

2024/09  
№3(30)

ISSN 2791-3651

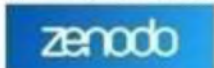
# Молодой специалист



Выпуск №3(30) 2024/09



TOGETHER WE REACH THE GOAL



aerjan84@mail.ru



<http://t.me/mspedesz>



+7 705 724 97 69



Проспект Шәкәрім  
Құдайбердіұлы, д. 25/3  
г. Нур-Сұлтан, РК

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
**«Молодой специалист»**  
Выпуск №3(30) (сентябрь, 2024)

Свидетельство о постановке на  
учет периодического печатного  
издания, информационного  
агентства и сетевого издания  
Эл № KZ26VPY00048061  
от 15 апреля 2022 г.

Главная цель журнала заключается в публикации оригинальных статей, преимущественно научного и научно-технического направления, предоставлении научной общественности, научно-производственным предприятиям, представителям бизнес-структур, а также студентам, магистрантам и докторантам вузов возможность знакомиться с результатами научных исследований и прикладных разработок по ключевым проблемам в области передовых технологий.

Задачи журнала состоят:

- в предоставлении ученым возможности публикации результатов своих исследований по научным и научно-техническим направлениям;
- достижении международного уровня научных публикаций журнала;
- привлечении внимания научной и деловой общественности к наиболее актуальным и перспективным направлениям научных исследований по тематике журнала;
- привлечении в журнал авторитетных отечественных и зарубежных авторов, являющихся специалистами высокого уровня.

Журнал размещается и индексируется на порталах eLIBRARY.RU и Google Scholar.



---

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ  
УСТРОЙСТВ В СОСТАВЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА  
ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН**

**Арипов Назиржан Мукарамович**

д.т.н., профессор, Ташкентский государственный транспортный университет  
[aripov1110@gmail.com](mailto:aripov1110@gmail.com)

**Отажонова Муборакхон Комилжон кизи**

докторант, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности  
[muborakxon1991@gmail.com](mailto:muborakxon1991@gmail.com)

**Тожиёв Бекмурод Махмудович**

докторант, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

**Аннотация:** Статья посвящена вопросам диагностики неисправностей устройств в составе асинхронного электропривода прядильных машин. Рассматривается выбор и обоснование метода идентификации неисправностей асинхронного двигателя в автоматизированном электроприводе с возможностью оценки вида и уровня дефектов. Кроме этого, вычислена основные причины неисправностей асинхронного двигателей. Выделены ключевые критерии для анализа систем, проведен обзор существующих диагностических методов.

**Ключевые слова:** прядильная машина, неисправности асинхронных электродвигателей, повреждения обмоток статора, повреждения короткозамкнутых роторов, повреждения короткозамкнутых роторов, повреждение подшипников, повреждение активной стали статора, контроль изоляции, контроль температуры, вибрационный контроль, анализ электрических координат.

**FAILURE ANALYSIS OF DEVICES IN THE ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE OF  
SPINNING MACHINES**

**Aripov Nazirjan**

doctor technical sciences, professor, Tashkent state transport university  
[aripov1110@gmail.com](mailto:aripov1110@gmail.com)

**Otajonova Muborakhon Komiljon kizi**

doctoral student, Tashkent institute of textile and light industry  
[muborakxon1991@gmail.com](mailto:muborakxon1991@gmail.com)

**Tojiyev Bekmurod Makhmudovich**

doctoral student, Tashkent institute of textile and light industry  
[muborakxon1991@gmail.com](mailto:muborakxon1991@gmail.com)

**Annotation:** The article is devoted to the issues of diagnosing malfunctions of devices as part of the asynchronous electric drive of spinning machines. The



selection and justification of a method for identifying faults in an asynchronous motor in an automated electric drive with the ability to assess the type and level of defects is considered. In addition, the main causes of malfunctions of asynchronous motors have been calculated. Key criteria for analyzing systems are identified, and a review of existing diagnostic methods is conducted.

**Key words:** spinning machine, malfunctions of asynchronous electric motors, damage to stator windings, damage to squirrel cage rotors, damage to squirrel cage rotors, damage to bearings, damage to active stator steel, insulation control, temperature control, vibration control, electrical coordinate analysis

### ВВЕДЕНИЕ

Степень износа электромеханического оборудования по всем отраслям промышленности достигла 51,1%, в том числе на предприятиях по производству транспортных средств – 67%, по добыче полезных ископаемых – 54,9%, по производству и применению машин и оборудования, в том числе, в текстильной промышленности – 51,2%. Из всего парка техники полностью изношенными признаны 21,1% единиц оборудования (рис.1.), что обусловлено ненормированным режимом работы, на который рассчитан электропривод (ЭП).

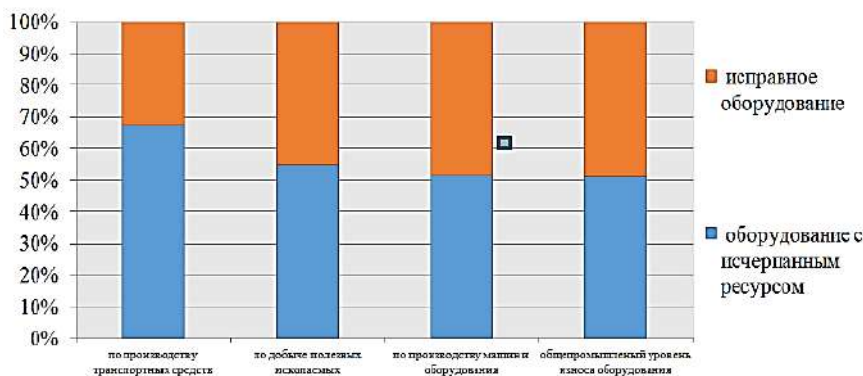


Рис.1. Статистика износа АД, по отраслям промышленности;

### ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При анализе неисправностей из структуры асинхронного электроприводов (АЭП) следует выделить основные функциональные устройства: 1. Преобразователь частоты (ПЧ); 2. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (АД); 3. Исполнительный механизм (ИМ).

Нарушение работы полупроводниковых преобразователей частоты в процессе эксплуатации связано со следующими причинами [1].

**Перегрузочные режимы** связаны с превышением механической нагрузки на валу двигателя или выходного тока ПЧ, что приводит, в свою очередь, к срабатыванию максимальной токовой, либо тепловой защиты двигателя [3,4].

**Несоответствующий уровень напряжения.** Превышение допустимого уровня в звене постоянного тока вызвано тормозными режимами при переходе двигателя в генераторный режим. Низкий уровень напряжения обусловлен провалами напряжения в сети или нарушением целостности одной из фаз [5].

**Перегрев преобразователя частоты** вызван нарушением работы силовых полупроводниковых приборов (диодов, IGBT транзисторов), а также системы охлаждения



при загрязнении внутри корпуса [6].

Имеются и другие неисправности в ПЧ, но в большей степени они связаны с настройкой и пусконаладочными работами, и обычно самодиагностируются внутренними модулями.

Нарушение работы АД вызвано воздействием как со стороны преобразователя частоты, так и со стороны механической части исполнительного механизма. Статистика наиболее распространенных неисправностей асинхронных электродвигателей (рис.2.) показывает, что наиболее уязвимыми частями АД в рассматриваемом классе мощности являются обмотка статора и подшипники [7].

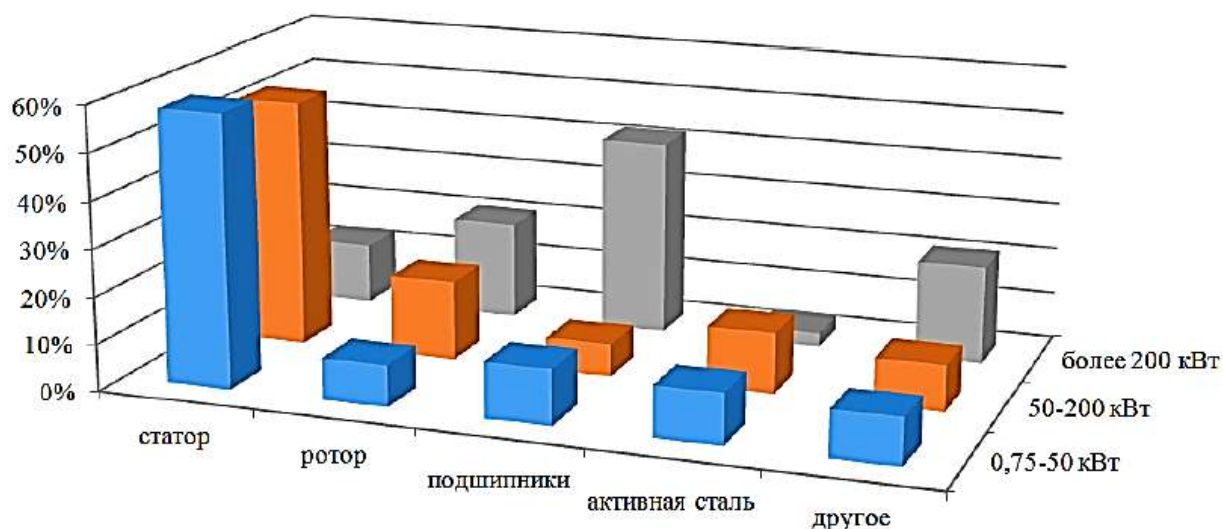


Рис. 2. Статистика причин выхода из работы АД

**Повреждения обмоток статора** происходят в большей степени из-за пробоя изоляции обмотки с последующим межвитковым замыканием под воздействием различных факторов (электрической, тепловой и механической перегрузки, трения, вибрации и др), что сокращает электрическую прочность изоляции. Влияние этих факторов зависит от места установки, режима работы и конструктивных особенностей электродвигателей [8]. При питании от автономного инвертора напряжения (АИН) по обмоткам статора АД протекают несинусоидальные токи и напряжения, увеличивая интенсивность старения изоляции. Высокие коммутационные перенапряжения, вызванные работой ПЧ, воздействуют на лобовые части обмотки статора, вызывая их деформацию и появление трещин в изоляции. Дефекты чаще всего образуются в местах выхода обмоток из пазов, где возникают наибольшие механические напряжения в изоляции при деформации лобовых частей. В зависимости от эквивалентности одного из типов короткого замыкания определяется работоспособность всего ЭП.

**Повреждения короткозамкнутых роторов** вызваны ослаблением контакта (трещин) между стержнями и короткозамкнутыми кольцами ротора ввиду вибраций электродвигателя с исполнительным механизмом и знакопеременных моментов на валу. Несвоевременное обнаружение приводит к дальнейшему росту вибраций, характерных для электрических вращающихся машин. В результате под действием центробежных сил происходит обрыв стержня с сопутствующим повреждением обмоток статора в лобовых частях. Наличие данных дефектов в роторе АД влечет к увеличению активного сопротивления обмотки ротора, что меняет его механические и пусковые характеристики [9].



**Повреждение подшипников.** Подшипниковая пара является важным узлом электродвигателя и больше подвержена износу из-за сил трения. Также на нее оказывает влияние работа всех устройств в ЭП. Основными причинами ускоренного износа подшипников являются: некачественная балансировка и центровка валов АД и ИМ; статический, динамический или смешанный эксцентриситет; износ соединительных муфт; повышенная вибрация и шум; загрязнение или недостаток смазочного материала.

Износ подшипника проявляется в его перегреве, в нарушении соосности валов электродвигателя и механической части, в появлении ударов или повышенной пульсации механического момента, в просадке скорости вращения и появление бросков потребляемых токов.

**Повреждение активной стали статора** является признаком ослабления или некачественной запрессовки шихтованной стали. Наличие микрозазора между листами пакета является причиной их деформации, сопутствующей росту вибраций и шуму. Вибрация листов активной стали вызывает трение с уложенными в пазах обмотками, что приводит к истиранию изоляционного лака, местному нагреву, замыканию или оплавлению активной стали. Характерной особенностью повреждения является наличие пыли в местах ослабления прессовки, обладающей магнитным свойством и оказывающей влияние на магнитные свойства пакета стали [10].

Причины возникновения дефектов следует разбить на категории: 1. Конструкционные ошибки и производственный брак; 2. Нарушения при монтажных и пусконаладочных работах; 3. Ненормированные режимы эксплуатации (перегрузочные и аварийные режимы); 4. Срок службы элементов; 5. Влияние окружающей среды (пыль, влага, агрессивная среда и др.). В связи с этим важным является вопрос определения вида и уровня неисправности для принятия опережающего управления с целью исключения аварийных остановок АЭП и нарушения технологического цикла.

Применимо к АЭП следует выделить следующие методы неразрушающего контроля.

**Контроль изоляции.** При эксплуатации изоляция электродвигателей подвергается тепловому, механическому, химическому, электромагнитному и др. воздействиям.

Электродвигатели малой мощности до 1000 В с продолжительным режимом работы подвергаются относительно небольшим механическим нагрузкам ввиду относительно слабого электрического и электромагнитного полей. Более опасным является тепловое воздействие на изоляцию, особенно для двигателей с частым реверсом и коммутационных перенапряжений при торможении и пусках. На срок службы изоляции оказывают и окружающая среда - температура воздуха, влажность, а также пыль и агрессивные газы. Это, главным образом, относится к изоляции, состоящей из волокнистых органических материалов, характеризующихся значительным влагопоглощением вследствие пористости. Проникновение влаги резко ухудшает диэлектрические свойства изоляции и вызывает необходимость ее сушки.

**Контроль температуры.** Основные способы и нормы контроля температуры обмоток приведены в ГОСТе [11]. Контроль температуры отдельных частей электродвигателя, на которые возможно установить термочувствительные измерительные средства (термометры, термопары, полупроводниковые терморезисторы и т.п.). При этом будет контролироваться тепловое состояние конкретного участка АД, а так как двигатель является многокомпонентной системой, то сложно выделить источник нагрева в виду высокой инерционности процесса.

Недостатком метода является автоматическое отключение машины от сети при достижении порогового значения температуры, нормированного производителем.



Остановка нарушает технологический процесс работы оборудования, но не позволяет корректно измерить температуру обмоток электродвигателей, работающих в режимах, отличных от S1. Применение тепловизионной диагностики основано на том, что наличие практически всех видов дефектов оборудования вызывает изменение температуры дефектных элементов и, как следствие, изменение интенсивности инфракрасного излучения, которое может быть зарегистрировано тепловизионными приборами (тепловизорами, термографами). Тепловизионное изображение позволяет без соприкосновения с объектом получать полную информацию о распределении температуры по поверхности объекта, выявлять температурные аномалии, несущие информацию о внутренних процессах, предшествующих отказам техники или другим серьезным дефектам.

Основными недостатками методов контроля температуры является сложность идентификации причины дефектного состояния ввиду инерционности нагрева и сопряженности элементов электрической машины. Применение датчиков температуры требует предварительной установки их в токоведущие части или дополнительно к каждому элементу и узлу электродвигателя. Методы направлены на диагностику электродвигателей, но не на силовые полупроводниковые ПЧ и ИМ.

**Вибрационный контроль** осуществляют для оценки технического состояния машины в процессе ее непрерывного длительного применения. В зависимости от вида машины и узлов, подлежащих контролю, измеряют один или несколько параметров вибрации с помощью соответствующих измерительных систем. В качестве первичных преобразователей (датчиков) для измерения вибраций применяют: пьезодатчики вибрации и акселерометры. Для измерений требуется не менее 3-х датчиков, устанавливаемых в вертикальном, горизонтальном и осевом направлениях.

Сигналы вибрации обладают информативностью о изменениях состояния как отдельных элементов, узлов вращающихся механических и электрических машин и установок. Также высокой информативностью, согласно [12] обладают составляющие сигналов виброперемещения, виброскорости, виброускорения и их следующие расчетные параметры: амплитудные и среднеквадратические значения; спектры сигналов; мощность и огибающая сигнала мощности; спектр мощности. При относительно высокой информативности методики вибрационного контроля присутствует ряд недостатков. Первичные преобразователи требуют высокую точность к калибровке, причем со сроком эксплуатации точность измерений снижается. Необходим непосредственный доступ к приводу для установки на корпус, либо предусмотрена модификация корпуса для встроенных вибродатчиков. Первичные и расчетные данные, обладая высокой информативностью, не нормируются в соответствии с уровнем дефекта, за исключение среднеквадратической виброскорости. При этом метод позволяет диагностировать неисправности в элементах и узлах электродвигателей и ИМ, а также оценивать влияние преобразователя частоты на акустические характеристики.

**Анализ электрических координат** с целью диагностирования асинхронного двигателя строится на оценке мгновенных, амплитудных, среднеквадратических значений огибающих сигналов, а также с применением спектрального и Вейвлет анализа. В АД, как в электромеханической системе, нарушение узлов отражается комплексно в следующих координатах и параметрах: ток статора; потокосцепление ротора и статора [13]; электромагнитное поле; активная, реактивная мощность, коэффициент мощности.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Учитывая количество координат и методов обработки данных можно сделать вывод что сигналы обладают потенциалом и информативностью. Однако существующие



нормы и в большей степени экспериментальные методы диагностики не позволяют построить системы оценки технического состояния. В части первичных измерителей (датчиков) и совокупности диагностируемых параметров преимуществом обладает метод оценки потребляемого тока АД. Поиск частотных составляющих спектра потребляемого АД тока соответствующих дефектам определяет ГОСТ ISO 20958-2015 [22], при этом возможно идентифицировать фактическое наличие большого перечня дефектов, но оценить их уровень по амплитудным значениям достаточно сложно ввиду отсутствия методик и многофакторного воздействия на электродвигатель, что на сегодняшний день является нерешенной и актуальной задачей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н.М.Арипов, М.К.Отажонова, Б.М.Тожиев. Разработка алгоритма для оценки поврежденности электродвигателя прядильной машины / сборник материалов международной научно-технической конференции по теме «Совершенствование технологии очистки хлопа, текстильной и легкой промышленности», Часть 2, Термиз 2023, ст. 266-268.
2. Жуковский, Ю. Л. Оценка технического состояния и остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем / Ю. Л. Жуковский, Н. А. Королёв, И. С. Бабанова // Горное оборудование и электромеханика. – 2017. – № 6. – С. 20–25.
3. Bose, B. K. Modern Power Electronics and AC Drives / B. K. Bose. – Prentice Hall, 2002. – 711 с. ISBN: 0130016743.
4. Bose, B. K. Power electronics and motor drives / B. K. Bose. – Elsevier, 2008. – 935 с. ISBN: 9780128238677
5. Novozhilov, N. G. Assessment of duration of the drive operation in the mode of kinetic energy recovery under power supply voltage sags in electrical grids of mechanical engineering enterprises/ N. G. Novozhilov, O. B. Shonin, S. B. Kryltcov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2017. – Т 177. – № 1. – С. 012142. 10.1088/1757-899X/177/1/012142
6. Гельман, М. В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М. В. Гельман, М. М. Дудкин, К. А. Преображенский. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009.–424.
7. Жуковский, Ю. Л. Оценка технического состояния и остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем / Ю. Л. Жуковский, Н. А. Королёв, И. С. Бабанова // Горное оборудование и электромеханика. – 2017. – № 6. – С. 20–25.
8. Гридин, В. М. Расчет характеристик асинхронных двигателей по каталожным данным / В. М. Гридин // Электричество. – 2018. – №. 9. – С. 44-48.
9. Thomson, W. T. Current signature analysis to detect induction motor faults / W. T. Thomson, M. Fenger // IEEE Industry Applications Magazine. – 2001. – Т. 7. – № 4. – С. 26-34. DOI: 10.1109/2943.930988.
10. Cruz, S. M. Stator winding fault diagnosis in three-phase synchronous and asynchronous motors, by the extended Park's vector approach / S. M. Cruz. A. J. Cardoso // IEEE Transactions on industry applications. – 2001. – Т 37. – № 5. – С. 1227-1233. DOI: 10.1109/28.952496.
11. ГОСТ ISO 20958-2015 Контроль состояния и диагностика машин. Сигнатурный анализ электрических сигналов трехфазного асинхронного двигателя. – М.: Стандартинформ, 2019. – 29 с.
12. Ugwiri, M. A. Vibrations for fault detection in electric machines / M. A. Ugwiri, I. Mpia, A. Lay-Ekuakille // IEEE Instrumentation & Measurement Magazine. – 2020. – Т 23. – № 1. – С. 66-72. DOI: 10.1109/MIM.2020.8979527.
13. Gundewar, S.K. Condition monitoring and fault diagnosis of induction motor / S.K. Gundewar, P.V. Kane // Journal of Vibration Engineering & Technologies. – 2021. – Т 9. – № 4. – С. 643-674. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42417-020-00253-y>.





---

**ЎЗБЕКИСТОНДА ИШЛАБ ЧИҚАРИЛГАН ҲАВОНИ СОВУТИШ ТИЗИМИ БИЛАН  
ТАЪМИНЛАНГАН РЕСТОРАН ВАГОНИНИНГ ЮРИШ ХУСУСИЯТИНИ БАҲОЛАШ**

**Хикматов Фарход Фазлиддин ўғли**

PhD, Тошкент давлат транспорт университети

[Farkhod.khikmatov@mail.ru](mailto:Farkhod.khikmatov@mail.ru)

**Хурматов Яхёбек Алижонович**

Тошкент давлат транспорт университети

[hurmatov.y@mail.ru](mailto:hurmatov.y@mail.ru)

**Зайнитдинов Олмос Ирикович**

PhD, Тошкент давлат транспорт университети

[zaynitdinovo@mail.ru](mailto:zaynitdinovo@mail.ru)

**Балтаев Меирхан Батыр угли**

PhD, Тошкент давлат транспорт университети

[meyrhan17@gmail.com](mailto:meyrhan17@gmail.com)

**Юлдашов Абдусайд Абдураимович**

PhD, Тошкент давлат транспорт университети

[abdusaid.88.09@mail.ru](mailto:abdusaid.88.09@mail.ru)

**Аннотация:** Мақолада йўловчи вагон паркени истиқболли ва қулай автомобиллар билан тўлдириш муҳимлиги масалалари муҳокама қилинган. Ўзбекистон Республикасида ишлаб чиқарилган 61-924ДБ русумли янги ресторан автомобиленинг ишлаш сифат кўрсаткичларини ҳисоблаш натижалари аниқланди ва тақдим этилган.

**Калит сўзлар** Кондиционерли вагон ресторан, вертикал динамика коэффициенти, статик букилиш, кучи, куч, тадқиқотлар.

**ОЦЕНКА ХОДОВЫХ КАЧЕСТВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАГОНА РЕСТОРАНА С  
УСТАНОВКОЙ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ПРОИЗВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН**

**Хикматов Фарход Фазлиддин угли**

PhD, Ташкентский государственный транспортный университет

[Farkhod.khikmatov@mail.ru](mailto:Farkhod.khikmatov@mail.ru)

**Хурматов Яхёбек Алижонович**

Ташкентский государственный транспортный университет

[hurmatov.y@mail.ru](mailto:hurmatov.y@mail.ru)



---

**Зайнитдинов Олмос Ирикович**

PhD, Ташкентский государственный транспортный университет  
[zaynitdinovo@mail.ru](mailto:zaynitdinovo@mail.ru)

**Балтаев Меирхан Батыр угли**

PhD, Ташкентский государственный транспортный университет  
[meyrxan17@gmail.com](mailto:meyrxan17@gmail.com)

**Юлдашов Абдусайд Абдураимович**

PhD, Ташкентский государственный транспортный университет  
[abdusaid.88.09@mail.ru](mailto:abdusaid.88.09@mail.ru)

**Аннотация:** В статье рассмотрены вопросы относительно значимости пополнения парка пассажирских вагонов перспективными и комфортабельными вагонами. Определены и приведены результаты расчетов показателей качества хода нового вагона ресторана с кондиционированием воздуха модели 61-924ДБ производства Республики Узбекистан.

**Ключевые слова:** Вагон ресторан с кондиционированием воздуха, ходовые качества, коэффициент вертикальной динамики, статический прогиб, сила, требования, исследования.

**ASSESSMENT OF THE DRIVING PERFORMANCE OF THE RESTAURANT WAGON WITH AIR CONDITIONING INSTALLATION MANUFACTURED IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

**Khikmatov Farkhod**

PhD, Tashkent state transport university  
[Farkhod.khikmatov@mail.ru](mailto:Farkhod.khikmatov@mail.ru)

**Khurmatov Yakhyobek**

Tashkent state transport university  
[hurmatov.y@mail.ru](mailto:hurmatov.y@mail.ru)

**Zayniddinov Olmos**

PhD, Tashkent state transport university  
[zaynitdinovo@mail.ru](mailto:zaynitdinovo@mail.ru)

**Baltayev Meirkhan**

PhD, Tashkent state transport university  
[meyrxan17@gmail.com](mailto:meyrxan17@gmail.com)

**Yuldashov Abdusaid**

PhD, Tashkent state transport university  
[abdusaid.88.09@mail.ru](mailto:abdusaid.88.09@mail.ru)



**Annotation:** The article discusses the issues regarding the importance of replenishing the passenger car fleet with promising and comfortable cars. The results of calculations of the running quality indicators of the new restaurant wagon with air conditioning model 61-924DB manufactured in the Republic of Uzbekistan are determined and presented..

**Key words:** Restaurant wagon with air conditioning, driving characteristics, vertical dynamics coefficient, static deflection, strength, research.

На железнодорожном транспорте особое значение имеет подготовка согласованных мероприятий по развитию новых видов тяги, обновлению вагонного парка, совершенствованию конструкций верхнего строения пути, которые обеспечат высокие скорости движения поездов в сочетании с безопасностью движения и удобствами для пассажиров [1-4]. Рациональное использование этих средств и рациональная организация перевозочной работы составляют основное содержание эксплуатационной деятельности железнодорожного транспорта [5-6].

Пассажирский вагонный парк железных дорог Узбекистана является одним из видов железнодорожного подвижного состава [7-8]. От его технического состояния и способности удовлетворять потребности в перевозках зависит качество обслуживания и своевременность доставки пассажиров, производительность и экономические показатели работы железных дорог [9-11].

Для пополнения парка перспективными пассажирскими вагонами конструкторами АО «Ташкентский завод по строительству и ремонту пассажирских вагонов» (АО «ТВСРЗ») был спроектирован новый вагон ресторан модели 61-924ДБ с современной системой кондиционирования воздуха [12].

Вагон ресторан является неотъемлемой частью пассажирского комплекса железных дорог, обеспечивая спрос на сервисные услуги железнодорожного транспорта. Критерии оценки обслуживания пассажиров характеризуются такими показателями, как комфортабельность и плавность хода вагона [13-15].

При определении оценки качества хода вагона ресторана необходимо произвести проверку соответствия нормам показателей плавности хода вагона, предусмотренным стандартом и другой нормативно-технической документацией на вагоны [16-18].

При проектировании данного пассажирского вагона, для железных дорог Узбекистана молодыми учеными кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Ташкентского государственного транспортного университета, теоретическими исследованиями были определены показатели качества хода вагона.

Вагон ресторан с кондиционированием воздуха модели 61-924ДБ, изготовлен в соответствии с конструкторской документацией 920.00.00.000 разработки АО «ТВСРЗ». Основные технические параметры данного вагона приведены в таблице 1.

Оценка качества хода вагона в соответствии с [16] определяется следующими показателями:

- коэффициенты вертикальной и горизонтальной динамики; – вертикальные и горизонтальные ускорения кузова;
- показатели плавности хода в вертикальном и горизонтальном (поперечном) направлениях;
- коэффициент устойчивости колеса против схода с рельсов;



- коэффициент устойчивости вагона от опрокидывания в кривой под действием боковых сил;
- коэффициент устойчивости вагона в поезде от схода с рельсов в кривой под действием продольных сжимающих и растягивающих сил.

Таблица 1 – Основные технические параметры и габаритные размеры вагона ресторана модели 61-924ДБ

Наименование параметров	Обозначение	Величина
Вес вагона (брутто), т	$G_b$	61,5
Масса вагона (тара), т	$T$	59,5
Конструкционная скорость, км/ч	$V$	160
Длина вагона по осям сцепления автосцепок, мм	$2L_c$	25,537
База вагона, мм	$2L_t$	18
Расстояние между упорными плитами автосцепок, мм	$2L$	26,06
База тележки, мм	$p$	1850
Габарит по ГОСТ 9238	$I-T$	

Основными из перечисленных показателей качества хода вагона являются коэффициенты вертикальной и горизонтальной динамики. Коэффициент вертикальной динамики кузова К<sub>дв</sub> определяется по формуле:

$$K_{дв} = \frac{K_{дв}^{cp}}{\beta} \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi} \ln \frac{1}{1-P(K_{дв})}} \quad (1)$$

где  $K_{дв}^{cp}$  – среднее вероятное значение коэффициента вертикальной динамики;  $\beta$  – параметр распределения, согласно [16] принимается равным 1,0;  $P(K_{дв})$  – доверительная вероятность, с которой определяется коэффициент вертикальной динамики, согласно [16] принимается 0,97.

При этом среднее вероятное значение  $K_{дв}^{cp}$  определяется по формуле:

$$K_{дв}^{cp} = a + 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot v \cdot \frac{v-15}{f_{ст}} \quad (2)$$

где  $a$  – коэффициент, согласно [16], равный для элементов кузова 0,05;  $v$  – коэффициент, учитывающий влияние числа осей  $n$  в тележке под одним концом экипажа, равный для двухосных тележек  $v = 1$ ;  $f_{cm}$  – суммарный статический прогиб тележки, м. Суммарный статический прогиб тележки определяется по формуле:

$$f_{ст} = f_{ц} + f_{б} \quad (3)$$

где  $f_{ст}$  – статический прогиб центральной ступени подвешивания, м;  $f_{б}$  – статический прогиб буксовой ступени подвешивания, м.

$$f_{ц} = \frac{P+Q_{НБ}}{c_{ц}} \quad (4)$$

$$f_{б} = \frac{P+Q_{Р}}{c_{б}} \quad (5)$$

Сила, действующая на тележку вагона  $P$  определяется по формуле:



$$P = \frac{Q_{ep}}{2} + \frac{T - Q_T}{2} \quad (6)$$

где  $Q_{ep}$  – масса пассажиров с грузом (полезная нагрузка); принимается согласно [16] равной 100 кг на одного пассажира. Из учета населенности вагона в 32 человек, получим  $Q_{ep} = 3,2$  т;  $Q_T$  – массы тележек моделей 68-921, 68-922. Согласно сборочным чертежам 921.00.00.000СБ и 922.00.00.000СБ разработки АО «ТВСРЗ», массы тележек 68-921, 68-922 принимаются равными 7,4 т и 6,8 т соответственно;  $Q_{НБ}$  – масса надрессорной балки тележек моделей 68-921 и 68-922. Согласно сборочному чертежу 921.04.00.000СБ разработки АО «ТВСРЗ», масса надрессорной балки тележек принимается равной 0,62 т;  $Q_P$  – масса рамы тележки со шпинтонами моделей 68-921 и 68-922. Согласно сборочному чертежу 921.01.00.000СБ разработки АО «ТВСРЗ», масса рамы тележки со шпинтонами принимается равной 2,05 т;  $c_{Ц}$  – вертикальная жесткость пружин центрального подвешивания тележки;  $c_B$  – вертикальная жесткость пружин буксового подвешивания тележки.

В соответствии с конструкторской документацией тележки 68-921 разработки АО «ТВСРЗ» вертикальная жесткость пружин центрального и буксового подвешивания тележки составляют  $c_{Ц} = 1466753$  Н/м и  $c_B = 4290991$  Н/м.

Подставляя данные в формулы (6), (5), (4), (3) и (2), получим расчетные величины параметров, которые сведены в таблицу 2. Горизонтальный коэффициент динамики кузова  $K_{\partial z}$  определяется по формуле:

$$K_{\partial z} = \overline{k_{\partial z}} \sqrt{\frac{4}{\pi} \ln \frac{1}{1 - P(K_{\partial z})}} \quad (7)$$

где  $\overline{k_{\partial z}}$  – среднее значение коэффициента горизонтальной динамики;  $P(K_{\partial z})$  – доверительная вероятность, с которой определяется коэффициент горизонтальной динамики, согласно [16],  $P(K_{\partial z}) = 0,97$ .

Таблица 2 – Расчетные величины параметров кузова вагона

Наименование параметров	Значение параметров	
	С учетом полезной нагрузки	Без учета полезной нагрузки
Сила, действующая на тележку вагона $P$ , т	23,1	20,9
Статический прогиб центральной ступени подвешивания $f_{Ц}$ , м	0,161	0,147
Статический прогиб буксовой ступени подвешивания $f_B$ , м	0,059	0,053
Суммарный статический прогиб тележки $f_{ст}$ , м	0,22	0,2
Среднее вероятное значение коэффициента вертикальной динамики:		
	– при втором расчетном режиме	0,05
– при третьем расчетном режиме	0,101	0,103



При этом среднее значение коэффициента горизонтальной динамики определяется по формуле:

$$\overline{K_{\delta z}} = \varepsilon \cdot \delta \cdot (5 + \nu) \quad (8)$$

где  $\delta$  – коэффициент, учитывающий тип ходовых частей, принимается согласно [16] 0,002;  $V$  – конструкционная скорость движения, м/с.

Подставляя данные в формулу (8), получим  $\overline{K_{\delta g}} = 0,099$ . Подставляя данные в формулы (1) и (7), получим коэффициенты вертикальной и горизонтальной динамики кузова пассажирского вагона, результаты которых сведены в таблицу 3.

Аналогичным образом были определены остальные показатели качества хода вагона. Согласно результатам проведенных теоретических исследований установлено, что показатели качества хода вагона ресторана модели 61-924ДБ не превышают допускаемых значений и удовлетворяют требованиям [16].

Таблица 3 – Динамические качества вагона

Наименование и размерность параметра	Расчетная величина	Наибольшее допустимое значение
1	2	3
Коэффициент вертикальной динамики		
-кузова:		
при втором расчетном режиме		
– с учетом полезной нагрузки	0,106	0,35
– без учета полезной нагрузки	0,106	0,35
при третьем расчетном режиме		
– без учета полезной нагрузки	0,201	0,35
Коэффициент горизонтальной динамики	0,208	0,25

На основании положительных результатов теоретических исследований был построен опытный образец данного вагона. В соответствии с требованиями [12-15] и с целью проверки выбранных параметров пассажирского вагона, были проведены экспериментальные исследования. Проведенный сравнительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований показал их хорошую сходимость, на основании которой можно сделать вывод, что спроектированный вагон обладает высокими показателями качества хода, что создает благоприятные комфортные условия для пассажиров в пути следования.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рахимов Р.В. Выбор направлений развития вагонного парка железных дорог Узбекистана // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 1 (74). – С. 71 – 74.



2. Rahimov R.V. Analysis of the state and prospects of the development of the freight wagon fleet of the Republic of Uzbekistan / R.V. Rahimov, Ya.O. Ruzmetov // *Non-Ferrous Metals*. – 2018. – Vol. 44. – No 1. – P. 7 – 11.
3. Рахимов Р.В. Состояние и перспективы развития вагонного парка железных дорог Узбекистана // *Материалы XIII Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»*. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2018. – С. 124 – 128.
4. Бороненко Ю.П. Оценка потребности в новых пассажирских вагонах для железных дорог Узбекистана и основные направления их совершенствования / Ю.П. Бороненко, Р.В. Рахимов // *Вестник ТашИИТ*. – Ташкент, 2009. – № 2. – С. 88 – 91.
5. Расулов М.Х. Проблемы повышения конкурентоспособности отечественных железнодорожных коридоров / М.Х. Расулов, У.Н. Ибрагимов, Р.В. Рахимов // *Научные труды Республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте»*. – Ташкент: ТашИИТ, 2013. – С. 14 – 17.
6. Raximov R.V. Introduction of modern technologies in the enterprise SJSRC «O'zbekiston temir yo'llari» / R.V. Raximov, F.S. Galimova // *Bulletin of Tashkent State Technical University*. – 2015. – No 3. – P. 159 – 164.
7. Рахимов Р.В. Первый узбекский пассажирский вагон дальнего следования // *Тяжелое машиностроение*. – 2010. – № 6. – С. 34 – 35.
8. Рахимов Р.В. Новые тележки для пассажирских вагонов производства Ташкентского завода по строительству и ремонту пассажирских вагонов / Р.В. Рахимов, С.В. Хохлов // *Известия ПГУПС*. – 2010. – № 3. – С. 157 – 165.
9. Миноваров Р.М. Пассажирские вагоны постройки Республики Узбекистан / Р.М. Миноваров, Р.В. Рахимов // *Вестник ТашИИТ*. – Ташкент, 2009. – № 3-4. – С. 40 – 45.
10. Рахимов Р.В. Разработка нового пассажирского вагона для железных дорог Узбекистана // *Материалы VI Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»*. – СПб.: ПГУПС, 2009. – С. 150 – 153.
11. Рахимов Р.В. Совершенствование конструкции пассажирской тележки с люлочным подвешиванием модели 68-909 и 68-908 / Р.В. Рахимов, С.В. Хохлов // *Материалы VI Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»*. – СПб.: ПГУПС, 2009. – С. 204 – 205.
12. Рахимов Р.В. Новый пассажирский вагон купейного типа для железных дорог Узбекистана // *Известия ПГУПС*. – 2010. – № 2. – С. 286 – 295.
13. Рахимов Р.В. Оценка ходовых качеств нового пассажирского вагона модели 61-920 производства Республики Узбекистан // *Проблемы механики*. – 2015. – № 2. – С. 53 – 56.
14. Рахимов Р.В. Ходовые части вагонов: учебное пособие. – Ташкент, 2018. – 200 с.
15. Raximov R.V. Vagonlar. O'quv qo'llanma. – Toshkent: ToshTUMI, 2017. – 180 b.
16. ГОСТ 55182-2012. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования. – Введ. 01.01.2014. – М.: Стандартинформ, 2013. – 27 с.
17. ОСТ 24.050.16-85. Вагоны пассажирские. Методика определения плавности хода. – Введ. 01.01.1987. – М.: – 14 с.
18. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ВНИИВ ВНИИЖТ, 1983.



---

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПА ГРАФИКА**

**Нуруллаев Парахат Бектилеуович**

Заместитель начальника отдела организация перевозок филиала АО  
“Темирйулинфратузилма” РЖУ Кунград

**Абдуллаев Жасурбек Якубович**

PhD, ассистент, Ташкентский государственный транспортный университет  
[zafarchik0901@mail.ru](mailto:zafarchik0901@mail.ru)

**Базарбаев Биродар Қадамбой углы**

студент, Ташкентский государственный транспортный университет

**Аннотация:** Исследование параметров пропускной способности железнодорожных участков при различных типах графика. Методы: при анализе и решении исходные задачи использованы методы аналитического. Результаты: Результаты проверки при увеличении пропускной способности может быть достигнуто за счет снижения межпоездного интервала, увеличение ходовой скорости, применение более эффективных типов графика. Данные организационно-технические мероприятия являются наиболее оперативным и дешевым путем решения проблемы. Однако позволяют улучшать ситуацию до определенных границ и не исключают реконструкции. Практическая значимость: Определение пропускной способности однопутных и двухпутных участков аналитическим способом не всегда дает правильные результаты решения. В предложенный недостаток такого подхода к решению задач определения пропускной способности участков является значительная трудоемкость составления вариантов графика движения поездов.

**Ключевые слова:** наличная пропускная способность, графика движения поездов, межпоездного интервала, ходовой скорости поездов, ограничивающие перегон.

**DETERMINATION OF THE FIELD OF APPLICATION OF THE TECHNOLOGY FOR  
ORGANIZING THE MOVEMENT OF TRAINS OF DIFFERENT CATEGORIES**

**Nurullayev Paraxat Bektileuovich**

Deputy Head of the Department of Transportation Organization of the branch of JSC  
“Temiryulinfratuzilma” RRH Kungrad

**Abdullayev Jasurbek Yakubovich**

PhD, assistant, Tashkent State Transport University  
[zafarchik0901@mail.ru](mailto:zafarchik0901@mail.ru)

**Bazarbayev Birodar Qadamboy ugli**

student, Tashkent State Transport University





**Annotation:** Rational use of the permeability capacity of the railway site in determining the area of application of the effectiveness of the technology of joint organization of the movement of trains of longer and normative composition than the norm. Methods: organization of the movement of trains with a long and normative composition from the norm on the basis of the path to building an experimental graph. Results: Based on the calculation results, a coupling nomogram is shown, reflecting the ratio of the capacity of the section to the interval between trains of standard length and long-component trains and their proportion. The nomogram allows you to determine the interval between trains that are of standard length and long-distance

**Key words:** Long train, train schedule, conduction and carrying capacity, interval between trains

### Введение

Сегодня в Узбекистане проводятся целенаправленные мероприятия по дальнейшему развитию транспортного потенциала, что способствует укреплению политической и экономической независимости страны, обеспечивает ее активную интеграцию в мировое сообщество. В частности, ведется строительство новых железнодорожных линий внутри страны, осуществляется реконструкция и электрификация основных транзитных железнодорожных участков, проводится организация новых маршрутов с целью открытия коротких и удобных путей перевозок, что также позволит значительно с экономии эксплуатационные затраты в целом по дороге.

Сегодняшние дни трудно прогнозировать потребную провозную способность, поскольку вероятность этого сложного показателя зависит от рыночных условий. В соответствии с графиком с 2016 по 2023 г. запланировано резкое увеличение объема перевозок – с 11,9 до 16,740 млн т в год. Увеличение пропускной способности железных дорог является одной из основных задач, поставленных перед железнодорожным транспортом.

В рамках этой стратегической задачи актуальной является проблема гармоничного развития и интенсификация работы однопутных железных дорог, общая протяженность которых составляет около 80 % эксплуатационной длины сети. Очевидно, такой рост объема перевозок требует постоянного усиления линии и, следовательно, капитальных вложений [10].

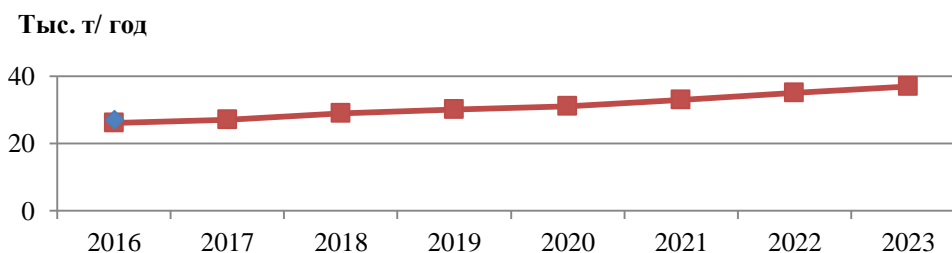


Рис. 1. Прогнозируемый объем перевозок грузов через перевал Камчик 2016–2023 гг.



**Анализ последних исследований и публикаций.** Анализ научных исследований ведущих ученых в области определения наличной пропускной способности участков железных дорог (Ю.В. Дьякова, А.М. Макарошкина[5], А.В.Кудрявцева Д.Ю. [6,7], Левина [8], М.Х.Расулова [9]), последних разработок (А.А. Абрамова [2], С.Е. Бекжанова [3], А.И. Беседин [4], Е.А. Попова [8]), и нормативных Инструкций [1], показал, что наличная пропускная способность определяется в одинаковых по весу и длине состава расчетных грузовых поездах по ограничивающим перегонам, и по отдельным элементам путевого развития станции (парки, горловины, сортировочные и грузовые устройства), что не позволяет учитывать неравномерность использования отдельных элементов на наличную пропускную способность всей железнодорожной линии, включающей несколько железнодорожных участков и технических станций.

Анализ современного состояния работы однопутных и двухпутных железнодорожных участков и методов наращивания их пропускной и провозной способности показывает, что развитие линий и станций направления происходит не комплексно, допускаются диспропорции в выборе мощности отдельных устройств. Кроме того, не в полной мере учитывается влияние колебаний транспортных потоков на показатели работы однопутных линий, а как следствие, допускаются просчеты в выборе системы мер наращивания пропускной способности и сроков их осуществления.

#### **Постановка задачи исследования**

Эффективность работы железнодорожного транспорта, своевременное его развитие и обоснованность планирование перевозок во многом зависят от правильной оценки перевозочных возможностей. Важнейшей характеристикой перевозочных возможностей железных дорог является пропускная способность железнодорожной линии.

Задача определения пропускной способности транспортных магистралей всегда актуальна, его результаты используются при планировании строительства новых дорог, развития инфраструктуры, заказов на перевозку грузов и пассажиров, при управлении перевозочным процессом. Кроме того, графика движения поездов разрабатывается для потребной пропускной способности участков железных дорог, которая, как правило, меньше наличной пропускной способности. В этом случае не возникает построения графика движения поездов. Кроме того для однопутных участков при построении графика движения поездов не всегда удается реализовать размеры движения, соответствующие наличной пропускной способности, значение которой получено аналитическим способом.

#### **Анализ влияющие факторов на пропускную способность железнодорожных линии.**

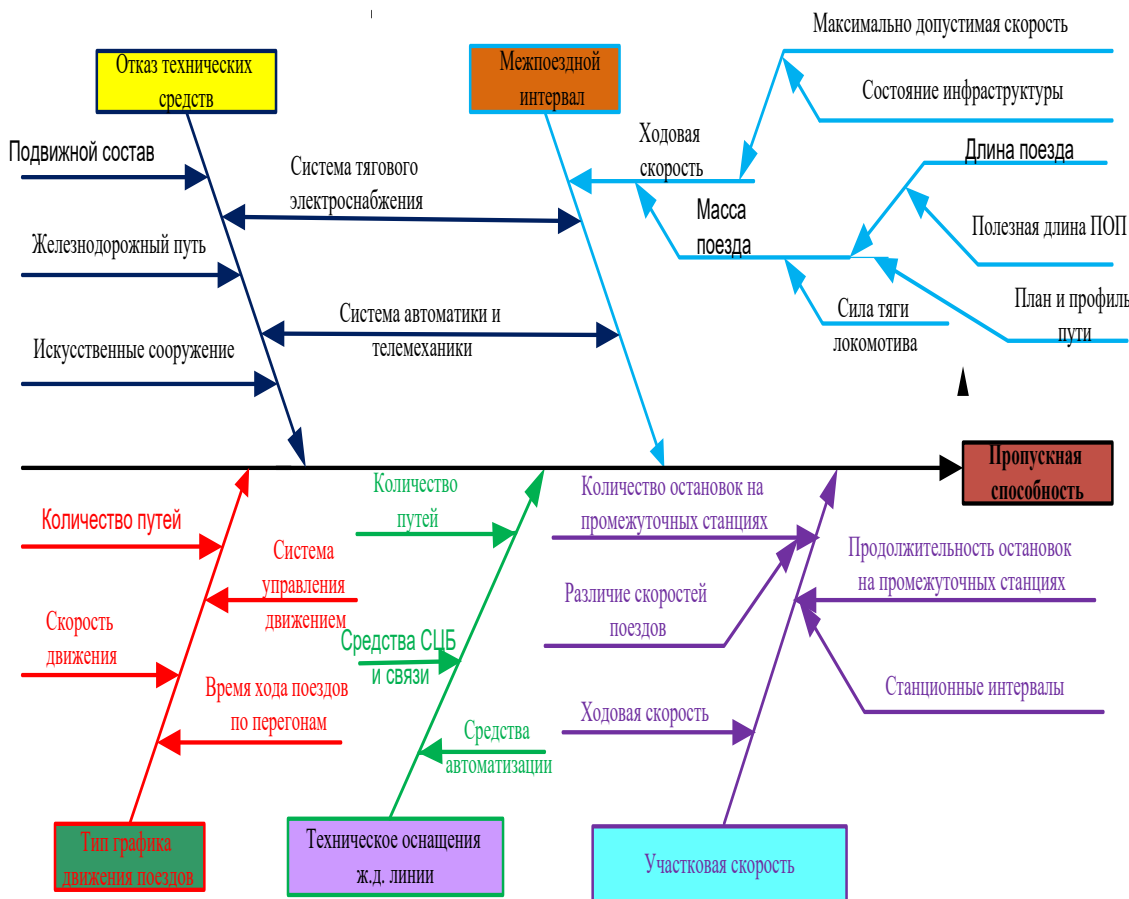
На пропускную способность железнодорожной линии оказывают воздействие множество факторов[12,15]. Основные влияющие факторы представлены в виде диаграммы Исикавы на рисунке 1.

Выполнен анализ некоторых факторов на пропускную способность железнодорожной линии: влияние типов графика на пропускную способность, влияние межпоездного интервала на пропускную способность железнодорожной линии, при



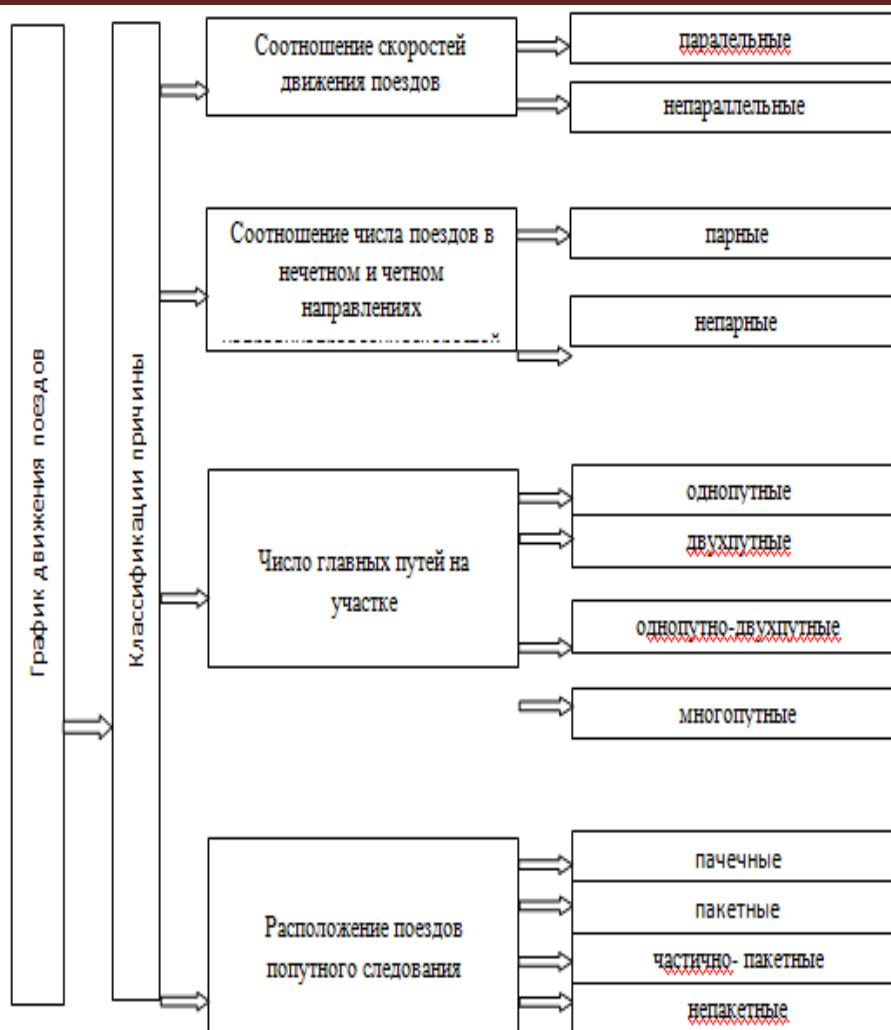
увеличении веса поезда, влияние ходовой скорости на пропускную способность железнодорожной линии.

**Влияние типов графика на пропускную способность.** При прокладке поездов на однопутных перегонах при непакетном графика движения поездов отличаются большим многообразием.



**Рисунок 2. Факторы, влияющие на пропускную способность линии/**

Они основные их разновидности: с однопутными перегонами и отдельными пунктами, имеющими путевые развитие; с однопутными перегонами, с двухпутными вставками для безостановочного скрещения поездов и отдельными пунктами, имеющими путевые развитие; с однопутными перегонами и отдельными пунктами, имеющими путевые развитие и не имеющими путевого развития; с однопутными перегонами и двухпутными вставками для безостановочного скрещения поездов и отдельными пунктами, имеющими и не имеющими путевые развития.



**Рисунок 3. Классификация графика движения поездов**

В зависимости от числа главных путей на перегонах, соотношений скоростей движения поездов, соотношений размеров движения по направлениям и других факторов графики делятся на ряд типов.

Величина пропускной способности была рассчитана для однопутного перегона при разных типах графика при автоматической блокировке и полуавтоматической блокировке. Данные расчетов представлены в виде таблицы (таблица 1.)

**Таблица 1. Зависимость пропускной способности железнодорожной линии от типов графика**

1.	Тип графика	Парный непакетный	Парный частично-пакетный
2.	Пропускной способности при АБ	33	28
3.	Пропускной способности при ПАБ	22	26



**Влияние межпоездного интервала на пропускную способность железнодорожной линии, при увеличении веса поезда.** Для оценки влияния межпоездного интервала произведен расчет пропускной способности линии. Наличная пропускная способность двухпутного участка, оборудованного автоблокировкой, рассчитывается по формуле[1]:

$$n_{\text{нал}} = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot \alpha_n}{I}$$

где:  $t_{\text{тех}}$  – продолжительность суточного бюджета времени, выделяемого для производства плановых ремонтно-строительных работ, мин;  $\alpha_n$  – коэффициент, учитывающий надежность работы технических средств;  $I$  - расчетный межпоездной интервал между поездами попутного направления, мин.

При существующих средствах механизации и технологии ведения работ величина  $t_{\text{тех}}$  в расчетах наличной пропускной способности принимается для двухпутных линий равной 150 мин, а с учетом отказов подвижного состава в целом коэффициент надежности  $\alpha_n$  при расчете наличной пропускной способности принимается на электрифицированных двухпутных линиях 0,96

Расчетный межпоездной интервал между поездами оаределяется по формуле:

$$I = \frac{l_{\text{п}} + 3 \cdot l_{\text{бл}}}{v_x}$$

где:  $l_{\text{п}}$  - длина поезда, м;

$l_{\text{бл}}$  - длина блок - участка, м;

$v_x$  - ходовой скорость, км/час.

В качестве примера проведен расчет величины межпоездного интервала на двухпутном железнодорожном участке, оборудованном автоблокировкой при изменении веса поезда. Длина блок-участка принята равной 2100 м, ходовая скорость 60 км/ч. Результаты расчета приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Результаты расчетов влияния межпоездного интервала на пропускную способность линии**

п/п	№ поезда, т.	Длина поезда, м.	Межпоездной интервал, мин.	Пропускной способности, пар поездов.
1.	3824	742	7,04	176
2.	4033	818	7,12	174
3.	4555	874	7,17	173
4.	5183	972	7,27	170
5.	5591	1098	7,39	166

Из расчетов видно, что при увеличении веса поезда на 1767 т межпоездной интервал незначительно увеличивается, но это приводит к уменьшению пропускной способности на 5,7 %. На рисунке 3 представлена зависимость пропускной способности железнодорожной



линии от межпоездного интервала.

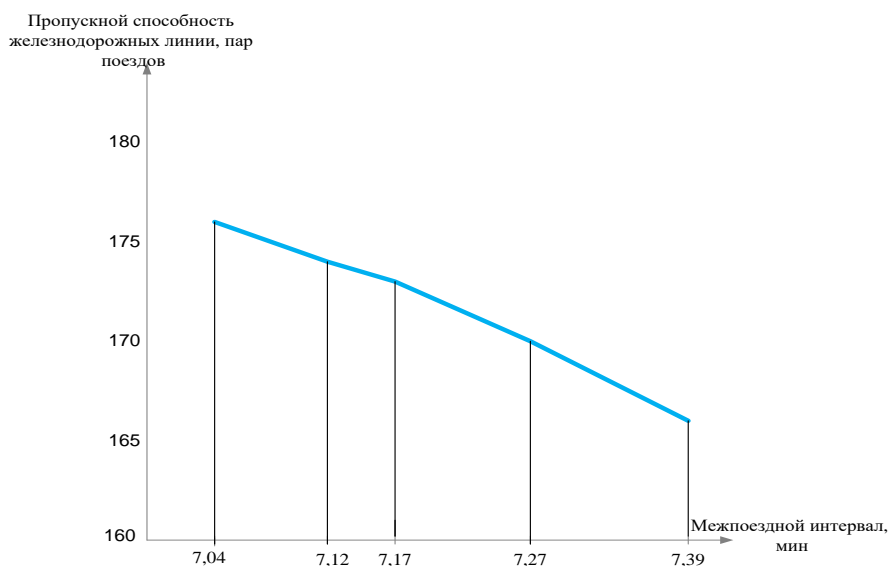
**Влияние ходовой скорости на пропускную способность железнодорожной линии.** Пропускная способность, определяемая по ограничивающему перегону, при параллельном графике зависит от ходовой скорости, величины станционных интервалов и времени на разгон и замедление.

$$N_{\text{нал}} = \frac{1440}{\frac{2 \cdot L_{\text{ог}}}{v_x} + \tau_{\text{ст}} + t_{\text{пз}}}$$

где:  $L_{\text{ог}}$  - длина ограничивающего перегона.

При  $L_{\text{ог}} = 29,8$  км;  $\tau_{\text{ст}} = 4$  мин;  $t_{\text{пз}} = 2 + 1 = 3$  мин

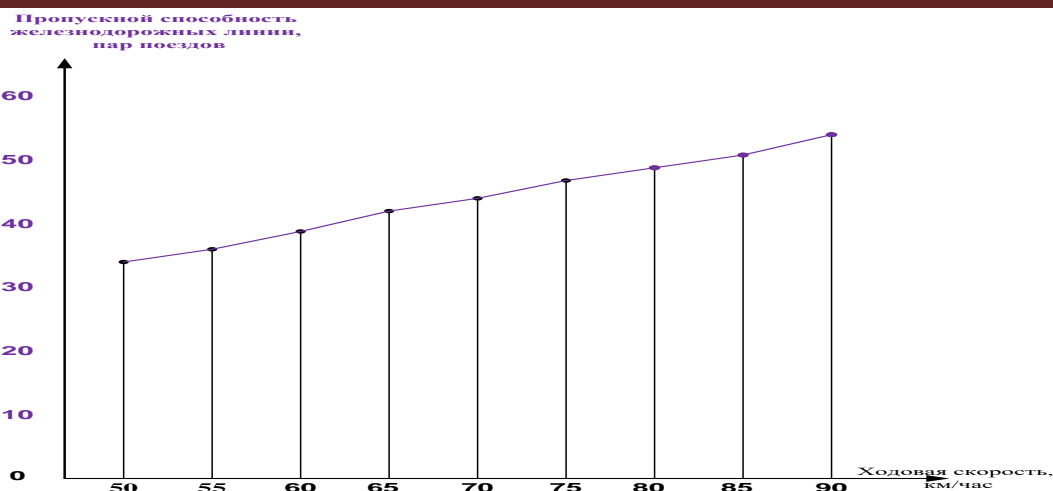
Результаты расчетов сведены в таблицу 2.



**Рисунок 4. Зависимость пропускной способности железнодорожной линии от межпоездного интервала.**

**Таблица 3 - Результаты расчетов влияния ходовой скорости на пропускную способность линии**

№ п/п	Ходовая скорость, км/час	Пропускной способности, пар поезд
1.	50	34
2.	55	36
3.	60	39
4.	65	42
5.	70	44
6.	75	47
7.	80	49
8.	85	51
9.	90	54



**Рис.5. Зависимости пропускной способности железнодорожной линии от ходовой скорости.**

Из приведенного анализа наиболее перспективные решения для увеличения пропускной способности – увеличение ходовой скорости, а так же введение автоблокировки вместо полуавтоматической блокировки. Данные реконструктивные мероприятия требуют значительных капитальных затрат, связанные с заменой устройств СЦБ, выполнением строительных работ. Так же увеличение пропускной способности может быть достигнуто за счет снижения межпоездного интервала, увеличение ходовой скорости, применение более эффективных типов графика. Данные организационно-технические мероприятия являются наиболее оперативным и дешевым путем решения проблемы, однако позволяют улучшать ситуацию до определенных границ и не исключают реконструкции (замену устройств СЦБ, развитие путевых устройств, реконструкцию подвижного состава и тяги).

#### **Заключение**

Учитывая многообразие однопутных и двухпутных участков и разнообразие характеристик их перегонов по результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- определение пропускной способности однопутного и двухпутного участка аналитическим способом не всегда дает правильные результаты решения;

- наличие влияния отдельных перегонов на однопутного участка на пропускную способность, определенную по периоду графика на ограничивающем перегоне, снижает указанную пропускную способность.

- учитывая индивидуальность однопутных и двухпутных участков, их перегонов как по технической оснащенности так и по характеристикам формализовать влияние перегонов участка на его пропускную способность, весьма проблематично.

- для определения пропускной способности реальных участков наиболее перспективным является построение вариантов графика движения поездов для различных его видов, их сравнение и выбор лучшего. Это дает возможность выявить и учесть влияние всех перегонов участка на его пропускную способность. Такое решение позволяет также



---

оценить эффективность возможного увеличения пропускной способности участков при различных вариантах их технического усиления. Единственным недостатком такого подхода к решению задач определение пропускной способности участков является значительная трудоемкость составления вариантных графика движения поездов.

#### Фойдаланилган адабиётлар

1. Rasulov, M., Masharipov, M., & Ismatullaev, A. (2021). Optimization of the terminal operating mode during the formation of a container block train. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 264, p. 05025). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126405025>
2. Gulamov, A., Masharipov, M., & Egamberdiyeva, K. (2022, June). Planning of new transit corridors-New opportunities for the development of transit in Uzbekistan. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2432, No. 1, p. 030019). AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/5.0090833>
3. Rakhmanberdiev, R., Gulamov, A., Masharipov, M., & Umarova, D. (2022, June). The digitalization of business processes of railway transport of the Republic of Uzbekistan. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2432, No. 1, p. 030111). AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/5.0091195>
4. Masharipov, M., Rasulov, M., Suyunbayev, S., Adilova, N., Ablyalimov, O., & Lesov, A. (2023). Valuation of the influence of the basic specific resistance to the movement of freight cars on the energy costs of driving a train. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 383, p. 04096). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304096>
5. Rasulov, M., Masharipov, M., Bekzhanova, S. E., & Bozorov, R. (2023). Measures of effective use of the capacity of two-track sections of JSC "Uzbekistan Railways". In *E3S Web of Conferences* (Vol. 401, p. 05041). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340105041>
6. Masharipov, M., Rasulov, M., Suyunbayev, S., Jumayev, S., & Bekmurodov, S. (2023). Establishing the impact of empty freight trains on the capacity railway lines. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 431, p. 08021). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343108021>
7. Masharipov, M., Gulamov, A., Rasulov, M., Suyunbayev, S., Adilova, N., & Rasulmukhammadov, M. (2023). Development of enhanced method for planning train locomotives ready to operate the next day. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 458, p. 03009). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345803009>
8. Rasulov, M., Masharipov, M., Sattorov, S., & Bozorov, R. (2023). Study of specific aspects of calculating the throughput of freight trains on two-track railway sections with mixed traffic. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 458, p. 03015). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345803015>
9. Aripov, N., Arpabekov, M., Suyunbayev, S., Masharipov, M., & Khusenov, U. (2022, November). Development of a Mathematical Model of Sequential Arrangement of a Group of Wagons Along Station Tracks. In *World Conference Intelligent System for Industrial Automation* (pp. 12-22). Cham: Springer Nature Switzerland.
10. Abdullaev, Z., Rasulov, M., & Masharipov, M. (2021). Features of determining capacity on double-way lines when passing high-speed passenger trains. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 264, p. 05002). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126405002>
11. Ж.Я. А. Особенности определения пропускной способности двухпутных участков // Известия Петерб. ун-та путей сообщения. – СПб. ПГУПС. 2019. Р. Т.16, Вып.3.





---

– С. 361 – 371. (<https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-opredeleniya-propusknoy-sposobnosti-dvuhputnyh-uchastkov>)

12. Ж.Я. Абдуллаев. Повышение эффективности использования пропускной способности железнодорожных участков при организации смешанного движения поездов: дис.... канд. техн. наук. Р. 134 с.

13. Осьминин А. Т. Увеличение пропускных и провозных способностей за счет увеличения эффективности перевозочного процесса и транспортно-обслуживания // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2018. Р. № 2. – С. 14 – 29. (<https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-uvelicheniya-propusknoy-sposobnosti-linii-pri-rostebema-perevozok/viewer>)

14. Харина Е.В. Выбор рациональных мер по повышению скорости движения пассажирских поездов в условиях растущего объема грузовых и пассажирских перевозок // автореф. дисс.... канд. техн. наук 05.22.08. Р. 23 с.

15. Ж.Я.Абдуллаев, Г.Ш.Икрамов, Н.Я.Махкамов. Исследование повышения эффективности в применении технологии пропуска поездов повышенной массы и длины. 2021. Р. С.260-268.

Третьяк Л.Н. Обработка результатов наблюдений // Учебное пособие. – Оренбург. ОГУПС. 2004. Р. 171 с.



---

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА  
КОНФОРМНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ  
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ**

**Арипов Назиржан Мукарамович**

д.т.н., профессор, Ташкентский государственный транспортный университет

[aripov1110@gmail.com](mailto:aripov1110@gmail.com)

**Мирзаева Асем Боранбай кизи**

студент, Ташкентский государственный транспортный университет

[asemmirzaevab@gmail.com](mailto:asemmirzaevab@gmail.com)

**Аннотация:** В работе представлен новый подход к расчету параметров четырехполюсника тональной рельсовой цепи, основанный на применении математического аппарата конформных отображений и дробно-линейных преобразований. Этот метод позволяет эффективно реализовать задачу непрерывного контроля и прогнозирования состояния рельсовой линии, что способствует повышению надежности систем железнодорожной автоматики и улучшению безопасности движения поездов.

**Ключевые слова:** надежность, системы диагностики, телемониторинг, рельсовые цепи, тональные рельсовые цепи, конформные преобразования, четырехполюсники, продольные неисправности, электротехнический анализ.

**APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS OF CONFORMAL MAPPINGS  
FOR CONTINUOUS MONITORING AND FORECASTING OF THE STATE OF  
TONAL RAILWAY CIRCUITS**

**Aripov Nazirjan**

doctor o technical sciences, professor, Tashkent state transport university

[aripov1110@gmail.com](mailto:aripov1110@gmail.com)

**Asem Mirzaeva**

student, Tashkent state transport university

[asemmirzaevab@gmail.com](mailto:asemmirzaevab@gmail.com)

**Annotation:** The work presents a new approach to calculating the parameters of the four-pole network of a tonal rail circuit, based on the application of the mathematical apparatus of conformal mappings and fractional-linear transformations. This method effectively addresses the task of continuous monitoring and forecasting



---

the state of the rail line, contributing to the enhancement of reliability in railway automation systems and improving the safety of train operations.

**Key words:** reliability, diagnostic systems, telemonitoring, rail circuits, tonal rail circuits, conformal transformations, four-pole networks, longitudinal faults, electrical analysis.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одним из путей повышения надежности технических средств, обеспечивающих безопасность движения поездов, является внедрение устройств непрерывного контроля за их состоянием. Системы диагностики и телеконтроля позволяют уменьшить количество отказов в устройствах сигнализации, централизации и блокировки за счет прогнозирования предотказных состояний. Это ускоряет поиск отказавшего элемента, минимизирует время нахождения технического персонала в опасных зонах железнодорожного транспорта и создает базу для перехода от системы планового обслуживания к предупредительно-восстановительной [1,11,13,14,15].

### **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

На современном этапе развития систем автоблокировки широкое распространение получила система автоблокировка с тональными рельсовыми цепями. Использование сигнального тока тональной частоты позволило повысить защищенность от воздействия помех тягового тока, практически на порядок снизить потребляемую мощность, применить современную элементную базу, осуществить централизованное размещение аппаратуры, исключить взаимные влияния между соседними рельсовыми цепями [1].

Тем не менее, рельсовые цепи остаются наиболее ненадежным элементом систем железнодорожной автоматики и телемеханики. Основная доля неисправностей рельсовых цепей возникает на рельсовой линии. Поиск отказов в рельсовых линиях не автоматизирован, что значительно увеличивает время определения неисправности и подчеркивает необходимость внедрения более эффективных методов диагностики [11,15].

Таким образом, решение задачи непрерывного контроля и прогнозирования состояния рельсовой линии является актуальной задачей. Классический математический аппарат, используемый в теории четырехполюсников, неудобен для решения задачи поиска отказов и прогнозирования состояния рельсовой линии, поскольку имеет следующие недостатки:

- не позволяет целиком найти область изменений входных параметров на питающем конце для данного режима работы рельсовой цепи;
- не решает вопрос определения области допустимых значений вычисляемых параметров рельсовых цепей;
- отсутствует геометрическая наглядность полученных результатов.

Поэтому предлагается использовать более удобный математический аппарат — аппарат конформных отображений. Классический математический аппарат, используемый в теории четырехполюсников, оказывается неудобным для решения этой задачи, так как не позволяет целиком определить область изменений входных параметров на питающем конце для данного режима работы рельсовых цепей и не решает вопрос определения допустимых



значений вычисляемых параметров. Отсутствие геометрической наглядности полученных результатов также затрудняет анализ [5,6,7].

Матрицы четырехполюсников представляют элементы группы  $PSL_2(C)$  (проективной специальной линейной группы второго порядка с коэффициентами из поля комплексных чисел) [2].

Элементы этой группы получаются отождествлением следующих матриц:

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -A & -B \\ -C & -D \end{pmatrix} \quad (1)$$

Эта группа широко известна в математике и применяется при решении множества собственно математических проблем. Группа  $PSL_2(C)$  имеет также представление дробно-линейными преобразованиями комплексной плоскости [3].

В задачах электротехники дробно-линейное преобразование задается формулой

$$W = \frac{A \cdot Z + B}{C \cdot Z + D} \quad (2)$$

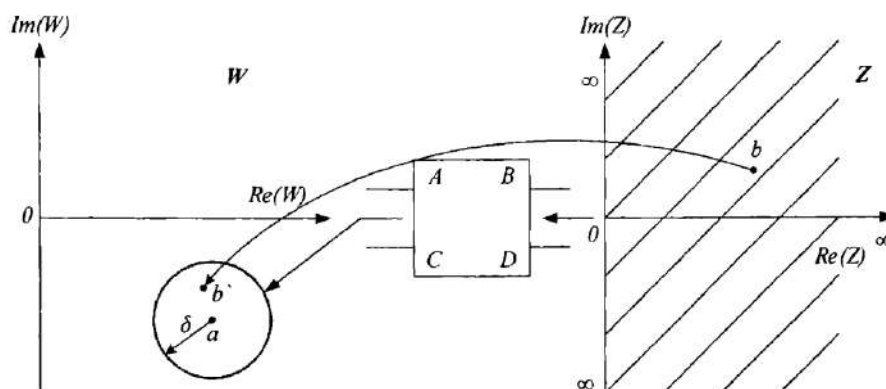
и описывает отображение множества выходных параметров четырехполюсника  $Z$  во множество входных  $W$ .

Электротехнический смысл конформных преобразований заключается в следующем. В качестве нагрузки четырехполюсников рассматривается область значений комплексных сопротивлений, от значения  $Z = 0$  — «короткое замыкание» (КЗ) до  $Z = \infty$  «холостой ход». Так как действительная часть комплексного сопротивления всегда неотрицательна ( $Re(Z) \geq 0$ ), то область его значений представляет собой правую полуплоскость комплексной плоскости.

Конформное отображение, соответствующее четырехполюсников, преобразует правую полуплоскость, дополненную бесконечно удаленной точкой, на окружность, лежащую в правой полуплоскости [8,9].

Положение области, получившейся при таком отображении, будет зависеть от параметров четырехполюсников рельсовой линии, а положение точки внутри области — от сопротивления выходной нагрузки [4].

Пример такого преобразования представлен на рис. 1.



**Рис.1. Пример конформного преобразования на комплексной плоскости при фиксированных значениях четырехпроводников**



Все сложные преобразования областей в электротехнике основаны на суперпозиции трех простейших отображений — сдвига, инверсии и растяжения [2].

При выполнении измерений появляются систематические случайные погрешности. Для уменьшения случайной ошибки принято проводить дополнительные измерения параметров четырехполюсника при одинаковых значениях выходной нагрузки.

В этом случае из серии измеренных значений  $H_1, H_2, \dots, H_m$  находят среднее арифметическое, которое считается наиболее вероятным значением искомой величины.

$$H_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m H_i}{m}, \quad (3)$$

Для дальнейшего уменьшения ошибки предлагается использовать метод определения уточненных параметров четырехполюсника на основе дополнительных измерений, превышающих необходимое число два для симметричных и три для несимметричных четырехполюсников [10, 12].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Для анализа основных диагностических состояний бесстыковой рельсовой линии рассмотрим схему замещения с распределенными параметрами (длина электромагнитной волны в тональном диапазоне частот соизмерима с геометрической длиной рельсовой линии).

Тогда коэффициенты четырехполюсников РЛ выражаются следующим образом:

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ch\gamma l_p & Z_b \cdot sh\gamma l_p \\ \frac{1}{Z_b} \cdot sh\gamma l_p & ch\gamma l_p \end{pmatrix}, \quad (4)$$

Для анализа и моделирования продольных неисправностей воспользуемся методом вносимого сопротивления.

Коэффициенты четырехполюсников РЛ при возникновении продольных неисправностей можно найти как:

$$\begin{pmatrix} A_{вн} & B_{вн} \\ C_{вн} & D_{вн} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ch\gamma l_2 & Z_b \cdot sh\gamma l_p \\ \frac{1}{Z_b} \cdot sh\gamma l_2 & ch\gamma l_p \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ch\gamma l_p & Z_b \cdot sh\gamma l_p \\ \frac{1}{Z_b} \cdot sh\gamma l_p & ch\gamma l_p \end{pmatrix}$$

где  $l_1, l_2$  — расстояния от релейного и питающего концов рельсовых цепей до места повреждения (внесения продольного сопротивления), км.

Согласно расчетам получаем области для разных вносимых сопротивлений (рис. 2).

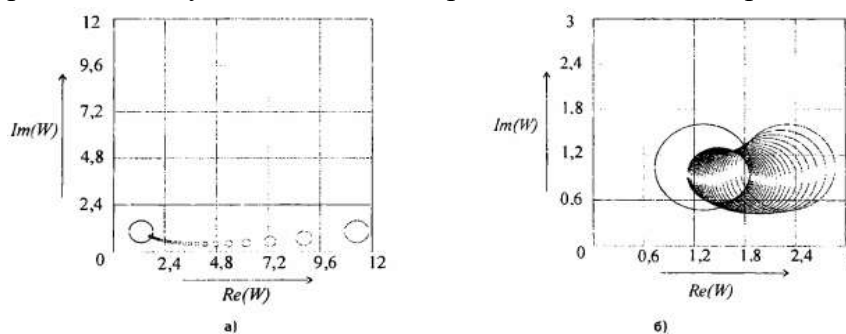


Рис.2. Движение области входного сопротивления рельсовой линии при несении продольного сопротивления значением (а) 10 Ом (интервал 25)



Геометрическое представление комплексной величины, отражающее состояние четырехполюсника рельсовой линии, позволяет не только определить по соответствующим областям режим работы рельсовых цепей, но и помочь в решении задачи определения места и характера возможного повреждения рельсовой линии.

Анализ поведения нормальной области рельсовой линии при возникновении продольных и поперечных неисправностей показал, что,

во-первых, аппарат конформных отображений и дробно-линейных преобразований позволяет найти всю область изменения параметров тональных рельсовых цепей;

во-вторых, каждому состоянию рельсовой линии соответствует определенная область на комплексной плоскости.

Достоверность научных положений и выводов обоснована теоретически и подтверждена экспериментально на железных дорогах.

Расхождение результатов расчетов с экспериментальными данными не превышает 10%

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, внедрение современных систем диагностики и прогнозирования состояния рельсовых цепей, использование конформных преобразований и методов минимизации погрешностей измерений позволяет значительно повысить надежность рельсовых цепей, что в свою очередь улучшает безопасность движения поездов и эффективность работы железнодорожного транспорта.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Дмитриев В.С. Рельсовые цепи тональной частоты/В.С. Дмитриев, В.А. Воронин // Автоматика, телемеханика и связь. - 1996. - № 5. - С. 27-30 .
2. Власенко С.В. Автоматизированные системы технической диагностики станционных рельсовых цепей: Диссертация на соиск. уч. степ. канд. тех. наук/С.В. Власенко. —Санкт-Петербург, 1997. — 126 с.
3. Каргаполов М.И. О с н о в ы теории групп/М.И. Каргаполов, Ю.И. Мерзляков. - М.: Наука, 1982. - 271 с.
4. Введение в комплексный анализ / Б.В. Шабат — М.: Наука, 1969. - 576 с.
5. Aripov, Nazirjon. Aliyev, Ravshan. Baratov, Dilshod. Ametova, Elnara. Features of Construction of Systems of Railway Automatics and Telemechanics at the Organization of High-Speed Traffic in the Republic of Uzbekistan. Procedia Engineering, 134. pp.175-180. 2016/9th International Scientific Conference, Transbaltica 2015.Vilnius.7-8. May. 2015/ISSN 18777058. doi: 10.1016/j.proeng. 2016.01.057.
6. Aripov, Nazirjon Mukaramovich. Baratov, Dilshod Khamidullaevich. Formalized scheme of technical documentation based on the accounting process and control of automatic and telemechanics devices. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019, 8(3 Special Issue), pp.479 – 484. February 2019. ISSN 22498958.
7. Aripov N.M., Baratov D.Kh., Ruziev D.Kh. Formalized Methods of Analysis and Synthesis of Electronic Document Management of Technical Documentation//Proceedings of 17th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTs'2019), Batumi, Georgia, 13-16.09. 2019. pp. 531-539. ISBN 978-172811003-5. doi 10.1109 /EWDTs.2019. 8884415.



- 
8. N. Aripov, A. Sadikov, S. Ubaydullaev. Intelligent signal detectors with random moment of appearance in rail lines monitoring systems. E3S Web of Conferences 264, 05048 (2021) CONMECHYDRO–2021 1-3.04.21. Tashkent. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126405039>
9. N. Aripov, D. Baratov O. Muhiddinov, X. Jumanov. A Model of Electronic Document Management of Technical Documentation for railway Automation. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2022, pp.481–492. ISSN 21954356. ISBN 978-303085056-2. doi: 10.1007/978-3-030-85057-9\_40.
10. Nazirjan Aripov, Dilshod Baratov, Obid Mukhiddinov, Khasan Jumanov. Automating the process of accounting and control devices of railway automatics and telemechanics. The 1st International Conference on Problems and Perspectives of Modern Science. AIP Conference Proceedings 2432, 030010.1-9 p. (2022). <https://doi.org/10.1063/5.0089539>
11. Арипов Н.М., Мирзаева А.Б. Энерго- и ресурсосберегающие технологии для систем железнодорожной автоматики и телемеханики на основе устройств счета осей. Халқаро миқёсидаги илмий-амалий конференция “Энергетика соҳасини ривожлантиришда муқобил энергия манбаларини роли”, Материаллар тўплами. НМКИ. 24.04.21. Наманган. 529-532 б.
12. Мирзаева А.Б., Аяпбергенов Р.М. Особенности диагностики станционных рельсовых цепей при помощи автоматизированной системы. Сборник научных статей V международной научной конференции “Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности” Волгоград:ООО «Конверт», 20-21.05.21.с.75-76
13. Абдуллаев Р.Б., Мирзаева А.Б. Метод технического диагностирования схемы управления стрелочным электроприводом на основе программируемых логических контроллеров. Ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal “Muhammad al-Xorazmiy Avlodlari” 2022.№2.Т. 135-137 б.
14. Арипов Н.М., Мирзаева А.Б. Анализ вопросов разработки средств технического диагностирования и мониторинга. Respublika ilmiy-amaliy anjumani “Fan, ta’lim, ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida paxta tozalash, to‘qimachilik, yengil sanoat, matbaa ishlab chiqarish innovatsion texnologiyalari dolzarb muammolari va ulaming yechimi”. Materiallar to‘plami, Iqism, TTYeSI, 18-19.05.22,Т.2022, 88-91 б.
15. Арипов Н.М., Ваисов О.К., Мирзаева А.Б. Принципы моделирования процессов электронного документооборота технической документации с помощью иерархических сетей петри. Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani “Iqtisodiyotni raqamlashtirish sharoitida korporativ boshqaruv modellarining transformatsiyasi”. Toshkent davlat transport universiteti.10-11.05.22. Т.2022.1-4 б.



---

---

## TEMIR YO‘L UCHASTKALARIDAGI MAHALLIY ISHLARNI TASHKIL ETISH VA BOSHQARISH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH

**Haydarova Moxinur Bekzod qizi**

talaba, Toshkent davlat transport universiteti

[khaydarovamokhinur04@gmail.com](mailto:khaydarovamokhinur04@gmail.com)

**Annotatsiya:** Temir yo‘llarning lokomotiv parki eng ko‘p xarajatlarni talab qiladigan kompleks bo‘lib, uning umumiy xarajatlardagi ulushi 30-35% ni tashkil etadi. Maqolada poyezd va yuk tashish operatsiyalarini operativ rejalashtirishda lokomotivlarni boshqarishning mavjud texnologiyasi tadqiq etilgan. Natijada, ushbu lokomotivlardan temir yo‘l uchastkasining mahalliy vagonlariga xizmat ko‘rsatish uchun dispetcherlik lokomotivi sifatida foydalanish haqida gipoteza shakllantirilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJga qarashli 9 ta temir yo‘l uchastkasida mahalliy vagonlarni olib chiqishda dispetcherlik lokomotivlaridan foydalanish samaradorligi asoslangan.

**Kalit** Диспетчерлик локомотиви, темір йўл участкаси, маҳаллий иш, терма  
**so‘zlar:** поезд, поезд локомотивининг фойдали иши.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ МЕСТНОЙ РАБОТОЙ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКАХ

**Хайдарова Мохинур Бекзод кизи**

студент, Ташкентский государственный транспортный университет

[khaydarovamokhinur04@gmail.com](mailto:khaydarovamokhinur04@gmail.com)

**Аннотация:** Локомотивный парк железных дорог является наиболее затратёмым комплексом и его доля в общих расходах составляет 30-35%. В статье исследована существующая технология эксплуатации локомотивов при оперативном планировании поездных и грузовых операций. В результате сформировалась гипотеза использования этих локомотивов в качестве диспетчерского локомотива для обслуживания местных вагонов железнодорожного участка. По результатам исследования обоснованы эффективности применения диспетчерских локомотивов для вывоза местных вагонов на 9 железнодорожных направлениях АО «Узбекистан темир йуллари».

**Ключевые слова:** Диспетчерский локомотив, участка железной дороги, местная работа, сборный поезда, полезная работа поездного локомотива.

## IMPROVEMENT OF METHODS OF ORGANIZING AND MANAGING LOCAL WORK IN RAILWAY SECTIONS

**Haydarova Mokhinur Bekzod kizi**

student, Tashkent state transport university

[khaydarovamokhinur04@gmail.com](mailto:khaydarovamokhinur04@gmail.com)



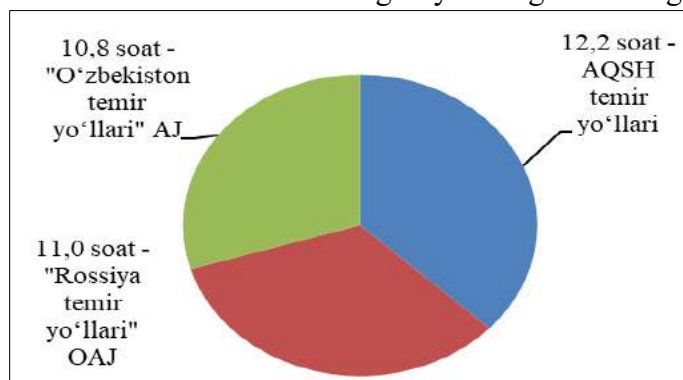


**Annotation:** The locomotive fleet of railways is the most cost-intensive complex and its share in the total costs is 30-35%. The article examines the existing technology of locomotive operation in the operational planning of train and freight operations. As a result, a hypothesis was formed on the use of these locomotives as a dispatch locomotive for servicing local cars of a railway section. Based on the results of the study, the effectiveness of using dispatch locomotives for the removal of local cars on 9 railway lines of JSC Uzbekistan railways was substantiated.

**Key words:** Dispatching locomotive, railway section, local work, train assembly, useful work of a train locomotive.

### KIRISH

“O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ (“O‘TY”AJ) respublikamiz transport tizimining asosiy tarkibiy qismi bo‘lib, mamlakatimiz rivojlanishi va iqtisodiyotning samarali faoliyatiga bevosita ta‘sir qiladi. “O‘TY” AJ jami foydalanish xarajatlarining 35% ulushi lokomotiv depolariga, 12% yoqilg‘iga va 30% elektr energiyasiga to‘g‘ri keladi. Bunga asosiy sabab poyezd lokomotivlarining o‘rtacha sutkalik foydali ishi bir sutkalik ishining 45-51%ni (1-rasm) va vagonlarni temir yo‘l uchastkalari bo‘ylab harakatlanishiga sarflanadigan vaqt ulushi 13%ni tashkil etishidir. Yuqoridagilar “Temir yo‘l uchastkalaridagi mahalliy ishlarni tashkil etish va boshqarish usullarini takomillashtirish” mavzusidagi loyihaning dolzarbligini ko‘rsatadi.



1-rasm. Lokomotivlarining o‘rtacha sutkalikfoydali ishi

Bugungi kunda olimlar va temir yo‘l transporti mutaxassislari manyovr ishlarining har xil turlarini bajarish usullarini takomillashtirish va manyovr vositalari va qurilmalarining potensial imkoniyatlarini, shuningdek, zamonaviy texnologiyalarning yutuqlarini hisobga oladigan manyovr texnologiyasini ishlab chiqish bo‘yicha katta ishlarni amalga oshirmoqda. Biroq, bu ishlarning barchasi, asosan, bitta manyovr teplovozining samarali ishlashiga, stansiyalarni rivojlantirish hisobiga manyovr ishlarini bajarish vaqtini qisqartirishga, yo‘llarni rivojlantirish sxemalarini takomillashtirishga hamda zamonaviy avtomatika va telemexanika tizimlari bilan jihozlashga qaratilgan [1-12].

Poyezd va yuk tashish operatsiyalarini operativ rejalashtirishda lokomotivlarni boshqarishning mavjud texnologiyasi tadqiq etilgan. Natijada, ushbu lokomotivlardan temir yo‘l uchastkasining mahalliy vagonlariga xizmat ko‘rsatish uchun dispetcherlik lokomotivi sifatida foydalanish haqida gipoteza shakllantirilgan.

### TADQIQOT METODI

Lokomotiv parkini ekspluatatsiya qilish rejasini ishlab chiqishning asosiy bosqichlaridan biri lokomotivlar, brigadalar va tarkiblarni bir-biriga, shuningdek poyezdlarni grafik bo‘yicha



jo'nash jadvaliga biriktirish eng ratsional variantini aniqlashdan iborat.

Ushbu masalaning dastlabki ma'lumotlari quyidagilardan iborat:

- lokomotivlar va brigadalarning TO-1 shaklidagi ko'rikni o'tgan holda ishga shayligi hamda turli toifadagi poyezdlarning jo'nashga tayyorligining prognozli vaqtlari;
- jo'nab ketishni kutayotganda turib qolish muddati minimal bo'lishi talab etiladigan ustuvorlikka ega bo'lgan poyezdlar va lokomotivlarning mavjudligi to'g'risidagi ma'lumotlar;
- temir yo'l uchastkalarining poyezdlar harakati grafigi;
- lokomotivning aylanish stansiyasida meyoriy turish vaqti ( $t_m$ ).

Dissertatsiya ishida yuk harakati lokomotivlari parkini poyezdlarga biriktirish masalasi quyidagicha shakllantiriladi: brigadalari TO-1 shaklidagi ko'rikni o'tgan holda ishga shay bo'lgan  $L = \{L_1, L_2, \dots, L_i\}$ ,  $i = 1, \dots, n$  lokomotivlar va jo'nab ketishga tayyor bo'lgan  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_j\}$ ,  $j = 1, \dots, m$ , yuk poyezdi tarkiblari to'plami mavjud bo'lsin ( $n, m$  – mos ravishda rejalashtirilayotgan davrda brigadalari bilan birgalikda ishga shay bo'lgan lokomotivlar va jo'nab ketishga tayyor bo'lgan tarkiblar soni). Ushbu to'plamlarning alohida elementlari qanday birlashtirilganligiga bog'liq ravishda harakatlanuvchi tarkibning turib qolish vaqtini ( $t_{ij}$ ) aniqlanadi. Agar brigadalari bilan birgalikda ishga shay bo'lgan  $i$ -chi lokomotiv  $L_i$  jo'nab ketishga tayyor bo'lgan  $j$ -chi tarkibga  $S_j$  biriktirilsa bunga mos keluvchi  $x_{ij}$  ( $i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$ ) o'zgaruvchining qiymati 1 ni ( $x_{ij} = 1$ ), aks holda 0 ni ( $x_{ij} = 0$ ) qabul qiladi. Maqsad funksiyasi sifatida barcha cheklovlar va talablarni hisobga olgan holda lokomotivlarni tarkiblarga biriktirishning shunday kombinatsiyalarni topish kerakki, bunda lokomotivlarning umumiy turib qolish vaqti minimal bo'lsin, ya'ni

$$T_{ht} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

Bunda quyidagi chegaralar mavjud bo'ladi

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, i = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, j = 1, \dots, m \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m \quad (4)$$

$$24 \geq t_{ij} \geq t_m \quad (5)$$

(2)-chegaralar har bir lokomotiv bittadan tarkibga biriktirilishini, (3)-chegaralar har bir tarkib bittadan ko'p bo'lmagan lokomotiv bilan jo'nab ketishini hamda (5)-chegaralar har bir lokomotiv aylanish stansiyasida ko'pi bilan bir sutka va kamida meyoriy turish vaqtiga teng bo'lgan davrda stansiyada bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi. Ish rejalashtirilayotgan davrda lokomotivlar soni tarkiblar soniga teng bo'lmasligi ( $n \neq m$ ), ya'ni juftlashmagan grafik sharoitlari kuzatilishi mumkin. Bunday holatlarda, agar  $n < m$  bo'lsa shartli lokomotivlar biriktiriladi (zaxira lokomotivlar olib kelinadi), agar  $n > m$  bo'lsa shartli tarkiblar shakllantiriladi va bu tarkiblar uchun biriktirilgan lokomotivlar zaxira yuborilishi mumkin.

Smena-sutkalik davrda lokomotivlar parki ishining optimal rejasini tuzish masalasini "topshiriqlar masalasi" yordamida hal qilish tartibini ko'rib chiqamiz. "Topshiriqlar masalasi" chiziqli dasturlashning bir turi hisoblanadi va har bir  $\{L_i; S_i\}$  juftligi uchun  $t_{ij}$  ning qiymatini aniqlash uchun MS Excel dasturidagi "Yechimni qidirish" funksiyasidan foydalanamiz. Ushbu masalani yechish uchun tortuv birliklari va tarkibning jo'nashga tayyor bo'lish vaqtlari asosida tuzilgan lokomotivlarining turib qolish matritsasini shakllantiramiz (2 -rasm).



Lokomotivlar \ Tarkiblar	$S_1$	...	$S_j$	...	$S_m$
$L_1$	$t_{11}$	...	$t_{1j}$	...	$t_{1m}$
...	...	...	...	...	...
$L_i$	$t_{i1}$	...	$t_{ij}$	...	$t_{im}$
...	...	...	...	...	...
$L_n$	$t_{n1}$	...	$t_{nj}$	...	$t_{nm}$

2-rasm. Tortuv birliklari va tarkibning jo‘nashga tayyor bo‘lish vaqtlari asosida tuzilgan lokomotivlarining turib qolish matritsasi

Tortuv birliklari va tarkibning jo‘nashga tayyor bo‘lish vaqtlari asosida tuzilgan lokomotivlarining turib qolish matritsasining har bir katakchasidagi vaqtlar farqi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta t_{st} = L_i - S_i, \text{ soat} \quad (6)$$

Bunda 3 ta holat kuzatilishi mumkin. Har bir holat uchun uchun  $t_{ij}$  ning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$1\text{-holat: } \Delta t_{st} \geq t_m \text{ bo‘lganda } t_{ij} = \Delta t_{st} \quad (7)$$

$$2\text{-holat: } 0 \leq \Delta t_{st} < t_m \text{ bo‘lganda } t_{ij} = t_m \quad (8)$$

$$3\text{-holat: } \Delta t_{st} < 0 \text{ bo‘lganda } t_{ij} = t_m \quad (9)$$

Poyezd lokomotivlarining ularni poyezdlarga birlashtirish stansiyasida o‘rtacha turish vaqti quyidagicha aniqlanadi:

$$t_{\text{ay.лок}} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{ij}}{S}, \text{ soat} \quad (10)$$

Yuqorida bayon etilgan usul asosida kunduzgi smena davomida 13 ta poyezd jo‘natilishi rejalashtirilgan aylanish stansiyada lokomotivlarning minimal turib qolish vaqtini aniqlash tartibini ko‘rib chiqamiz. Ushbu matritsaning har bir katakchasidagi  $t_{ij}$  ning qiymati (10) formula asosida hisoblangan. Bunda lokomotivlarning umumiy turib qolish vaqti minimal bo‘lgan  $\{L_i; S_j\}$  juftliklarni aniqlash uchun matritsaning kataklar soni bilan bir xil bo‘lgan  $x_{ij}$  o‘zgaruvchilar matritsasini tuzamiz va MS Excel dasturidagi “Yechimni qidirish” funksiyasini shakllantiramiz. (1)-maqsad funksiyasi orqali lokomotivlarning umumiy turib qolishining minimal qiymatini va smena-sutkalik davrda lokomotivlar parki ishining optimal rejasini  $R = \{\{L_1; S_1\}, \{L_2; S_2\}, \{L_3; S_3\}, \{L_4; S_4\}, \{L_5; S_5\}, \{L_6; S_6\}, \{L_7; S_7\}, \{L_8; S_8\}, \{L_9; S_9\}, \{L_{10}; S_{10}\}, \{L_{11}; S_{11}\}, \{L_{12}; S_{12}\}, \{L_{13}; S_{13}\}\}$  aniqlash mumkin.

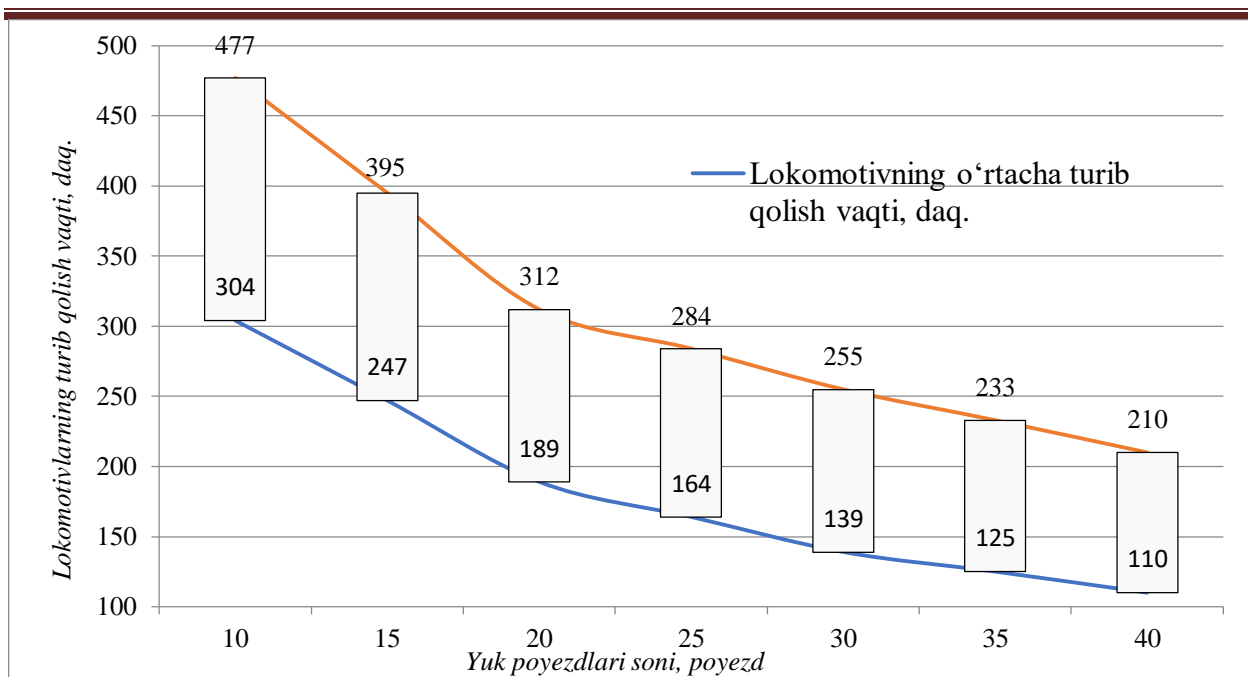
Ushbu tamoyil va yuqorida keltirilgan usul asosida poyezdlar soni 10 tadan 40 tagacha bo‘lgan (5 ta poyezdlik qadam bilan) harakat o‘lchamlari uchun aylanish stansiyasida lokomotivlar maksimal va o‘rtacha turib qolish vaqtlari modellashtirildi (3-rasm).

3-rasm asosida “O‘TY” AJ sharoitiga mos keladigan harakat o‘lchamlari uchun aylanish stansiyasida lokomotivlar maksimal va o‘rtacha turib qolish vaqtlarining poyezdlar soniga bog‘liqlik funksiyasi olindi:

$$t_{max} = -0,0104 \cdot S^3 + 1,0657 \cdot S^2 - 40,2960 \cdot S + 85,5714, \text{ daq.} \quad (11)$$

$$t_{sr} = 2,6666 \cdot S^3 + 0,2025 \cdot S^2 - 16,4138 \cdot S + 445,8685, \text{ daq.} \quad (12)$$

Shunday qilib, “O‘TY” AJ sharoitiga mos keladigan harakat o‘lchamlari va tortuv birliklarini poyezdlarga birlashtirishning amaldagi tamoyillari lokomotivlarning foydali ish vaqtini kamayishiga olib keladi va ishni kutib turib qolgan lokomotivlar harakatini dispetcherlik tartibga solish ulardan samarali foydalanishga zamin yaratadi, ya‘ni dispetcherlik lokomotivlar bilan terma poyezdlarga xizmat ko‘rsatish imkoniyati mavjud.



3-rasm. Rejalashtirilgan davrda poyezdlar soni 10 tadan 40 tagacha bo'lgan harakat o'lchamlari uchun aylanish stansiyasida lokomotivlar maksimal va o'rtacha turib qolish vaqtlarini modellashtirish natijalari

Dispatcherlik lokomotivlar bilan terma poyezdlarga xizmat ko'rsatish vaqtlari bir nechta parametrlarga bog'liqdir. Amaldagi "Rossiya temir yo'llari" OAJ temir yo'l stansiyalarida bajariladigan manyovr ishlarining vaqt meyorlari, manyovr lokomotivlari brigadalari soni normalari"da ("O'TY" AJda bunday hujjat mavjud emas) terma poyezdlari bilan oraliq stansiyalarda bajariladigan texnologik amallarga sarflanadigan vaqt miqdorini aniqlash bo'yicha umumiy tavsiyalar berilgan. Ammo, terma poyezdning harakatini tashkil etishga sarflanadigan vaqt miqdorini aniqlashga doir tavsiyalar ishlab chiqilmagan.

Umumiy holda har bir poyezd harakatini tashkil etishga sarflanadigan vaqt miqdori asosan poyezd og'irligi va tashish masofasiga bog'liq deb qaraladi. Dispatcherlik lokomotivlari bilan terma poyezdlarga xizmat ko'rsatishda bunday umumiy baholash yetarli bo'lmaydi. Shuning uchun bunday sharoitda terma poyezdlarga xizmat ko'rsatish vaqtlarini 4 ta elementga bo'lib olamiz:

$$T_{dl(t)} = T_{tex} + T_{per(b)} + T_{os} + T_{per(q)}, \text{ daq.} \quad (13)$$

- bunda
- $T_{tex}$  – dispatcherlik lokomotivining terma poyezd bilan texnik stansiyadan jo'nab ketishiga sarflanadigan vaqt, daq.;
  - $T_{per(b)}$  – bir yo'nalish (masalan, toq) bo'yicha terma poyezdning oraliq stansiyalariaro peregonlarda harakatlanish vaqti, daq.;
  - $T_{os}$  – oraliq stansiyalarda terma poyezd tarkibidan vagonlarni uzib-ulashga sarflanadigan vaqt, daq.;
  - $T_{per(q)}$  – ikkinchi yo'nalish (masalan, juft) bo'yicha dispatcherlik lokomotivining oraliq stansiyalariaro peregonlarda harakatlanish vaqti, daq.

(13) formulaga [13-15] manbalarda keltirilgan formulalar qiymatlarni kiritish orqali dispatcherlik lokomotivlari bilan terma poyezdlarga xizmat ko'rsatish vaqtini quyidagicha hisoblash mumkin:



$$T_{dl(ml)} = 12 + \sum_{i=1}^{K_{os}} \frac{60 \cdot L_{per}}{70,6 - 0,414 \cdot m_t} + 2 + \sum_{i=1}^{K_{os}} (26,58 + 0,821 \cdot m_m) + \sum_{i=1}^{K_{os}} 0,86 \cdot L_{per} + 2 =$$

$$= 16 + \sum_{i=1}^{K_{os}} \frac{60 \cdot L_{per}}{70,6 - 0,414 \cdot m_t} + \sum_{i=1}^{K_{os}} (26,58 + 0,821 \cdot m_m) + \sum_{i=1}^{K_{os}} 0,86 \cdot L_{per}, daq.$$

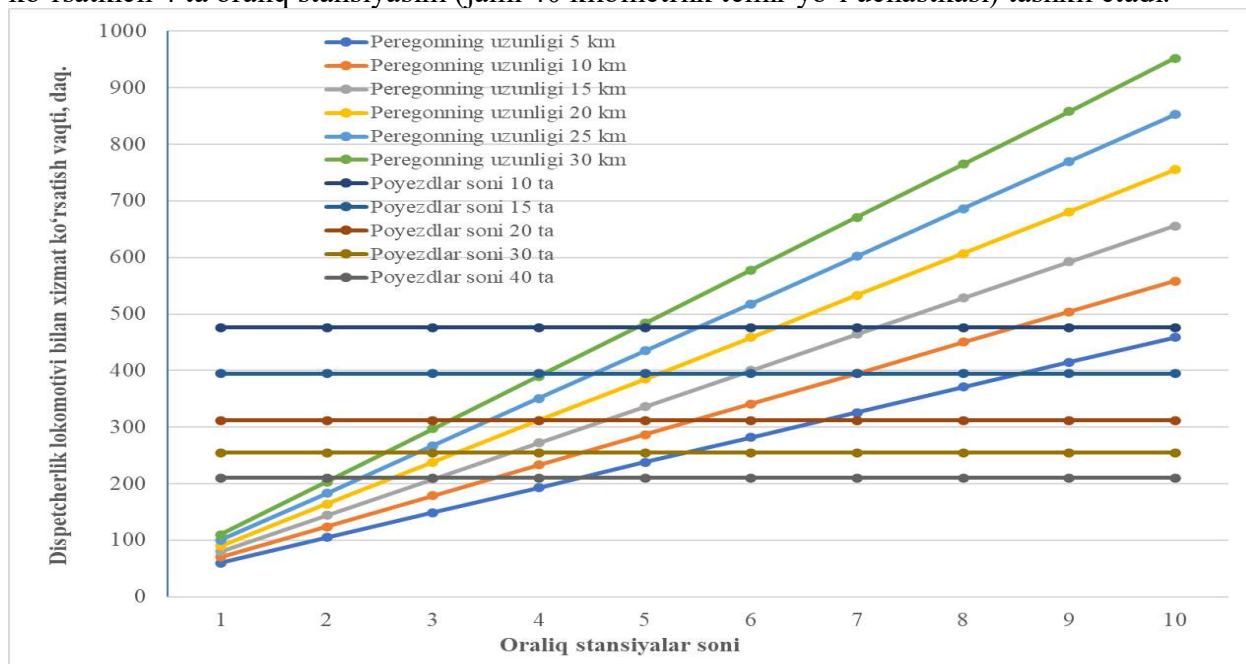
(14)

(14)-formuladan ko‘rinib turibdiki, dispatcherlik lokomotivlari bilan terma poyezdlarga xizmat ko‘rsatish vaqti asosan oraliq stansiyalar soni, ular orasidagi masofa, poyezd va manyovr tarkibidagi vagonlar soniga bog‘liqdir.

Dispatcherlik lokomotivi bilan terma poyezdga xizmat ko‘rsatish uchun uning texnik stansiyada maksimal turish vaqti temir yo‘l uchastkasiga borib-qaytishiga sarflanadigan vaqtdan katta yoki teng bo‘lishi kerak:

$$t_{max} \geq T_{dl(t)} \quad (15)$$

Shunday qilib, dispatcherlik lokomotivlar bilan terma poyezdlarga xizmat ko‘rsatish imkoniyati (doirasi)ni aniqlash natijalari 4-rasm keltirilgan. 4-rasmdan ko‘rinib turibdiki, texnik stansiyadan dispatcherlik lokomotivlar sifatida terma poyezdlarga xizmat ko‘rsatish uchun jo‘nab ketgan lokomotiv tarkibida 40 ta vagon va oraliq stansiyalarga 5 tadan vagon olib boradigan bo‘lsa poyezdlar soni 10 ta bo‘lganda peregonlar uzunligi 10 kilometrlik 9 ta oraliq stansiyasiga (jami 90 kilometrlik temir yo‘l uchastkasi) xizmat ko‘rsata oladi, poyezdlar soni 40 ta bo‘lganda esa ushbu ko‘rsatkich 4 ta oraliq stansiyasini (jami 40 kilometrlik temir yo‘l uchastkasi) tashkil etadi.



4-rasm. Dispatcherlik lokomotivlar bilan terma poyezdlarga xizmat ko‘rsatish doirasi aniqlash natijalari ( $m_m = 40$  vag. va  $m_m = 5$  vag. bo‘lganda)

Dispatcherlik lokomotivlar bilan terma poyezdlarga xizmat ko‘rsatishda texnik stansiyalarda ishni kutib turgan tortuv birliklaridan foydalanilishi faqat yoqilg‘i-energiya resurslari bilan bog‘liq xarajatlarni keltirib chiqaradi. “O‘TY” AJda 4 ta saralash stansiyalari (Chuqursoy, Xavast, Qo‘qon, Buxoro-1) mavjud va bularning barchasi elektrlashtirilgan temir yo‘l uchastkalariga tutashadi. Shuning uchun dispatcherlik lokomotivlarini terma poyezdlarni tortishga jalb etishdagi yoqilg‘i-energiya resurslari xarajatlarini faqat elektrovozlar bo‘yicha hisoblaymiz.



Dispetcherlik lokomotivlarini terma poyezdlarni tortishga jalb etishda tortuv birligini texnik stansiyaga yakka o'zi (vagonlarsiz) qaytadi. Bunda ham yonilg'i-energiyasi resurslari sarfi xarajatlari ikkiga (harakatlanish va qo'zg'alishga sarflanadigan xarajatlar) bo'lib o'rganiladi.

Temir yo'l uchastkalaridagi mahalliy ishlarni tashkil etish samaradorligini oshirish mexanizmlarini tatbiq etishdan olinadigan foydani quyidagicha hisoblash mumkin:

$$E_{f,dl} = E_{d,dl} - E_{l(dl)}, \text{ so'm} \quad (16)$$

bunda  $E_{d,dl}$  – dispetcherlik lokomotivlar bilan terma poyezdlarga xizmat ko'rsatishdan olinadigan daromad, so'm;

$E_{l(dl)}$  – dispetcherlik lokomotivlar bilan terma poyezdlarga xizmat ko'rsatishga sarflanadigan yillik elektr energiyasi sarfi xarajatlari, so'm.

Dispetcherlik lokomotivlar bilan terma poyezdlarni tortishda nafaqat vagon-soat xarajatlari, balki lokomotiv soat-xarajatlari ham tejaladi.

“O'zbekiston temir yo'llari” AJ temir yo'l uchastkalariga xizmat ko'rsatuvchi terma poyezdlar “Tashishlarni tashkil etish boshqarmasi” boshlig'i tomonidan tasdiqlangan grafik asosida harakatlanadi. Hozirgi kunda “O'zbekiston temir yo'llari” AJ temir yo'l uchastkalariga xizmat ko'rsatuvchi terma poyezdlar soni 33 tani tashkil etadi hamda Maroqand – Xavast yo'nalishidan boshqa barcha yo'nalishlarda bir sutkada 1 tadan terma poyezdlar harakati yo'lga qo'yilgan.

Temir yo'l uchastkasida mahalliy vagonlarni dispetcherlik lokomotivlari yordamida olib chiqish imkoniyati yuqoridada keltirilgan tartibda aniqlandi (1-jadval).

1-jadval

Temir yo'l uchastkasida mahalliy vagonlarni dispetcherlik lokomotivlari yordamida olib chiqish imkoniyatini aniqlash natijalari

T/r	Poyezd raqami	$L_{per}, km$	$m_m, vag.$	$T_{dl(t)}, daq.$	$S$	$t_{max}, daq.$	(15) shart
1	3402	13,8	36	715	36	228	Bajarilmaydi
2	3472	10,4	27	475	36	228	Bajarilmaydi
3	3405	7,4	15	223	36	228	Bajariladi
4	3401	13,8	36	715	24	290	Bajarilmaydi
5	3403	24,4	27	710	24	290	Bajarilmaydi
6	3501	10,4	27	475	16	382	Bajarilmaydi
7	3602	5,6	24	351	16	382	Bajariladi
8	3474	14,0	36	720	13	420	Bajarilmaydi
9	3421	6,5	42	638	16	382	Bajarilmaydi
10	3472	14,0	15	299	16	382	Bajariladi
11	3472	10,1	27	470	10	477	Bajariladi
12	3471	14,5	30	605	10	477	Bajarilmaydi
13	3404	19,6	24	558	22	301	Bajarilmaydi
14	3402	19,8	12	283	22	301	Bajariladi
15	3477	18,5	24	542	16	382	Bajarilmaydi
16	3472	56,4	18	684	18	333	Bajarilmaydi
17	3402	58,0	22	706	18	333	Bajarilmaydi
18	3491	24,4	27	710	16	382	Bajarilmaydi
19	3403	24,4	27	710	16	382	Bajarilmaydi
20	3478	18,5	24	542	16	382	Bajarilmaydi
21	3478	23,2	26	464	16	382	Bajarilmaydi



22	3475	20,0	15	285	14	402	Bajariladi
23	3471	32,7	18	560	14	402	Bajarilmaydi
24	3402	32,7	18	560	12	435	Bajarilmaydi
25	3408	28,0	12	178	12	435	Bajariladi
26	3401	9,2	39	660	12	435	Bajarilmaydi
27	3402	9,2	39	660	12	435	Bajarilmaydi
28	3408	9,4	39	665	13	420	Bajarilmaydi
29	3405	19,6	24	558	13	420	Bajarilmaydi
30	3407	9,4	39	665	13	420	Bajarilmaydi
31	3488	24,5	26	479	8	495	Bajariladi
32	3483	24,5	26	479	8	495	Bajariladi
33	3487	19,3	28	558	8	495	Bajarilmaydi

1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ temir yo‘l uchastkalariga xizmat ko‘rsatuvchi 33 ta terma poyezdlardan 9 tasiga (Chuqursoy – Bozsu, Axangaron – Angren, Qo‘qon – Marg‘ilon, Andijon shimoliy – Namangan, Buxara – Olot, Misken – Urgench, Nukus – Chimbay, Termiz – Sariosiyo, Sariosiyo – Termez yo‘nalishlari), ya‘ni 27% mahalliy poyezdlarga dispetcherlik lokomotivlari bilan xizmat ko‘rsatish imkoniyati mavjud. Buning iqtisodiy samaradorligini 2,9 mlrd. so‘mni tashkil etadi.

#### XULOSA

1. “O‘TY” AJning Toshkent MTU UK stansiyalari ishning texnik rejasi va uning bajarilishi tahlil qilindi. Natijada, Toshkent MTU tasarrufidagi stansiyalarning texnik meyor bo‘yicha bir yuk amallari ostida vagonlarning turish vaqti 11 soatdan 45 soatgacha hamda poyezd lokomotivlarining o‘rtacha sutkalik foydali ishi bir sutkalik ishining 45-51%ni tashkil etishi aniqlandi.

2. Smena-sutkalik davrda tortuv birliklari ishining optimal rejasini tuzish uchun aylanish stansiyalarida poyezd lokomotivlarining turib qolish vaqtlarini tahlil qilindi. Natijada harakat ulchamlari 10 ta bo‘lganda poyezd lokomotivlarning maksimal turish vaqti 476 daqiqa, harakat ulchamlari 40 ta bo‘lganda esa ushbu ko‘rsatkich 210 daqiqani tashkil etishi aniqlandi.

3. Texnik stansiyalarda ishni kutib bo‘sh turgan lokomotivlar bilan temir yo‘l uchastkasidagi mahalliy poyezdlarni tortish davrini 4 ta elementga ajratgan holda dispetcherlik lokomotivlar bilan terma poyezdlarga xizmat ko‘rsatish vaqtini hisoblandi. Natijada, “O‘TY” AJdagi o‘rtacha harakat ulchamlari sharoitida dispetcherlik lokomotivlarini temir yo‘l uchastkasidagi terma poyezdlarni tortish uchun jalb etish doirasi asoslangan.

4. Temir yo‘l uchastkalaridagi mahalliy ishlarni tashkil etish samaradorligini oshirish mexanizmlarini “O‘TY” AJning 9 ta yo‘nalishiga tatbiq etish tavsiya etildi. Buning natijasida olinadigan yillik iqtisodiy samaradorlik 2,9 mlrd. so‘mni tashkil etadi.

#### ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Жумаев, Ш. Б., Суюнбаев, Ш. М., & Ахмедова, М. Д. (2019). ВЛИЯНИЕ РАСПИСАНИЯ ГРУЗОВЫХ Поездов по Отправлению в Условиях Твердого Графика Движения на Показатели Составообразования. Наука и инновационные технологии, (11), 25-29.

2. Khudayberganov, S. K., & Suyunbayev, S. M. (2019). RESULTS OF APPLICATION OF THE METHODS “SOLOGUB” AND COMBINATOR SORTING IN THE PROCESS OF



FORMING MULTI-GROUP TRAINS AT THE SORTING STATION. Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers, 15(4), 62-72.

3. Суюнбаев, Ш. М., Жумаев, Ш. Б., & Ахмедова, М. Д. (2020). Процесс расформирования и формирования многогруппного поезда на железных дорогах АО «Узбекистан темир йуллари». Транспорт шёлкового пути, (3), 30-38.

4. Khudayberganov, S. K., Suyunbayev, S. M., Bashirova, A. M., & Jumayev, S. B. (2020). RESULTS OF APPLICATION OF THE METHODS “CONDITIONAL GROUP SORTING” AND “COMBINATORIAL SORTING” DURING THE MULTI-GROUP TRAINS FORMATION. Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers, 16(1), 89-95.

5. Суюнбаев, Ш. М., & Саъдуллаев, Б. А. У. (2020). ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОГРУППНЫХ СОСТАВОВ НА ДВУСТОРОННЕМ СОРТИРОВОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ. Universum: технические науки, (9-2 (78)).

6. Суюнбаев, Ш. М., & Саъдуллаев, Б. А. (2020). ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ОРГАНИЗАЦИИ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЫ НА СТАНЦИИ. In Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности (pp. 183-186).

7. Mansuraliyevich, S. S., Kabildjanovich, K. S., Aleksandrovich, S. A., Bakhromugli, J. S., Bakhromovna, M. D., & Rakhimovich, O. A. (2021). Method of determining the minimum required number of sorting tracks, depending on the length of the group of wagons. REVISTA GEINTEC-GESTAO INOVACAO E TECNOLOGIAS, 11(2), 1941-1960.

8. Суюнбаев, Ш. М., Жумаев, Ш. Б. Ў., Бўриев, Ш. Х. Ў., & Туропов, А. А. Ў. (2021). ТЕМИР ЙЎЛ УЧАСТКАЛАРИДА МАҲАЛЛИЙ ВАГОНЛАР ОҚИМИНИ ТУРЛИ ТОИФАДАГИ ПОЕЗДЛАР БИЛАН ТАШКИЛ ЭТИШ УСУЛЛАРИНИ ТЕХНИК-ИҚТИСОДИЙ БАҲОЛАШ. Academic research in educational sciences, 2(6), 492-508.

9. Rasulov, M. X., Suyunbayev, S. M., & Masharipov, M. N. (2020). RESEARCH OF DEVELOPMENT PROSPECTS OF TRANSPORTATION HUB IN JSC" UMC". Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers, 16(3), 71-77.

10. Суюнбаев, Ш. М. (2011). Закономерности поездообразования на технических станциях при отправлении поездов по ниткам твердого графика (Doctoral dissertation, Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения).

11. Кудрявцев, В. А., Кукушкина, Я. В., & Суюнбаев, Ш. М. (2010). Новый подход к расчету затрат вагоночасов на накопление. Известия Петербургского университета путей сообщения, (1).

12. Кудрявцев, В. А., & Суюнбаев, Ш. М. (2012). Возможность и условия применения твердого графика движения грузовых поездов на Российских железных дорогах. In Актуальные проблемы управления перевозочным процессом (pp. 43-49).

13. Нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожных станциях ОАО «РЖД», нормативы численности бригад маневровых локомотивов. М.: ОАО «РЖД», 2006. – 102 с.

14. Жумаев Ш.Б. Вагонлар оқимини ташкил этишда ахборот технологиялари асосида транспорт жараёнлари технологиясини такомиллаштириш / Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) илмий даражасини олиш учун тайёрланган диссертация. Тошкент: ТДТрУ. – 2021. – 162 с.

15. Бутунов Д.Б. Совершенствование методов технико-эксплуатационной оценки организации и управления вагонопотоками сортировочных станций. Дис. док. фил. (PhD). Ташкент: ТашИИТ. – 2019. – 187 с.





---

## ОРГАНИЗАЦИЯ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА НА ОСНОВЕ ТЕЛЕФОННЫХ МОДЕМОВ

**Халиков Абдулхак Абдулхайрович**

д.т.н., профессор Ташкентского государственного университета транспорта,  
Узбекистан. г.Ташкент.

[xalikov\\_abdulgak@mail.ru](mailto:xalikov_abdulgak@mail.ru)

**Эргашев Мухиддин Эркинжон угли**

студент Ташкентского государственного университета транспорта,  
Узбекистан. г.Ташкент.

**Аннотация:** В работе приведена общая характеристика современных телефонных модемов, рассмотрена организация абонентского доступа на основе телефонных модемов. Проанализированы основные параметры по применению модемов протоколов, циклические коды, применяемые при этом, обладают высокой надежностью обнаружения/исправления ошибок даже в случае внесения невысокой избыточности в передаваемые данные. Указанные аспекты и составили основу самого распространенного на сегодняшний день протокола коррекции ошибок модемной связи типа V.42 МСЭ-Т.

**Ключевые слова:** абонентский доступ, телефонный модем, передача данных, модемные протоколы.

## ORGANIZATION OF SUBSCRIBER ACCESS BASED ON TELEPHONE MODEM

**Khalikov Abdulgak Abdulkhairovich**

Doctor of Technical Sciences, Professor of Tashkent State University of Transport,  
Uzbekistan. Tashkent.

[xalikov\\_abdulgak@mail.ru](mailto:xalikov_abdulgak@mail.ru)

**Ergashev Mukhiddin Erkinjon ugli**

student at Tashkent State University of Transport,  
Uzbekistan. Tashkent

**Annotation:** The paper provides a general description of modern telephone modems and examines the organization of subscriber access based on telephone modems. The main parameters for the use of modem protocols are analyzed; the cyclic codes used in this case have a high reliability of error detection/correction even if low redundancy is introduced into the transmitted data. These aspects formed the basis of the most common modem communication error correction protocol, type V.42 ITU-T, to date.

**Key words:** subscriber access, telephone modem, data transmission, modem protocols.

## ВВЕДЕНИЕ

Телефонные модемы, или модемы ближнего действия (Short Range Modem, SRM), предназначены для обеспечения передачи данных (ПД) по коммутируемым или выделенным типовым аналоговым телефонным каналам с эффективно передаваемой полосой частот (ЭППЧ) 0,3–3,4 кГц путем преобразования цифровых сигналов в модулированный сигнал. «Термин» модем образован от слов "модуляция" и "демодуляция", отражающих основные операции, реализуемые этими устройствами.

Целью исследования является организация абонентского доступа на основе телефонных модемов. Анализ основных параметров по применению модемов протоколов.

## АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИИ ЛИТЕРАТУРЫ

В современных сетях доступа на модемы возлагаются задачи обеспечения связи по конфигурации "точка–точка" между ПЭВМ абонента и сервером поставщика услуг ПД (провайдера) либо между двумя ПЭВМ (рис.1) по каналам тональной частоты (КТЧ) [1].

Типовой модем, как правило, включает цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) на передаче, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) на приеме и устройство переключения телефон/модем". Если организована передача данных от ПЭВМ посредством модема, то обеспечение телефонных переговоров по этой же 2-проводной АЛ невозможно, что является существенным недостатком модемной связи. Основными характеристиками модемов являются скорость ПД, вид модуляции, возможность дуплексной связи, способ разделения направлений передачи и типы поддерживаемых сервисных функций.

Максимально достижимая скорость ПД ограничена ЭППЧ телефонного канала (300–3 400 Гц). При модуляционной скорости 1 бит/с = 1 бод скорость ПД по КТЧ не может превысить 3 100 бит/с. Однако посредством повышения модуляционной скорости (в 6–9 раз) и применения передовых методов модуляции информационная скорость в направлении передачи может достигать 53–56 кбит/с.

В современных телефонных модемах используются три основных вида модуляции: частотная (ЧМ), фазоразностная (ФРМ) и амплитудно-фазовая (АФМ).

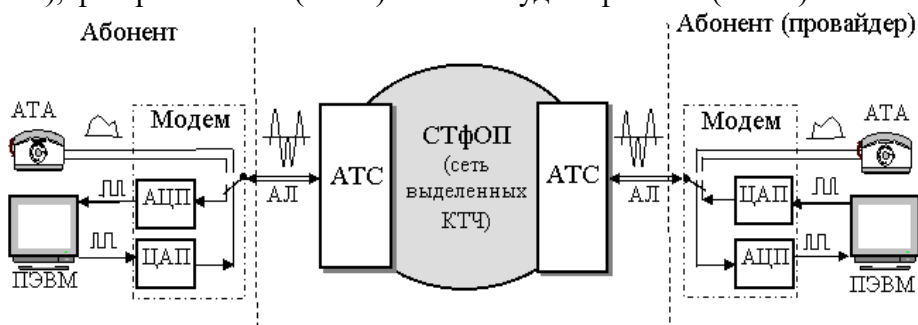


Рис.1. Общая схема организации модемной связи

При ЧМ (Frequency Shift Keying, FSK) значениям "0" и "1" информационного бита соответствуют свои частоты гармонического сигнала при неизменной его амплитуде. Область применения ЧМ – низкоскоростные (до 1200 бит/с), но высоконадежные телефонные модемы, позволяющие осуществлять связь на каналах с большими помехами и в условиях значительных нелинейных искажений.

При ФРМ (Differential Phase Shift Keying, DPSK) каждому информационному элементу ставится в соответствие не абсолютное значение фазы, а ее изменение относительно предыдущего значения. Однако, как показывают исследования данного подхода, если в линейном коде одним битом кодируется более трех бит исходного сообщения ( $2^3 = 8$  фазовых состояний), помехоустойчивость передачи дискретной



информации резко снижается. Поэтому для обеспечения высоких скоростей ПД в модемах часто используются комбинированные амплитудно-фазовые методы модуляции.

Многопозиционную АФМ (Quadrature Amplitude Modulation, QAM) называют еще квадратурной амплитудной модуляцией (КАМ). Здесь вместе с изменениями фазы сигнала применяется манипуляция его амплитудой.

В высокоскоростных модемных протоколах может использоваться другой тип АФМ – треллис-модуляция (Trellis Coded Modulation, TCM), или модуляция с решетчатым кодированием (МРК). Этот вид модуляции позволяет повысить помехозащищенность передачи информации (снизить требования к отношению сигнал/шум в канале) по сравнению с КАМ на величину от 3 до 6 дБ. Для обеспечения дуплексной ПД по 2-проводной АЛ в модемной связи предусматриваются следующие способы разделения направлений передачи: частотный (ЧРПП), временной (ВРПП) и с применением дифференциальных систем и адаптивной эхо компенсации (ДРПП) [2].

Самым распространенным в модемной технике до сих пор является ЧРПП. Если направлениям передачи выделяются равные частотные полосы, модемный протокол называется симметричным. Если модем поддерживает более скоростную ПД в одном направлении, чем в другом, а ЧРПП осуществляется на неравные по ширине спектральные подканалы, то модемный протокол называется асимметричным.

В средне- и высокоскоростных модемах широкое распространение сегодня получили разделение направлений передачи дифсистемами и линейное кодирование типа 2В1Q (2 Binari 1 Quaternari). Реализуется данный подход на 2-проводных АЛ аналогично соответствующему интерфейсу основного доступа УЦСИС [2].

Современные модемы не ограничиваются обеспечением ПД по КТЧ, и способны реализовывать ряд дополнительных функций, называемых сервисными. Важнейшими из них являются: передача факсимильных сообщений; передача голосовой почты; автоматическое распознавание голос/факс/модем и переключение в соответствующий режим; защита от несанкционированного доступа (НСД) к связи через модем: по паролю, с помощью обратного звонка и специфики процедур установления соединения; автоматический определитель номера (АОН); автоответчик (АО); автоматическая самодиагностика; ручное и автоматизированное тестирование модема (канала); автоматическое восстановление соединения после разрыва с возобновлением прерванного процесса ПД; автоматический переход на запасную коммутируемую линию при повреждении основной выделенной.

Здесь следует отметить, что передача факсимильных сообщений предусмотрена в модемах только в полудуплексном режиме за счет ВРПП. Скорость передачи в этом режиме не превышает 2 400 кбит/с.

В настоящее время к основным протоколам МСЭ-Т физического уровня модемной связи принято относить следующие:

V.21 – дуплексный протокол с ЧРПП и ЧМ. В нижнем подканале "1" кодируется частотой 980 Гц, а "0" – 1 180 Гц. В верхнем подканале соответственно 1 650 Гц и 1 850 Гц. Модуляционная и информационная скорости равны (300 Бод и 300 бит/с). Прежде всего данный протокол находит применение в качестве "аварийного" при невозможности использовать другие протоколы модемной передачи вследствие низкого качества КТЧ. Такие модемы предназначены для приложений, требующих высокой надежности связи (передача сигналов управления факсимильной передачей, прием данных телеконтроля, связь с банкоматами или кассовыми аппаратами и т. п.).



V.22 – дуплексный протокол с ЧРП и ФРМ. Несущая частота нижнего подканала 1 200 Гц, верхнего – 2 400 Гц. Модуляционная скорость составляет 600 Бод. Имеет режимы ФРМ и ДФРМ, что позволяет поддерживать ПД со скоростью 600 или 1 200 бит/с.

V.22bis – дуплексный протокол с ЧРП и КАМ. Несущие частоты и модуляционная скорость соответствуют стандарту V.22. Имеет режимы КАМ-4 и КАМ-16. Соответственно, информационная скорость может быть 1 200 или 2 400 бит/с, при этом режим 1 200 бит/с полностью совместим с V.22. Протокол V.22bis утвержден МСЭ-Т в качестве ведущего стандарта для всех среднескоростных модемов.

V.32 – дуплексный протокол с ДРП, КАМ или МРК. Частота несущего сигнала составляет 1 800 Гц, модуляционная скорость равна 2 400 Бод. Таким образом, используется полоса пропускания КТЧ от 600 до 3 000 Гц. Модем V.32 поддерживает режимы КАМ-2, КАМ-4 и КАМ-16, что обеспечивает скорость ПД 2 400, 4 800 и 9 600 бит/с. На скорости 9 600 бит/с возможно применение 32-позиционной МРК.

V.32bis – дуплексный протокол с ДРП и МРК. Несущие частоты и модуляционная скорость соответствуют стандарту V.32. Однако основными являются режимы МРК-16, МРК-32, МРК-64 и МРК-128. Соответственно информационная скорость может быть 7 200, 9 600, 12 000 и 14 400 бит/с. В режиме МРК-32 модемы протоколов V.32 и V.32bis полностью совместимы. Протокол V.32bis утвержден МСЭ-Т в качестве ведущего стандарта для всех скоростных модемов.

V.34 – протокол ПД с адаптируемой к характеристикам КТЧ скоростью передачи. Стандарт V.34 предусматривает 6 номиналов модуляционной скорости: 2 400, 2 743, 2 800, 3 000, 3 200 и 3 429 Бод. В качестве линейного сигнала используется четырехмерная сигнально-кодовая конструкция со сверхточным кодированием на 16, 32 и 64 состояния. На КТЧ высокой протяженности в передатчике предусматривается амплитудно-фазовое предискажение сигнала. Кроме того, предусматривается возможность выбора одного из одиннадцати заранее подготовленных "шаблонов" спектра передаваемого сигнала, позволяющих учесть особенности передаточных характеристик различных типов АЛ. В результате применения таких технических решений и был получен универсальный протокол адаптируемой ПД по КТЧ со скоростями в диапазоне от 2 400 до 33 600 бит/с.

Кроме того, в модемах стандарта V.34 предусмотрено предоставление пользователю различных сервисных услуг, таких как факсимильная связь, АОН, АО, дополнительный низкоскоростной канал ПД (управления) до 200 бит/с, асимметрия скорости в разных направлениях передачи и др.

По мнению экспертов, V.34 – это последний протокол модемной связи по КТЧ, так как в нем обеспечена близкая к теоретическому пределу скорость ПД. Однако следует отметить, что скорость ПД в 33 600 бит/с реализуется в телефонных каналах высокого качества, характерных для Западной Европы и США, где проектировались модемы этой серии. В нашей стране из-за более сложной помеховой обстановки в сети телефонной связи общего пользования скорость работы таких модемов обычно не превышает 14 400–28 800 бит/с.

Дальнейшее повышение скорости ПД специалисты связывают с внедрением цифровых методов ПД. Переходным в этом смысле является стандарт модемной связи V.90.

V.90 – асинхронный дуплексный протокол ПД с возможностью использования ИКМ. Условиями реализации этого протокола является наличие цифровых АТС и соединительных линий между ними, а также оснащение узла доступа провайдера специальным оборудованием – серверами модемного доступа V.90.

В соответствии со стандартом V.90 поток данных, поступающих от провайдера к пользователю, не проходит фазу цифроаналогового преобразования. Отсутствие шумов и



искажений, порождаемых ЦАП/АЦП, способствует повышению отношения сигнал/шум в организуемом тракте, что само по себе уже создает условия для увеличения скорости ПД. Предусмотренное протоколом применение ИКМ обеспечивает в направлении к пользователю информационную скорость 56 кбит/с. Поток данных в направлении от пользователя передается, как правило, в аналоговом виде, то есть сигнал проходит ЦАП/АЦП [3]. Сохранение в модемах серии V.90 аналогового окончания связано с необходимостью их встречной работы с типовыми телефонными модемами, например серии V.34. Следовательно, в направлении передачи от пользователя скорость ПД не превышает 33 кбит/с. Естественно, применение модемов протокола V.90 выдвигает жесткие требования к качеству АЛ, где реализуется ЧРНП или ДРНП. На участке "ЦАТС пользователя – сервер доступа" используются типовые ОЦК, характеристики которых поддерживаются соответствующими ЦСП. При данном подходе скорость ПД теоретически может составлять 64 кбит/с, однако стандартом V.90 предусмотрено ее ограничение до 56 кбит/с.

Существует целый ряд причин такого положения, основная из которых связана с особенностью эволюции ИКМ-кодеков.

Исследования 8-разрядных ИКМ-преобразователей аналогового сигнала с  $256 = 2^8$  уровнями квантования ( $8 \times 8 = 64$  кбит/с) показали, что в последнем (младшем) бите доля шумов квантования и продуктов нелинейного преобразования (А- или m-типа) наибольшая. Исключение каждого последнего (младшего) бита из октетов ИКМ и, следовательно, снижение скорости ПД до  $7 \times 8 = 56$  кбит/с, несколько ухудшало естественность восприятия речи, но значительно улучшала помехозащищенность телефонных переговоров.

Современные ИКМ-кодеки имеют частоту дискретизации выше 8 (до 20), однако для возможности их применения в системах с преобразователями старого парка сохранена октетная структура цикла передачи, при этом младший бит в восстановлении речевого сообщения не используется. В этой связи ПД по каналам с ограниченной полосой пропускания осуществляется со скоростью 56 кбит/с.

В протоколе V.90 цифровой модуляции подвергается последовательность с выхода ПЭВМ, а не речевая информация, однако стандартом установлен предел скорости ПД в 56 кбит/с, так как при этом учитывается необходимость "экономии" полосы пропускания АЛ для реализации различных методов разделения направлений передачи.

В отечественной СТфОП на коммутируемых каналах и эта скорость практически не может быть достигнута. Это связано с тем, что при работе на скорости 56 кбит/с пиковая мощность сигнала превышает национальные стандарты для телефонных каналов, образованных многоканальной каналобразующей аппаратурой. Для снижения пиковой мощности сигнала до допустимых пределов скорость ПД снижена до 53 кбит/с. Из изложенного следует, что модем протокола V.90 при работе с сервером (модемом) этого же стандарта в направлении к пользователю по коммутируемому каналу обеспечивает ПД со скоростью 53 кбит/с, а по выделенному каналу – до 56 кбит/с. В обратном направлении или при организации дуплексной связи с любым другим телефонным модемом скорость обмена информацией не может превышать 33 кбит/с.

Для современных модемов к настоящему времени разработаны и внедрены протоколы канального уровня, реализующие различные алгоритмы защиты от ошибок. Как правило, эти алгоритмы базируются на помехоустойчивом кодировании и реализуют принципы решающей обратной связи (РОС), например, методом автоматического повтора запроса (Automatic Repeat request, ARQ). Циклические коды, применяемые при этом, обладают высокой надежностью обнаружения/исправления ошибок даже в случае внесения



---

невысокой избыточности в передаваемые данные. Указанные аспекты и составили основу самого распространенного на сегодняшний день протокола коррекции ошибок модемной связи V.42 МСЭ-Т.

#### **РЕЗЮМЕ**

Таким образом, типовые телефонные модемы являются устройствами, реализующими протоколы ПД физического и канального уровней. В самых современных модемах реализуются интеллектуальные функции, для чего эти устройства снабжаются собственной системой управления, использующей микропроцессоры. Программные средства модемов также разнообразны и сложны.

Развитие модемной техники обусловило появление нового семейства средств абонентского доступа, получивших название "интеллектуальные модемы". Наряду с расширением перечня услуг, предоставляемых пользователям, данные устройства способны диагностировать линию, само тестироваться, определять оптимальный режим передачи заданного объема информации и др.

#### **ADABIYOTLAR RO‘YXATI:**

1. Емельянов Ю. А., Крупнов А. Е., Мамзев И. А. Сертификация оборудования и услуг связи / Под ред. В. Б. Булгака. – М.: Радио и связь, 1999.
2. Иванов В. Н., Сайтов И. А., Макашенко А. И., Миронов А. Е. Основы построения узкополосных ЦСИС. – Орел: Академия ФАПСИ, 2003.
3. Халиков А.А., Ураков О.Х. Усовершенствование сети оперативно-технологической связи на АО «Узбекистон темир йуллари». «Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи». Ташкент-2020. 168с.



---

---

СОДЕРЖАНИЕ

**Арипов Н.М., Отажонова М.К. Тожиев Б.М.**

Исследование методов диагностики неисправностей устройств в составе асинхронного электропривода прядильных машин..... 3

**Ҳикматов Ф.Ф., Хурматов Я.А., Зайнитдинов О.И., Балтаев М.Б.,  
Юлдашов А.А.**

Ўзбекистонда ишлаб чиқарилган хавони совутиш тизими билан таъминланган ресторан вагонининг юриш хусусиятини баҳолаш..... 9

**Нуруллаев П.Б., Абдуллаев Ж.Я., Базарбаев Б.Қ.**

Исследование параметров пропускная способность железнодорожных участков при различных типа графика..... 16

**Арипов Н.М., Мирзаева А.Б.**

Применение математического аппарата конформных отображений для непрерывного контроля к прогнозированию состояния тональных рельсовых цепей..... 26

**Haydarova M.B.**

Temir yo'l uchastkalaridagi mahalliy ishlarni tashkil etish va boshqarish usullarini takomillashtirish..... 32

**Халиков А.А., Эргашев М.Э.**

Организация абонентского доступа на основе телефонных модемов..... 41

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
**«Молодой специалист»**

[www.mspes.kz](http://www.mspes.kz)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания Эл № KZ26VPY00048061 от 15 апреля 2022 г.

**Редакционная коллегия:**

Главный редактор: Суюнбаев Ш.М., доктор технических наук, профессор

Члены редколлегии: Арипов Н.М., доктор технических наук, профессор

Махаматалиев И.М., доктор технических наук, профессор

Цой В.М., доктор технических наук, профессор

Примова А.Х., доктор технических наук, профессор

Машиарипов М.Н., доктор технических наук (DSc), доцент

Бердимуратов М.К., кандидат физико-математических наук, профессор

Телебаев Г.Т., доктор философских наук, профессор

Сауханов Ж.К., доктор экономических наук, профессор

Тажигулова Г.О., доктор педагогических наук, доцент

Кобулов Ж.Р., кандидат технических наук, профессор

Ильясов А.Т., кандидат технических наук (PhD), профессор

Худайбергенов С.К., кандидат технических наук, профессор

Болтаев С.Т., кандидат технических наук, доцент

Адилова Н.Д., кандидат технических наук (PhD)

Амандиков М.А., кандидат технических наук, доцент

Бутонов Д.Б., кандидат технических наук (PhD), доцент

Асаматдинов М.О., кандидат технических наук (PhD), доцент

Жумаев Ш.Б., кандидат технических наук (PhD), доцент

Кидирбаев Б.Ю., кандидат технических наук (PhD), доцент

Мухаммадиев Н.Р., кандидат технических наук (PhD)

Хусенов У.У., кандидат технических наук (PhD)

Абдуллаев Ж.Я., кандидат технических наук (PhD)

Буриев Ш.Х., кандидат технических наук (PhD)

Каримова А.Б., кандидат технических наук (PhD)

Тургаев Ж.А., кандидат технических наук (PhD), доцент

Насиров И.З., кандидат технических наук (PhD), доцент

Сабуров Х.М., кандидат технических наук (PhD), доцент

Пурханатдинов А.П., кандидат технических наук (PhD)

Пахратдинов А.А., кандидат технических наук (PhD)

Адилова Н.Д., кандидат технических наук (PhD)

Тургунбаева Ж.Р., кандидат технических наук (PhD)

Юсупов А.К., кандидат технических наук (PhD)

Абдукадиров С.А., кандидат технических наук (PhD)

Каримова А.Б., кандидат технических наук (PhD)

Уразбаев Т.Т., кандидат технических наук (PhD)

Турсунов Т.М., кандидат технических наук (PhD)

Зокиров Ф.З., кандидат технических наук (PhD)

Лесов А.Т., кандидат технических наук (PhD)

Жумабаев Д.М., кандидат технических наук (PhD)

Шнекеев Ж.К., кандидат архитектурных наук (PhD), доцент

Мырзатаев С.М., кандидат экономических наук (PhD)

Маденова Э.Н., кандидат экономических наук (PhD), доцент

Ешиниязов Р.Н., кандидат экономических наук (PhD), доцент

Омонов Б.Н., кандидат экономических наук, доцент

Закимов М.А., кандидат экономических наук (PhD)

Раимов Г.Ф., кандидат педагогических наук, доцент

Тилаев Э.Р., кандидат исторических наук, доцент

Суюнова З.С., кандидат сельскохозяйственных наук

Яхьяев Б.С., кандидат сельскохозяйственных наук

Якубов М.Д., доктор биологических наук, доцент

Тураева Ф.А., кандидат медицинских наук (PhD), доцент

Каракулов Н.М., старший преподаватель

**Отв. ред. Ш.М. Суюнбаев**

Выпуск №3 (30) (сентябрь, 2024). Сайт: <https://mspes.kz>

ИП «Исакова У.М.». Республика Казахстан, г. Нур-Султан, 2024