

# РОБОТИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА: ОТ ЛОКАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ К СИСТЕМНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛИ

Дорожное хозяйство Российской Федерации находится на этапе интенсивной технологической трансформации. Рост требований к качеству, срокам выполнения работ, прозрачности производственных процессов и эффективности использования ресурсов формирует устойчивый запрос на внедрение роботизированных и высокоавтоматизированных решений. Одновременно усиливается потребность в организационно-технологических механизмах, которые позволяют снизить влияние человеческого фактора и обеспечивать стабильное качество выполнения критически важных операций.

На этом фоне роботизация дорожного хозяйства должна рассматриваться не как внедрение отдельных машин с расширенным набором функций, а как переход к новой модели управления строительством, ремонтом и содержанием автомобильных дорог. Такая модель предполагает интеграцию техники, цифровых данных, средств связи, систем позиционирования, инструментов контроля качества и методов экономической оценки в единую управляемую среду.

## Актуальность и необходимость

Актуальность роботизации определяется совокупностью факторов. Во-первых, дорожное строительство характеризуется высокой капиталоемкостью и значительной чувствительностью результата к качеству выполнения технологических операций. Во-вторых, многие процессы, включая устройство земляного полотна, основания, а также верхних слоев дорожной одежды существенно зависят от квалификации операторов, слаженности работы звена машин и точности соблюдения режимов производства. В-третьих,

отрасли необходимы инструменты накопления, анализа и использования объективных данных для оперативного управления и последующей оценки результатов.

Особую значимость имеет роботизация процессов, связанных с устройством верхних слоев дорожной одежды. Отклонения по температуре смеси, скорости укладки, толщине слоя, темпу движения техники и режимам уплотнения напрямую отражаются на ровности, плотности, однородности и долговечности покрытия. Следовательно, именно здесь автоматизация, высокоточное позиционирование и непрерывный цифровой контроль способны дать наиболее наглядный технологический и экономический эффект.

## Комплексный подход

Практика внедрения инноваций в дорожной отрасли показывает, что локальная автоматизация отдельных операций не сможет обеспечить системного результата. Если автоматизируется только функция управления машиной, но не создается единая среда для передачи, сопоставления и анализа данных,

отрасль получает лишь частичное улучшение процесса.

Комплексный подход к роботизации должен включать несколько взаимосвязанных уровней: цифровую подготовку проекта, оснащение техники бортовыми системами управления и позиционирования, организацию передачи данных, непрерывный контроль качества, аналитическую интерпретацию результатов, экономическую оценку эффективности внедрения. Именно такая архитектура позволяет перейти от контроля постфактум к управлению технологией в реальном времени.

## ВАДСТ и верхнеуровневая цифровая платформа

Важнейшим элементом новой технологической архитектуры становится высокоавтоматизированная дорожно-строительная техника (ВАДСТ). В отраслевой повестке выделяются вопросы, связанные с доработкой дорожно-строительной техники, развитием средств связи и позиционирования, стандартизацией, испытаниями и цифровым отображением каждого этапа выполнения работ.

23 октября в рамках XII Международной специализированной выставки «Дорога 2025» состоялось ключевое событие – демонстрация укладки верхних слоев асфальтобетонного покрытия с использованием исключительно беспилотной техники российского производства.





Это масштабное и технологически значимое мероприятие прошло под эгидой Федерального дорожного агентства с участием ФАУ «РОСДОРНИИ», ВНИИ «Сигнал», Ассоциации «Цифровая Эра Транспорта», Академии дорожного хозяйства РУТ (МИИТ).

В ходе демонстрационного мероприятия были представлены несколько технологических процессов, за которыми, безусловно, стоит будущее отрасли. Так, в ходе презентации асфальтоукладчик «Десна 2100» автоматически распределил подготовленную смесь по полотну, после чего 7-тонный каток «Раскат» произвел предварительное виброуплотнение, а

11-тонный каток в автоматизированном режиме завершил уплотнение покрытия. Взаимодействие машин обеспечивал комплекс «Прометей», а высокоточное движение на полигоне – система «Филин».

Однако сама по себе ВАДСТ не обеспечивает полноту роботизации. Для этого требуется верхнеуровневая цифровая платформа сбора, консолидации и анализа данных, связывающая проект, технику, фактические параметры процесса и результаты контроля качества. Цифровая платформа контроля укладки, разработанная Академией дорожного хозяйства РУТ (МИИТ) в рамках государствен-

ной программы «Приоритет 2030», позволяет в режиме реального времени отображать этапы работ, отслеживать состояние техники и управлять процессом.

Функционально такая платформа должна обеспечивать сбор данных с укладчиков, катков и других машин, сопоставление проектных и фактических параметров, формирование цифрового следа строительства, оперативное выявление отклонений, передачу аналитической информации для принятия управленческих решений. Наличие верхнеуровневой цифровой платформы переводит автоматизацию из режима разрозненных решений в режим единой производственной экосистемы.

### Оценка эффективности

Одним из ключевых условий широкого внедрения роботизированных решений является наличие корректной оценки эффективности. Одной лишь констатации факта технологической новизны недостаточно – необходимо доказать, что соответствующие решения обеспечивают снижение потерь, повышение производительности, улучшение качества и положительное влияние на жизненный цикл дорожной конструкции.

Оценка эффективности должна учитывать капитальные затраты на технику, программное обеспечение, системы связи и позиционирование, обучение персонала и организационные изменения. Одновременно следует принимать во внимание и отложенные эффекты: сокращение дефектности, уменьшение объемов переделок, повышение воспроизводимости

качества, снижение рисков, сокращение простоев и возможное увеличение межремонтных сроков. Такой подход позволяет обосновывать выбор приоритетных технологий и принимать решения о масштабировании пилотных решений.

### **НИР ФАУ «РОСДОРНИИ»**

ФАУ «РОСДОРНИИ» является подведомственным Федеральному дорожному агентству научным институтом, который занимается вопросами качества и безопасности автомобильных дорог, выполняет научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, а также участвует в цифровой трансформации дорожного хозяйства. В этом контексте именно РОСДОРНИИ может выступать ключевой научно-методической площадкой для обоснования подходов к роботизации, разработке критериев оценки и адаптации результатов пилотных проектов к масштабному отраслевому применению.

Так, научно-исследовательская работа «Сравнительный анализ и оценка эффективности укладки верхних слоев дорожной одежды с применением ВАДСТ отечественного производства», выполняемая ФАУ «РОСДОРНИИ», рассматривается как ключевой инструмент объективной оценки эффектов роботизации дорожного строительства. В 2025 году в рамках НИР проведена предварительная апробация методики сбора и обработки данных, сформирован массив измерений по участкам, выполненным с использованием высокоавтоматизированного комплекса и традиционных технологий. Полученные результаты подтвердили целесообразность продолжения исследования и расширения выборки объектов.

В 2026 году работа по НИР продолжена с переходом к полноформатному многофакторному анализу, включающему сопоставление ВАДСТ и традиционных методов по показателям качества покрытия, производительности, надежности процессов, трудозатрат и влияния

человеческого фактора. Важная задача следующего этапа – формирование количественно обоснованных рекомендаций по областям эффективного применения ВАДСТ и требованиям к нормативно-технической базе для массового внедрения роботизированных решений в дорожной отрасли.

По итогам работ 2025 года подготовлены предложения в проект программы стандартизации в части роботизации дорожной отрасли, включающие подходы к описанию цифровых моделей процессов, требования к измеряемым параметрам и к взаимодействию роботизированной техники с цифровыми платформами управления. Эти предложения станут основой для опережающей стандартизации, опирающейся на результаты многофакторного сравнительного анализа и обеспечивающей унифицированные правила применения ВАДСТ на объектах федеральной дорожной сети.

### **Математическая модель оценки укладки**

Разрабатываемая математическая модель оценки укладки верхних слоев дорожной одежды основывается на системе технологических, производственных и внешних параметров. В число базовых переменных включены температура асфальтобетонной смеси, скорость укладки, толщина укладываемого слоя, темп движения технологического потока, параметры работы катков, погодные условия, характеристики материала и показатели качества покрытия.

Принципиальное значение имеет адаптивность разрабатываемой модели. На первоначальном этапе она ориентирована на процессы укладки верхних слоев дорожной одежды, но в дальнейшем будет адаптирована для иных технологических процессов при выполнении дорожных работ, разновидностей материалов и сценариев применения высокоавтоматизированной техники. Это позволит использовать модель не как узкий исследовательский продукт, а как основу для формирования унифициро-

ванного подхода к оценке роботизации в дорожном хозяйстве.

Связка ВАДСТ, верхнеуровневой цифровой платформы данных и математической модели создает основу для перехода к прогнозному управлению качеством. При таком подходе данные используются не только для отчетности, но и для оперативного принятия решений, выбора режимов работы техники, сравнения технологических сценариев и последующего экономического анализа.

### **Заключение**

Роботизация дорожного хозяйства является закономерным этапом развития отрасли, отвечающим задачам повышения качества, производительности, прозрачности и технологической устойчивости дорожного строительства. Значимый эффект роботизированные решения способны дать при устройстве верхних слоев дорожной одежды, где отклонения технологических параметров непосредственно влияют на долговечность покрытия.

Для достижения устойчивого результата требуется комплексный подход, объединяющий высокоавтоматизированную дорожно-строительную технику, верхнеуровневую цифровую платформу данных, методы контроля, многофакторную оценку эффективности и научно обоснованные математические модели. В этой системе ФАУ «РОСДОРНИИ» выполняет роль научно-методического интегратора, обеспечивающего подготовку НИР, разработку модели оценки укладки верхних слоев дорожной одежды и последующую адаптацию подхода под различные технологические процессы при выполнении дорожных работ.

**И.И. Жевжиков,**

директор департамента цифровой трансформации ФАУ «РОСДОРНИИ»,

**И.В. Мелехов,**

начальник управления развития технологий информационного моделирования ФАУ «РОСДОРНИИ»