

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 1, 2026 vol. 3

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 3, ISSUE 1

MARCH, 2026



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 3, ISSUE 1 MARCH, 2026

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.

Microelectronic implementation of switching circuits of signal relays of a turnout section of track

A. Azizov¹¹, E.K. Ametova¹²

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

The article considers the issues of using microelectronic switches in devices and units of railway automation and telemechanics systems directly related to train traffic, using electromagnetic relays of the first reliability class as elements of logical functions, the further use of which in control systems is a very problematic solution, since they have high material intensity, energy consumption, as well as continuously increasing cost indicators. The relevance of the article is determined by the fact that train delays associated with malfunctions of automation and telemechanics devices are reflected in the form of economic losses, since most of the main equipment that ensures the safety of train traffic consists of devices and tools, the service life of which has exceeded well over 30 years, which determines the need to solve the problem of creating and implementing new railway automation systems using microelectronic technologies. To achieve the stated goal, the article considers the issue of abandoning the contacts of electromagnetic relays when implementing switching circuits of signal relays of a switch section of the track and implementing switching using microelectronic components. In order to implement microelectronic switching circuits of signal electric circuits of a switch section of the track, a model of the functioning of these circuits using a Petri net graph has been developed. Based on the study and analysis of the model, algorithms for the operation of the controller controlling the operation of the microelectronic unit have been obtained. In this case, logical operations that are implemented in the existing unit using contacts of electromagnetic relays are implemented by the controller software. A schematic diagram of the implementation of switching circuits using an opto-relay of the PVG-612 type is presented, while mechanical switching elements are completely excluded.

Keywords:

railway transport, switch section of the track, routes, electromagnetic relays, signal relays, electric circuits, graph theory, modeling

Микроэлектронная реализация коммутирующих цепей сигнальных реле стрелочного участка пути

А.Азизов¹^a, Э.К. Аметова¹^b


¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация:

В статье рассматриваются вопросы использования микроэлектронных переключателей в устройствах и узлах систем железнодорожной автоматики и телемеханики непосредственно связанных с движением поездов, использующих электромагнитные реле первого класса надежности в качестве элементов логических функций, дальнейшее использование которых в системах управления является весьма проблематичным решением т.к. они обладают высокой материалоемкостью, энергопотреблением, а также непрерывно возрастающими стоимостными показателями. Актуальность статьи определяется тем, что задержки поездов, связанные с неисправностями устройств автоматики и телемеханики, отражаются в виде экономических потерь, т.к. большая часть основного оборудования, обеспечивающего безопасность движения поездов составляют приборы и инструменты срок службы, которых перевалил далеко за 30 лет, что определяет необходимость решения задачи по созданию и внедрению новых систем автоматизации железных дорог с использованием микроэлектронных технологий.

Для достижения поставленной цели в статье рассматривается вопрос отказа от контактов электромагнитных реле при реализации коммутирующих цепей сигнальных реле стрелочного участка пути и реализации коммутаций с помощью микроэлектронных компонентов. С целью реализации микроэлектронных коммутирующих цепей сигнальных электрических цепей стрелочного участка пути, разработана модель функционирования этих цепей с использованием графа сети Петри. На основе исследования и анализа модели получены алгоритмы работы контроллера, управляющего работой микроэлектронного блока. При этом логические операции, которые реализованы в существующем блоке с помощью контактов электромагнитных реле

^a  <https://orcid.org/0000-0002-5652-9611>

^b  <https://orcid.org/0000-0003-0872-3599>



реализованы программным обеспечением контроллера. Представлена принципиальная схема реализации цепей коммутации с использованием опто-реле типа PVG-612, при этом полностью исключены механические переключающие элементы.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, стрелочный участок пути, маршруты, электромагнитные реле, сигнальные реле, электрические цепи, теория графов, моделирование

1. Введение

Проблема автоматизации управления устройствами электрической централизации (ЭЦ) получила особую актуальность в последнее время. Это связано прежде всего с тем, что на сети железных дорог РУз эксплуатируются систем электрической централизации (ЭЦ), запланированный срок эксплуатации, которых уже превышен, т.е. они выработали свой ресурс [12]. Как правило, ответственные узлы таких ЭЦ оборудованы устройствами в данном случае электромагнитными реле первого класса надежности, отвечающими всем требованиям, предъявляемым к элементам, отвечающим за безопасность движения поездов. Однако в связи с массовым внедрением микроэлектронных устройств в системах ж.д. автоматики и телемеханики, образовалась тенденция к снижению спроса на электромагнитные реле это в свою очередь привело к росту цен продукции тех предприятий, которые продолжают выпускать этот вид продукции. В этой связи актуальной задачей является решение инновационной задачи по замене устройств в системах автоматики и телемеханики, использующих электромагнитные реле на современные микроэлектронные приборы отличающиеся, отсутствием механических частей, быстродействием малыми габаритами, меньшим потреблением электроэнергии, обладающими высокими способностями по обмену и хранению информации. Тем более, что периодическая замена электромагнитных приборов и их профилактический ремонт не приводят к должному эффекту, т. к. в соответствии с моделью функционирования систем автоматики с деградирующими изделиями для восстановленного реле с момента окончания ремонта наработка на отказ начинается не с нуля, а продолжает возрастать, с учетом износа составных элементов [8, 10]. При этом продолжается износ деталей и старение материалов, развитие дефектов, что ведет к возникновению новых отказов и очередному восстановлению. Это ведет к повышению производственных затрат на восстановление реле; росту расходов, связанных с простоем поездов, вызванных отказами аппаратуры и экспоненциальному возрастанию эксплуатационных расходов на обслуживание станционных устройств.

В данной работе исследуется техническая задача по совершенствованию существующих систем блочной маршрутной централизации (БМРЦ) на базе микропроцессорных программно-аппаратных средств. При этом разработка микроэлектронных блоков осуществляется в соответствии со следующими требованиями:

- Микропроцессорные блоки должны выполнять все функции релейных БМРЦ при соблюдении необходимого уровня автоматизации;

- в зависимости от состояния наборной и/или исполнительной групп существующей централизации должна существовать возможность реконфигурации структуры и алгоритма функционирования;

- в условиях сложной экономической ситуации необходимо обеспечить поэтапную модернизацию эксплуатируемых систем БМРЦ.

2. Методика исследования

Для достижения цели по определению средств реализации и алгоритма работы электрических сигнальных цепей микропроцессорного блока исполнительной группы стрелочного участка пути использовались методы цифровой обработки информации и моделирования, основанные на теории сетей Петри [1,5-10].

3. Результаты и обсуждение

Принципиальная схема релейного блока электрического соединения между клеммами 1-3, 2-2 и 2-3 1-2 приведена на рис.1. Особенностью работы рассматриваемых цепей, является необходимость сохранения электрической цепи между клеммами 1-3 и 2-2, которая является цепью подпитки сигнального реле при использовании маневрового маршрута, с целью исключения перекрытия сигнала светофора до полного освобождения маршрута от подвижного состава. Аналогичные рассуждения справедливы и для электрической цепи между клеммами 2-3 и 1-2. Электрические цепи между клеммами 1-21 и 2-21 предназначены для схемы исключения накопления маршрутов.

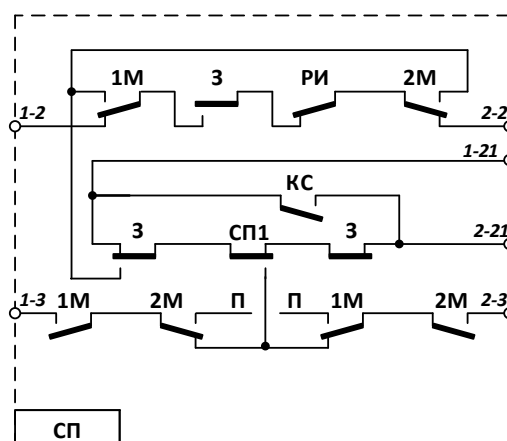


Рис.1. Принципиальная схема включения цепей подпитки сигнальных реле блока стрелочного путевого участка

С целью перевода контактных электрических цепей на микроэлектронную реализацию, воспользуемся опто-



реле типа PVG-612 и программным обеспечением микроконтроллера. Для синтеза фрагмента программы, реализующей выше перечисленные задачи разработаем и исследуем модель этих цепей с помощью мультиграфа сети Петри, представленного на рис.2.

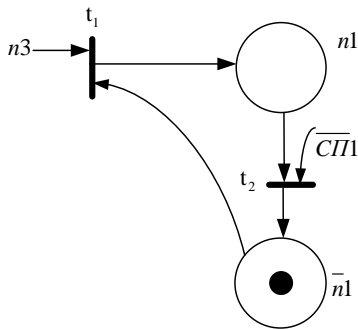


Рис.2. Граф сети Петри электрической цепи между клеммами подпитки сигнальных реле маневровых светофоров

С целью упрощения общего вида мультиграфа, приняты следующие обозначения.

$$\begin{aligned}
 I(n1) &= \{t_1\} & O(n1) &= \{t_2\} \\
 I(\bar{n}1) &= \{t_2\} & O(\bar{n}1) &= \{t_1\} \\
 I(t_1) &= \{\bar{n}1, n3\} & O(t_1) &= \{n1\} \\
 I(t_2) &= \{n1, \overline{CП1}\} & O(t_2) &= \{\bar{n}1\}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

В качестве обозначения позиций используются символы « $n1, \bar{n}1$ ». Позиция $n1$ отражает состояние объекта при замыкании электрической цепи между клеммами 1-21, 1-21, $\bar{n}1$ -отражает обрыв электрической связи между этими клеммами. Позиции $n7, n8, n9, n10$ отражают состояние электрических цепей соответственно между клеммами (1-3, 2-2), (2-3, 1-2), (1-2, 2-2) и (2-3, 1-3). Позиции $n2, n3, n4, n5, n6$ отражают следующие условия для создания соединения клемм с помощью электрических цепей, в предположении, что выполнение этих условий равнозначно наличию фишки в этой позиции а именно

$$\begin{aligned}
 n2 &= \{1M \wedge 2M\}, & n3 &= \{(3 \wedge CП1 \wedge 3) \vee KC\} \\
 n4 &= \{1M \wedge 2M \wedge \overline{CП1} \wedge \bar{3} \wedge 1M \wedge \bar{3} \wedge \overline{PI} \wedge 2M\} \\
 n5 &= \{2M \wedge 1M \wedge \overline{CП1} \wedge \bar{3} \wedge 2M \wedge \bar{3} \wedge \overline{PI} \wedge 1M\} \\
 n6 &= \{1M \wedge \bar{3} \wedge \overline{PI} \wedge 2M\}
 \end{aligned}$$

Одновременное наличие питания плюсового источника на клеммах 1-3 и 2-3

моделируется позицией $n2$, а отсутствие позицией $\bar{n}2$. Переменная, отражающая наличие электрической связи между клеммами 1-21 и 2-21 представлена на графе позицией $n3$, наличие фишки в которой соответствует

присутствию этой связи и позицией $\bar{n}3$ - обрыв электрической цепи. Контроль за электрической цепью между клеммами 1-3 и 2-2 выполняющую роль подпитки для сигнального реле маневрового сигнала, обеспечивает позиция $n4$ наличие фишки в этой позиции соответствует наличию электрической связи

между клеммами, позиция $\bar{n}4$ инверсна позиции $n4$ и фишка в ней отражает обрыв цепи. Наличие электрического соединения между клеммами 2-3 и 1-2, а также между 1-2 и 2-2 аналогичен предыдущим утверждениям и соответствует позициям $n5, \bar{n}5$, а

также $n6, \bar{n}6$. Граф моделирующий электрическую связь между клеммами 1-3 и 2-2 представлен на рис.2, где переменная $n1$ отражает физическое наличие электрической связи между клеммами 1-3 и 2-2, обрыв

этой цепи отражается переменной $\bar{n}1$. Безопасность модели определяется исключением одновременного

наличия фишек в позициях $n1$ и $\bar{n}1$, и наличием контроля отсутствия фишек в этих позициях,

присутствием дуг, исходящих из них в переходах t_1 и t_2

. Например для запуска перехода t_1 , который позволяет переместить фишку в позицию $n1$ необходимо

проконтролировать наличие фишки в позиции $\bar{n}1$. Система уравнений входных и выходных функций графа, приведенного на рис.1 сведена в (1). В исходном состоянии соединение отсутствует, и фишка находится

в позиции $\bar{n}1$. Для отражения наличия этой связи необходимо переместить фишку в позицию $n1$, что

возможно при запуске перехода t_1 , входной функцией

которой является уравнение $I(t_1) = \{\bar{n}1, n3\}$, т.е. необходимо наличие фишки в позиции $n3$, для чего необходимо выполнение условия $n3 = \{(3 \wedge CП1 \wedge 3) \vee KC\} = 1$

Перенос фишки в позицию $n1$ отражает замкнутое состояние электрической цепи между клеммами 1-21 и 2-21. На принципиальной схеме микросхемной реализации замыкания цепи между этими клеммами (рис.2) выполнен на основе микросхемы D5.



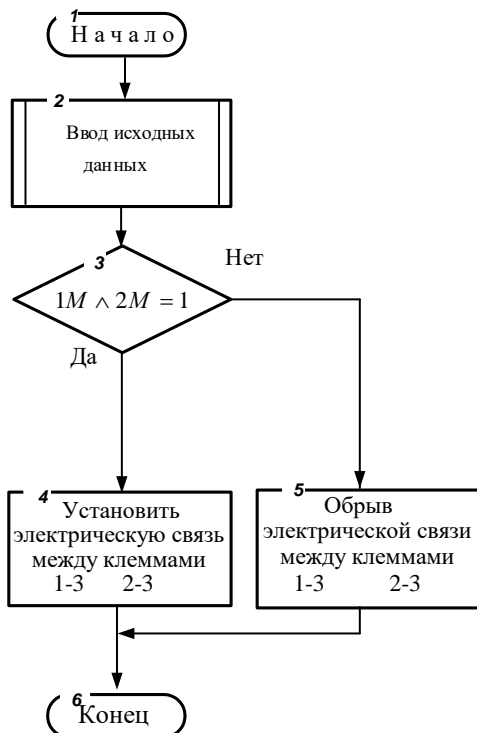


Рис.3. Алгоритм управления коммутационными цепями между клеммами 1-3 и 2-3

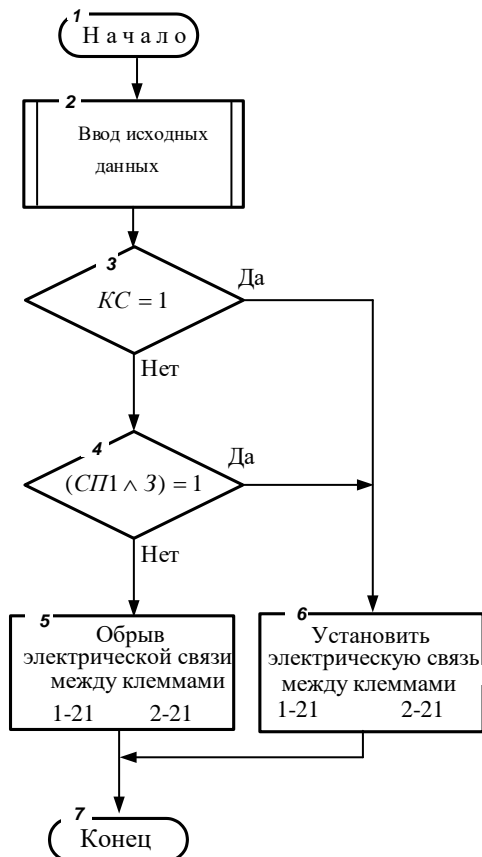


Рис.4. Алгоритм управления коммутационными цепями между клеммами

1-21 и 2-3

Реализация электрической цепи между клеммами 1-3 и 2-2 выполнена с помощью микросхемы D1 при выполнении условия наличия фишки в позиции $n4$, т.е.

$$n4 = \{1M \wedge 2\bar{M} \wedge \overline{СП1} \wedge \bar{3} \wedge \overline{PII} \wedge 2\bar{M}\} = 1$$

Модели реализации других цепей аналогичны и в целях экономии не рассматриваются. Электрическая цепь между клеммами 2-3 и 1-2 реализуется с помощью позиции $n5$ и микросхемы D4, замыкание этой цепи осуществляется при выполнении условия, что

$$n5 = \{2M \wedge 1\bar{M} \wedge \overline{СП1} \wedge \bar{3} \wedge \overline{PII} \wedge 2M \wedge 1\bar{M}\} = 1$$

Замыкание цепи между клеммами 1-2 и 2-2 реализовано с помощью микросхемы D6 и активного состояния позиции $n6$ которое имеет место при выполнении

$$n6 = \{1\bar{M} \wedge \bar{3} \wedge \overline{PII} \wedge 2\bar{M}\} = 1$$

логического выражения

Для реализации выше перечисленных коммутаций необходим микроконтроллер программное обеспечение, которого построено на основании алгоритма.

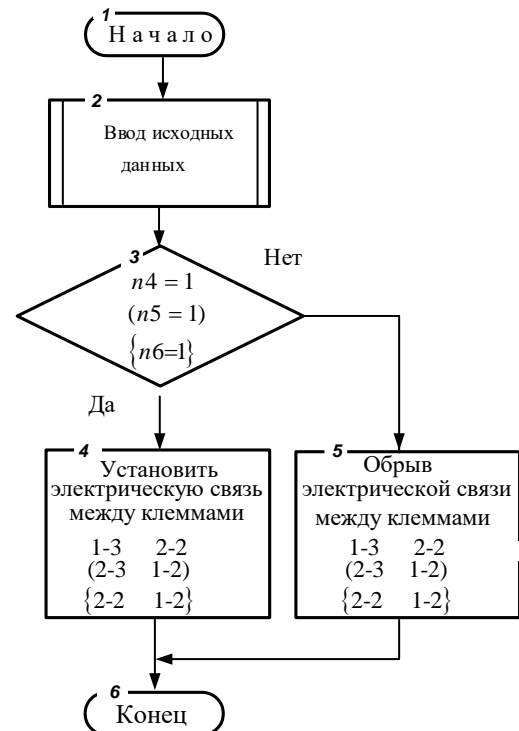


Рис.5. Алгоритм управления коммутационными цепями между клеммами 1-3, 2-2, 2-3,1-2 и 2-2, 1-2.



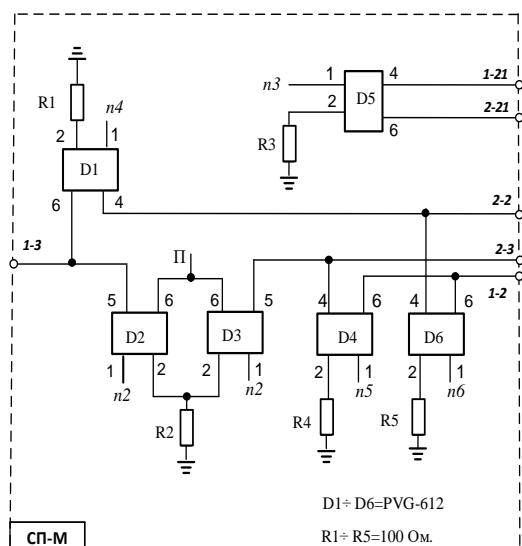


Рис.6. Принципиальная схема подключения цепей подпитки микроэлектронного блока стрелочного участка пути УП-М

Рассмотрим алгоритм выполнения коммутации рассматриваемых электрических цепей. Алгоритм реализации коммутации между клеммами 1-3 и 2-3 представлен на рис.4, из которого видно, что в блоке №3 осуществляется проверка выполнения логической операции по состоянию переменных $1M$ и $2M$. В случае положительного решения этого опроса производится электрическое соединение между клеммами 1-3 и 2-3. Для случая отрицательного решения, имеет место отсутствие электрической связи между этими клеммами. Аналогичным образом работают алгоритмы, представленные на рис.3-6.

4. Заключение

С целью реализации микроэлектронных коммутирующих цепей сигнальных электрических цепей стрелочного участка пути, разработана модель функционирования этих цепей с использованием графа сети Петри. На основе исследования и анализа модели получены алгоритмы работы контроллера, управляющего работой микроэлектронного блока. При этом логические операции, которые реализованы в существующем блоке с помощью контактов электромагнитных реле делегированы в программное обеспечение контроллера. Представлена принципиальная схема реализации цепей коммутации с использованием опто-реле типа PVG-612, при этом полностью исключены механические переключающие элементы.

Использованная литература / References

[1] Efanov, D. V., Pogodina, T. S., Aripov, N. M., Boltayev, S. T., Azizov, A. R., Ametova, E. K., & Shakirova, F. F. (2025). Combinational Circuits Testing Based on Hsiao Codes with Self-Dual Check Functions. *Computation*, 13(1), 15. <https://doi.org/10.3390/computation13010015>.

[2] Aripov N., Sadikov A., Ubaydullayev S. Intelligent signal detectors with random moment of appearance in rail lines monitoring systems //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 264.

[3] Muhiddinov, O., & Boltayev, S. (2023). Route management modeling of high-speed trains on the train dispatcher section. In *E3S Web of Conferences (Vol. 376)*. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337604033>

[4] Azizov, A., Ametova, E., Nuriddinov, Q., Ubaydullayev, S. Development, research of a model and an algorithm for organizing data transfer in a monitoring device *E3S Web of Conferences*, 2023, 371, 03069

[5] Дж. Питерсон. Теория сетей Петри и моделирование систем: пер. с англ. / – М.: Мир, 1984. – 264 с.

[6] Азизов А.Р., Аметова Э.К. Метод математического моделирования организационно-технологической системы диагностирования микропроцессорных блоков наборной группы железнодорожной автоматики и телемеханики //Известия Транссиба. 2023. № 1 (53). С. 36-45.

[7] Новиков Д.В. Способы уменьшения процессорного времени при моделировании принципиальных схем систем железнодорожной автоматики и телемеханики в среде Ngspice. //Автоматика на транспорте. - 2015г. – Т.1. - №2. – С. 168-179.

[8] Сапожников В.В., Никитин А.Б. Микропроцессорная система электрической централизации МПЦ-МПК. Наука и транспорт. – СПб.: Издательский дом ООО «Т-ПРЕССА», 2009. – С18-21.

[9] Сулейменова Г. А. Абдыкаримова М. С. Толетаев Е. А. Разработка компьютерной модели микропроцессорной схемы управления стрелочным приводом в среде IDE. *Вестник КазАТК*, 2013.

[10] Ходаковский В.А. Моделирование технических задач сетями Петри в среде HPSim. // Актуальные вопросы развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики: сб. науч. трудов / под ред. Вл. В. Сапожникова. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2013. – С.41-51.

[11] Chen K., Miles I. C. *ITS Handbook 2000: Recommendations from the World Road Association (PIARC)*. — Boston; London: ArtechHouse, 1999. - 434 p.

[12] Тильк И. Г. Новые устройства автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта / И. Г. Тильк. – Екатеринбург: УрГУПС, 2010. – 168 с.

Информация об авторах/ Information about the authors

Азизов
Асадулла /
Asadulla
Azizov

Toshkent davlat transport universiteti
“Avtomatika va telemexanika”
kafedrasi professori.
E-mail: azizov.asadulla@mail.ru
Tel.:+99893 539 54 21
<https://orcid.org/0000-0002-5652-9611>



Аметова Toshkent davlat transport universiteti
Элнара “Avtomatika va telemexanika”
Куандиковна / kafedراسи dotsenti. E-mail:
Elnara elnara.ametova.84@mail.ru
Ametova Tel.:+99890 975 88 82
 <https://orcid.org/0000-0003-0872-3599>



<i>D. Yuldoshev, G. Ubaydullaev</i> <i>Statistical calculation of the gearbox shaft part and creation of a control chart.....</i>	<i>96</i>
<i>Ch. Aripova</i> <i>Scientific analysis of the centralized control system arm DSP bombardier system</i>	<i>100</i>
<i>S. Sulaymanov, Z. Abdullaeva</i> <i>Analysis of the results of determining traffic noise on the king streets of Tashkent.....</i>	<i>104</i>
<i>A. Azizov, E. Ametova</i> <i>Microelectronic implementation of switching circuits of signal relays of a turnout section of track.....</i>	<i>110</i>