

Научная статья  
УДК 625.85:004.89

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ КОЛЕИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

**Ирина Андреевна Карабутова<sup>1</sup>, Сергей Иванович Булдаков<sup>2</sup>,  
Владимир Викторович Побединский<sup>3</sup>, Денис Николаевич Чегаев<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> karabutova.ia@yandex.ru

<sup>2</sup> buldakovski@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> pobed@e1.ru

<sup>4</sup> d.chegaev@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрена проблема оценки прогнозируемого колеобразования на автомобильных дорогах с учетом факторов неопределенности. Проанализирована возможность применения интеллектуальных систем для решения задачи.

**Ключевые слова:** колеобразование, интеллектуальная система, пластические деформации, эксплуатационные воздействия

Scientific article

## APPLICATION OF INTELLIGENT SYSTEMS TO DETERMINE THE DEPTH OF THE TRACK ON ROADS

**Irina A. Karabutova<sup>1</sup>, Sergey I. Buldakov<sup>2</sup>, Vladimir V. Pobedinsky<sup>3</sup>,  
Denis N. Chegaev<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> karabutova.ia@yandex.ru

<sup>2</sup> buldakovski@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> pobed@e1.ru

<sup>4</sup> d.chegaev@mail.ru

**Abstract.** The problem of estimating the predicted track formation on roads is considered taking into account uncertainty factors. The possibility of using intelligent systems to solve the problem is analyzed.

**Keywords:** track formation, intelligent system, plastic deformations, operational impacts

Приведение автомобильных дорог в нормативное эксплуатационное состояние, повышение сроков межремонтной эксплуатации и снижение количества аварийных ситуаций – основные задачи национального проекта Российской Федерации «Безопасные качественные дороги». Для решения поставленных задач важным направлением является предотвращение колееобразования.

В зависимости от различных факторов в процессе эксплуатации может образоваться колея двух типов:

- пластическая;
- абразивная.

Пластическое колееобразование происходит из-за накопления сдвиговых деформаций в слое покрытия. Оно образуется преимущественно в летний период, когда при высокой температуре окружающего воздуха асфальт становится более вязким. Под нагрузкой автомобилей в структуре покрытия возникают множественные необратимые остаточные деформации. Результат виден как колея с выпором асфальта по краям.

Абразивное колееобразование происходит под воздействием истирающего воздействия шипованной резины. Колея износа характерна для зимних и переходных осенне-зимне-весенних периодов. На высокой скорости многократные удары металлических шипов в воде выбивают частички асфальта из покрытия. Энергия и сила удара зависят от скорости автомобиля и массы шипа. На абразивный эффект также влияют траектория движения автомобиля, ускорение и торможение. Поэтому колея износа не имеет гребней выпора, характерных для пластичной колеи.

Каждый из указанных типов колееобразования имеет свои потенциальные пути решения, которые кроются прежде всего в смягчении тех факторов, которые его вызывают [1]. Факторы, влияющие на глубину колеи, можно разделить на четыре группы:

- проектные;
- эксплуатационные;
- технические;
- технологические.

Среди известных методов оценки глубины колеи можно выделить лабораторные методы испытаний в специальных камерах, установки, использующие полноразмерные колеса, испытательные полигоны. Испытания на образование пластической колеи и колеи износа осуществляются в различных условиях. Испытания на истираемость в любом случае должны учитывать воздействие шипов, в то время как для определения пластической колеи это условие не принципиально.

На сегодняшний день не существует технологии, позволяющей полностью исключить процесс возникновения колеи. Решение задачи становится чрезвычайно сложным ввиду того, что необходимо учитывать

большое количество взаимосвязанных факторов и параметров, каждый из которых обладает некоторой неопределенностью. Проблема колееобразования – наглядный пример того, как трудно решить практическую задачу, основываясь только на лабораторных испытаниях. Поэтому для предварительной оценки динамики развития колееобразования необходимо использовать методику, позволяющую минимизировать воздействие условий испытаний на результаты, а также учитывать природу возникновения как пластической, так и абразивной колееобразования.

Классические методы решения подобных практических задач работают при точно определенных и заданных параметрах, но в данном вопросе большую сложность вызывает количество параметров, определение их значимости и неопределенность границ. В таком случае оптимальными являются методы нечеткой логики, применение искусственных нейронных сетей и интеллектуальных систем.

В настоящее время элементы искусственного интеллекта применяются для оценки технологических решений устройства автомобильных дорог, а также для проектирования составов асфальтобетонных смесей [2–4], поэтому при решении задач прогнозирования глубины колеи также предлагается использовать интеллектуальные системы и методы нечеткой логики.

Для интеллектуальных систем характерны следующие преимущества, которые позволяют учесть особенности решения производственных задач [5]:

- возможность обработки запросов на символьном языке;
- реализация вычислений с использованием слабоструктурированных, неопределенных и непостоянных данных;
- извлечение данных из накопленного опыта конкретных ситуаций;
- предупреждение пользователя о некоторых ситуациях, приводящих к нарушению целостности данных.

В отличие от классических аналитических и статистических моделей интеллектуальные системы позволяют получить решение трудноформализуемых слабоструктурированных задач. В случае оценки колееобразования при применении интеллектуальных систем появляется возможность прогнозирования рассматриваемого процесса эксплуатационных деформаций на основании особо значимых проектных, технических, технологических и эксплуатационных параметров, таких как тип покрытия, толщина слоя, тип нагрузки, вид и количество шипов шины, температурный режим и режим уплотнения, интенсивность транспортного потока [6].

Способность к развитию системы и извлечению знаний из накопленного опыта конкретных ситуаций увеличивает гибкость системы, позволяя ей быстро осваивать новые исходные данные и области применения. Это становится очень важным преимуществом при оценке

колеобразования, особенно в настоящее время, когда дорожная отрасль переходит на новую нормативную базу.

На данный момент в Российской Федерации действуют три направления нормативной документации технических условий и технических требований к использованию асфальтобетонов и асфальтобетонных смесей: постсоветская система, система с использованием методики объемно-функционального проектирования асфальтобетонных смесей [7] и специализированная система проектирования асфальтобетонов «Евроасфальт» [8]. В связи с тем, что среди исходных данных выделяется три линейки асфальтобетонных смесей, гибкость и адаптивность новых методик оценки колеобразования на автодорогах с разным покрытием играет важную роль.

Таким образом, для оценки колеобразования необходимо разработать интеллектуальную систему, основанную на базах правил с учетом накопленных данных. Для построения интеллектуальных систем необходимо получение, исследование, структурирование и применение знаний профессиональных экспертов. В дорожной отрасли в качестве профессиональных экспертов выступают дорожные лаборатории, подрядные организации, представители службы заказчика. Для построения систем используется информация, накопленная экспертами в виде случайных выборок данных, полученных в результате проведения лабораторных испытаний, контроля качества выполненных работ.

Создание интеллектуальных систем должно включать несколько этапов:

- постановка задачи;
- сбор, анализ и подготовка базы данных;
- Генерация структуры интеллектуальной системы, т. е. программной оболочки в виде инструментальной системы;
- настройка интеллектуальной системы;
- тестирование (проверка настроенной системы).

Постановка задачи выражается в определении наиболее значимых параметров. Каждый выбранный параметр должен иметь уникальное имя, по которому интеллектуальная система идентифицирует его. Также стоит заметить, что параметр может быть задан в любой символьной форме, в том числе и лингвистически. После выполнения постановки задачи формируется база данных. В рассматриваемой задаче базой данных являются выборки практических данных дорожных лабораторий, на которых в дальнейшем обучается интеллектуальная система. Затем выполняется проверка на адекватность обученной сети путем использования дополнительных независимых выборок. На входы сети подаются сигналы, которые не входили в обучающую выборку. Оценивается отклонение между выходными сигналами и фактическими значениями. По результатам тестирования вносятся корректировки.

**Выводы**

1. Проблема колееобразования существует и требует особого внимания в связи с тем, что колеиность оказывает негативное влияние на долговечность, ремонтпригодность асфальтобетонного дорожного покрытия и влияет на безопасность дорожного движения.

2. Создание инструмента оценки прогнозируемого колееобразования на автомобильных дорогах с учетом факторов неопределенности является важной научно-практической задачей, так как существующие методы не позволяют учесть одновременное воздействие нескольких факторов влияния.

3. Решение задачи, основанное на создании интеллектуальных систем, позволяет оценить эксплуатационные параметры на подготовительных этапах выполнения работ, т. е. определить возможную глубину колеи дорожного покрытия по оптимальным параметрам и скорректировать влияние определенных факторов на итоговое значение. В результате будут обеспечены необходимая долговечность покрытия и заданные ремонтные сроки.

*Список источников*

1. Поздняков М. К. Исследование сопротивляемости асфальтобетона колееобразованию // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2009. № 3. С. 16–20.

2. Нейронечеткая сеть для оценки технологических решений устройства лесных дорог / В. В. Побединский, С. И. Булдаков, А. В. Берстнев, Е. С. Анастас // Лесотехн. журн. 2020. Т. 10. № 3 (39). С. 95–10. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/10.

3. Интеллектуальная система определения темпа потока при проектировании дорожных покрытий / В. В. Побединский, С. И. Булдаков, И. Н. Кручинин, С. В. Ляхов, Е. С. Анастас, И. А. Карабутова // Деревообр. пром-сть. 2021. № 4. С. 31–41.

4. Нейронечеткая сеть для подбора асфальтобетонных смесей дорожных покрытий по содержанию воздушных пустот / В. В. Побединский, С. И. Булдаков, С. В. Ляхов, И. А. Карабутова, Е. С. Анастас // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 1 (53). С. 78–85.

5. Этем Алпайдин. Машинное обучение: новый искусственный интеллект : пер. с англ. М. : Точка, 2017. 208 с.

6. Булдаков С. И. Проектирование основных элементов автомобильной дороги : учеб. пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 295 с.

7. ГОСТ Р 58401. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Система объемно-функционального проектирования. Правила проектирования. URL:<http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 12.10.2022).

8. ГОСТ Р 58406.2-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия. URL:<http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 12.10.2022).