

МИНОБРНАУКИ РОССИИ



Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ухтинский государственный  
технический университет»  
(ФГБОУ ВО «УГТУ»)

Первомайская ул., д. 13, г. Ухта,  
Республика Коми, 169300  
Телефон: (8216) 77-44-02  
Факс: (8216) 76-03-33  
E-mail: [info@ugtu.net](mailto:info@ugtu.net)  
<http://www.ugtu.net>

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновационной  
деятельности  
канд. экон. наук



Г. Н. Лепшке

2022 г.

05 СЕН 2022 № 10-4842

### ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет» на диссертационную работу на тему «Оценка эксплуатационных показателей покрытий лесовозных дорог на основе интеллектуальных систем», представленную Карабутовой Ириной Андреевной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства

Представленная диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов, общих выводов и приложений; содержит 194 страницы текста, 28 таблиц, 39 рисунков и библиографического текста из 109 наименований.

### Актуальность темы диссертации

Работа посвящена проблеме совершенствования дорожных покрытий лесовозных дорог путем использования методов оценки физических параметров и эксплуатационных показателей дорожных покрытий на основе интеллектуальных систем.

Как известно, освоение лесосырьевой базы в первую очередь зависит от транспортной доступности лесосек, которая обеспечена и в стране, и в Уральском регионе крайне недостаточно. При этом наблюдается использование длинномерным грузовым автотранспортом не только лесовозных дорог, но и автомобильных дорог общего пользования, что

приводит к снижению их транспортно-эксплуатационного состояния, в частности, повышенному колееобразованию.

Согласно сложившейся практике определение традиционными методами основных характеристик автомобильных дорог, в частности, глубины колеи, проводится в лабораторных и полевых условиях путем проверки испытаний на соответствие требованиям нормативной документации, что не учитывает неопределенность большинства факторов и не позволяет достаточно точно прогнозировать эксплуатационные показатели покрытий дорог.

Это приводит к значительным дополнительным эксплуатационным затратам на содержание и ремонт дорог из-за недостаточно обоснованных межремонтных периодов. Между тем, современные достижения математики и информационных технологий предлагают средства, такие как нечеткая логика, нейронные сети, интеллектуальные системы, для учета неопределенностей и позволяют решать ранее недоступные задачи. Однако в области дорожного строительства такие разработки практически отсутствуют, что не способствует дальнейшему совершенствованию методов проектирования и технологий устройства автомобильных дорог. Отсюда следует, что научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование дорожных покрытий лесовозных дорог путем использования современных информационных технологий, в частности нейронных сетей, нечеткого моделирования, нейронных сетей являются необходимыми для практики, а представленная диссертация, в которой решается комплекс указанных проблем, является, несомненно, актуальной.

### **Научная новизна и основные результаты**

Научной новизной обладают следующие результаты работы.

1. Методика проектирования дорожных покрытий лесовозных дорог, а также автодорог общего пользования с усовершенствованным покрытием, позволяющая определять основные физические параметры и прогнозировать эксплуатационные показатели на основе интеллектуальных систем.

2. Выявленные на основе интеллектуальной системы закономерности влияния параметров исходных материалов на физические показатели асфальтобетона в покрытии, а также параметров структуры асфальтобетонной смеси, проектных, технических, технологических характеристик, эксплуатационных факторов на эксплуатационный показатель автодороги.

3. Разработанная на базе нейро-нечетких сетей интеллектуальная система для оценки эксплуатационного показателя глубины колеи покрытия лесовозной дороги с усовершенствованным покрытием из асфальтобетона с определением межремонтных сроков при эксплуатации.

## **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена теоретическими разработками, результатами натурных и лабораторных испытаний. Диссертация выполнена в единстве с поставленной целью, сформулированными задачами и обоснованной методологией исследованной, которая коррелирует с полученными выводами и рекомендациями.

**Значимость для теории и практики** состоит в разработке методики и практических рекомендаций по прогнозированию физических и эксплуатационных показателей покрытий лесовозных дорог и дорог общего пользования. Результаты работы позволяют прогнозировать на стадии проектирования эксплуатационное состояние автомобильных дорог, следовательно, более обоснованно назначать межремонтные сроки, а за счет более точной оценки физических параметров покрытий повысить эксплуатационные показатели.

**Достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается теоретическими решениями и экспериментальными данными, полученными в работе на основе результатов испытаний, проведенных в лабораторных и полевых условиях, статистической оценкой точности предложенной методики и сходимостью с экспериментальными и теоретическими данными.

### **Полнота опубликования результатов диссертационной работы**

Результаты исследований изложены в 7 научных публикациях, в том числе в двух статьях в журналах из перечня ВАК Минобрнауки РФ, получено два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Во введении автором** изложено содержание диссертационной работы, приведены цель и задачи работы, обоснованы актуальность и научная новизна выполненных исследований, их практическая значимость, результаты исследований, а также сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** диссертационной работы выполнен анализ научных и производственных проблем на основе обзора работ, посвященных основным тенденциям в развитии лесопромышленного комплекса Свердловской области, дорожной отрасли и цифровизации промышленности.

На основе анализа работ было определено состояние транспортной инфраструктуры лесного комплекса Свердловской области, отмечена тенденция перераспределения потоков заготавливаемой древесины с железнодорожного на автомобильные виды транспорта, а также выявлено использование региональных и межмуниципальных дорог для перевозки древесины и лесной продукции, что учитывается при разработке соответствующих инвестиционных проектов.

Очевидно, что успех реализации, государственных программ, стратегий развития, федеральных, региональных и инвестиционных проектов в лесопромышленной и дорожной отраслях напрямую зависит от обеспечения качества покрытий лесовозных автодорог и автодорог общего пользования. Покрытия должны обеспечивать высокий уровень эксплуатационного состояния дороги. Повышенные требования к эксплуатационным показателям асфальтобетонных дорожных покрытий требуют особого внимания.

Выявлено, что одной из самых распространенных проблем, возникающих при эксплуатации автомобильных дорог, является колеобразование, а самым перспективным современным методом определения глубины колеи может быть использование интеллектуальных систем, что подтверждается успешным опытом использования методов искусственного интеллекта практически во всех отраслях науки и производства.

На основании выводов по обзору состояния вопроса была сформулирована цель, определены задачи, разработана общая методология и математический аппарат исследований.

**Вторая глава** посвящена первому этапу экспериментальных исследований в лабораторных и натуральных условиях с целью получения исходных данных для разработки нейро-нечетких сетей.

Расчет минимального количества опытов выполнен методом итеративного приближения с учетом коэффициента вариации статистической выборки проведенных предварительно испытаний. В результате получены исходные данные для разработки нейронных сетей, которые в дальнейшем используются для формирования обучающих выборок, настройки нейронных сетей, формирования тестовой выборки и проверки сети на адекватность.

Лабораторные исследования были проведены с целью определения физического параметра – содержания воздушных пустот. Для этого были проведены следующие виды испытаний:

- определение зерновых составов;
- определение содержания воздушных пустот асфальтобетона в лабораторных образцах;
- определение объемной плотности асфальтобетона в лабораторных образцах;
- определение максимальной плотности асфальтобетонной смеси.

Натурные исследования проводились для определения эксплуатационных показателей в реальных конструкциях дорожных покрытий. Были проведены следующие виды испытаний:

- определение содержания воздушных пустот асфальтобетона в кернах;
- определение объемной плотности асфальтобетона в кернах;
- определение максимальной плотности асфальтобетонной смеси;
- определение истираемости асфальтобетона.

**В третьей главе** выполнена разработка нейро-нечетких сетей для определения физических параметров, эксплуатационных показателей асфальтобетонного покрытия и обобщенной интеллектуальной системы для проектирования дорожного покрытия, что предусматривало постановку задачи, обоснование входных и выходных параметров, настройку системы.

В данных исследованиях разработаны две нейронные сети: для определения физического параметра содержания воздушных пустот и эксплуатационного показателя глубины колеи.

Для нейронной сети определения содержания воздушных пустот в ходе рассмотрения принципов проектирования состава были определены наиболее значимые исходные фракции и материалы, которые обусловили в качестве входных переменных выбрать следующие параметры: содержание щебня крупной фракции (11,2-16мм), средней фракции (8-11,2мм) и мелкой фракции (4-8мм) и содержание битума.

Для второй нейронной сети оценки эксплуатационного параметра в качестве выходного параметра выбран параметр глубины колеи, который характеризует поперечную ровность как эксплуатационный показатель. Для построения нейронной сети выделено четыре входных параметра: содержание воздушных пустот, число проходов катка, интенсивность движения, характеристика истираемости.

В практике принято выделять два вида колеи пластическую и абразивную. Выбранные входные параметры разделены на две группы по фактору влияния. Содержание воздушных пустот (физический параметр) и число проходов катка (технологический параметр) позволяют учесть причины образования пластической составляющей итогового значения глубины колеи. Интенсивность движения (эксплуатационный параметр) учитывает причину образования колеи износа. Характеристика истираемости по Праллу также характеризует истираемость асфальтобетона.

В целом, обоснование исходных и выходных параметров представляется достаточно логичным, поэтому предложенный подход можно считать вполне правильным.

На основе разработанных нейронных сетей была построена обобщенная интеллектуальная система. Положительным здесь следует считать, что модель интеллектуальной системы реализована в среде визуально-блочного имитационного моделирования *Simulink* компьютерной программы *Matlab*.

**В четвертой главе** выполнены численные эксперименты по исследованию разработанной интеллектуальной системы для определения

закономерностей влияния исходных параметров, материалов на физические параметры асфальтобетона и технических, технологических и эксплуатационных параметров на эксплуатационные показатели покрытия.

На данном этапе проведена проверка на адекватность результатов работы нейронных сетей и обобщенной модели путем определения ошибки вычислений относительно независимых экспериментальных данных, определено влияние процедуры нормирования исходных данных на результирующие значения, а также определена зависимость величины ошибки вычислений от числа обучающих выборок.

На основе разработанной интеллектуальной системы получены семейства функций, наглядно представленные в форме двумерных и трехмерных графиков, дающих достаточно полное представление о предмете исследований.

**В пятой главе** изложены предлагаемые мероприятия по внедрению результатов в практику. Приведена методика оценки физических параметров и эксплуатационных показателей с использованием программных средств *Matlab* с приведением алгоритма проектирования интеллектуальной системы оценки физических параметров и эксплуатационных показателей. Методика дана в общем виде и может применяться для решения типовых задач.

Расчет экономического эффекта выполнен на примере реального проекта автодороги с помощью предложенной методики. Показано, что в этом случае экономия в расчете на 1 км покрытия достигнет 10,4 млн. рублей.

В заключении изложены основные выводы, рекомендации по проектированию и устройству покрытий лесовозных дорог, предложен алгоритм проектирования интеллектуальной системы для решения типового класса смежных задач, что делает результаты более универсальными.

### **Замечания по диссертационной работе:**

По работе можно сделать следующие замечания.

1. В работе автором делается ссылка на методику Бейли проектирования асфальтобетонной смеси, но положения этой методики не приведены, поэтому не ясно, как она используется в диссертационном исследовании.

2. Следовало бы дать обоснование выбора в качестве выходного физического параметра, определяющего качество уплотнения асфальтобетона, содержания воздушных пустот, а не водонасыщения.

3. Не вполне понятно, почему для определения точности интеллектуальной системы рассчитывается абсолютная ошибка, *MAPE* в обозначениях программы?

4. Для обучения нейронной сети принято значение эпох равное 10, что похоже на ориентировочное, т.е. недостаточно обоснованное. Следовало бы пояснить эту важную процедуру разработки сети.

5. Следовало бы дать более подробное изложение методики проектирования лесовозных дорог с применением интеллектуальных систем,

т.к. в приведенном виде ее будет сложно использовать в практике проектирования.

Отмеченные замечания по своей значимости не принципиальны, и не снижают общего уровня диссертационной работы.

### Заключение

Судя по содержанию, диссертация Карабутовой Ирины Андреевны представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Она соответствует паспорту специальности 05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства и требованиям пункта 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Карабутова И.А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства.

Отзыв рассмотрен и единогласно утвержден на заседании кафедры технологии и транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО «УГТУ» протокол № 12 от 29.08.2022 г.

Отзыв составлен Бурмистровой  
Ольгой Николаевной профессором,  
доктором технических наук  
по специальности 05.21.01 – Технология  
и машины лесозаготовок и лесного хозяйства,  
профессором кафедры технологии  
и транспортно-технологических машин

Бурмистрова  
Ольга Николаевна

Заведующий кафедрой технологии и  
транспортно-технологических машин  
ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный  
технический университет»,  
доцент, кандидат технических наук

Михайленко  
Екатерина Викторовна

Адрес Организации: .  
ФГБОУ ВО Ухтинский государственный технический университет» (УГТУ)  
169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13  
e-mail: emihaylenko@ugtu.net  
Телефон +7 (8216) 77-44-93