

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

27-june, 2026



engineer.tstu.uz

**TEXNIKA FANLARI DOKTORI, PROFESSOR
MIRAXMEDOV MAXAMADJON MIRAXMEDOVICH
TAVALLUDINING 80 YILLIGIGA BAG'ISHLANGAN
“SAMARALI QURILISH MATERIALLARI, KONSTRUKSIYALARI VA
TEKNOLOGIYALARI”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO'PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti RAASN akademigi, O'zbekistonda xizmat ko'rsatgan yoshlar murabbiyi, texnika fanlari doktori, professor Miraxmedov Maxamadjon Miraxmedovich tavalludining 80 yilligiga bag'ishlangan, ilmiy ishlar to'plami nashr etilishi ko'zda tutilgan «Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari» mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyani o'tkazishni rejalashtirmoqda.

M.M. Miraxmedov kompozitsion qurilish materiallarining polistruktura nazariyasini rivojlantirishga salmoqli hissa qo'shgan. Uning qurilish materialshunosligi sohasidagi ilmiy hissi e'tirofi sifatida 1995-yilda Rossiya arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining (RAASN) xorijiy a'zosi etib saylangan. M.M. Miraxmedov 6 ta monografiya, 200 dan ortiq ilmiy maqolalar va 25 ta ixtiroga mualliflik guvohnomalari muallifidir.

Ushbu konferensiyaning asosiy maqsadi - qurilish materialshunosligi, bino va inshootlarni loyihalash va qurilish sohasidagi ilmiy tadqiqotlar natijalarini, shuningdek, muhandislik ta'limini takomillashtirish yo'llarini muhokama qilishdan iborat.

Konferensiya ishida ishtirok etish uchun oliy o'quv yurtlari va ilmiy tadqiqot institutlari olimlari, O'zbekiston Respublikasi va xorijiy davlatlarning ishlab chiqarish vakillari, ilmiy tadqiqotlarda salmoqli natijalarga ega bo'lgan mutaxassislar taklif etiladi.

“Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. Resurs va energiya tejovchi qurilish materiallari va texnologiyalari.
2. Atrof-muhitning transport infratuzilmasiga ta'siri va uni himoya qilish usullari.
3. Bino va inshootlarning qurilish konstruksiyalari: hisoblash va loyihalashning zamonaviy usullari.
4. Arxitektura, shaharsozlik va shahar muhitini rivojlantirish.
5. Qurilishni tashkil etishning innovatsion usullari va qurilish jarayonlari texnologiyalari.
6. Transport obyektlarini loyihalash va qurishda raqamli texnologiyalar hamda sun'iy intellekt.
7. Temir yo'l transporti infratuzilmasi obyektlarini loyihalash, qurish va ekspluatatsiya qilish.
8. Zamonaviy muhandislik ta'limi tizimini takomillashtirish.

Mazkur konferensiya ilmiy hamjamiyatning turli vakillarini bir joyga jamlab, qurilish materialshunosligi sohasidagi zamonaviy muammolar va istiqbollarni muhokama qilish uchun qulay platforma vazifasini bajardi.

Analysis of Modern Research on the Impact of Desert Winds and Sand Processes on Railway Tracks

A.Yu. Mamadaliev¹^a, S. S. Jabbarova²^b

¹Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan

²Tashkent State Transport University

Abstract: The article provides an analytical review of modern domestic and foreign research dedicated to the impact of desert winds and sand processes on railway infrastructure. The climatic and aerodynamic features of arid regions, the mechanisms of sand drift formation, and their impact on the elements of the road's upper structure have been examined. A comparative analysis of modern engineering solutions for protecting railways from wind and sand impacts has been conducted. It has been established that foreign research is primarily focused on the application of CFD modeling, digital monitoring, and aerodynamic analysis of sand flows, while domestic research focuses on increasing the operational stability of the upper track structure and improving sand protection structures. The main scientific problems have been identified and promising areas for further research in the field of increasing the stability of railway infrastructure in desert regions have been identified.

Keywords: Railway track, desert winds, sand drift, aerodynamics, arid regions, ballast layer, CFD modeling, engineering protection, operational stability

Анализ Современных Исследований Воздействия Пустынных Ветров и Песчаных Процессов на Железнодорожные Пути

А.Ю. Мамадалиев¹^a, С. С. Жаббарова²^b

¹Министерство высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан

²Ташкентский государственный транспортный университет

Аннотация: В статье выполнен аналитический обзор современных отечественных и зарубежных исследований, посвящённых воздействию пустынных ветров и песчаных процессов на железнодорожную инфраструктуру. Рассмотрены климатические и аэродинамические особенности аридных регионов, механизмы формирования песчаных заносов и их влияние на элементы верхнего строения пути. Выполнен сравнительный анализ современных инженерных решений по защите железных дорог от ветро-песчаных воздействий. Установлено, что зарубежные исследования преимущественно ориентированы на применение CFD-моделирования, цифрового мониторинга и аэродинамического анализа песчаных потоков, тогда как отечественные исследования сосредоточены на повышении эксплуатационной устойчивости верхнего строения пути и совершенствовании пескозащитных сооружений. Выявлены основные научные проблемы и определены перспективные направления дальнейших исследований в области повышения устойчивости железнодорожной инфраструктуры в условиях пустынных регионов.

Ключевые слова: Железнодорожный путь, пустынные ветры, песчаные заносы, аэродинамика, аридные регионы, балластный слой, CFD-моделирование, инженерная защита, эксплуатационная устойчивость


1. ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация железных дорог в условиях пустынных территорий сопровождается воздействием сложных природно-климатических факторов, среди которых особую опасность представляют регулярные пустынные ветры, песчаные бури и процессы эолового переноса

песка [1]. Под воздействием интенсивных воздушных потоков происходит перенос песчаных масс, приводящий к образованию песчаных заносов, загрязнению балластного слоя и ускоренному износу элементов верхнего строения пути [2].

Особую актуальность данная проблема приобретает для стран Центральной Азии,

^a <https://orcid.org/0009-0004-2390-6961>

^b <https://orcid.org/0000-0003-3691-1079>



Ближнего Востока, Китая и Северной Африки, где значительная часть железнодорожных линий проходит через аридные территории [3]. Для Республики Узбекистан вопросы обеспечения устойчивой эксплуатации железнодорожной инфраструктуры в условиях пустынь Кызылкум и Каракум имеют стратегическое значение в развитии международных транспортных коридоров и обеспечении транспортной безопасности [12].

Современные исследования показывают, что существующие методы защиты железнодорожной инфраструктуры не всегда обеспечивают необходимую эффективность в условиях усиления ветро-песчаных процессов и климатических изменений [3, 4]. Зарубежные исследования преимущественно ориентированы на применение CFD-моделирования, цифрового мониторинга и автоматизированного анализа песчаных потоков [3, 4, 10], тогда как отечественные исследования сосредоточены на повышении устойчивости верхнего строения пути и совершенствовании пескозащитных сооружений [12–16].

Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых воздействию пустынных ветров на железнодорожную инфраструктуру, вопросы комплексного учёта аэродинамических, геотехнических и эксплуатационных факторов остаются недостаточно изученными.

В существующих исследованиях недостаточно внимания уделяется интеграции аэродинамического моделирования, мониторинга состояния балластного слоя и ресурсосберегающих инженерных решений применительно к условиям аридных регионов Центральной Азии.

В связи с этим возникает необходимость систематизации современных научных исследований, выявления существующих научных проблем и определения перспективных направлений совершенствования инженерных решений по защите железнодорожных путей от воздействия пустынных ветров и песчаных процессов.

2. ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является аналитический обзор современных отечественных и зарубежных исследований воздействия пустынных ветров и песчаных процессов на железнодорожные пути, а также выявление основных научных проблем и перспективных направлений совершенствования инженерных решений в условиях аридных регионов.

Задачи исследования

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- выполнить анализ современных исследований воздействия пустынных ветров на железнодорожную инфраструктуру.

- исследовать климатические и аэродинамические особенности пустынных регионов.

- проанализировать влияние песчаных заносов на элементы верхнего строения пути.

- выполнить сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта эксплуатации железных дорог в пустынных районах.

- выявить основные недостатки существующих инженерных решений.

- Определить перспективные направления дальнейших научных исследований.

Анализ воздействия пустынных ветров на железнодорожный путь

Пустынные ветры являются одним из наиболее опасных природно-климатических факторов, негативно влияющих на железнодорожную инфраструктуру аридных регионов. Под воздействием интенсивных воздушных потоков происходит перенос песчаных масс, образование песчаных заносов и загрязнение элементов верхнего строения пути [1].

Таблица 1

Основные последствия воздействия пустынных ветров

№	Фактор воздействия	Влияние на железнодорожный путь	Основные последствия
1	Перенос песчаных масс	Засыпание рельсов и балластного слоя	Нарушение движения поездов
2	Абразивное воздействие песка	Износ рельсов, креплений и стрелочных переводов	Снижение срока службы элементов пути
3	Высокая скорость ветра	Дестабилизация земляного полотна	Деформация железнодорожного пути
4	Песчаные бури	Ограничение видимости на железной дороге	Снижение безопасности движения
5	Загрязнение балластного слоя	Ухудшение дренажных свойств балласта	Снижение несущей способности и пути



6	Эоловые процессы	Формирование песчаных дюн и заносов	Увеличение эксплуатационных расходов
7	Температурные колебания	Воздействие на элементы верхнего строения пути	Появление деформаций и трещин
8	Накопление песка на инфраструктуре	Нарушение работы систем сигнализации и связи	Повышение риска аварийных ситуаций

Фундаментальные исследования процессов ветрового переноса песка были выполнены R.A. Bagnold, который установил, что интенсивность песчаных процессов определяется скоростью ветра, гранулометрическим составом песка и аэродинамическими особенностями поверхности [1]. Исследования Kok J.F. и соавторов показали, что интенсивность переноса песчаных частиц зависит от турбулентности воздушного потока, размеров песчаных частиц и состояния поверхности грунта [2].

Зарубежные исследования преимущественно ориентированы на изучение аэродинамических процессов формирования песчаных заносов вблизи железнодорожной инфраструктуры. Bruno L., Horvat M. и Raffaele L. установили, что железнодорожные насыпи изменяют структуру воздушного потока, вызывая локальное накопление песка вблизи железнодорожного полотна [3]. Авторы отмечают, что наиболее опасными зонами являются насыпи и стрелочные переводы, где происходит изменение аэродинамического режима движения воздушных потоков.



Рис. 1. Воздействие пустынных ветров на железнодорожный путь

Исследования Li X., Liu Y. и Zhang N. показали, что применение наклонных

аэродинамических барьеров позволяет снизить объем песчаных заносов до 42 % [4]. Saraireh H. и соавторы установили, что железнодорожное полотно в пустынных районах способствует интенсивному осаждению песка на поверхности пути [5].

Отечественные исследования преимущественно направлены на изучение устойчивости верхнего строения пути и совершенствование пескозащитных сооружений для условий пустынь Кызылкум и Каракум.

Исследования Т.И. Фазилова, М.М. Мирахмедова, А.М. Абдукаримова, Ш.Ш. Абдукамилова, С.Т. Джаббарова и М.К. Музаффаровой показали, что загрязнение балластного слоя песком приводит к снижению его несущей способности, ухудшению дренажных свойств и ускоренному развитию остаточных деформаций пути [12–16].

Климатические и аэродинамические особенности пустынных регионов

Пустынные регионы характеризуются высокой скоростью ветра, низкой влажностью воздуха, резкими температурными колебаниями и активными эоловыми процессами, что является основной причиной формирования песчаных заносов на железнодорожных путях [1].

Исследования Bruno L., Horvat M. и Raffaele L. показали, что железнодорожные насыпи изменяют структуру воздушного потока

и способствуют локальному накоплению песка вдоль железнодорожного полотна [3]. Наиболее опасными зонами являются насыпи, искусственные сооружения и стрелочные переводы.

Современные зарубежные исследования подтверждают высокую эффективность применения CFD-моделирования для прогнозирования движения песчаных потоков и оценки аэродинамических параметров пескозащитных сооружений [3, 4]. В частности, исследования Li X. и соавторов показали, что применение аэродинамических барьеров позволяет существенно снизить интенсивность песчаных заносов [4].

В отечественных исследованиях основное внимание уделяется изучению особенностей ветрового режима пустынь Кызылкум и Каракум, а также вопросам адаптации инженерных решений к природно-климатическим условиям Центральной Азии [12–16]. Вместе с тем вопросы цифрового мониторинга и математического прогнозирования песчаных процессов остаются недостаточно изученными.



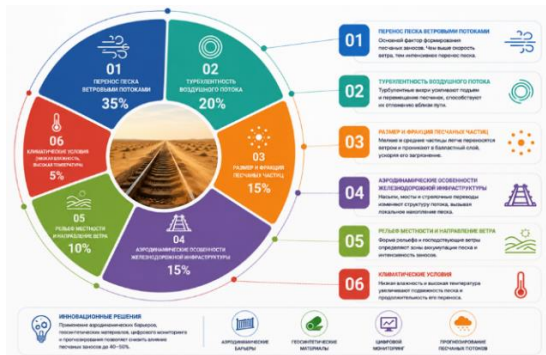


Рис. 2. Диаграмма основных факторов воздействия влияющих на формирование песчаных заносов и состояние пути

Влияние песчаных заносов на элементы верхнего строения пути

Песчаные заносы являются одним из наиболее опасных факторов, влияющих на техническое состояние верхнего строения железнодорожного пути в пустынных регионах. Под воздействием ветро-песчаных потоков происходит загрязнение балластного слоя, абразивный износ рельсов и креплений, нарушение работы стрелочных переводов и снижение устойчивости пути [6–9].

Исследования Г.М. Шахунянца показали, что балластный слой выполняет функцию распределения нагрузок и обеспечения устойчивости рельсошпальной решётки [7]. Автор установил, что загрязнение балласта мелкими песчаными частицами приводит к ухудшению дренажных свойств и снижению несущей способности пути.

Е.С. Ашпиз доказал, что проникновение песка в поровое пространство балласта приводит к уменьшению коэффициента фильтрации и ускоренному развитию остаточных деформаций пути [6]. Исследования Колос А.Ф. и Николаитис Д.С. показали, что загрязнение балласта песком вызывает рост динамических напряжений в рельсошпальной решётке и приводит к неравномерной осадке железнодорожного пути [9].

Зарубежные исследования также подтверждают значительное влияние песчаных заносов на железнодорожную инфраструктуру. Bruno L. и соавторы установили, что накопление песка в зоне рельсов и стрелочных переводов нарушает работу систем сигнализации, снижает устойчивость движения поездов и увеличивает риск аварийных ситуаций [3].

Таблица 2

Основные последствия воздействия песчаных заносов на элементы верхнего строения пути

Элемент верхнего строения пути	Воздействие песчаных заносов	Основные последствия
--------------------------------	------------------------------	----------------------

Рельсы	Абразивный износ поверхности	Ускоренное развитие дефектов
Балластный слой	Загрязнение песком	Снижение дренажных свойств
Шпалы	Накопление песка и влаги	Ухудшение устойчивости пути
Скрепления	Износ и засорение	Ослабление крепления рельсов
Стрелочные переводы	Засыпание песком	Нарушение работы переводов
Земляное полотно	Эоловая эрозия	Деформация и осадка пути

Эксплуатационные проблемы железных дорог в условиях пустынь

Эксплуатация железных дорог в пустынных районах сопровождается воздействием ветро-песчаных потоков, высоких температур и интенсивных эоловых процессов. Основными эксплуатационными проблемами являются песчаные заносы пути, загрязнение балластного слоя, абразивный износ элементов верхнего строения пути и нарушение работы устройств сигнализации [3, 10, 11].

Исследования Cheng J. и Saraireh H. показали, что сильные ветры и высокая подвижность песчаных частиц в районах Гоби, Синьцзяна и Ближнего Востока вызывают регулярные песчаные заносы и повышение эксплуатационных затрат железных дорог [5, 10].

Исследования Fathali M. и соавторов подтверждают, что для эффективной эксплуатации железных дорог в пустынных условиях необходимы специальные инженерные решения и комплексные системы защиты железнодорожной инфраструктуры [11].

Проведённый анализ показывает, что существующие методы защиты железных дорог преимущественно ориентированы на локальные инженерные решения и не обеспечивают комплексного учёта аэродинамических, геотехнических и эксплуатационных факторов.

Исследования J. Cheng и H. Saraireh показали, что сильные ветры и высокая подвижность песчаных частиц в районах Гоби, Синьцзяна и Ближнего Востока вызывают регулярные песчаные заносы и повышают эксплуатационные затраты железных дорог.



Таблица 3
Эксплуатационные последствия воздействия
песчаных процессов на железнодорожную
инфраструктуру

№	Эксплуатационная проблема	Причина возникновения	Влияние на железнодорожную инфраструктуру	Основные последствия
1	Песчаные заносы пути	Перенос песка ветром	Засыпание рельсов и стрелочных переводов	Ограничение движения поездов
2	Загрязнение балластного слоя	Проникновение песчаных частиц в балласт	Ухудшение дренажных свойств	Снижение несущей способности пути
3	Абразивный износ элементов пути	Воздействие песчаных потоков	Износ рельсов, скреплений и оборудования	Сокращение срока службы инфраструктуры
4	Нарушение работы стрелочных переводов	Накопление песка в подвижных элементах	Сбои в работе переводов	Повышение риска аварийных ситуаций
5	Воздействие на системы сигнализации	Засорение датчиков и оборудования песком	Нарушение работы автоматики и связи	Снижение безопасности движения
6	Деформация земляного полотна	Эоловые процессы и ослабление грунта	Неравномерные осадки и деформации пути	Потеря устойчивости земляного полотна
7	Рост эксплуатационных затрат	Постоянная	Увеличение	Повышение

	американские затраты	очистка и ремонт пути	объём профилактических работ	стоимости содержания железной дороги
8	Снижение скорости движения поездов	Песчаные заносы и ухудшение состояния пути	Ограничение эксплуатационных режимов	Снижение пропускной способности линии

3. АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В ПУСТЫННЫХ РАЙОНАХ

Сравнительный анализ современных исследований показывает, что зарубежные научные работы преимущественно ориентированы на применение цифровых технологий, CFD-моделирования, автоматизированного мониторинга и аэродинамического прогнозирования песчаных процессов [3–5, 10].

В исследованиях зарубежных учёных основное внимание уделяется моделированию воздушных потоков, оценке движения песчаных частиц и разработке аэродинамических барьеров. Значительное развитие получили технологии цифрового мониторинга и GIS-анализа процессов накопления песка.

Отечественные исследования преимущественно сосредоточены на повышении устойчивости верхнего строения пути, совершенствовании пескозащитных сооружений и разработке организационно-технологических методов эксплуатации железных дорог в условиях пустынных территорий [12–16].

Таблица 4
Анализ научных результатов исследований по
песчаным заносам и методам защиты
железных дорог

№	Учёный	Период исследований	Основные научные результаты	Предложения и рекомендации
1	С.Н. Попов	1950 – 1970	Обоснование закономерности работы балластного слоя под	Нормирование допустимых напряжений в балласте



			динамическими нагрузками	
2	Е.С. Варызгин	1960 – 1980	Оценил эксплуатационную надёжность балластного слоя	Комплексная оценка устойчивости пути
3	Ю.П. Смолинский	1960 – 1985	Разработал методы расчёта конструктивной части пути	Оптимизация параметров в верхнем строении пути
4	Г.М. Шахунянц	1960 – 1980	Обосновал систему «рельс–шпала–балласт» как единую инженерную систему	Комплексный расчёт балластной призмы и земляного полотна
5	Ю.В. Ефремов	1970 – 1990	Исследовал деформацию балластного слоя	Предложил меры по укреплению балласта
6	Г.Н. Жинкин	1970 – 1990	Исследовал инженерные сооружения для защиты от песка	Механические барьеры и пескоулавливающие конструкции
7	А.И. Кистанов	1970 – 1990	Оценил деформацию балласта под воздействием мелких частиц	Система эксплуатационной оценки балласта
8	И.В. Прокудин	1970 – 1995	Проанализировал факторы деформации земляного полотна	Технологии укрепления земляного полотна

9	М.А. Раскин	1970 – 1995	Исследовал причины деформаций железнодорожного пути	Усиление эксплуатационного контроля
10	Л.К. Громов	1970 – 1990	Проанализировал влияние эоловых процессов на транспорт	Разработка защитных мероприятий на основе ветрового режима
11	Тупе Шарль	1970 – 2000	Исследовал эффективность механических пескоулавливающих барьеров	Размещение защитных барьеров по направлению песчаных потоков
12	Чему Жильбер	1970 – 2000	Разработал методы защиты в пустынных районах	Внедрение пескоулавливающих технологий
13	Т.И. Фазиров	1970 – 2000	Развил теорию защиты железных дорог в условиях Кызылкума	Механические барьеры и пескоулавливающие сооружения
14	А.Н. Маргольцев	1980 – 2000	Исследовал влияние мелких частиц на балласт	Совершенствование системы очистки балласта
15	М. Курель	1980 – 2010	Изучил движение песчаных потоков и барханов	Математическая оценка движения песка
16	Р.С. Закиров	1980 – 2010	Обосновал количественную оценку песчаных процессов	Прогнозирование ветровых и песчаных процессов



17	Е.С. Ашпиз	1980 – 2015	Исследовал снижение пористости и дренажа балласта	Регулярная очистка и мониторинг балласта
18	Г.Г. Коншин	1980 – 2000	Изучил эксплуатацию железных дорог в песчаных районах	Усиление профилактического обслуживания
19	Л.С. Лапидус	1980 – 2005	Исследовал устойчивость земляного полотна	Геотехнический мониторинг
20	Н. Матсуо	1990 – 2010	Разработал аэродинамические модели движения песка	CFD-моделирование и прогнозирование ветровых потоков
21	А.Ф. Колос	1990 – 2010	Исследовал динамику загрязнения балласта	Эксплуатационная оценка балластного слоя
22	Д.С. Николайтис	1990 – 2010	Оценил срок службы балластного слоя	Оптимизация балластных материалов
23	М.М. Мирахмедов	1990 – 2020	Разработал организационно-технологическую систему защиты железных дорог	Ресурсосберегающие технологии и профилактический мониторинг
24	Й. Ашкенязи	2000 – 2020	Моделировал движение песка на основе GIS и спутниковых данных	Дистанционный мониторинг и прогнозирование

25	А.М. Абдукаримов	2000 – 2020	Оценил устойчивость земляного полотна в песчаных районах	Меры по защите земляного полотна
26	Ш.Ш. Абдукаримов	2000 – 2020	Исследовал эффективность пескоулавливающих сооружений	Адаптация защитных барьеров к местному ветровому режиму
27	С.Т. Джаббаров	2005 – н.в.	Оценил несущую способность загрязнённого балласта	Расчёт напряжённых зон и мониторинг
28	М.К. Музафарова	2010 – н.в.	Предложила малозатратные технологии и защиты от экзогенных процессов	Профилактическое обслуживание и ресурсосбережение
29	А.Ю. Мамадалиев	2011 – н.в.	Совершенствовал организационно-технологические решения защиты железных дорог	Ресурсосберегающие методы защиты и профилактики

Несмотря на значительные достижения отечественных и зарубежных исследований, вопросы комплексной интеграции аэродинамического моделирования, цифрового мониторинга, геотехнического анализа и ресурсосберегающих технологий остаются недостаточно изученными.

Это подтверждает необходимость дальнейших исследований, направленных на разработку современных инженерных решений по снижению негативного воздействия пустынных ветров на железнодорожные пути.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый аналитический обзор современных



научных исследований показал, что воздействие пустынных ветров и песчаных процессов является одним из наиболее опасных факторов, влияющих на эксплуатационную устойчивость железнодорожной инфраструктуры в аридных регионах.

Установлено, что зарубежные исследования преимущественно ориентированы на применение CFD-моделирования, цифрового мониторинга и аэродинамического анализа песчаных потоков, тогда как отечественные исследования сосредоточены на вопросах повышения устойчивости верхнего строения пути и совершенствования пескозащитных сооружений.

Выявлено, что существующие инженерные решения не обеспечивают комплексного учёта аэродинамических, геотехнических и эксплуатационных факторов, что снижает эффективность защиты железнодорожной инфраструктуры в условиях пустынных регионов.

На основании выполненного анализа определены перспективные направления дальнейших исследований, включающие разработку комплексных аэродинамических моделей песчаных процессов, внедрение цифрового мониторинга состояния железнодорожного пути и совершенствование ресурсосберегающих пескозащитных сооружений для условий аридных регионов Центральной Азии.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

[1] Bagnold R.A. *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*. London: Methuen & Co Ltd, 1941. 265 p.

[2] Kok J.F., Parteli E.J.R., Michaels T.I., Karam D.B. The physics of wind-blown sand and dust // *Reports on Progress in Physics*. 2012. Vol. 75. No. 10. Article 106901. DOI: 10.1088/0034-4885/75/10/106901

[3] Bruno L., Horvat M., Raffaele L. Windblown sand along railway infrastructures: A review of challenges and mitigation measures // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2018. Vol. 177. Pp. 340–365. DOI: 10.1016/j.jweia.2018.04.009

[4] Li X., Liu Y., Zhang N. Aerodynamic performance of sand-control barriers for railway infrastructure in desert regions // *Aeolian Research*. 2022. Vol. 58. Article 100847. DOI: 10.1016/j.aeolia.2022.100847

[5] Saraireh H., Altarawneh M., Abu Rajab J. Sand accumulation mechanisms on railway tracks in arid regions // *Transportation Geotechnics*. 2022. Vol. 35. Article 100781. DOI: 10.1016/j.trgeo.2022.100781

[6] Ashpiz E.S. Ballast layer contamination and railway track deformation mechanisms // *Procedia*

Engineering. 2017. Vol. 189. Pp. 754–760. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.05.119

[7] Шахунянц Г.М. *Железнодорожный путь*. Москва: Транспорт, 1987. 479 с.

[8] Попов С.Н. *Основы механики железнодорожного пути*. Москва: Транспорт, 1965. 368 с.

[9] Kolos A.F., Nikolaitis D.S. Influence of ballast contamination on railway track stability // *Vestnik Transporta*. 2010. No. 4. Pp. 25–31.

[10] Cheng J., Dong Z., Li S. Wind-sand flow structure and its influence on railway engineering in desert regions // *Aeolian Research*. 2021. Vol. 49. Article 100662. DOI: 10.1016/j.aeolia.2020.100662

[11] Fathali M., Amini A., Zare S. Railway maintenance challenges under desert environmental conditions // *Engineering Failure Analysis*. 2020. Vol. 115. Article 104611. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2020.104611

[12] Фазиллов Т.И. *Защита железных дорог от песчаных заносов в условиях пустынь Средней Азии*. Ташкент: Фан, 1982. 214 с.

[13] Закиров Р.С. Исследование ветро-песчаных процессов в пустынных районах Узбекистана // *Проблемы транспорта и логистики*. 2015. №2. С. 44–51.

[14] Мирахмедов М.М. Организационно-технологические методы защиты железных дорог от песчаных заносов // *Транспорт Евразии*. 2018. №3. С. 28–36.

[15] Абдукаримов А.М., Абдукамилов Ш.Ш. Повышение устойчивости железнодорожного пути в условиях песчаных процессов // *Вестник ТашГУТ*. 2021. №1. С. 55–63.

[16] Djabbarov S.T., Muzaffarova M.K., Mamadaliev A.Yu. Assessment of ballast contamination under wind-sand impacts in arid railway regions // *Transport Problems*. 2023. Vol. 18. No. 2. Pp. 119–128. DOI: 10.21307/tp-2023-011.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS/ ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

А.Ю. Мамадалиев PhD, доцент, Министерство высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан
E-mail: aziz_mamadaliyev@mail.ru
Тел: +998 90 136 49 49

С. С. Жаббарова Магистрант, Ташкентский государственный транспортный университет
E-mail: sjabbarova@mail.ru



A. Mamadaliev, S. Jabbarova <i>Analysis of Modern Research on the Impact of Desert Winds and Sand Processes on Railway Tracks.....</i>	60
Z. Kakharov, I. Purtseladze <i>Improving Saline Soils with a Fiberglass Reinforcing Layer.....</i>	68
K. Lesov, A. Uralov <i>Assessment of the Effect of Geomats on Reducing the Intensity of Deflation of Sandy Soils on Railway Embankment Slopes.....</i>	72
K. Lesov, M. Kenjaliev, A. Mavlanov <i>A Technical and Engineering Analysis of the Parameters for Protective Forest Plantations Along Railways in Areas with Shifting Sands.....</i>	78
A. Uralov, D. Kenjalieva <i>Assessment of Erosion Reduction on Railway Slopes Using Geomats.....</i>	85
M. Muzaffarova <i>Predicting Railway Sand Drifts Using Meteorological Data.....</i>	90
Z. Fazilova <i>Application of Composite Sleepers on Railway Bridge Approaches.....</i>	94
S. Djabbarov, E. Abdualiev <i>Assessment of the Operational Reliability of Railway Water Pipelines in Seismically Active Areas.....</i>	99
S. Salikhanov <i>Modern Principles of Sustainable Bridge Design.....</i>	104
S. Salikhanov, J. Zokirov <i>Methodological Framework for Assessing Durability and Reliability of Reinforced Concrete Bridge Structures.....</i>	108
M. Miralimov, Kh. Urazov, Z. Rakhimjonov, K. Juraev <i>Methods for Calculating Retaining Walls Composed of Modern Prefabricated Elements and Their Stability Conditions.....</i>	113
G. Malikov <i>Analysis of the Strength Characteristics and Micro-Crack Formation Boundaries of Ceramic Concrete During Compression.....</i>	119

