

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№2 (2026)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/BGQF2124>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шеръязов С. К.	<i>т.ғ.д., профессор (Российская Федерация)</i>
Искакова З. С.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/BGQF2129>

**Д. А. Джумабекова¹, *Е. Қ. Майлыбаев²,
В. А. Лахно³, К. К. Абишев⁴**

¹Satbayev University, Республика Казахстан, г. Алматы;

²Международный транспортно-гуманитарный университет,
Республика Казахстан, г. Алматы;

³Национальный университет биоресурсов и природопользования,
Украина, г. Киев;

⁴Toraighyrov University, Республика Казахстан, г.Павлодар.

¹ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9867-4389>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1977-3690>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9695-4543>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2001-0428>

*e-mail: ersaiyn.kurmanbaiuly@mtgu.edu.kz

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМАТИКИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В данной статье раскрывается, что управление эксплуатационными процессами (ЭП) в сфере железнодорожного транспорта (ЖДТ) строится на комбинации нормативно-правовых актов железной дороги, диспетчерского надзора и функционирования автоматизированных систем управления (АСУ). Тем не менее, анализ предыдущих научных работ, проведённый в статье, показал, что классические методы управления ЭП, применяемые в ЖДТ, характеризуются ограниченной способностью к адаптации. Это особенно актуально для специфики изменяющихся условий перевозок в ЖДТ. Как следствие, обратно уменьшается эффективность использования таких методов в АСУ ЭП, особенно в условиях переменчивости динамики транспортных потоков. В статье обосновано, что для развития АСУ в ЖДТ в РК необходимо внедрение интеллектуальных аналитических методов и предсказания надежности. Такой подход, по нашему мнению, будет способствовать учету стохастических факторов в управлении ЭП на ЖДТ. Как показал обзор ряда научных публикаций по рассматриваемой в статье

проблематике, применение моделей управления ЭП, основанных на нечеткой логике, методах интеллектуального анализа данных (ИАД) и технологиях машинного обучения (МО), является наиболее перспективным направлением для повышения эффективности ЭП и их надежности, что приведёт к улучшению конкурентоспособности железнодорожного транспорта Казахстана.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, автоматизация управления, эксплуатационные процессы, прогнозирование надежности, нечеткие модели.

Введение

Обеспечение эксплуатационной надежности подвижного состава (далее по тексту статьи ПС) на железнодорожном транспорте (далее ЖДТ) непосредственно зависит от технологических процессов (далее ТП), реализуемых на железнодорожных станциях (далее ЖДС), а также от соблюдения графика движения поездов. Как правило, согласно работам [1; 2], система управления ЖДТ, направленная на повышение эффективности использования ПС. Также она, нацелена на достижение ключевых задач эксплуатационной деятельности, в частности, выполнение максимальных объемов перевозок при оптимальных значениях качественных показателей. В [3] показано, что выстраивание показателей эффективности эксплуатационных процессов (далее по тексту статьи ЭП) на ЖДТ осуществляется на основе нормативно-технологических документов, разрабатываемых на долгосрочную перспективу. Как правило итоговым показателем эксплуатационной надежности железнодорожной системы является срок доставки грузов [4].

В концепции развития транспортно-логистического потенциала Республики Казахстан до 2030 года отмечена проблема недостаточной эффективности управленческих решений, отсутствие систем мониторинга и контроля качества транспортных услуг, а также необходимость разработки научно обоснованных критериев оценки эксплуатационной надежности перевозок [5]. Действующая система управления на ЖДТ в РК в значительной степени базируется на анализе информации о произошедших событиях, при этом планирование осуществляется на основе традиционных балансовых методов, а в управлении перевозками преобладают эвристические подходы, опирающиеся на опыт специалистов и регламентные предписания. Исходя из сказанного, актуальность проблематики повышения эффективности эксплуатации ПС определяется необходимостью разработки методологии технологическо-информационного

моделирования последовательности оперативных управленческих решений в условиях неопределенности. Ее реализация потребует решения комплекса сложных научно-прикладных задач, интеграции современных методов прогнозирования надежности транспортных процессов, а также создания компонентов для интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) для управления эксплуатационной деятельностью ЖДТ.

Материалы и методы

Проблематикой улучшения систем управления ЭП занимались многие исследователи на протяжении как 20-го века, так и с современные исследователи. Эволюция теории управления эксплуатационной деятельностью тесно переплетена с развитием вычислительных средств и информационных технологий (ИТ). Разработка нормативных документов, регламентирующих ЭП, ранее проводилось преимущественно вручную [6; 7]. Значимый вклад в развитие теоретических основ управления эксплуатационной деятельностью ЖДТ внесли многие теоретики и практики ЖДТ, среди которых отметим труды таких ученых, как Акимбаев А.К., Вакуленко С.П., Валеев Н.А., Гапанович В.А., Грудинина К., Дудкин Е.П., Журавлев Н.П., Замышляев А.М., Иатова Р. К., Кириченко А.И., Розенберг И.Н., Рыбачок В.М., Савельев М.Ю., Свинцов Е.С., Сидраков А.А. и др. Исследования этих авторов стали основой для разработки рациональных методов организации ЭП, совершенствования систем нормирования показателей работы железных дорог, повышения эффективности использования подвижного состава. В научный оборот был введен термин «эксплуатационная надежность перевозочного процесса», что способствовало развитию методов оценки функционирования транспортных систем (далее ТС). За последние десятилетия исследования в области совершенствования управления грузовыми перевозками продолжили такие ученые, как Антоновский А. В., Гордиенко Е. П., Дюжева М. Б., Ефимова О. В., Загурская С. Г., Роговская Н. И., Рютина, Н. А., Старшинова Т. А., сосредоточив внимание на различных аспектах эксплуатации ПС ЖДТ, разработке новых технологий и подходов к оценке эксплуатационной надежности железнодорожной инфраструктуры.

Несмотря на достигнутый прогресс, проблематика комплексной организации ЭП на ЖДТ в РК недостаточно исследована. Дополнительной проблемой стало отсутствие интеграции интеллектуальных технологий в ЭП. В результате нормативно-технологические регламенты оказывают лишь косвенное влияние на реализацию стратегии управления ЭП. В связи с необходимостью трансформирования подходов к управлению технологическими процессами Ю. Левин ввел в научный оборот понятие

«управление технологиями», указывая на проблему недостаточной информированности диспетчерского аппарата о предстоящих событиях, что затрудняет оперативное управление ЭП.

Согласно [8] современные методы управления ЭП на ЖДТ на постсоветском пространстве по-прежнему основаны преимущественно на сочетании нормативно-технологических регламентов, традиционных методов диспетчерского контроля и АСУ ТП. Как отмечено в развитие ИТ и цифровизация транспортного сектора обусловили переход от преимущественно регламентного подхода к управлению к концепциям ИАД, прогнозного планирования и адаптивного управления, ориентированного на оперативную коррекцию параметров перевозочного процесса в условиях неопределенности. В связи с высокой сложностью процессов и наличием неопределенности, связанной с внешними условиями, задержками при обработке грузов и возможными отказами технических систем, традиционные методы управления, основанные на детерминированных моделях, оказываются недостаточно эффективными, создавая предпосылки для внедрения методов прогнозирования на основе нечетких моделей, позволяющих учитывать неопределенность входных данных и адаптировать параметры управления к изменяющимся условиям перевозочного процесса. Развитие автоматизированных систем управления (далее АСУ) позволило повысить уровень координации действий различных подразделений, ЖДТ, однако действующие системы в большинстве своем ориентированы на сбор и анализ ретроспективных (исторических) данных, не позволяя реализовывать сбалансированные механизмы прогнозного управления. Как было показано в [9] одной из проблем, связанных с управлением эксплуатационными процессами, является недостаточная интеграция ТП работы ЖДС и линейных участков с механизмами контроля и оценки эффективности функционирования системы в целом.

Как было отмечено современные тенденции развития ЖДТ направлены на внедрение интеллектуальных методов анализа данных, автоматизированных систем прогнозирования и адаптивного управления, обеспечивающих возможность учета стохастических факторов, влияющих на эксплуатационную деятельность ЖДТ. В перспективе, согласно [10] внедрение таких подходов позволит формировать динамически изменяющиеся графики движения, оптимизировать планирование использования ПС, а также повышать надежность функционирования системы за счет предиктивного мониторинга состояния инфраструктуры и ПС.

В условиях нагрузки на железнодорожную инфраструктуру РК, обусловленной интеграций с общемировыми транспортными коридорами,

и повышения требований к надежности перевозочного процесса, актуальной задачей становится развитие моделей прогнозного управления ЭП. В свою очередь, развитие кибернетических методов прогнозирования надежности эксплуатационной деятельности также потребует применения новых математических моделей (ММ), учитывающих неопределенность параметров системы управления ЭП.

Надежность эксплуатационного процесса может быть выражена как вероятность безотказного функционирования системы за интервал времени :

$$R(t) = P\{T > t\} \quad (1)$$

где T – случайная величина, описывающая время до отказа.

Классическая экспоненциальная модель:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2)$$

где λ – интенсивность отказов.

В условиях эксплуатации железнодорожного транспорта параметр не является фиксированным, так как зависит от нагрузки сети, технического состояния подвижного состава и инфраструктуры. Для учета неопределенности он задается как **нечеткое число**:

$$\tilde{\lambda} = (\lambda_{\min}, \lambda_{\text{med}}, \lambda_{\max}) \quad (3)$$

где $\lambda_{\min}$, λ_{med} , $\lambda_{\max}$ – параметры треугольной функции принадлежности .

Тогда надежность системы описывается как нечеткая функция:

$$\tilde{R}(t) = e^{-\tilde{\lambda} t} \quad (4)$$

что формирует диапазон возможных значений:

$$R_{\max}(t) = e^{-\lambda_{\min} t}, \quad R_{\text{med}}(t) = e^{-\lambda_{\text{med}} t}, \quad R_{\min}(t) = e^{-\lambda_{\max} t} \quad (5)$$

Если интенсивность отказов зависит от состояния эксплуатационных процессов $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, то:

$$\lambda = f(x) = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n \quad (6)$$

где – факторы (загруженность станций, среднее время оборота вагонов, уровень износа инфраструктуры), – весовые коэффициенты, определяемые экспертным методом или машинным обучением.

Общая нечеткая модель прогнозирования надежности эксплуатационной деятельности:

$$\bar{R}(t) = \exp(-t \cdot f(\bar{x})), \quad f(\bar{x}) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \bar{x}_i \quad (7)$$

где – нечеткие переменные, отражающие неопределенность параметров эксплуатационного процесса.

Таким образом, в отличие от классической детерминированной схемы, новая математическая модель учитывает неопределённость параметров управления (через нечеткие множества), что и соответствует кибернетическим методам прогнозирования надежности.

В этом ключе, полагаем, что перспективным направлением станет использование нечетких моделей, позволяющих формализовать экспертные знания о функционировании ЖДТ и учитывать неопределенные факторы, влияющие на ЭП.

В качестве примера было проведено сопоставление объемов обслуживания поездов в парке прибытия и численности маневровых локомотивов, задействованных в соответствующих технологических операциях. Для этого была разработана имитационная модель работы парка в среде Arena Simulation (Рисунок 1).

Парк прибытия включает пять путей. После отцепки магистрального локомотива выполняется ряд технологических операций, предшествующих разгрузке. Основная задача заключается в оценке надежности функционирования приёмоотправочного парка (ПОП) железнодорожной станции при приёме поездов в течение определённого интервала времени, а также в определении временных затрат на их обработку при прибытии и перед отправлением.

Для исследуемой станции был рассмотрен поездопоток с многоэтапной системой обработки, на основе чего построены функции плотности распределения времени прибытия и обработки составов.

системам (ИТС), способным адаптироваться к динамике ЭП. Основные различия между традиционными и современными методами управления ЭП отображены в таблице 1.

Анализ действующей системы управления ЭП, рассмотренный в проанализированных работах Валеева Н.А., Кириченко А.И. и других ученых, позволил выделить ряд существенных проблем, влияющих на эффективность ЭП. Одним из ключевых факторов, ограничивающих качество управления ЭП, является отсутствие интегрированных механизмов прогнозирования событий, что априори затрудняет оперативное принятие решений в условиях изменяющейся транспортной обстановки.

Таблица 1 – Сравнительный анализ традиционных и современных подходов к управлению ЭП (Составлено автором на основании анализа литературы [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20])

Критерий	Традиционные методы управления, рассмотренные в литературе [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20]	Современные подходы, рассмотренные в литературе [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20]
Основные принципы управления ЭП	Регламентное управление на основе статических нормативов.	Интеллектуальное управление с учетом динамики системы.
Инструменты	Графики движения, нормативные документы.	Автоматизированные системы управления, прогнозное моделирование.
Гибкость системы	Ограниченная (жесткое планирование).	Высокая (адаптация к изменяющимся условиям).
Учет неопределенности	Практически отсутствует.	Используются методы анализа данных, в т.ч. нечеткие модели.
Автоматизация	Частичная (преимущественно фиксированная отчетность).	Полная (интеллектуальные системы поддержки принятия решений).
Основные проблемы	Низкая эластичность, высокая зависимость от человеческого фактора.	Высокие требования к обработке данных и интеграции технологий ИАД и искусственного интеллекта (далее ИИ).

Неполнота функционала автоматизированных систем на ЖДТ в РК, иногда функционирующих независимо друг от друга и не обеспечивающих комплексного контроля эксплуатационной деятельности – это, пожалуй, дополнительный барьер с которым сталкиваются операторы АСУ ЭП. Перечень основных проблем, выявленных в ходе анализа предшествующих

исследований [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20], представлен в систематизированном виде таблице 2.

С целью повышения эффективности управления ЭП на ЖДТ в последние десятилетия, как в станах СНГ, так и за рубежом, на нем мы остановимся ниже, активно разрабатываются и внедряются новые АСУ [11; 12].

Крупнейшие развитые страны мира активно внедряют интеллектуальные системы управления на железных дорогах, опираясь на современные методы цифровизации, прогнозирования и адаптивного регулирования графиками железнодорожного движения. Например, железнодорожная инфраструктура США задействуют системы автоматического управления поездами Positive Train Control (PTC) [13; 14]. В Германии одним из ключевых направлений развития АСУ и интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в рамках внедрения «Digital Schiene Deutschland» является внедрение цифровых двойников (ЦД) железнодорожных сетей [15]. Китай внедрил интеллектуальную систему управления движением поездов – Chinese Train Control System (CTCS) [16].

Тем не менее, существующие решения, обладают рядом недостатков. Прежде всего, речь идет об ограниченной интеграции с интеллектуальными системами поддержки принятия решений и недостаточном учете факторов неопределенности. Для анализа возможностей и ограничений действующих автоматизированных систем управления ЭП ниже представлена таблица 3.

Таблицы 1, 2 и 3 помогли нам в процессе исследования структурировать материал, собранный в ходе анализа. А табличная форма упрощает восприятие такого анализа, делая его более наглядными.

Анализ современного состояния управления ЭП на ЖДТ показал, что, несмотря на внедрение АС и цифровых технологий, сохраняются значительные проблемы, влияющие на эффективность АСУ ЭП. Показано, что одно из основополагающих условий эффективного функционирования ЖДТ – обеспечение надежности ЭП, поскольку она напрямую влияет на стабильность перевозочного процесса, минимизацию рисков сбоев и аварийных ситуаций.

Таблица 2 – Основные проблемы действующей системы управления ЭП на ЖДТ (Составлено автором на основании анализа литературы [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20])

№	Проблема	Описание	Следствие
1	Отсутствуют механизмы прогнозного управления ЭП.	Диспетчеры управляют перевозками, основываясь на ретроспективных данных.	Увеличение количества внеплановых задержек, соответственно, снижение надежности перевозочного процесса.
2	Функционал АСУ ЭП фрагментирован.	Разные АСУ на ЖДТ частно работают независимо, также отсутствует интеграция данных.	Сложность в принятии оперативных решений.
3	Использование данных в реальном времени в существующих АСУ ЭП ограничено.	Большинство решений принимается на основе регламентных документов, принятых на ЖДТ.	Недостаточная эффективность диспетчерского управления ЭП.
4	Факторы неопределенности недостаточно учтены для задач управления ЭП.	Детерминированные методы не учитывают динамику изменения факторов для ЭП.	Высокая чувствительность системы управления ЭП к сбоям и отклонениям.
5	Нечеткие модели и ИИ в управлении ЭП ограничены.	Преимущественно применяются эвристические методы подходы.	Снижение адаптивности системы управления ЭП к изменяющимся условиям на ЖДТ.

Таблица 3 – Автоматизированные системы (АС) управления ЭП на ЖДТ (Составлено автором на основании анализа литературы [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20])

Название системы	Функции	Применяемые технологии	Недостатки
АСУ Д (Автоматизированная система управления движением).	Контроль графика движения, регулирование потоков на ЖДТ.	Диспетчерское управление, балансовые модели и ИТ.	Отсутствие прогнозных алгоритмов на основе ИАД, МО и ИИ.
SAPT (Система автоматизированного планирования перевозок).	Оптимизация маршрутов, контроль ПС.	Прогнозная аналитика, оптимизационные алгоритмы.	Недостаточный учет неопределенности в ММ.
Интеллектуальные системы (в том числе СППР) на основе ИИ.	Автоматизированное планирование, прогнозирование сбоев.	МО, нечеткая логика, цифровые двойники	Высокая сложность внедрения, необходимость больших объемов данных.

Как было показано в работах [17; 18; 19], надежность перевозок – это комплексная характеристика, включающая в себя несколько ключевых аспектов начиная от своевременного выполнения операций на различных этапах перевозочного процесса, возможности прогнозирования и управления технологическими отклонениями, и заканчивая способностью системы управления своевременно реагировать на возмущающие факторы. Несмотря на значительные достижения в области цифровизации и автоматизации управления, традиционные методы организации эксплуатационной деятельности, систематизированные в таблице 1, не всегда обеспечивают достаточный уровень контроля за ключевыми параметрами надежности ЭП на ЖДТ.

Результаты и обсуждение

Параметры распределения случайной величины, характеризующей длительность перестановок, определялись на основе статистической информации из базы данных ЖДС Шамалган.

Для аппроксимации экспериментальных данных, полученных в ходе имитационного моделирования, в качестве основного закона распределения было выбрано логнормальное распределение. Данный выбор обусловлен рядом причин, подробно рассмотренных в работах [20].

Для примера на рисунке 3 соответственно, показана гистограмма функции плотности распределения прибытия поездов в ПОП перед отправкой для логнормального закона. Как можно видеть экспоненциальный закон не дает той наглядности представления, как это видно для логнормального распределения. Аналогично можно говорить и о других законах распределения, которые имеются в арсенале пакета Rail sidings management программы Arena Simulation, использовавшегося для обработки данных как имитационного моделирования, так и результатов обработки данных наблюдений в ходе обследования ЖДС.

В ходе исследования установлено, что традиционные методы управления эксплуатационными процессами (ЭП) на ЖДТ характеризуются недостаточной адаптивностью, что прежде всего обусловлено динамичностью условий перевозочного процесса.

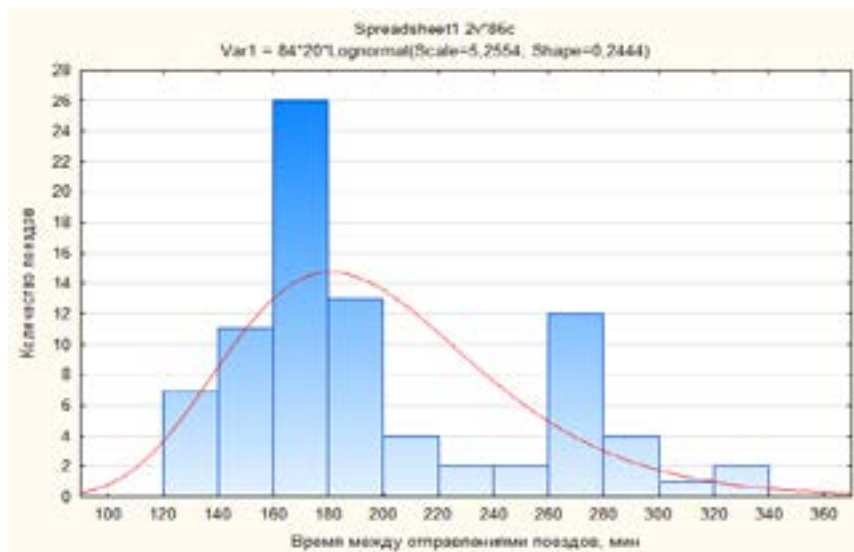


Рисунок 3 – ФПР прибытия поездов в ПОП перед отправкой

Анализ предшествующих работ, показал, что существующие АСУ преимущественно ориентированы на обработку ретроспективных данных, хранимых в базах данных вычислительных центров железной дороги, и не обеспечивают полноценного прогнозного управления эксплуатационными процессами. В связи с этим обоснована необходимость интеграции методов интеллектуального анализа данных и нечетких моделей в процесс принятия управленческих решений.

Выводы

На основе анализа предшествующих исследований в статье обосновано, что развитие автоматизированных систем управления (АСУ) ЖДТ настоятельно требует интеграции интеллектуальных методов анализа данных для задач управления ЭП. Поскольку такой подход учитывает и стохастические факторы. В этой связи сделан вывод о целесообразности задействования математического аппарата нечеткой логики для совершенствования управления ЭП на ЖДТ Казахстана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Куныгина, Л. В.** Современные информационные технологии в управлении железнодорожным транспортом // Транспорт : наука, образование, производство. – 2021. – С.111.
- 2 **Елисеев, С., Миронова, О.** Совершенствование системы управления железнодорожным транспортом, обслуживания грузовладельцев и пассажиров // РИСК : Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2016. – №1. – С.6.
- 3 **Маликов, О. Б., Покровская, О. Д.** Анализ системы нормирования на железнодорожном транспорте с позиций логистики и клиентоориентированности // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2017. – №14(2). – С.187.
- 4 **Апатцев, В. И.** Показатели оценки качества технологических процессов работы железнодорожных станций // Наука и техника транспорта. – 2013. – №3. – С.44.
- 5 Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2022 года № 1116 Об утверждении Концепции развития транспортно-логистического потенциала Республики Казахстан до 2030 года. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37266558
- 6 **Дудкин, Е. П., Рыбачок, В. М., Свинцов, Е. С.** Проблемы и перспективы развития промышленного железнодорожного транспорта // Транспорт Российской Федерации. – 2006. – №7. С. 46.
- 7 **Вакуленко, С. П., Журавлев, Н. П., Савельев, М. Ю., Сидраков, А. А.** Нормативное обеспечение разработки единых технологических процессов работы станций примыкания и железнодорожных путей необщего пользования // Фёдор Петрович Кочнев-выдающийся организатор транспортного образования и науки в России. – 2021. С. 74.
- 8 **Валеев, Н. А.** Управление эксплуатационными затратами железнодорожных компаний // Экономика железных дорог. – 2017. – №12. – С.26.
- 9 **Гапанович, В. А., Розенберг, И. Н.** Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. – 2011. – №4. – С.5.
- 10 **Замышляев, А. М.** Автоматизация процессов комплексного управления техническим содержанием инфраструктуры железнодорожного транспорта: дисс. на соиск. степ. д-ра техн. наук по 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (транспорт) – Москва, 2013. – 340 с.

- 11 **Sarp, S., Kuzlu, M., Jovanovic, V., Polat, Z., Güler, Ö.** Digitalization of railway transportation through AI-powered services : digital twin trains // European Transport Research Review. – 2024. – P. 16. <https://doi.org/10.1186/s12544-024-00679-5>
- 12 **Knutsen, D., Olsson, N., Fu, J., Rosberg, T.** Capacity evaluation of ERTMS/ETCS HTD and moving block // Journal of Rail Transport Planning & Management. – 2025. – 100506. – P. 33. <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2025.100506>.
- 13 **d'Ariano, A., Corman, F., Fujiyama, T., Meng, L., Pellegrini, P.** Simulation and optimization for railway operations management // Journal of Advanced Transportation. – 2018. – P. 3. <https://doi.org/10.1155/2018/4896748>
- 14 **Schwanhäußer, W.** The status of German railway operations management in research and practice // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 1994. – № 28(6). P. 495. [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(94\)90047-7](https://doi.org/10.1016/0965-8564(94)90047-7)
- 15 **Narayanaswami, S., Rangaraj, N.** Scheduling and rescheduling of railway operations: A review and expository analysis // Technology Operation Management. – 2011. – № 2. P. 102. <https://doi.org/10.1007/s13727-012-0006-x>
- 16 **Albrecht, T., Dasigi, M.** ON-TIME: A Framework for Integrated Railway Network Operation Management // Traffic Management. – 2016. – № 3. P. 167. <https://doi.org/10.1002/9781119307822.ch12>
- 17 **Иатова, Р. К., Акимбаев, А. К.** Способы развития железнодорожных пассажирских перевозок в Республике Казахстан // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2014. – № 3. – С. 273.
- 18 **Кириченко, А. И.** Методика создания интеллектуальных автоматизированных систем управления доставкой грузов на железной дороге. Наука и прогресс транспорта // Вестник Днепровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2017. – № 2(68). – С.46. <https://doi.org/10.15802/stp2017/99950>
- 19 **Грудинина, К. А.** Оценка влияния объема перевозок и качества работы железных дорог на эксплуатационные расходы по видам деятельности. дисс. на соиск. степ. канд. экон. наук по 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями и комплексами - транспорт) – Москва, 2005. – 192 с.
- 20 **Спирин, Н. А., Лавров, В. В., Зайнуллин, Л. А., Бондин, А. Р., Бурыкин, А. А.** Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: учебное пособие. – Екатеринбург : Изд-во УИИЦ, 2015. – 290 с.

REFERENCES

- 1 **Kunygina, L. V.** Sovremennye informacionnye tehnologii v upravlenii zheleznodorozhnym transportom [Modern intelligent technologies in railway transport management] // Transport : nauka, obrazovanie, proizvodstvo. – 2021. – P.111.
- 2 **Eliseev, S., Mironova, O.** Sovershenstvovanie sistemy upravlenija zheleznodorozhnym transportom, obsluzhivaniya gruzovladel'cev i passazhirov [Improving the railway transport management system, providing services to cargo owners and passengers] // RISK : Resursy, Informacija, Snabzhenie, Konkurencija. – 2016. – № 1. – P. 6.
- 3 **Malikov, O. B., Pokrovskaja, O. D.** Analiz sistemy normirovaniya na zheleznodorozhnom transporte s pozicij logistiki i klientoorientirovannosti [Analysis of the standardization system in railway transport from the standpoint of logistics and customer focus] // Izvestija Peterburgskogo universiteta putej soobshhenija. – 2017. – № 14(2). – P. 187.
- 4 **Apatcev, V. I.** Pokazateli ocenki kachestva tehnologicheskikh processov raboty zheleznodorozhnyh stancij [Indicators for assessing the quality of technological processes at railway stations] // Nauka i tehnika transporta. – 2013. – № 3. – P. 44.
- 5 Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 30 dekabrya 2022 goda № 1116 Ob utverzhdenii Konceptii razvitiya transportno-logisticheskogo potentsiala Respubliki Kazahstan do 2030 goda [Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated December 30, 2022 № 1116 On approval of the Concept for the development of the transport and logistics potential of the Republic of Kazakhstan until 2030]. – [Electronic resource]. – https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37266558
- 6 **Dudkin, E. P., Rybachok, V. M., Svincov, E. S.** Problemy i perspektivy razvitiya promyshlennogo zheleznodorozhnogo transporta [Problems and prospects for the development of industrial rail transport] // Transport Rossijskoj Federacii. – 2006. – № 7. P. 46.
- 7 **Vakulenko, S. P., Zhuravlev, N. P., Savel'ev, M. Ju., Sidrakov, A. A.** Normativnoe obespechenie razrabotki edinyh tehnologicheskikh processov raboty stancij primykaniya i zheleznodorozhnyh putej neobshhego pol'zovaniya [Regulatory support for the development of unified technological processes for the operation of junction stations and non-public railway tracks] // Fjodor Petrovich Kochnev-vydajushhijsja organizator transportnogo obrazovaniya i nauki v Rossii. – 2021. – P. 74.
- 8 **Valeev, N. A.** Upravlenie jekspluatacionnymi zatratami zheleznodorozhnyh kompanij [Management of operating costs of railway companies] // Jekonomika zheleznih dorog. – 2017. – № 12. – P. 26.

9 **Gapanovich, V. A., Rozenberg, I. N.** Osnovnye napravleniya razvitiya intellektual'nogo zheleznodorozhnogo transporta [Main directions of development of intelligent rail transport] // Zheleznodorozhnyj transport. – 2011. – № 4. – P. 5.

10 **Zamyshljaev, A. M.** Avtomatizacija processov kompleksnogo upravleniya tehničeskim soderzhanijem infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta: diss. na soisk. step. d-ra tehn. nauk po 05.13.06 – Avtomatizacija i upravlenie tehnologičeskimi processami i proizvodstvami (transport). [Automation of integrated management processes for the technical maintenance of railway transport infrastructure: dissertation for the degree of doctor of technical sciences in 05.13.06 – Automation and management of technological processes and production (transport)] – Moscow, 2013. – 340 p.

11 **Sarp, S., Kuzlu, M., Jovanovic, V., Polat, Z., Güler, Ö.** Digitalization of railway transportation through AI-powered services: digital twin trains // European Transport Research Review. – 2024. – P. 16. – <https://doi.org/10.1186/s12544-024-00679-5>

12 **Knutsen, D., Olsson, N., Fu, J., Rosberg, T.** Capacity evaluation of ERTMS/ETCS HTD and moving block // Journal of Rail Transport Planning & Management. – 2025. – 100506. – P. 33. – <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2025.100506>.

13 **d'Ariano, A., Corman, F., Fujiyama, T., Meng, L., Pellegrini, P.** Simulation and optimization for railway operations management // Journal of Advanced Transportation. – 2018. – P. 3. – <https://doi.org/10.1155/2018/4896748>

14 **Schwahnhaüßer, W.** The status of German railway operations management in research and practice // Transportation Research Part A : Policy and Practice. – 1994. – № 28(6). P. 495. – [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(94\)90047-7](https://doi.org/10.1016/0965-8564(94)90047-7)

15 **Narayanaswami, S., Rangaraj, N.** Scheduling and rescheduling of railway operations: A review and expository analysis // Technology Operation Management. – 2011. – № 2. P. 102. – <https://doi.org/10.1007/s13727-012-0006-x>

16 **Albrecht, T., Dasigi, M.** ON-TIME: A Framework for Integrated Railway Network Operation Management // Traffic Management. – 2016. – № 3. P. 167. – <https://doi.org/10.1002/9781119307822.ch12>

17 **Iatova, R. K., Akimbaev, A. K.** Sposoby razvitiya zheleznodorozhnyh passazhirskih perevozok v Respublike Kazahstan [Methods for the development of rail passenger transportation in the Republic of Kazakhstan] // Vestnik Kazahskoj akademii transporta i kommunikacij im. M. Tynyshpaeva. – 2014. – № 3. – P. 273.

18 **Kirichenko, A. I.** Metodika sozdaniya intellektual'nyh avtomatizirovannyh sistem upravleniya dostavkoj gruzov na zheleznoj doroge. Nauka i progress transporta [Methodology for creating intelligent automated freight delivery management systems]

on the railway. Science and Progress of Transport] // Vestnik Dnepropetrovskogo nacional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta. – 2017. – № 2(68). – P. 46.

19 **Grudinina, K. A.** Ocenka vlijanija ob#ema perevozok i kachestva raboty zheleznyh dorog na jekspluatacionnye rashody po vidam dejatel'nosti. diss. na soisk. step. kand. jekon. nauk po 08.00.05 – Jekonomika i upravlenie narodnym hozjajstvom (jekonomika, organizacija i upravlenie predprijatijami, otrasljami i kompleksami - transport). [Assessing the impact of transportation volume and railway performance on operating costs by type of activity. Dissertation for the candidate of economic sciences degree in 08.00.05 – Economics and management of the national economy (economics, organization, and management of enterprises, industries, and complexes – transport)] – Moscow, 2005. – 192 p.

20 **Spirin, N. A., Lavrov, V. V., Zajnullin, L. A., Bondin, A. R., Burykin, A. A.** Metody planirovanija i obrabotki rezul'tatov inzhenerного jeksperimenta: uchebnoe posobie [Methods of planning and processing the results of an engineering experiment: textbook] – Ekaterinburg : Izd-vo UINC, 2015. – 290 p.

Поступило в редакцию 25.11.25.

Поступило с исправлениями 25.11.25.

Принято в печать 29.05.26.

*Д. А. Джумабекова¹, *Е. Қ. Майлыбаев², В. А. Лахно³, К. К. Абишев⁴*

¹Satbayev University, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;

²Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;

³Украинаның Ұлттық биоресурстар және табиғатты пайдалану
университеті, Украина, Киев қ.;

⁴Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
25.11.25 ж. баспаға түсті.

25.11.25 ж. түзетулерімен түсті.

29.05.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

ТЕМІРЖОЛ КӨЛІГІНДЕГІ ЭКСПЛУАТАЦИЯЛАУ ПРОЦЕСТЕРІН БАСҚАРУДЫ АВТОМАТТАНДЫРУ МӘСЕЛЕЛЕРІН ТАЛДАУ

Бұл мақалада темір жол көлігі (ТЖК) саласындағы эксплуатациялау үрдістерін (ЭУ) басқару темір жолдың нормативтік-құқықтық актілерінің, диспетчерлік қадағалаудың және автоматтандырылған басқару жүйелерінің (АБЖ) жұмыс істеуінің комбинациясына

негізделгені қарастырылады. Дегенмен, мақалада көрсетілгендей, алдыңғы ғылыми жұмыстарды талдау ТЖК-да қолданылатын ЭУ басқарудың классикалық әдістерінің бейімделу қабілетінің шектеулі екендігі анықталды. Бұл әсіресе ТЖК-да тасымалдаудың өзгеретін жағдайларының ерекшелігіне қатысты, нәтижесінде ЭУ АБЖ-да, әсіресе көлік ағындары динамикасының өзгергіштігі жағдайында аталған әдістерді қолдану тиімділігі кері төмендейді. Мақалада ҚР-да ТЖК-да АБЖ дамыту үшін зияткерлік талдау әдістерін енгізу және сенімділікті болжау механизмдері қажет екендігі зерттелген. Біздің ойымызша, бұл тәсіл ТЖК-да ЭП басқарудағы стохастикалық факторларды есепке алуға ықпал етеді. Мақалада қарастырылған мәселелер бойынша бірқатар ғылыми жарияланымдарға шолу көрсеткендей, анық емес логикаға, деректерді зияткерлік талдау әдістеріне (ДЗИ) және машиналық оқыту технологияларына (МО) негізделген ЭУ басқару модельдерін қолдану ЭУ тиімділігін және олардың сенімділігін арттыру үшін ең перспективалы бағыт болып табылады, бұл Қазақстанның теміржол көлігінің бәсекеге қабілеттілігін жақсартуға әкеледі.

Кілтімі сөздер: теміржол көлігі, басқаруды автоматтандыру, эксплуатациялық үрдістер, сенімділікті болжау, анық емес модельдер.

*D. A. Jumabekova¹, *Y. K. Mailybayev², V. A. Lakhno³, K. K. Abishev⁴*

¹Satbayev University, Republic of Kazakhstan, Almaty

²International University of Transport and Humanities,
Republic of Kazakhstan, Almaty;

³National University of Life Resources and Environmental Management
of Ukraine, Ukraine, Kyiv;

⁴Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Received 25.11.25.

Received in revised form 25.11.25.

Accepted for publication 29.05.26.

MANAGEMENT IN RAILWAY TRANSPORT

This article reveals that the management of operational processes in the field of railway transport is based on a combination of railway regulations, dispatching supervision and the functioning of automated control systems. Nevertheless, the analysis of previous scientific papers conducted in the article showed that the classical methods of operational

process management used in railway transport are characterized by limited adaptability. This is especially true for the specifics of changing transportation conditions in rail transport. As a result, the efficiency of using such methods in automated operational process management systems decreases inversely, especially in conditions of variable traffic flow dynamics. The article proves that the introduction of intelligent analytical methods and reliability prediction is necessary for the development of automated control systems in railway transport in the Republic of Kazakhstan. In our opinion, this approach will help to take into account stochastic factors in the management of operational processes in railway transport. As a review of a number of scientific publications on the issues discussed in the article has shown, the use of operational process management models based on fuzzy logic, data mining methods and machine learning technologies is the most promising direction for improving the efficiency of operational processes and their reliability, which will lead to an improvement in the competitiveness of Kazakhstan's railway transport.

Keywords: railway transport, control automation, operational processes, reliability forecasting, fuzzy models.

Теруге 09.06.2026 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2026 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

5,86 Mb RAM

Шартты баспа табағы 34,4. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. Б. Шукитова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4557

Сдано в набор 09.06.2026 г. Подписано в печать 30.06.2026 г.

Электронное издание

5,86 Mb RAM

Усл. печ. л. 34,4. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. Б. Шукитова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4557

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz