the probability of the system being in each of the three states are presented. A structural redundancy scheme of the transmitting and receiving parts of the rolling stock derailment control devices is also provided.

Keywords:

reliability, operational reliability, probability of failure, failure, redundancy, failure rate, structural redundancy, Markov process

Определение надежности устройств контроля схода подвижного состава

Хидиров Э.И.¹^a

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация:

В статье рассматривается вопрос определения надёжности устройств контроля схода подвижного состава. Для повышения надёжности разработана двухканальная активно резервируемая и восстанавливаемая система. Основой анализа является теория надёжности и Марковские процессы с дискретными состояниями. Приведён граф состояний системы и дифференциальные уравнения, описывающие вероятность нахождения системы в каждом из трёх состояний. Представлена схема структурного резервирования передающей и принимающей частей устройств контроля схода подвижного состава.

Ключевые слова:

надежность, безотказность, вероятность отказа, отказ, резервирование, интенсивность отказа, структурное резервирование, Марковский процесс

1. Введение

Надежность – это свойство обеспечивать непрерывное и безопасное управление движением поездов в установленных сроках, технического обслуживания и ремонта системы [1]. Теория надежности – это наука, изучающая закономерности отказов технических систем, основанная на использовании разработок в разных областях знаний. Расчет количественных показателей надежности систем и устройств железнодорожной сигнализации, централизации и блокировки при эксплуатации является постоянной задачей. Решение этой задачи осуществляется на различных этапах функционирования системы [3, 9]. В зависимости от типа системы определяется методика расчета. На рисунке 1 представлена структура показателей надежности системы железнодорожной автоматики и телемеханики [5].

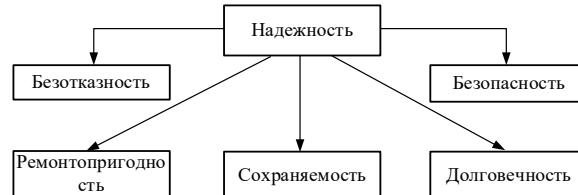


Рис. 1. Структура показателей надежности системы железнодорожной автоматики и телемеханики

Функция распределения времени отказа $Q(t)$ называется вероятностью отказа. Таким образом, $Q(t)$ – это вероятность того, что время отказа меньше t , или вероятность того, что объект выйдет из строя в течение времени t . Основным показателем безотказной работы является вероятность отказа $P(t)$ – это вероятность того, что объект будет работать безотказно в течение определенного времени работы t :

$$P(t) + Q(t) = 1 \quad (1)$$

Функция $P(t)$ обладает следующими свойствами:

- $P(0) = 1$, это означает, что устройство в начальном состоянии находится в работоспособном состоянии;
- $\lim_{t \rightarrow \infty} P(t) = 1$, это означает, что объект не может сохранять свое рабочее состояние бесконечно долго;

^a <https://orcid.org/0009-0009-6649-4705>



$-0 \leq P(t) \leq 1$, значение $P(t)$ находится в диапазоне от 0 до 1;

$-dP(t)/dt \leq 0$, функция является убывающей, то есть с течением времени надежность системы снижается.

Возникновение сбоя в работе объекта является случайным событием, то есть оно может произойти, а может и не произойти в течение определенного интервала времени. Следовательно, теория вероятности основана на теории надежности. Показатель надежности $\lambda(t)$ называется частотой отказов (при разработке системы и при практической эксплуатации). Это, в свою очередь, имеет фундаментальное значение для повышения надежности систем [1].

Резервирование делится на временное, структурное (аппаратуровое) и информационное. Разработанная система является структурной избыточностью, восстанавливаемой системой. Процесс функционирования резервируемой восстанавливаемой системы представляет собой случайный марковский процесс с дискретными состояниями [10,11]. Граф состояний восстанавливаемой резервируемой системы представлен на рисунке 2.

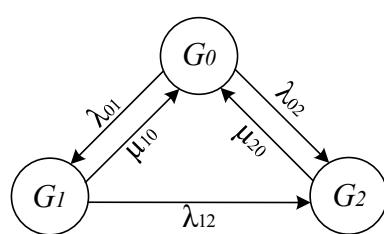


Рис. 2. График состояния резервируемой восстанавливаемой системы

(G_0 – исправное состояние; G_1 – неисправный, но работоспособное (работоспособность сохраняется) состояния; G_2 – неработоспособное состояние (потерявшее способность к функционированию))

2. Методика исследования

Система переходит из одного состояния в другое под воздействием потоков отказов и восстановлений. Если поток всех событий, которые переводят систему из одного состояния в другое, является пуссоновским потоком, то случайный процесс является Марковским процессом, который описывается системой дифференциальных уравнений. Система составлена на основе приведенного графа состояний в соответствии со следующими правилами. Производная вероятности состояния равна сумме слагаемых, количество которых соответствует числу стрелок, связанных с данным состоянием. Каждое слагаемое представляет собой произведение интенсивности потока событий, переводящих систему вдоль заданной стрелки, и вероятности состояния, из которого исходит стрелка. Если стрелка исходит из определенного состояния, то соответствующее слагаемое берется со знаком минус [2, 4]:

$$\frac{dP_{l.0}(t)}{dt} = -\lambda_{01}P_{l.0}(t) - \lambda_{02}P_{l.0}(t) + \mu_{10}P_{l.0}(t) + \mu_{20}P_{l.2}(t); \quad (2)$$

$$\frac{dP_{l.1}(t)}{dt} = \lambda_{01}P_{l.0}(t) - \mu_{10}P_{l.1}(t) + \lambda_{12}P_{l.2}(t); \quad (3)$$

$$\frac{dP_{l.2}(t)}{dt} = \lambda_{02}P_{l.0}(t) + \lambda_{12}P_{l.1}(t) - \mu_{20}P_{l.2}(t) \quad (4)$$

где λ_{01} – интенсивность перехода из исправного состояния в неисправное, но работоспособное состояние; λ_{02} – интенсивность перехода из исправного состояния в неисправное, утратившее работоспособность состояния; λ_{12} – интенсивность перехода из неисправного, но работоспособного состояния в полностью неисправное состояние; μ_{10} – интенсивность восстановления из неисправного, но работоспособного состояния в исправное состояние; μ_{20} – интенсивность восстановления из неисправного, утратившего работоспособность состояния в исправное состояние; $P_{l.0}(t)$ – вероятность нахождения объекта в исправном состоянии в момент времени t ; $P_{l.1}(t)$ – вероятность нахождения объекта в неисправном, но работоспособном состоянии в момент времени t ; $P_{l.2}(t)$ – вероятность нахождения объекта в неисправном, но нерабочем состоянии в определенное время работы t

Ниже приведена схема структурного резервирования передающей части, расположенной устройством контроля схода подвижного состава [8] (Рис. 3).

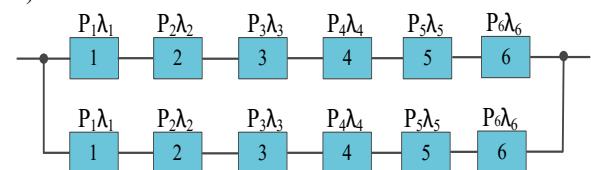


Рис. 3. Схема структурного резервирования передающей части устройств контроля схода подвижного состава

Вероятность того, что система будет работать безотказно определяется по следующей формуле:

$$P_j(t) = 1 - (1 - \prod_{i=1}^n P_i(t))^{m+1}, \quad (5)$$

где $P_j(t)$ – вероятность того, что система будет работать безотказно; $P_i(t)$ – вероятность того, что каждый канал будет работать без сбоев; m – количество резервов.

Вероятность безотказной работы каждой части резервируемой системы равна произведению вероятности безотказной работы элементов, составляющих систему:

$$P_{уксп.1}(t) = P_i(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \cdot P_4(t) \cdot P_5(t) \cdot P_6(t) \quad (6)$$

Вероятность безотказной работы определяется формулами:

$$P_{уксп.1}(t) = e^{-\lambda_{01}(t)}; \quad (7)$$

$$P_{уксп.2}(t) = e^{-\lambda_{02}(t)}. \quad (8)$$

Используя вышеизложенное, можно найти λ_{01} , λ_{02} , λ_{12} , $P_{уксп.1}(m)$ и $P_{уксп.2}(m)$

$$\lambda_{01} = \lambda_{12} = 5\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + 2\lambda_5 + \lambda_6; \quad (9)$$

$$\lambda_{02} = \frac{2 \cdot \lambda_{01}}{3}; \quad (10)$$

$$P_{уксп.1}(t) = e^{-(3\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + 2\lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6)t} = e^{-26,392 \cdot 10^{-6}t};$$



(11)

$$P_{укспс.2}(t) = 1 - (1 - P_{укспс.1}(t))^2 = 2 \cdot P_{укспс.1}(t) - P_{укспс.1}^2(t)$$

$$P_{укспс.1}^2(t) = 2e^{-26,392 \cdot 10^{-6}t} - e^{-52,784 \cdot 10^{-6}t} \quad (12)$$

Ожидаемое вероятное время, в течение которого в системе произойдет отказ, равно Т:

$$T = \int_0^\infty \left(2e^{-26,392 \cdot 10^{-6}t} - e^{-52,784 \cdot 10^{-6}t} \right) dt = 56835 \text{ час} \quad (13)$$

$T = 56835$ часов = 6 лет 6 месяцев

На рисунке 4 показана взаимосвязь между вероятностью отказа системы и вероятностью выхода из строя. Интенсивность отказов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

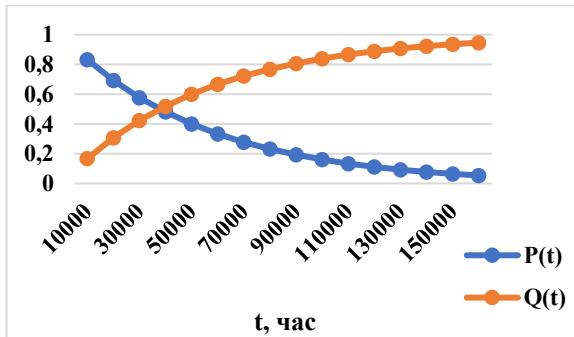
Интенсивность отказов элементов, входящих в состав, передающий части устройств контроля схода подвижного состава

| № | Элемент | Количество | λ , 1 на миллион часов | Среднее время восстановления, часов |
|---|-------------------------------------|------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Инфракрасный датчик (λ_1) | 3 | 0,034 | 0,5 |
| 2 | Радиомодуль (λ_2) | 1 | 25,2 | 2,0 |
| 3 | Микроконтроллер (λ_3) | 1 | 0,05 | 1,5 |
| 4 | Резистор (λ_4) | 2 | 0,02 | 0,5 |
| 5 | Транзистор (λ_5) | 1 | 0,5 | 0,5 |
| 6 | Оптрон (λ_6) | 1 | 0,5 | 0,6 |

Таблица 2

Интенсивность выхода из строя элементов, составляющих принимающий части устройств контроля схода подвижного состава

| № | Элемент | Количество | λ , 1 на миллион часов | Среднее время восстановления, часов |
|---|---------------------------------|------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Резистор (λ_1) | 9 | 0,02 | 0,5 |
| 2 | Оптрон (λ_2) | 4 | 0,5 | 0,6 |
| 3 | Транзистор (λ_3) | 4 | 0,5 | 0,5 |
| 4 | Радиомодуль (λ_4) | 1 | 25,2 | 2,0 |
| 5 | Монитор (λ_5) | 1 | 20 | 1,5 |
| 6 | Микроконтроллер (λ_6) | 1 | 0,05 | 1,5 |

Рис. 4. График зависимости $P_{укспс.2}(t)$ и $Q_{укспс.2}(t)$ от времени

Вероятность безотказной работы принимающей части устройств контроля схода подвижного состава Рукспс.к(t) и среднее время работы T до первого отказа вычисляются аналогичным образом (рисунок 5).

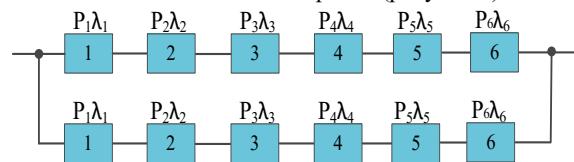


Рис. 5. Схема структурного резервирования принимающей части устройств контроля схода подвижного состава

$$P_{укспс.к1}(t) = P_i(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \cdot P_4(t) \cdot P_5(t) \cdot P_6(t); \quad (14)$$

$$P_{укспс.к1}(t) = e^{-\lambda_{01}(t)}; \quad (15)$$

$$P_{укспс.к2}(t) = e^{-\lambda_{02}(t)}; \quad (16)$$

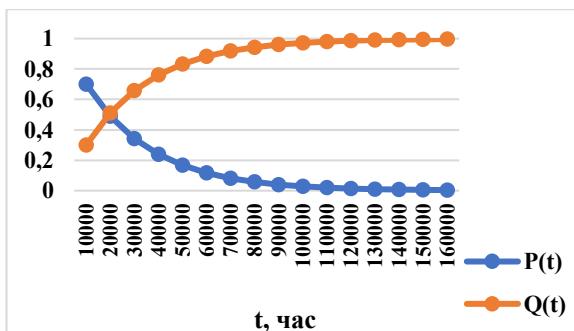
$$\lambda_{01} = \lambda_{12} = 9 \cdot \lambda_1 + 4 \cdot \lambda_2 + 4 \cdot \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6; \quad (17)$$

$$\lambda_{02} = \frac{2 \cdot \lambda_{01}}{3}; \quad (18)$$

$$P_{укспс.к2}(t) = 2 \cdot e^{-(9 \cdot \lambda_1 + 4 \cdot \lambda_2 + 4 \cdot \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6)t} - e^{-2(9 \cdot \lambda_1 + 4 \cdot \lambda_2 + 4 \cdot \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6)t} \quad (19)$$

$$P_{укспс.к2}(t) = 2 \cdot e^{-49,43 \cdot 10^{-6}t} - e^{-98,86 \cdot 10^{-6}t} \quad (20)$$

$$T_{укспс.к} = \int_0^\infty (2e^{-49,43 \cdot 10^{-6}t} - e^{-98,86 \cdot 10^{-6}t}) dt = 30346 \text{ часов} \quad (21)$$

Рис. 6. График зависимости $P_{укспс.к2}(t)$ и $Q_{укспс.к2}(t)$ от времени

3. Заключение

Внедрение подземной навигационной системы в практику геодезии имело важное значение для дальнейшего развития методов и методов исследования недр. Невозможно судить о точности измерения углов и расстояний до подземных точек Семка в результате навигационной системы комплекса механизации проходки тоннелей. Маркшейдерские работы должны проводиться таким образом, чтобы метод проведения надежных маркшейдерских и индивидуальных маркшейдерских измерений позволял контролировать выводы внедрение подземной навигационной системы маркшейдерская практика имеет важное значение для освоения недр. использование новейшей подземной навигационной системы в методах геодезии Строительство Ташкентского метрополитена в области новых электронно-оптических измерительных приборов качественно изменило темп работ Семка и повысило точность измерений. Преимущество подземной системы SLS-SL от VMT GmbH в том, что она предоставляет информацию о местоположении туннельного комплекса в режиме реального времени, что значительно увеличивает скорость, точность и качество строящегося сооружения.

Использованная литература / References

- [1] Сапожников Вл. В. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи / Под ред. В.В. Сапожникова, Вл.В. Сапожников, В.И. Шаманов. – М.: Маршрут, 2003. – 261 с.
- [2] Болдин А.П. Основы научных исследований: учебник / А.П. Болдин, В.А. Максимов. – М.: Академия, 2012. – 336 с.
- [3] Юркевич В.В. Надежность и диагностика технологических систем: учебник / В.В. Юркевич, А.Г. Схиртладзе. – М.: Академия, 2011. – 304 с.
- [4] Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира: учебное пособие для вузов ж.д

транспорта / Пер. с англ.; под ред. Г. Теега, С. Власенко. – М.: Интекст, 2010. – 496 с.

[5] Ефанов Д.В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: монография. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.

[6] Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. для вузов / Ю.В. Димов. – 2-э изд., доп. – СПб.: Питер, 2004. – 432 с.

[7] Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем: учеб. для вузов / В.А. Зорин. – М.: Магистр-Пресс, 2005. – 536 с.

[8] J.F. Kurbanov, N.V. Yaronova and E.I. Khidirov, "Microprocessor-Based System for Identifying Oversizes in Railway Transport," 2024 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), Sochi, Russian Federation, 2024, pp. 1129-1133. DOI: 10.1109/RusAutoCon61949.2024.10694173.

[9] Чернышов К.В. Основы теории надежности и диагностики: учеб. пособ. / К.В. Чернышов. – Волгоград: ВолгГТУ, 2003. – 59 с.

[10] Гавзов Д.В. Оценка показателей надежности систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д.В. Гавзов, Т.А. Белишкина, О.А. Абрамов // Проблемы разработки, внедрения и эксплуатации микроэлектронных систем железнодорожной автоматики и телемеханики: сб. науч. тр. – СПб.: ПГУПС, 2005. – С. 17-20.

[11] Баженов Ю.В. Основы теории надежности машин: учеб. пособие / Ю.В. Баженов. – М.: Форум, 2014. – 320 с.

Информация об авторах/ Information about the authors

| | |
|------------------------------------|--|
| Хидиров Эркин Иргашевич / | Ташкентский государственный транспортный университет, и.о. доцента кафедры “Автоматика и телемеханика” Erkin Irgashevich Khidirov |
| | E-mail: erkin_xidirov1988@mail.ru Tel.: +998998730395 https://orcid.org/0009-0009-6649-4705 |



| | |
|--|-----|
| S. Razzakov, A. Martazaev, I. Egamberdiev, A. Akhmedov | |
| <i>Strength calculation of reinforced concrete beam reinforced with glass fibers</i> | 133 |
| O. Kopytenkova, L. Levanchuk, Z. Tursunov | |
| <i>Modern methodological approaches to assessing health risks of the working population</i> | 139 |
| O. Kopytenkova, L. Levanchuk, Z. Tursunov | |
| <i>Methodological approaches to organizing control of acoustic load from railway transport</i> | 144 |
| Z. Mirzaeva, Sh. Temirova | |
| <i>Promising directions for the development of automation of geodetic survey in the construction of the metropoliten</i> | 147 |
| E. Khidirov | |
| <i>Determination of the reliability of rolling stock derailment control devices</i> | 152 |
| J. Tolipov, A. Saidov, S. Makhamadjonov | |
| <i>Operating modes and control challenges of microgrids based on distributed generation</i> | 156 |
| J. Tolipov, Sh. Murtazov | |
| <i>Improving power quality using filtered compensation devices.....</i> | 160 |