

для быстрого реагирования на известные угрозы и обязательное участие квалифицированных специалистов, опирающихся на структурированные фреймворки, такие как MITRE D3FEND.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Карпов, А. В.** Применение методов машинного обучения для обнаружения аномалий в сетевом трафике / А. В. Карпов, С. И. Иванов // Вопросы кибербезопасности. – 2021. – № 3 (41). – С. 45–53.

2 **Смирнов, Д. С.** Использование графовых нейронных сетей для статического анализа исходного кода / Д. С. Смирнов // Труды Института системного анализа РАН. – 2022. – Т. 42, № 2. – С. 112–120.

3 «Лаборатория Касперского». Ежегодный отчет Kaspersky Security Bulletin 2023. Эволюция угроз и статистика киберпреступности – URL: <https://securelist.ru/kaspersky-security-bulletin-2023/> (дата обращения: 02.04.2026).

4 **Орлов, И. В.** Построение адаптивной архитектуры информационной безопасности на основе графов знаний MITRE D3FEND / И. В. Орлов // Информационная безопасность регионов. – 2024. – № 1. – С. 34–41.

5 **Федоров, К. Л.** Применение искусственного интеллекта на тренировочных стендах (Cyber Range) для моделирования атак / К. Л. Федоров // Информатика и безопасность. – 2023. – № 4. – С. 15–22.

Получено 11.06.2026

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.

Вып. 31. Гомель, 2026

УДК 629.1:621.396.96

Н. С. ГАПЕЕВ (БСА-31)

Научный руководитель – ст. преп. *П. А. КАЦУБО*

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СВЧ-ТЕХНОЛОГИЙ В ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Проведен анализ перспектив внедрения СВЧ-технологий в дорожное покрытие, включая их влияние на улучшение качества и устойчивости материалов. Приведены примеры использования СВЧ-технологий в дорожном строительстве, описаны их преимущества, особенности применения и потенциальные направления для дальнейшего развития в этой области.

Современные дорожные сети требуют эффективных и экономичных методов борьбы с зимней скользкостью. Традиционные способы, такие как использование реагентов или механическая уборка, имеют ряд экологиче-

ских и эксплуатационных недостатков. В данном контексте актуальной задачей становится разработка и внедрение технологий, основанных на прямом подогреве дорожного полотна. Данный доклад посвящен анализу физических основ, электромагнитного излучения для нагрева асфальтобетонного покрытия, солнечных коллекторов, оценке их преимуществ, недостатков и потенциала.

Нагрев материалов электромагнитным излучением основан на преобразовании энергии электромагнитного поля в тепловую. Механизм преобразования зависит от частоты излучения и свойств материала. В работе рассмотрим диэлектрический нагрев. Диэлектрический нагрев (сверхвысокочастотный и инфракрасный) вызывает колебания молекул или ионов в материале, что приводит к выделению тепла вследствие внутреннего трения [1].

Нагрев с использованием сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения основан на диэлектрических потерях в материале. Вода и некоторые компоненты асфальтобетона хорошо поглощают микроволновую энергию. СВЧ-излучение проникает в покрытие, вызывая колебания молекул воды и полярных веществ, что приводит к объемному нагреву. Эта технология эффективна для удаления обледенения, так как в первую очередь нагревается влага. Однако требуется значительная энергия, а оборудование (магнетроны) может быть громоздким и дорогим [2, 3].

Инфракрасный (ИК) нагрев основан на передаче тепла излучением в ИК-диапазоне. Инфракрасные излучатели (газовые или электрические) направляют волны на поверхность дороги, где энергия поглощается верхним слоем покрытия и преобразуется в тепло. Это обеспечивает быстрый поверхностный нагрев, что полезно для локального ремонта (например, разогрева стыков или ям). Главный недостаток – малая глубина проникновения, что ограничивает применение для борьбы с наледью на всей толщине покрытия [4].

Солнечные коллекторы – это устройство, известное как гелиоустановка, которое улавливает тепловую энергию Солнца, включая видимый свет и ближнее инфракрасное излучение. В отличие от солнечных батарей, генерирующих электричество, солнечные коллекторы преобразуют солнечную энергию в тепло, нагревая теплоноситель [5].

Полученное тепло может использоваться для подогрева дорожного покрытия. Для этого в дорожное полотно встраивается система трубопроводов, по которым циркулирует нагретый теплоноситель, вода или антифриз.

Ключевые преимущества электромагнитных излучений: интеграция инфракрасного и сверхвысокочастотного излучений в системе управления дорожным движением позволяет значительно повысить безопасность на ответственных участках дорог, таких как автобусные остановки, перекрестки, пешеходные переходы, спуски и подъёмы, полосы разгона и торможения и т. д. Использование этих технологий минимизирует загрязнения дорожного покрытия, которые возникают из-за использования реагентов, что создает

более комфортные условия для пешеходов и водителей, а также снижает затраты на содержание дорожной инфраструктуры, к плюсам также относят автономность и автоматизацию всего процесса.

Основные недостатки электромагнитных излучений: капитальные затраты на оборудование и модернизацию дороги, технологические ограничения, зависимость от состава покрытия, глубины прогрева (для ИК) и наличия влаги (для СВЧ). Также существуют вопросы безопасности излучения и влияния на коммуникации.

Основные преимущества солнечного коллектора: подогрев дорожного покрытия помогает избежать образования ледяной корки и накопления снега, что повышает безопасность дорожного движения, системы подогрева могут снизить необходимость в использовании снегоуборочной техники и химических реагентов, использование солнечной энергии снижает зависимость от ископаемых источников энергии.

Основные недостатки солнечных коллекторов: установка солнечных коллекторов и системы подогрева может потребовать значительных инвестиций, эффективность системы зависит от солнечной активности, что может ограничивать ее использование в регионах с низким уровнем солнечного света, интеграция системы подогрева в существующую инфраструктуру может быть сложной задачей.

Экономика проектов определяется балансом высоких первоначальных инвестиций и потенциальной экономии на эксплуатации: снижение затрат на реагенты, технику, ремонт покрытия и ликвидацию последствий коррозии.

Экологические преимущества значительны: исключается загрязнение почвы и водоемов химическими реагентами, снижается использование противогололедной техники, работающей на ископаемом топливе.

Использование электромагнитного излучения и солнечных коллекторов для подогрева дорожного полотна представляет собой инновационное и перспективное направление. Несмотря на существующие технико-экономические барьеры, технологии демонстрируют высокий потенциал для повышения безопасности дорожного движения и эффективности ремонтных работ. Перспективы развития связаны с созданием новых композитных материалов с улучшенными поглощающими свойствами, оптимизацией энергопотребления, интеграцией с системами возобновляемой энергетики (солнечные батареи) и развитием интеллектуальных систем управления, активирующих подогрев только при необходимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Гуреев, А. А. Новые технологии в дорожном строительстве: применение электромагнитного нагрева / А. А. Гуреев, И. В. Королев. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 156 с.

2 **Liu, Q.** Induction heating of electrically conductive porous asphalt concrete / Q. Liu, M. F. C. van de Ven // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 197. – P. 780–791.

3 **Jansson, H.** Microwave heating in road construction and maintenance / H. Jansson // Journal of Transportation Engineering. – 2018. – Vol. 144 (5). – P. 04018020.

4 Рекомендации по применению инфракрасных технологий для ремонта асфальтобетонных покрытий. – СПб. : ДОРНИИ, 2019. – 45 с.

5 European Commission. Report on alternative methods for snow and ice removal on roads. – Brussels, 2021. – 89 p.

Получено 17.06.2026

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.
Вып. 31. Гомель, 2026

УДК 656.212.5:656.223.2

Т. В. ГОЛОВКИНА (УД-31)

Научный руководитель – канд. техн. наук *В. Г. КУЗНЕЦОВ*

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОСТОЯ ТРАНЗИТНОГО ВАГОНА НА СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

Представлен анализ простоя транзитного вагона на сортировочной станции. Установлены основные факторы, влияющие на качество переработки вагонопотока, и определены основные меры, которые позволяют ускорить процессы на станции.

Система показателей эксплуатационной работы железных дорог имеет важное значение не только для организации перевозок грузов и пассажиров, но и для анализа перевозочного процесса, оценки перевозочных возможностей и использования инфраструктуры и подвижного состава [1, 2].

Показатели работы железнодорожного транспорта, в том числе железнодорожных станций, как основного объекта по переработке вагонопотока могут быть условно разделены на две основные группы [3]:

- количественные, характеризующие планируемый или выполненный объем работы;
- качественные, оценивающие качество планируемой или выполненной перевозочной работы, в том числе качество использования подвижного состава.

Количественные показатели отражают возможность использования устройств, объектов железнодорожных станций по переработке транспортного потока – вагонопотока и поездопотока, а качественные показатели отражают уровень реализации технологии эксплуатационной работы железнодорожных станций.