

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»**

На правах рукописи

Ченушкина Светлана Владимировна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ
ЛЕСНЫХ ДОРОГ**

4.3.4 Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и
переработки древесины

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель – И. Н. Кручинин,
доктор технических наук, доцент

Екатеринбург

2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ БАЗ.....	10
1.1 Особенности функционирования лесотранспортной инфраструк- туры лесов.....	10
1.2 Обзор современных технологий мониторинга транспортно-экс- плуатационного состояния лесных дорог	17
1.3. Информационные системы лесного хозяйства.....	26
Выводы по первой главе и постановка цели и задач исследования.....	33
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИ- ТОРИНГА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯ- НИЯ ЛЕСНЫХ ДОРОГ	35
2.1 Формулирование общих требований к информационной системе мониторинга лесотранспортной инфраструктуры.	35
2.2 Обобщенный показатель эффективности транспортно-эксплуата- ционного состояния лесотранспортной инфраструктуры.....	39
2.3 Разработка информационной системы мониторинга транспортно- эксплуатационного состояния лесных дорог.....	43
Выводы по второй главе	52
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.....	53
3.1 Разработка методов мониторинга транспортно-эксплуатацион- ных показателей лесотранспортной инфраструктуры	53
3.2 Экспериментальные исследования показателя прочности дорожных покрытий лесных дорог	60
3.3 Экспериментальные исследования поперечной ровности (глу- бина колеи) лесных дорог	63

3.4 Экспериментальные исследования по оценке ширины проезжей части лесных дорог .	64
3.5 Разработка критериев экспертной оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог.....	67
Выводы по третьей главе	69
ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ДОРОГ	70
4.1 Построение информационной системы мониторинга лесных дорог	70
4.2 Опытное-экспериментальное внедрение информационной системы мониторинга лесных дорог	75
4.3 Экономическая эффективность внедрения информационной системы мониторинга лесных дорог	84
Выводы по четвертой главе	91
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	92
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	94
ПРИЛОЖЕНИЕ А	108
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	114
ПРИЛОЖЕНИЕ В	120
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	123
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	134
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	142

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Общая система функционирования устойчивого лесопользования стала неотделимой частью развития и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры лесосырьевых баз. Лесотранспортная инфраструктура, а именно лесные лесовозные автомобильные дороги служат ключевым элементом освоения лесосырьевых баз.

Потребность в совершенствовании лесотранспортной инфраструктуры обуславливает необходимость развития методов мониторинга состояния лесных дорог и повышения уровней их транспортно-эксплуатационных показателей. При этом необходимо учитывать, что современными нормативно-правовыми документами в области лесного законодательства определено, что лесотранспортная инфраструктура должна проектироваться для всех видов лесопользования.

Однако, существующие методы мониторинга и оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортных сетей, с использованием традиционного инструментального осмотра или диагностики уже не соответствуют современным требованиям и неосуществимы без внедрения информационных технологий, а поэтому требуются новые методы совершенствования лесотранспортной инфраструктуры на основе мониторинга состояния лесных дорог.

Существующая в настоящее время «Единая государственная автоматизированная информационная система учёта древесины и сделок с ней» Федерального агентства лесного хозяйства позволила систематизировать сведения о лесах, об их использовании, охране, защите, воспроизводстве, о древесине и сделках с ней, а также сформировать сведения о состоянии и перспективах развития всего лесного комплекса страны. Однако при анализе ее структуры, было выявлено, что транспортная инфраструктура лесов в программе рассматривается крайне ограничено и носит лишь декларативный характер, что несет существенное ограничение на ее функционирование.

Необходимость совершенствования методов мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог с использованием информационных технологий обусловлена еще и тем, что влияние лесотранспортной инфраструктуры на средообразующие функции лесов значительно и требует учета экологических последствий при рациональном природопользовании, поэтому исследования, направленные на решения этих задач, являются первоочередными и актуальными.

Работа выполнялась в соответствии со Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года (распоряжение Правительства РФ от 11 октября 2021 г. №474).

Степень разработанности темы исследования. Проблемами повышения эффективности функционирования лесотранспортной инфраструктуры при освоении лесосырьевых баз занимались такие учреждения высшего образования, как СПбГЛТУ, ВГЛТУ, ВГУИТ, УГЛТУ, УГТУ, ПГТУ, ими разработаны вопросы проектирования, строительства, эксплуатации и мониторинга состояния лесовозных дорог. Выполненные исследования направлены на оценку проектных решений транспортного освоения лесосырьевых баз, а также развитие технологий их эксплуатации и диагностики. Значительное количество исследований посвящено анализу изменения транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог, расположенных в сложных природно-климатических условиях на территориях Свердловской, Челябинской областей и Пермского края.

При этом требования, предъявляемые к методам диагностики и мониторинга состояния лесных дорог, а также к их технологиям проведения до конца не сформулированы.

В диссертации обосновывается решение проблемы повышения транспортно-эксплуатационных показателей лесотранспортной инфраструктуры лесов.

Цель исследования. Повышение эффективности функционирования лесотранспортной инфраструктуры лесов.

Задачи исследования:

1. Разработать методы мониторинга транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог в условиях цифровой трансформации лесного хозяйства.

2. Разработать информационную систему мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог.

3. Провести комплекс экспериментальных и модельных исследований по настройке и внедрению информационной системы мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог.

Объект исследования: лесотранспортная инфраструктура лесов.

Предмет исследования: лесные дороги, технологии, методы и способы их мониторинга.

Методы исследования: системный анализ, методы, математического и имитационного моделирования, эксперимента, математической статистики.

Научная новизна работы. Результатами диссертационной работы, обладающими научной новизной, являются:

1. Разработанная методика мониторинга транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог, отличающаяся возможностью использования информационных технологий оценки основных параметров лесотранспортной инфраструктуры.

2. Полученные аналитические зависимости оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог, по обобщенному показателю эффективности, отличающиеся возможностью мониторинга состояния лесотранспортной инфраструктуры в режиме реального времени.

3. Разработанная информационная система мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры, отличающаяся возможностью обеспечения выбора рациональных и логистических маршрутов транспортировки древесного сырья.

Научные положения, выносимые на защиту.

1. Методика мониторинга транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог, позволяющая использовать информационные технологии оценки основных параметров лесотранспортной инфраструктуры.

2. Закономерности изменения транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог в зависимости от обобщенного показателя эффективности, позволяющие оценивать состояние лесотранспортной инфраструктуры, в режиме реального времени.

3. Алгоритмы работы информационной системы мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог, позволяющие повысить эффективность функционирования лесотранспортной инфраструктуры лесов.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в разработке методики мониторинга транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог с использованием информационных технологий.

Результаты работы позволят повысить технический уровень функционирования лесотранспортной инфраструктуры, улучшить транспортную доступность лесов и увеличить срок межремонтной эксплуатации лесных дорог.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Результаты, выносимые на защиту, относятся к пункту 8 – «Технология транспортного освоения лесосырьевых баз» (паспорт специальности 4.3.4 – «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины» (технические науки)).

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций. Сформулированные научные положения, выводы и рекомендации в диссертации обоснованы на основе теоретических и эмпирических исследований, полученных в работе и обработанных экспериментальных результатов, полученных в данной работе. Данные, полученные в результате мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог и определяемых за счет автоматизированных решений, подтверждаются статистическими расчётами,

полученными на основе проведенных экспериментов, не противоречат научным положениям математического и имитационного моделирования. Разработанные модули и информационная система были реализованы с использованием серверного скриптового языка PHP с сохранением полученных и вычисляемых параметров в системе управления базой данных MySQL, анализ геопространственной информации осуществлялся в среде Quantum GIS.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации. В работе и опубликованных статьях автор обосновала актуальность темы, поставила цель научно-исследовательской работы и сформулировала исследовательские задачи, определила и улучшила методические аспекты проведения исследований. Являясь инициатором и непосредственным участником проведения имитационных и полевых экспериментов и сбора данных, осуществляла деятельность по аннотированию и ведению исследовательских данных. Автором выполнен анализ научно-технических источников информации, сформулированы проблема, цель, задачи исследования, получены теоретические и экспериментальные результаты, осуществлены их обработка, интерпретация и внедрение в производство и учебный процесс.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на Всероссийских и международных научных и научно-практических конференциях:

– Реализация Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 года в новых реалиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск, 2023. (г. Иркутск, 2023 г.);

– Разработка энергоресурсосберегающих и экологически безопасных технологий лесопромышленного комплекса. Материалы Международной научной конференции ученых и студентов, Воронеж, 28 сентября 2022 г. (г. Воронеж, 2022 г.).

Реализация работы. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований внедрены, использованы и апробированы при участии автора на базе Электронной Информационной Образовательной Системы

ФГБОУ ВО УГЛТУ и в ООО «Уралвермикулит».

Разработанные математические модели и программы для ЭВМ, реализующие эти модели, используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Уральского государственного лесотехнического университета.

Публикации. Результаты исследований отражены в 13 научных работах общим объемом 3,46 п.л. (авторских 2,67 п.л.), в том числе в 4 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа включает введение, 4 главы, общие выводы и приложения; содержит 145 страниц текста, 17 таблиц, 33 рисунка и библиографический список из 114 наименований, включая 24 на иностранных языках.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ БАЗ

1.1 Особенности функционирования лесотранспортной инфраструктуры лесов

Лесотранспортная инфраструктура – объект лесной инфраструктуры, создаваемый в целях использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов. Главной основой лесотранспортной инфраструктуры являются лесные лесовозные автомобильные дороги, т.к. именно они осуществляют основной лесотранспортный процесс и являются головным элементом всего технологического лесозаготовительного производства.

Основные методы проектирования и строительства лесотранспортной инфраструктуры были разработаны и апробированы в научных исследованиях таких ученых, как В. И. Алябьев, Н. П. Вырко, Б. А. Ильин, И. И. Леонович и др. [2, 12, 34].

Одним из элементов жизненного цикла любой дорожной сети является ее эксплуатация. Поэтому для правильного использования лесотранспортной сети крайне важно знать ее уровень транспортно-эксплуатационного состояния. Основы этих показателей лесотранспортной инфраструктуры были сформулированы и изучены такими учеными, как Д. Н. Афоничев, О.Н. Бурмистрова, И.Н. Кручинин И.Н., В. К. Курьянов, Э. О. Салминен и др. [4, 6, 41, 44, 64].

Общая система функционирования устойчивого лесопользования стала неотделимой частью развития и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры лесосырьевых баз. Лесотранспортная инфраструктура, а именно лесные лесовозные автомобильные дороги служат основным элементом освоения лесосырьевых баз.

Современными нормативно-правовыми документами в области лесного законодательства определено, что лесотранспортная инфраструктура проектируется при любых видах лесоиспользования [46, 47, 77]. Отмечается, что отсутствие лесотранспортной инфраструктуры не только замедляет эксплуатационное освоение лесосырьевых баз, но и снижает их общую транспортную доступность.

Лесотранспортная инфраструктура, расположенная на лесных землях Российской Федерации. На начало 2023 г., имела в своем составе общую протяженность в пределах 1285 тыс. км. Тогда как общая протяженность всех лесных автомобильных дорог с покрытием капитального типа, не превышала одиннадцати процентов. Наибольшее распространение получили лесные дороги с усовершенствованным типом покрытия. Их общая протяженность оценивается примерно в 983 тыс. км, а также дороги временного действия, с общей протяженностью порядка 321 тыс. км [83].

Недостаточное количество лесных дорог с покрытиями переходного типа, а также неравномерность их размещения по лесосырьевым базам создаёт значительные затруднения в деятельности лесозаготовительных предприятий. Существующая лесотранспортная сеть не может служить надежной базой для вывозки лесоматериалов, т.к. значительная часть дорог имеют крайне низкие транспортно-эксплуатационные показатели.

На начало 2023 г. плотность дорог лесотранспортной инфраструктуры в Российской Федерации составляла почти 1,49 км на одну тыс. га площади лесных земель, что существенно меньше значений плотности лесных дорог в других странах [77].

Основой транспортной инфраструктуры лесосырьевых баз служат лесные и лесохозяйственные дороги. При этом именно лесные дороги являются основным звеном в технологическом процессе лесозаготовительного производства.

Характерной особенностью работы современных лесозаготовительных предприятий стало существенное увеличение средней дальности возки древесных материалов. При этом основные лесосырьевые базы существенно отдалены от деревоперерабатывающих предприятий, а лесотранспортная инфраструктура проходит по автомобильным дорогам общего пользования [58, 73, 75].

Вся лесотранспортная инфраструктура необходима не только для транспортировки древесины, но и для успешного функционирования лесозаготовительных и лесохозяйственных предприятий.

Все лесовозные дороги, в зависимости от режима функционирования могут подразделяться как на постоянного, так и на временного действия.

Как показано в работах [34, 65, 80], лесные дороги постоянного действия могут эксплуатироваться в течении пяти и даже более лет. К подобным лесотранспортным путям следует отнести магистральные лесные дороги, для соединения лесозаготовительных участков с участками лесных складов. При этом все магистральные лесные дороги проектируются на срок полного освоения лесосырьевой базы.

Различают и сезонные лесные дороги. К ним можно отнести лесовозные усы и лесовозные ветки. Общая классификация лесных дорог представлена в работах [12, 28, 80]:

– внешние лесные дороги, имеющие связь с автомобильными дорогами общего пользования. Проектируют по нормам автомобильных дорог IV, III технической категорий;

– между площадочные лесные дороги. Их назначение в обеспечении транспортной доступности между лесоучастками и иными лесными территориями.

Особенности транспортной доступности при освоении лесосырьевых баз представлена при следующем категорировании:

– I категория имеет транспортную удаленность в пределах до 5 км от существующей лесотранспортной инфраструктуры;

– II категория имеет транспортную удаленность в пределах от 5 до 10 км от существующей лесотранспортной инфраструктуры;

– III категория имеет транспортную удаленность в пределах более 10 км от существующей лесотранспортной инфраструктуры.

С целью оценки основных транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог используют следующие измерители:

- грузооборот лесной дороги;
- среднее расстояние вывозки древесного сырья по лесной дороге;
- средневзвешенный пробег лесовозного подвижного состава по лесной дороге.

Что касается грузовой работы, то лесные дороги могут подразделяться по следующим категориям:

– I категория. Лесная дорога с грузовой работой менее 100 тыс. т нетто/год;

– II категория. Лесная дорога с грузовой работой более 100 тыс. т нетто/год.

Лесные дороги могут рассматриваться как элемент промышленного транспорта, которые располагаясь на ведомственных землях осуществляют связь между производственными участками лесопромышленных предприятий и имеют доступ к автомобильным дорогам общего пользования [25, 72, 73].

Значительная часть лесных дорог может быть отнесена к объектам лесохозяйственного назначения. На них возложены работы по осуществлению лесовосстановительных и лесохозяйственных работ. В таблице 1.1 представлены основные типы лесохозяйственных дорог [73]. Лесохозяйственные дороги не приспособлены для транспортировки лесного сырья. Особенности их функционирования рассмотрены в работах [55, 64, 99].

Все лесохозяйственные лесные дороги должны выполнять противопожарные мероприятия, т.е. обеспечивать транспортировку лесозаготовительной и техники для пожаротушения [73, 78, 114].

Таблица 1.1– Структура лесных дорог

Дороги	Расчетная интенсивность движения, авт./сут.	Тип дорог
Магистральные, внешние и дороги в зеленых зонах	25-50	I
Дороги с выходом на магистраль, дороги, соединяющие лесохозяйственные объекты с дорогами общего пользования	До 25	II
Противопожарные, дороги для вывозки лесохимического сырья, дороги к временным лесопитомникам, постоянным лесосеменным участкам, кордонам, егерским участкам	Единичная	III

Что касается временных лесных дорог, то они не проектируются, строятся и эксплуатируются без создания технической документации. Лесные дороги могут быть классифицированы на временные дороги в зависимости от сезона использования. В данной классификации выделяются два основных типа: летние дороги и зимние дороги. Летние дороги предназначены для использования в теплый сезон, когда условия проезда более благоприятные и дороги обычно не затоплены или замерзшие. Зимние дороги, напротив, предназначены для использования в холодный сезон, когда на дорогах образуется снег и лед, а также могут присутствовать другие зимние условия, такие как снежные заносы и сильные морозы. Классификация дорог на летние и зимние помогает учитывать особенности и требования к проектированию, строительству и обслуживанию лесных дорог в различные сезоны года.

Практически все лесные Регионы Российской Федерации имеют интенсивность движения лесовозного подвижного состава в пределах менее 200 авт. в сутки. Их можно классифицировать как лесные дороги с невыявленным грузооборотом или лесные дороги с низкой интенсивностью движения. Их проектирование и эксплуатацию следует проводить по правилам проектирования и строительства автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения [72, 74].

Основные элементы транспортной инфраструктуры лесов представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Элементы лесотранспортной инфраструктуры лесов

Функциональное назначение	Грузооборот, млн. т нетто/год	Категория
Лесная дорога, связывающая лесосырьевую базу с нижним лесным складом предприятия, пунктом потребления древесины или дорогой общего пользования, пересекает лесной массив и объединяет все лесные дороги в единую сеть	От 0,35 до 0,7	Iл
Лесная дорога, связывающая лесосырьевую базу с нижним лесным складом, пунктом потребления древесины или дорогой общего пользования, пересекает лесной массив и объединяет все лесовозные дороги	От 0,14 до 0,35	IIл
Лесная дорога, примыкающая к лесным дорогам категории	Менее 0,14	IIIл
Лесные дороги, предназначенные: – для доставки сельскохозяйственной и специальной техники и грузов к местам производства работ и лесным пожарам; – осуществления рекреационной деятельности; – вывозки лесохимического сырья; – подъезда к лесопитомникам; – подъезда к кордонам и егерским участкам, а также для патрулирования лесных массивов, временных дорог (сезонного действия).	Без определенного грузооборота	IVл

Транспортная инфраструктура лесов Уральского региона насчитывает более 102,4 тыс. километров, из них круглогодического действия составляет почти 13,7 тыс. км. (таблица 1.3). Подавляющее большинство из них – без права собственности, их эксплуатация производится только на принципах освоения близлежащих лесных участков (Приложение А, таблица А.1, А.2, А.3).

Основой для проектирования, строительства и эксплуатации транспортной инфраструктуры лесов, обеспечивающей круглогодичную заготовку и вывозку древесины служит нормативно – техническая база [22, 24, 52, 72, 73, 75, 76]. В основе которой лежит разработка территориальной комплексной схемы транспортного освоения лесов [79, 110].

Таблица 1.3 – Характеристика лесотранспортной инфраструктуры

Вид транспортной инфраструктуры	Протяжённость лесотранспортных путей, км						
	Всего	Лесохозяйственные дороги				Лесовозные дороги	Дороги общего пользования
		I тип	I тип	III тип	Итого		
Общая протяжённость лесотранспортных путей:	102427,6	4749,1	14579,1	46210,3	65538,5	13937,2	22951,9
Наземные автомобильные дороги:	3760,7	144,7	2,7	3,0	150,4	1233,7	2376,6
с усовершенствованным типом покрытия	622,0	–	–	–	–	–	622,0
Грунтовые улучшенные	83051,3	3800,4	12544,9	41353,3	57698,6	7724,9	17627,8
в том числе постоянного действия	5471,8	428,9	148,0	54,3	631,2	575,0	4265,6
в том числе временного действия	77579,5	3371,5	12396,9	41299	57067,4	7149,9	13362,2

Транспортная инфраструктура лесов несет на себе значительную социальную значимость. Для населения поселков, обслуживающих лесозаготовительное и деревообрабатывающее производство, лесные дороги служат единственной транспортной артерией, по которой осуществляется связь с областными населёнными пунктами.

В «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года» определены основные требования к развитию лесотранспортной сети регионов РФ [77] и их взаимосвязь с Федеральными проектами [83].

Общий запас древесины на землях лесного фонда Российской Федерации на 1 января 2023 года, по данным [77] находился на уровне примерно в 20133,11 млн. куб. м. Без современных методов проектирования, строительства и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры обеспечить выполнение Стратегии [79] на примере Свердловской области практически невозможно.

Освоение подобных территорий невозможно без планомерного развития лесотранспортной инфраструктуры, с использованием современных методов оценки и прогнозирования их транспортно-эксплуатационного состояния [57, 109].

1.2 Обзор современных технологий мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог

Лесные дороги являются объектом лесотранспортной инфраструктуры [73]. Учет и мониторинг лесных дорог, расположенных в государственном лесном фонде в соответствии с лесным законодательством, осуществляется при разработке лесных планов и лесохозяйственных регламентов, проведении лесоустройства, разработке проекта освоения лесов в рамках договора аренды лесного участка.

В процессе эксплуатации лесные дороги подвержены воздействию движущегося подвижного лесовозного состава и природно-климатических факторов, что приводит к накоплению усталостных и остаточных деформаций дорожных и их разрушений.

Появляются несоответствия между требованиями к лесной дороге и ее фактическим состоянием. Возникает необходимость улучшения ее транспортно-эксплуатационных показателей и даже значительной перестройки лесотранспортной инфраструктуры.

Решение такой задачи должно быть направлено на совершенствование существующей сети лесных дорог, их характеристик и параметров, которые должны обеспечивать расчетные скорости и пропускную способность в соответствии с прогнозируемой на перспективный период грузооборотом дороги, удовлетворять требованиям по безопасности и удобству движения.

Улучшение транспортных и эксплуатационных показателей лесотранспортной инфраструктуры чаще всего зависит от мероприятий, предусмотренных в проектах строительства и ремонта. Эти мероприятия разрабатываются

на основе результатов проведенной диагностики и учитывают прогноз изменения текущего состояния лесных дорог в период эксплуатации до капитального ремонта или реконструкции.

Диагностика лесных дорог включает обследование, сбор и анализ данных о технических параметрах, физико-механических свойствах дорожно-строительных материалов и дорожных сооружений [21, 51].

Проведение диагностики позволяет оценить текущее транспортно-эксплуатационное состояние лесных дорог на основе определенного набора параметров и определить, насколько они соответствуют фактическим характеристикам дороги. Также диагностика позволяет оценить степень расхождений с требованиями, установленными в нормативно-технических документах.

Для каждого участка или элемента лесной дороги, где обнаружены расхождения между фактическим состоянием и требованиями нормативов, определяются мероприятия, направленные на улучшение транспортно-эксплуатационного состояния дороги. Эти мероприятия должны быть реализованы при строительстве или ремонте.

Таким образом, диагностика дает возможность оценить транспортно-эксплуатационное состояние лесных дорог на основе установленных параметров и определить степень их соответствия фактическим характеристикам дороги.

Характеристики и состояние земляного полотна, а также эффективность системы водоотвода на дороге, могут иметь значительное влияние на безопасность и нормальную работу лесовозных транспортных средств. Проводится диагностика по всей протяженности лесной дороги с целью оценки стабильности конструкции дороги, состояния ее элементов и разработки мероприятий для обеспечения надлежащей эксплуатации.

Диагностика земляного полотна включает сбор данных о состоянии обочин, откосов и системы водоотвода. В процессе оцениваются размеры земляного полотна, поперечные наклоны, механические свойства грунтов, их де-

формации, состав грунтов, степень уплотнения и влажность верхнего слоя, состояние системы водоотвода, глубина грунтовых вод, а также состояние обочин, откосов и других факторов, включая обнаружение опасных пучинистых грунтов [40].

Диагностика дорожного покрытия лесной дороги. Основной характеристикой транспортного состояния лесной дороги служит прочность дорожной одежды. Прочность конструкции количественно оценивается величиной коэффициента прочности K_{np} , который нормируется в зависимости от типа дорожной одежды и категории лесной дороги.

Согласно ОДН 218.1.052-2002 [53] прочность дорожной конструкции обеспечивается, если на рассматриваемый момент времени: обеспечивается сплошность дорожного покрытия; модуль упругости конструкции не ниже требуемого значения по условиям дорожного движения ($E_{\phi} \geq E_{mp}$); в несвязных и слабосвязных слоях дорожных конструкций лесных дорог или в грунте земляного полотна возникающие касательные напряжения T не превышают значений, т.е. выполняется условие $T \leq T_{np}$.

В качестве обобщающего показателя фактической прочности принимают модуль упругости всей конструкции E_{ϕ} , который оценивают в результате диагностики и испытаний на прочность.

Анализ лесотранспортной инфраструктуры показал, что наиболее распространенным типом дорожных одежд являются покрытия переходного и низшего типов.

Анализируя нормативно-технический документ СП 243.1326000.2015, видим, что при мониторинге лесных дорог используется нормативно-техническая документация по автомобильным дорогам общего пользования [72]. В основе разработанных методов лежат проведение испытаний по оценке ровности дорожного покрытия, прочности дорожной одежды и оценке геометрических размеров проезжей части.

Продольную и поперечную ровность дорожного покрытия оценивают при помощи толчкомера, прибором типа ПКРС, дорожными рейками различных типов, акселерометрами, профилографами [19, 111].

Диагностику в полевых условиях выполняют во время проезда специальной дорожной лаборатории с установленным на ней толчкомером. При этом скорость движения по обследуемому участку лесной дороги должна быть определенной и равномерной. По каждой полосе движения делают не менее 2 проездов, а при наличии расхождения в полученных данных и 3 проезд, а так же и выборочно по отдельным участкам, для которых показания прибора после двух заездов различаются более чем на 10 %.

При невозможности выполнить инструментальные испытания дорожных одежд показатель E_{ϕ} на момент обследований допускается определять аналитически на основе результатов визуальной оценки состояния дорожной одежды по выражению:

$$E_{\phi} = E_{\text{общ}} K_{\text{пр в}} , \quad (1.1)$$

где $E_{\text{общ}}$ – общий расчетный модуль упругости дорожного покрытия, устанавливаемый для суммарного расчетного числа приложений нагрузки с момента строительства лесной дороги до момента обследования;

$K_{\text{пр}}$ – вероятное значение коэффициента прочности дорожного покрытия, зависящее от ее состояния на момент обследования.

При проведении оценки прочности дорожных покрытий чаще всего используется метод измерения физических характеристик конструкций, например упругие деформации конструктивных слоев дорожных одежд [17, 21, 52, 53]. Основные исследования, связанные с обеспечением работоспособности дорожных конструкций, основаны на изучении математических моделей, которые описывают линейно-упругую или упруго-пластичную среду.

Коэффициент прочности дорожного покрытия рекомендуется назначать по таблице 1.4 в соответствии с величиной среднего балла $B_{\text{ср}}$, установленного по видам дефекта дорожного покрытия [17].

Таблица 1.4 – Коэффициент прочности дорожного покрытия на момент диагностики

Величина среднего балла, B_{cp}	Коэффициент прочности дорожного покрытия, K_{np}
5,0	1,0
4,5	0,95
4,0	0,90
3,5	0,85
3,0	0,80
2,5	0,75
2,0	0,70
1,5	0,65
1,0	0,60

Для определения модуля упругости дорожного покрытия применяется методика, описанная в "Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа". Она основана на проведении испытаний статическими штампами различных конструктивных слоев дорожного покрытия.

Еще один метод диагностики покрытия – это измерение динамического упругого прогиба. Он используется для оценки прочности дорожного покрытия по динамическому модулю упругости и описан во многих нормативно-технических документах [17, 53, 62, 78]. При этом основными нормативными показателями конструктивных слоев дорожного покрытия является их способность сопротивляться внешним нагрузкам.

В настоящее время для оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры наибольшее распространение получил метод сравнения потребительских свойств лесных дорог.

Оценка лесной дороги в качестве транспортного сооружения, предназначенного для безопасного движения лесовозного подвижного состава с установленными нагрузками, осуществляется с использованием методов, которые включают оценку основных транспортно-эксплуатационных показателей и технических параметров дороги. Эти методы позволяют оценить состояние дороги в целом.

К основным транспортно-эксплуатационным показателям лесной дороги относятся: скорость движения, безопасность движения, пропускная способность, допустимая осевая нагрузка, общая масса и габариты лесовозного подвижного состава, а также экологическая безопасность. Эти показатели используются для оценки соответствия дороги требованиям безопасности и эффективности передвижения лесовозов с определенными нагрузками [71].

Габаритные значения лесовозного подвижного состава и его интенсивность движения приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5. Лесовозный подвижной состав

Показатели	Категории лесных дорог					
	I-ЛВ	II-ЛВ	III-ЛВ	IV-ЛВ	I-ЛХ	II-ЛХ
Интенсивность движения транспорта, ед. в сутки	Более 200	100 – 200	50 – 100	Менее 50	50 – 100	Менее 50
Максимальная габаритная ширина ТС, м	3,2	3,2	3,2	2,55		
Максимальная длина ТС, м	30	30	30	20		

Типы дорожных конструкций лесных дорог представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6. Типы дорожных конструкций лесных дорог

Наименование	Категории лесных дорог					
	I-ЛВ	II-ЛВ	III-ЛВ	IV-ЛВ	I-ЛХ	II-ЛХ
Тип дорожной одежды	Капитальный облегченный	Переходный	Низший	Низший	Переходный	Низший

Геометрические параметры ширины проезжей части и обочин являются важными характеристиками лесных дорог. Ширина проезжей части определяет доступное пространство для движения транспортных средств и обычно измеряется в метрах. Она может варьироваться в зависимости от назначения дороги, типа транспортных средств, которые будут использоваться, и уровня трафика. Ширина обочин, с другой стороны, определяет дополнительное пространство на боковых сторонах проезжей части и обычно измеряется также в

метрах. Геометрические параметры проезжей части и обочин лесных дорог представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7. Геометрические параметры проезжей части и обочин лесных дорог

Категория автомобильных дорог	Число полос движения	Ширина проезжей части лесных дорог при ширине транспортного средства, м		Ширина обочин лесовозных веток при ширине транспортного средства, м	
		до 2,5	от 2,5 до 3,5	до 2,5	от 3,0 до 3,5
I-ЛВ	2	7,5	7,5 – 10,5	1,5	1,5
II-ЛВ	2/1	7,0	7,0 – 9,5	1,5	1,5
III-ЛВ, I-ЛХ	1	4,5	4,5 – 5,5	1,0	1,0
IV-ЛВ, II-ЛХ	1	4,5	4,5 – 5,5	1,0	1,0

У рассматриваемого метода оценки имеется один основной недостаток: каждый показатель оценивается отдельно и имеет собственные нормативные значения. Это затрудняет анализ степени соответствия участка лесной дороги нормативным требованиям и влияет на определение наиболее важных мероприятий по ремонту.

Для упрощения процесса планирования ремонтных работ на лесных дорогах используются методы, которые позволяют преодолеть указанный недостаток – комплексной оценки качества и состояния дорог на основе их потребительских свойств. Эти методы позволяют рассмотреть дорогу в целом, учитывая различные аспекты ее качества и состояния, что способствует более всестороннему анализу и помогает определить наиболее значимые мероприятия по ремонту.

За комплексный показатель, наиболее полно отражающий основные транспортно-эксплуатационные свойства лесных дорог, используют показатель обеспеченности дорогой наибольшей скорости движения лесовозного подвижного состава.

Таким образом, комплексная оценка транспортно-эксплуатационного состояния лесной дороги может быть определена по следующему выражению:

$$P_d = KP_d K_{об} K_{эс} , \quad (1.2)$$

где KP_d – комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния лесной дороги;

$K_{об}$ – показатель инженерного оборудования и обустройства лесной дороги;

$K_{эс}$ – показатель уровня содержания лесной дороги.

На каждом определенном характерном участке лесной дороги требуется оценить все параметры и характеристики, принимая во внимание как их отдельное, так и совместное влияние на транспортно-эксплуатационные характеристики. На каждом участке идентифицируются параметры дороги и их комбинации, которые приводят к снижению потребительских свойств, что позволяет классифицировать их по степени влияния.

Комплекс мероприятий и работ, определенный на основе диагностики и оценки состояния дороги, является предварительным и служит основой для принятия решения о ремонте или реконструкции лесовозной дороги, а также выбора стратегии выполнения этих работ.

Временные показатели можно выделить для следующих переменных, характеризующих: транспортную работу лесной дороги, технико-эксплуатационные показатели дорожного покрытия и земляного полотна, а также эффективность лесотранспортной грузовой работы дороги.

Интенсивность движения лесовозного подвижного состава, обозначаемая как N , представляет собой количество лесовозных автомобилей, проезжающих через определенное сечение лесной дороги за определенный промежуток времени, такой как час или сутки. В зависимости от уровня интенсивности движения устанавливается категория лесной дороги и определяются сроки проведения ремонтных работ.

Грузонапряженность лесной дороги (брутто), обозначаемая как G , представляет собой общую массу лесных грузов и транспортных средств, проходящих через определенный участок лесной дороги в обоих направлениях за единицу времени. Единицей измерения может быть тонна в год или тонна в сутки.

Грузонапряженность лесной дороги (нетто) отражает общую массу лесных грузов, перевезенных через указанный участок дороги в обоих направлениях за единицу времени и на единицу пройденного пути.

Провозная способность лесной дороги, обозначаемая как M , определяет максимальную массу лесных грузов, которую можно перевезти через данный участок дороги за единицу времени. Единицей измерения является тонна в час.

Скорость движения лесовозного подвижного состава – качественный показатель транспортной работы лесной дороги и её состояния.

Транспортно-эксплуатационные показатели лесной дороги включают следующие характеристики: прочность дорожной одежды, земляного полотна, ровность дорожного покрытия, сцепление шины с покрытием, износостойкость покрытия и работоспособность дорожной одежды.

Прочность дорожной одежды и земляного полотна определяется несущей способностью конструкции и оценивается по модулю упругости (E).

Ровность дорожного покрытия характеризует качество поверхности проезжей части лесной дороги и включает продольную и поперечную ровность, причем поперечная ровность связана с глубиной колеи на покрытии.

Работоспособность дорожной одежды является эксплуатационным показателем и показывает суммарную массу лесных грузов, проезжающих по дороге между капитальными ремонтами, выраженную в брутто тоннах.

Надежность лесотранспортной сети является показателем, характеризующим вероятность безотказной работы лесотранспортной инфраструктуры.

Проезжаемость лесной дороги определяет возможность движения по дороге с заданной скоростью в разные временные периоды.

Срок службы лесной дороги – это период времени от сдачи дороги в эксплуатацию до ее реконструкции или между капитальными ремонтами.

Себестоимость перевозок лесных грузов является показателем эффективности работы лесовозного автомобильного транспорта в конкретных дорожных условиях и измеряется в стоимостных единицах, отнесенных к одной тонне-километру.

Дорожная составляющая себестоимости перевозок лесных грузов является условным показателем, отражающим долю затрат на ремонт и обслуживание лесных дорог в общей себестоимости перевозок

1.3. Информационные системы лесного хозяйства

Лесные ресурсы России, объем которых составляет более 20 процентов площади всех лесов, играют важную роль как на глобальном, так и на национальном уровне являются важной составляющей экономического развития РФ. Программными документами, задающими перспективы развития лесной отрасли экономики являются: национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная указом Президента Российской Федерации № 204 от 7 мая 2018 года «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»; стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года; государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» [46, 59, 60, 61, 77].

В их основе лежат принципы к развитию перспективного направления цифровой трансформации лесного комплекса.

По определению 24-ФЗ «Об информации, информатизации и защите информации» от 20 февраля 1995 г., информатизация представляет собой «организационный социально-экономический и научно-технический процесс создания оптимальных условий для удовлетворения информационных потребностей и реализации прав граждан, органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций, общественных объединений на основе формирования и использования информационных ресурсов» [84].

Под цифровой трансформацией в лесном хозяйстве (комплексе) понимается переход от обмена бумажными документами к обмену данными, введение реестровых моделей, отказ от дублирующей и излишней информации.

Ключевым элементом цифровой трансформации лесного хозяйства должна стать передача на федеральный уровень государственного лесного реестра, ведение которого должно осуществляться в цифровом формате с использованием федеральной государственной информационной системы лесного комплекса [9, 14, 60, 101, 104].

Учитывая масштабы земель лесного фонда, следует отметить, что для производственного и государственного контроля за такими землями необходима достоверная пространственно-ориентированная информация о них [49]. В настоящее время внедряются элементы, систематизирующие информацию в лесной отрасли Российской Федерации [59].

В соответствии со ст. 13 Лесного кодекса Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (далее – ЛК РФ) в целях использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов допускается создание лесной инфраструктуры [32, 46]. К объектам лесотранспортной инфраструктуры в зависимости от категории леса относятся лесные дороги, лесные проезды.

Цифровая трансформация лесного хозяйства идет по второму пути параллельного развертывания и применения решений отдельных производственных и экономических задач:

1. Цифровые модели местности и цифровые топографические карты – представление территории в виде двухмерного (за счет спутниковых снимков) изображения или трехмерной модели, построенной путем сканирования LIDAR-оборудования или методом аэрофотосъемки или с использованием квадрокоптера [23, 61, 89, 94, 112].

2. Искусственный интеллект также применяется для нахождения оптимальных решений в области построения лесотранспортной сети, прогнозирования пожаров и отслеживания незаконных вырубок. Например, геопортал

республики Татарстан предлагает «Сервис лесоизмерений», который с помощью спектрального анализа фотоснимков позволяет автоматически обнаруживать изменения, такие как незаконные вырубки, карьеры или усыхание деревьев [31, 96, 113].

С целью оптимизации информатизации в лесопромышленном комплексе России рассматривают такие мероприятия как: совершенствование существующих систем (информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства; единая государственная автоматизированная информационная система учета древесины и сделок с ней) и создание принципиально новой единой автоматизированной информационной системы, которая будет служить единой платформой для обеспечения информационно-аналитической поддержки. Внедрение такой системы позволит собирать, обрабатывать, хранить и использовать информацию о состоянии лесов, их количественных и качественных характеристиках, их использовании, охране, защите и воспроизводстве. Это, в свою очередь, способствует повышению достоверности и оперативности представления данных для принятия управленческих решений.

В настоящее время федеральным агентством лесного хозяйства в сотрудничестве с министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации и технологическим партнером АТ Consulting проводится проектирование и реализация федеральной государственной информационной системы лесного комплекса (ФГИС ЛК).

ФГИС ЛК создается с целью улучшить управление лесными ресурсами, обеспечить доступность и прозрачность информации, упростить административные процедуры и способствовать устойчивому лесопользованию. Эта система объединяет существующие реестры, такие как «Интерактивная карта Леса России» и «Единая государственная автоматизированная информационная система учёта древесины и сделок с ней» (см. рисунок 1.1, приложение А, рисунки А. 1- А.2) [29].

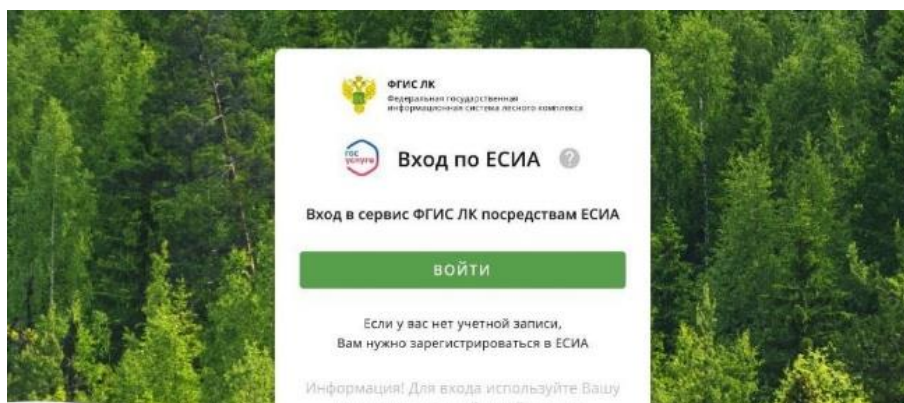


Рисунок 1.1. Реализация проекта ФГИС «Лесной комплекс» с авторизацией через портал Госуслуги

При этом в проектируемой и разрабатываемой федеральной государственной информационной системе лесного комплекса отсутствует модуль об учете лесотранспортной инфраструктуры участков: местоположение и транспортно-эксплуатационное состояние лесных дорог, строительных объектов (лесничеств, лесосырьевых баз и др.), экологические показатели, возможности реализации пожаротушения и др., что сужает возможности использования системы для решения задач лесного хозяйства.

Таким образом, возникает необходимость в создании информационного реестра лесотранспортной инфраструктуры наполнение реестра планируется за счет импорта данных из действующей единой государственной автоматизированной информационной системы учета древесины и сделок с ней и «бумажных» документов, более 130 млн записей о лесных территориях и их участках — лесотаксационные выделы, лесничества, территории лесного фонда с описанием границ, площади, категории земель, информации о типе леса и запасае, а также о том, кто пользуется лесом и в каких целях, включая баланс древесины, хранящейся на лесосеке.

Развитие и создание интеллектуальных транспортных систем, включая использование дронов, способствуют улучшению лесотранспортной инфраструктуры и позволяют оптимизировать сеть для более эффективного перемещения и сокращения временных затрат. При этом учитываются мировые тенденции в области транспортного комплекса [98, 100, 107]. Анализ проектов и

цифровых решений в области цифровой трансформации показывает неравномерность применения информационных технологий, информационных ресурсов и реестров данных в лесном хозяйстве Российской Федерации. Эта неравномерность связана с техническими, экономическими и географическими особенностями различных регионов.

В процессе внедрения цифровых решений в лесном хозяйстве возникают основные проблемы, которые наблюдаются и в других отраслях. Одна из них – «лоскутность» применения информационных технологий, информационных ресурсов и реестров данных на разных уровнях субъектов Российской Федерации и региональном уровне. Это создает значительные проблемы при организации сделок и лесозаготовительной деятельности.

Кроме того, необходимо учитывать уязвимость цифровых решений, коммуникационной и информационной инфраструктуры, а также обеспечение информационной безопасности. Некоторые модули систем связи и серверов являются частью зарубежных систем спутниковой связи [7, 39, 97, 108].

Наибольших успехов в цифровизации транспортной инфраструктуры достигли дорожно-строительные организации, занимающиеся строительным контролем. В работе [5] были описаны технологии и инструментарий, который используется для создания систем и программных решений по управлению строительными лабораториями.

Предложенные системы не обладают следующими функциями: сбор информации с лабораторного оборудования, контроль жизненного цикла лабораторных проб, наличие личного кабинета для заказчика и мобильных приложений.

При разработке информационных систем технологического контроля были учтены основные принципы и требования, установленные в ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Эти системы удовлетворяют требованиям, связанным с отбором проб, их упаковкой, транспортировкой, приемкой (включая регистрацию) в лаборатории, хранением, подготовкой проб к испытаниям (и,

при необходимости, изготовлением образцов), проведением испытаний (в соответствии со стандартными методами), расчетом результатов испытаний, анализом этих результатов и оформлением окончательных выводов и результатов испытаний. (см. таблицу 1.8).

Таблица 1.8 – Функциональные показатели информационной системы технологического контроля строительства и эксплуатации лесных дорог

Наименование основных подсистем	Функциональное назначение подсистем
1. Управление отношениями с лесозаготовительными предприятиями	Прием и обработка заявок, обратная связь
2. Управление нормативно-технической документацией	Актуализация нормативных документов, верификация
3. Учет оборудования	Контроль плановых проверок и ремонта, метрологическое обеспечение
4. Управление оборудованием	Контроль работы оборудования
5. Сбор информации с оборудования	Формирования банка данных по испытаниям
6. Банк данных дорожно-строительных материалов	Формирования банка данных по испытаниям дорожно-строительных материалов
7. Формирование документации	Создание протоколов, актов, отчетных материалов
8. Контроль испытаний	Контроль условий и правильности методик испытаний
9. Управление персоналом	Мониторинг компетентности персонала
10. Личный кабинет Заказчика	Просмотр и отслеживание результатов, статуса заказа, создание технического задания

Например инновационная платформа U-LAB объединяет различные инструменты и методы для проведения исследований, проектирования и разработки в области строительных материалов и конструкций, внедренная в информационном центре ИЦ «УралНИИСтром» и предлагает ряд ключевых преимуществ: модуль «личного кабинета», обеспечивающего удобное взаимодействие с системой; распределение задач персоналу лаборатории для оптимизации рабочего процесса; взаимодействие с геоинформационными системами для более полного использования пространственных данных; эффективное управление работой, за счет мониторинга движения пробы, позволяющий отслеживать ее перемещение на всех этапах процесса, конфиденциальность

обеспечивающаяся сквозным шифрованием, структурная схема которой изображена на рисунке 1.2 [5, 70].

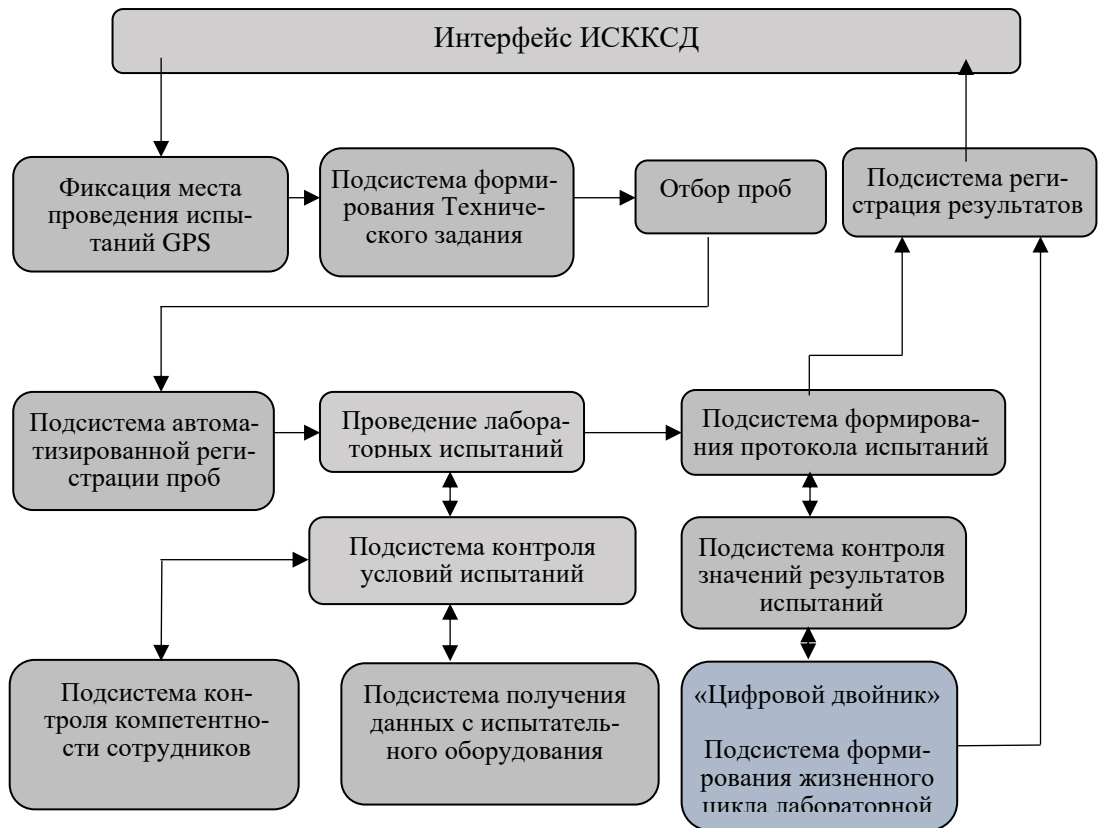


Рисунок 1.2. – Структурная схема информационной системы технологического контроля качества при строительстве и эксплуатации лесных автомобильных дорог

На рисунках А.3-А.5 приложения А изображены различные интерфейсы информационных систем технологического контроля, которые были внедрены в цифровую лабораторно-информационную систему U-LAB. Эта система также синхронизируется с комплексом 1С-Бухгалтерия. Ее интерфейсы включают формирование заявок на проведение технологического контроля качества строительства лесовозных дорог, карточку заявок на технологический контроль, перечень используемого оборудования, текущее окно объекта технологического контроля качества и карту объектов строительства лесовозных дорог на территории трансграничных лесов Евразии.

Выводы по первой главе и постановка цели и задач исследования

Эффективное освоение лесосырьевых баз невозможно без широко развитой лесотранспортной инфраструктуры.

В результате проведенной оценки состояния вопроса, на примере Свердловской, Челябинской областей и Пермского края и прилегающих к ним территорий, установлено, что для успешного функционирования лесотранспортной инфраструктуры необходимо пересмотреть основные принципы оценки их функционирования. Было выявлено, что фактическое состояние лесотранспортной инфраструктуры существенно отличается от проектных показателей. Использование, рекомендованных в научно-технической документации методик и критериев по диагностике автомобильных дорог общего пользования, приводит к недооценке транспортной составляющей и природно-климатических условий расположения лесных дорог.

Существующие методы мониторинга и оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог, с использованием традиционного инструментального осмотра и диагностики уже не соответствуют современным требованиям и невозможны без внедрения информационных технологий. Существующая «Единая государственная автоматизированная информационная система учёта древесины и сделок с ней» Федерального агентства лесного хозяйства позволила систематизировать сведения о лесах, об их использовании, охране, защите, воспроизводстве, о древесине и сделках с ней, а также сформировать сведения о состоянии и перспективах развития лесного комплекса страны. Однако при анализе ее структуры, было выяснено, что транспортная инфраструктура лесов в программе рассматривается ограниченно и носит декларативный характер, что нанесло существенные ограничения на ее функционирование. В системе отсутствуют данные о транспортной доступности лесных участков, таких как: местоположение и транспортно-эксплуатационное состояние лесных дорог, строительных объектов (лесничеств, лесосырьевых

баз и др.), экологические показатели, возможности реализации пожаротушения и др., что сужает возможности использования системы для решения задач лесного хозяйства. Отсутствуют рекомендации по выбору рациональных путей перемещения древесного сырья.

В результате проведенного литературного обзора было выяснено, что по комплексу предъявляемых требований и с учетом территориального размещения лесосырьевых баз, наиболее эффективным для совершенствования лесотранспортной инфраструктуры следует признать создание информационных систем мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог. Создание реестров и информационных систем необходимо проводить на основе мониторинга лесных дорог с использованием информационных технологий и их наполнения за счет импорта данных из действующей единой государственной автоматизированной информационной системы учета древесины и сделок с ней и данных, полученных непосредственно от арендаторов.

Цель исследования. Повышение эффективности функционирования лесотранспортной инфраструктуры лесов

Задачи исследования:

1. Разработать методы мониторинга транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог в условиях цифровой трансформации лесного хозяйства.
2. Разработать информационную систему мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог.
3. Провести комплекс экспериментальных и модельных исследований по настройке и внедрению информационной системы мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

2.1. Формулирование общих требований к информационной системе мониторинга лесотранспортной инфраструктуры

Разрабатываемая информационная система мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог должна учитывать концептуальную модель Федеральной государственной информационной системы лесного комплекса (ФГИС ЛК), предложенной в феврале 2022 года Федеральным агентством лесного хозяйства (Рослесхоз) и Министерством природных ресурсов и экологии [54]. Предложенная система должна включать модули использования лесов, модули охраны, защиты и воспроизводства лесов, модули лесных карт, модули приема, обработки документов учета документов, модули внешнего и внутреннего взаимодействия и др. Лесотранспортная инфраструктура тесно переплетена с транспортом и дорогами общего пользования, что подтверждается нашими обследованиями [88].

Системе мониторинга необходимо в режиме реального времени своевременно обнаруживать проблемные участки по транспортно-эксплуатационному состоянию. Поэтому одним из важных компонентов системы является функция формирования расчётных показателей в сочетании с применением автоматизированных средств обработки информации. Система предполагает наличие трех составляющих: возможность регистрации; возможность занесения данных об участке лесотранспортной сети; возможность мониторинга и прогнозирования возможного изменения транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог.

Рассмотрим необходимые функции информационной системы: регистрация в системе арендаторов и владельцев участков; формирование и хранение

ние данных об участке лесотранспортной сети; мониторинг транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог; личный кабинет пользователя; вычисление дополнительных показателей состояния лесотранспортной сети; формирование паспорта лесотранспортного участка.

Часть данных информационной системы планируется за счет импорта данных из действующей единой государственной автоматизированной информационной системы учета древесины и сделок с ней (ЕГАИС ЛК), в последствии из ФГИС ЛК — информация об арендаторе и лесотаксационные выделы, лесничества, территории лесного фонда с описанием границ, площади, категории земель, информации о типе леса и запасе, а также о том, кто пользуется лесом и в каких целях, включая баланс древесины, хранящейся на лесосеке.

Таким образом, по комплексу предъявляемых требований и с учетом территориального размещения лесосырьевых баз, структурная схема системы мониторинга лесотранспортной инфраструктуры должна иметь следующий вид, представленный на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 Структурная схема процесса мониторинга лесотранспортной инфраструктуры с использованием информационных технологий

Структурная схема включает блока мониторинга состояния лесных дорог, информационную систему обработки результатов мониторинга и модуля интеграции с действующей единой Государственной автоматизированной информационной системы учета древесины и сделок с ней [67].

Для единообразия данных для получения исходных данных используется API (Application Programming Interface) системы ЕГАИС ЛК, в последствии федеральной государственной системы Лесного комплекса. API представлен набора определенных технических и правил и протоколов, который позволяют программным приложениям взаимодействовать друг с другом. API определяет набор функций, методов и структур данных, которые доступны для использования при разработке приложений.

API (Application Programming Interface) системы ЕГАИС ЛК представлены в виде общедоступных веб-сервисов и данных доступных после регистрации в системе, пример общедоступных сервисов представлены на рисунке 2.2.

Часть данных являются общедоступными – нормативно справочными: районы, лесничества, формы рубки и др., другие данные доступны только после регистрации в системе.

Помощник по сервису интеграции

Нормативно-справочная информация

В Системе применяются справочники и классификаторы, представленные в таблице.
Для получения значений справочника Системы необходимо сформировать запрос `GetLookupValues` (см. Получение данных из справочника).

№	Наименование справочника	Наименование справочника в Системе	Количество значений в справочнике
1	Страны	country	254
2	Федеральные округа Российской Федерации	federalDistrict	9
3	Субъекты Российской Федерации	constituentEntity	85
4	Муниципальные районы	metropolitanBorough	2324
5	Лесничества	forestry	1674
6	Участковые лесничества	subForestry	8317
7	Урочища/дачи	tract	12864
8	Целевые назначения лесов	specialPurpose	19
9	Формы рубки	cuttingShape	2
10	Виды рубки	cuttingKind	22

Рисунок 2.2 Элемент общедоступного веб-сервиса ЕГАИС ЛК

Сервис интеграции системы представляет собой связующее звено ЕГАИС учета древесины, обеспечивающее централизованный и унифицированный событийно-ориентированный обмен сообщениями между различными подсистемами ЕГАИС учета древесины и внешними системами по принципу сервисно-ориентированной архитектуры. Любая передача данных, синхронная или асинхронная, между всеми подсистемами ЕГАИС учёта древесины происходит через сервис интеграции. Сервис интеграции тесно интегрирован с подсистемой управления доступом для верификации входящих запросов.

Совместимость с внешними информационными системами реализуется посредством протокола обмена структурированными сообщениями SOAP (Simple Object Access Protocol) поверх протокола прикладного уровня HTTP (HyperText Transfer Protocol) [8]. В рамках протокола SOAP данные передаются в формате XML, пример формирования запроса и сформированные ответные данные ЕГАИС представлены на рисунке 2.3.

Получение данных из справочника

Запрос `GetLookupValues` позволяет получить данные из справочника с параметрами, указанными в таблице.

Спецификация запроса на получение данных

Код операции	Описание операции
<code>RequestGetLookupValues</code>	Принимает от внешних АИС запрос на получение данных из справочника, принятых в Системе, в ходе обработки которого формируется ответ и возвращается внешней АИС

Перечень входных параметров и их формат

Код параметра	Описание параметра	Свойство	Тип	Формат
<code>lookupName</code>	Наименование справочника в Системе (см. <i>Нормативно-справочная информация</i>)	Обязательное поле	string	[A-Z] [a-z]
<code>pageSize</code>	Размер страницы (количество параметров, возвращаемых за один запрос)	Необязательное поле	integer	[0-9]
<code>pageNumber</code>	Номер страницы	Необязательное поле	integer	[0-9]

Пример сформированного запроса и ответа

Формирование запроса на получение данных из справочника
Формирование ответа на получение данных из справочника

Формирование запроса на получение данных из справочника `updateReason` - причины изменения статуса документа.

```

<soapenv:Envelope technical information with attributes xmlns, defining namespace names/>
  <soapenv:Header>
    <api:EgaisRequestHeader apiVersion="версия API" operationId="?">
      <api:security>
        <api:credentials userLogin='логин пользователя' userPassword='пароль пользователя' />
        <api:apiKey>идентификатор внешней системы</api:apiKey>
      </api:security>
    </api:EgaisRequestHeader>
  </soapenv:Header>
  <soapenv:Body>
    <api:RequestGetLookupValues lookupName="updateReason" pageSize="10" pageNumber="0" />
  </soapenv:Body>
</soapenv:Envelope>

```

Рисунок 2.3 Пример формирования запроса и сформированного ответа в формате XML

2.2 Обобщенный показатель эффективности транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры

При построении информационной системы мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной сети были разработаны алгоритмы для оценок частных критериев, определяющих основные транспортно-эксплуатационные характеристики лесных дорог. Из анализа, проведенного в главе 1 и действующей нормативно-технической документации [21, 51], в качестве основных критериев были выбраны: прочностные качества проезжей части лесных дорог, поперечная ровность дорожного покрытия (глубина колеи), ширина проезжей части и показатели грузооборота (грузовая работа) лесной дороги.

Постановка задачи в общем виде:

- формирование критерия эффективности транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры;
- задание ограничений;
- реализация алгоритма в компьютерной программе.

В общем случае при оценке транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной сети, дорожные покрытия лесных дорог должны удовлетворять экологическим, экономическим и техническим критериям. Это существенно усложняет задачу, и выработать единый критерий, который бы учитывал все показатели, не представляется возможным. Возможно решать ее поэтапно, по каждому критерию последовательно, что достаточно сложно и возможны накопления ошибок к завершающему этапу [15, 33].

В случае оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры возникла задача, выявить фактические значения динамических модулей упругости дорожных покрытий при сравнении с нормативными геометрическими параметрами проезжей части [16, 43, 82].

Однако дорожные покрытия лесных дорог испытывают и ряд других воздействий, в первую очередь, от действия осевой нагрузки лесовозного подвижного состава. Устойчивость от механических нагрузок обычно оценивают модулем упругости $E_{общ}$ или толщиной конструктивного или дополнительных слоев, но в нашем случае эти воздействия оказывают влияния на поперечную ровность. Что приводит к колесобразованию и нарушению сплошности покрытия.

Особенностью эксплуатации лесных дорог является использование лесовозного подвижного состава, имеющего значительную массу и габаритные размеры. Что приводит к ненормативным нагрузкам на дорожные покрытия и возникновению значительных ущербов лесным дорогам. Поэтому при выборе частных критериев было проведено обоснование по применению показателя грузооборота (грузовая работа) лесной дороги.

В общем виде эту задачу можно представить следующим образом.

Состояния лесной дороги, по критерию транспортно-эксплуатационного показателя оценим параметрами – P_i , где – P_1, P_2, \dots, P_n значения параметров, которые можно будет оценивать по динамическому модулю упругости дорожного покрытия, по поперечной ровностью дорожного покрытия, по геометрическим параметрам проезжей части и грузовой работы (интенсивность движения лесовозного подвижного состава).

Все значения оцениваются для дорожных покрытий лесных дорог переходного типа и низшего типа по ОДН 288.133330 -2012.

В нашем случае, задача мониторинга транспортно-эксплуатационных показателей лесной дороги будет заключаться в оценке таких параметров лесных дорог, при которых значения модуля упругости E_{vdi} , ширины проезжей части B_i , ровности покрытия h_{iu} и параметров грузовой работы Q_i будут в границах ограничений.

В этом случае нормативные требования для лесовозных дорог с заданным типом дорожной одежды (СП 288.1325800.2016 «Дороги лесные. Правила

проектирования и строительства) будут обеспечены при условии, что динамический модуль упругости на дорожном покрытии E_{vdi} , B_i , h_{iu} будет не менее требуемого нормативного значения при ограничениях грузовой работы.

Однако для решения задачи общей оценки транспортно-эксплуатационного состояния этого недостаточно, поэтому воспользуемся методом формирования обобщенного показателя эффективности [85].

Обобщенный показатель эффективности будет представлять из себя сумму частных показателей [3, 27, 81]. Ввиду того, что частные показатели имеют различную физическую природу, а так же размерности и методы измерения, то они должны быть приведены к безразмерному виду. Это означает, что данные показатели должны быть нормированы, т.е. быть преобразованы до значений от 0 до 1.

С учетом доли вклада для каждого частного показателя будем использовать коэффициенты весов, которые в свою очередь также нормируются таким образом, чтобы сумма коэффициентов была равна единице. Частные показатели рассчитываются выполняется по формуле:

$$M = \frac{(P - P^{\min})}{(P^{\max} - P^{\min})}, \quad (2.1)$$

где M – некий частный показатель;

P – текущее значение частного показателя;

P^{\min} – наименьшее значение частного показателя;

P^{\max} – наибольшее значение частного показателя.

Наименьшее и наибольшее значения оцениваются на первом шаге, в виде придания им ограничений.

Назначение приоритетов для частных показателей происходит путем присвоения весовых коэффициентов. Весовые коэффициенты, как то K_1 , K_2 , K_3 и K_4 , при каждом частном показателе определяются пользователем сети, например, используем метод экспертных оценок и таким образом зададим их приоритеты.

Таким образом разработанный обобщенный показатель эффективности транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры T , примет вид:

$$T = \frac{k_1(H_i - H_i^{min})}{H_i^{min} - H_i^{max}} + \frac{k_2(E_{vdi} - E_{vdi}^{min})}{E_{vdi}^{max} - E_{vdi}^{min}} + \frac{k_3(B_i - B_i^{min})}{B_i^{max} - B_i^{min}} + \frac{k_4(Q_i - Q_i^{min})}{Q_i^{max} - Q_i^{min}}, \quad (2.2)$$

где K_i – весовые коэффициенты частных критериев;

H_i^{min}, H_i^{max} – минимальные и максимальные значения показателей поперечной ровности (глубина колеи) дорожного покрытия, см;

$E_{vdi}^{min}, E_{vdi}^{max}$ – минимальные и максимальные значения динамического модуля упругости дорожной одежды, МПа;

B_i^{min}, B_i^{max} – минимальные и максимальные значения показателей фактической ширины проезжей части лесной дороги, м;

Q_i^{max}, Q_i^{min} – минимальные и максимальные значения показателей грузооборота лесной дороги, тыс. т. нетто /год.

Введем ограничения на показатели по материалам [10, 13, 35]:

Динамический модуль упругости дорожного покрытия лесной дороги

$$\begin{aligned} E_{vdi}^{min} &= 65 \text{ МПа} \\ E_{vdi}^{max} &= 80 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Величина поперечной неровности дорожного покрытия (глубина колеи) :

$$\begin{aligned} H_i^{min} &= 0,005 \text{ м} \\ H_i^{max} &= 0,15 \text{ м} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Фактическая ширина проезжей части лесной дороги

$$\begin{aligned} B_i^{min} &= 4,8 \text{ м} \\ B_i^{max} &= 6,8 \text{ м} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Грузооборот лесной дороги

$$\begin{aligned} Q_i^{min} &= 15 \text{ тыс. т. нетто /год} \\ Q_i^{max} &= 200 \text{ тыс. т. нетто} \\ &\quad \text{/год} \end{aligned} \quad (2.5)$$

2.3. Разработка информационной системы мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог

Для определения логики работы информационной системы исходя из определенной в п. 2.2 задачи вычисления обобщенного показателя необходимо спроектировать структурную схему, отражающую основные функции и процессы, которые должна выполнять информационная система мониторинга и их взаимодействие между собой.

Для настройки корректного взаимодействия между отдельными компонентами структурной схемы необходимо разработать информационный реестр, который через навигационное меню позволит обращаться к модулям оценки и подсистеме вычисления обобщенного показателя.

На нижнем уровне для обеспечения хранения данных в системе необходимо предусмотреть наличие базы данных, которая будет являться одной из основных компонентов информационной системы. Она представляет собой структурированное хранилище данных, организованное с целью эффективного хранения, управления и доступа к информации. База данных предоставляет механизмы для создания, чтения, обновления и удаления данных, а также выполняет запросы и аналитику для извлечения нужной информации.

В информационной системе мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог база данных необходима для хранения данных:

- об исследуемом участке дороги лесотранспортной сети, включая географическое положение;
- о критериях и границах и допустимости норм показателей на основе нормативной документации и допустимости норм;
- результатов исследований с использованием инструментов диагностики;
- результатов вычисления модулей с указанием времени вычисления.

Необходимо также учитывать обстоятельства, при которых может потребоваться расширить существующую схему другими компонентами. Такие

вещи обуславливают целесообразность использовать при разработке гибкую, модульную структуру. При проектировании системы должна быть учтена возможность дополнения и доработки имеющихся модулей, при расширении задач мониторинга лесных дорог появлению других показателей.

В зависимости от результатов оценки и вычисления обобщенного показателя транспортно-эксплуатационного состояния должно быть сформирован автоматизированный вывод о ее годности или негодности к эксплуатации с возможным формированием информационного паспорта участка дороги.

Общая структурная схема информационной системы мониторинга, с учетом выбранных критериев представлена на рисунке 2.4.

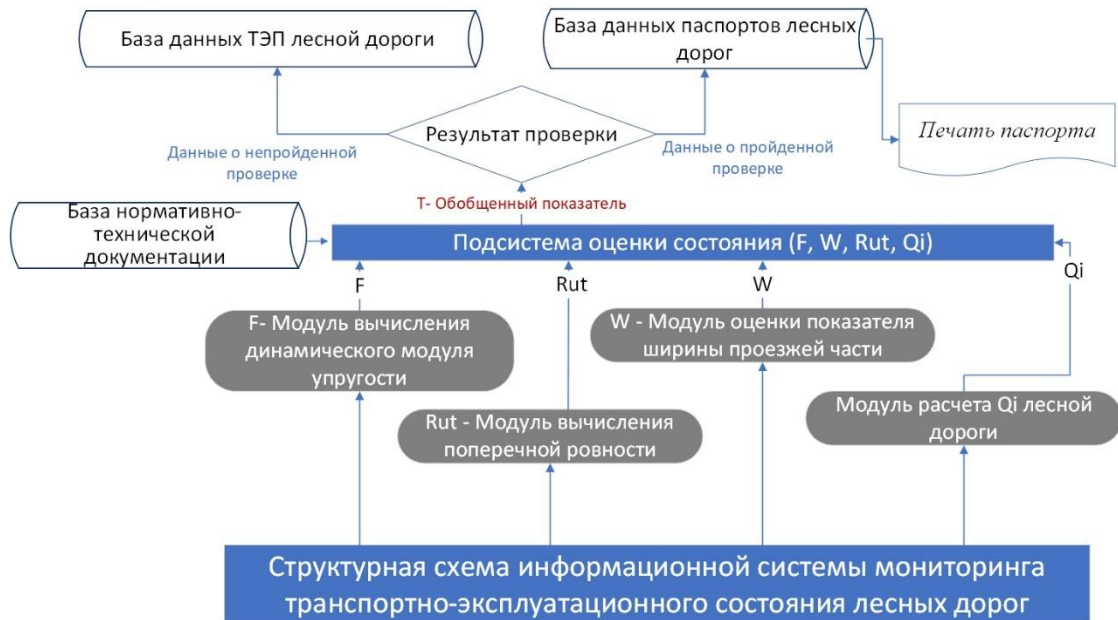


Рисунок 2.4 Структурная схема информационной системы мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог

Таким образом система должна рассчитывать оценку состояния с учетом результатов отдельных параметров – прочности, колейности, ширины и грузооборота, с учетом требований и вычислением результирующего обобщенного показателя. Подсистема обработки данных включает работу трех модулей: модуль расчета показателя прочности лесной дороги (динамический модуль упругости дорожной одежды); модуль оценки ширины проезжей части лесной

дороги; модуль оценки поперечной ровности (глубина колеи на дорожном покрытии).

Проведенные исследования транспортно-эксплуатационного состояния дорог описаны в исследованиях многих авторов [42, 44, 56, 85], в них также описаны и примеры экспериментальных исследований, где для решения подобных задач разрабатываются информационные системы и программные решения, особенно в период трансформации лесного хозяйства, когда информатизация выходит на передний план.

Веб приложение является важным компонентом будущей информационной системы, так как даст доступ пользователей в среде Интернет или с мобильного устройства. Веб приложение на схеме обеспечивается обращение к базам данных напрямую. Помимо того, что он обращается к базе по запросу от пользователя, он также хранит на своей стороне такие ресурсы как фотографии или результаты видеосъёмки лесной дороги. Реализация хранения подобного рода контента в базе данных является собой более сложную техническую задачу, чем конвертация и последующая передача ресурсов в виде набора байтов.

В нашем случае все три модуля были также реализованы на С-подобном скриптовом языке общего назначения – PHP (Personal Home Page), который применяемый для разработки веб-приложений с лицензией на свободное программное обеспечение. Выбор языка программирования стал не случаен, т.к. одна из задач исследования возможность удаленного наполнения и оценки транспортно-эксплуатационного показателя «на месте» [50, 90].

В информационной системе база данных будет реализована в реляционной модели (SQL), за счет нее будет обеспечена целостность данных, согласованность и надежность хранимой информации, как и механизмы безопасности и контроля доступа для защиты данных от несанкционированного доступа.

Алгоритм, заложенный в подсчете целевой функции будет зависеть от пороговых параметров определённых нормативно-техническими докумен-

тами и предварительно занесенных в соответствующие таблицы свободной реляционной системы управления базами данных MySQL как и вычисляемое значение, таким образом будет реализован механизм накопления данных, что позволит реализовать автоматизированного составления отчетности, мониторинга состояния лесотранспортной сети в течении времени и возможным составлением прогнозов по изменению состояния [48, 91].

Рассмотрим структурные схемы работы каждого модуля, в которых задействуются показатели участка лесной дороги, занесённые при заполнении информационного реестра и подгружаемые через SQL-запросы при вызове модуля расчета обобщенного показателя [45].

Подсистема оценки показателя прочности дорожной одежды лесной дороги.

Подсистема оценки показателя прочности дорожной одежды лесной дороги. В качестве критерия прочности дорожной одежды лесных дорог выбран динамический модуль упругости. Общая структурная схема подсистемы оценки прочности дорожной одежды по динамическому модулю упругости представлена на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5 Структурная схема подсистемы оценки прочности дорожной одежды по динамическому модулю упругости

Представленная структурная схема работы модуля позволяет его применять к любому участку лесной дороги лесотранспортной сети. Изменения возможны только в случае изменения типа дорожных покрытий или нормативных параметров. Занесение результатов в базу данных позволит произвести, повторный расчет при сохраненных параметрах и посмотреть динамику изменения функции в течении времени.

Модуль расчета подгружает значения участки дороги из таблицы базы данных на последнюю дату оценки, выводится количество варьируемых параметров, диапазоны значений и ограничений, размещенных в базе, прописываются аналитические выражения ограничений и функции, задается шаг расчетов по координатам. Методика определения минимально необходимого числа измерений величины динамического модуля упругости представлена в приложении В.

Подсистема оценки показателя поперечной ровности дорожного покрытия лесной дороги.

Подсистема оценки показателя поперечной ровности дорожного покрытия лесной дороги. В качестве критерия прочности дорожной одежды лесных дорог выбран параметр глубины колеи. Это значения колеиности по внешней и внутренней колее.

Автоматизация вычисления колеи дороги по внутренней и внешней колее может быть выполнена с использованием различных методов [66] и технологий:

1. Использование автоматического уровнемера. Уровнемер будет регистрировать изменения уровня и позволит определить глубину колеи дороги на основе разности уровней между внутренней и внешней колеей.

2. Использование геодезического оборудования: Геодезическое оборудование, такое как тахеометр или геодезический GPS, может быть использовано для измерения координат точек на дороге. Путем измерения координат внутренней и внешней колеи на различных участках лесной дороги.

3. Применение компьютерного зрения: С использованием компьютерного зрения и алгоритмов обработки изображений можно автоматически анализировать изображения лесной дороги, полученные с помощью камер или других сенсоров.

Измерение замеров колеи должно быть произведено на участке лесной дороги производится на элементах длиной 100 м. Для вычисления достаточно выполнения 5 замеров, но алгоритм расчета должен предполагать и большее количество замеров, для более точного показателя, с возможностью добавления элементов для ввода данных о замере по каждой стороне колеи.

Заполнение базы данных нормативов предусматривает наличие формы ввода и учет типа лесной дороги по назначению. Общая структурная схема подсистемы оценки показателя поперечной ровности дорожного покрытия лесной дороги по величине колеи представлена на рисунке 2.4. В Приложении Б, Б.2 представлен впервые разработанный Код модуля расчета показателя поперечной ровности дорожного покрытия лесной дороги.

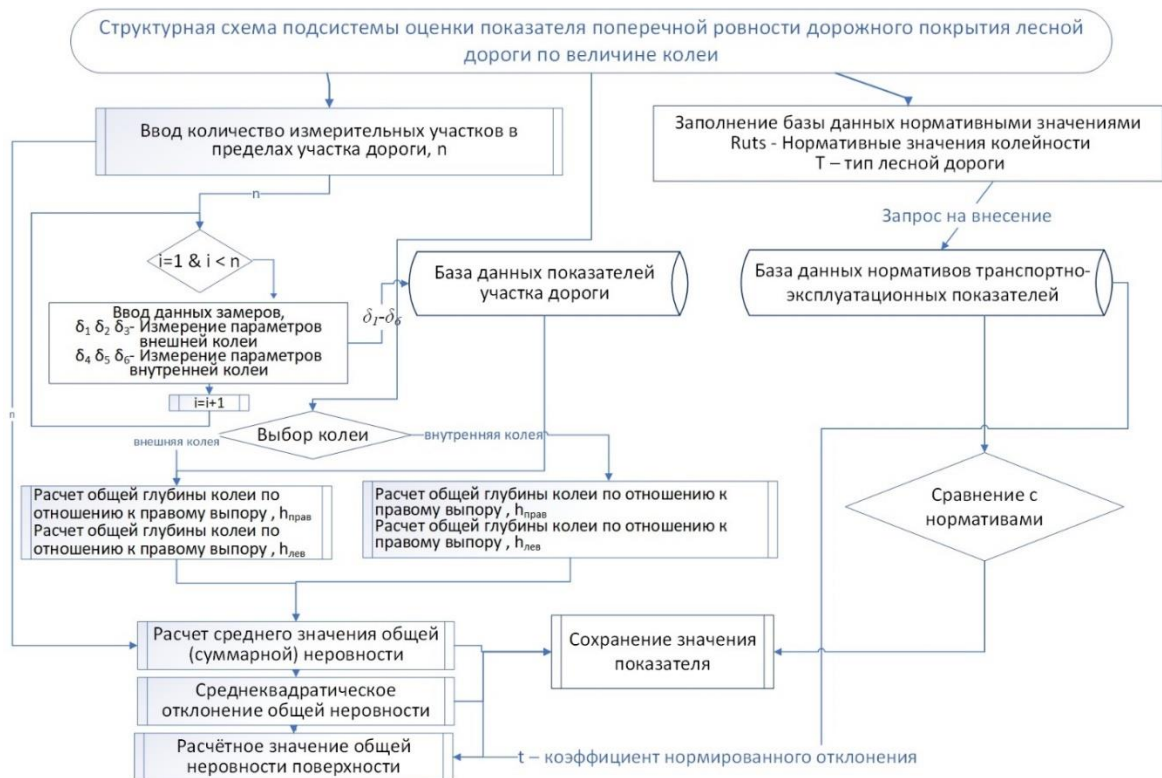


Рисунок 2.4 Структурная схема подсистемы оценки показателя поперечной ровности дорожного покрытия лесной дороги по величине колеи

Подсистема оценки показателя ширины проезжей части лесной дороги.

Подсистема оценки показателя ширины проезжей части лесной дороги. В качестве критерия используются фактические значения ширины проезжей части лесных дорог.

Модуль должен учитывать фактические значения ширины и тип лесовозного транспорта, используемый для данного участка лесной дороги. Занесение данных об лесовозном транспорте реализуется справочно, при тестировании информационной системы или арендатором в момент ввода данных о ширине [68].

Автоматизация оценки показателя ширины проезжей части лесной дороги выполняется:

1. С использованием компьютерного зрения: обработка изображений с возможностью анализа изображения дорожного покрытия лесной дороги, полученные с камер или других сенсоров. Алгоритмы могут распознавать границы проезжей части и определять ее ширину на основе расстояния между границами.

2. С применением LiDAR: LiDAR (лазерное сканирование) использует лазерные лучи для измерения расстояний до окружающих объектов. С помощью LiDAR можно сканировать дорогу и получать точные измерения ширины проезжей части.

3. С использованием геодезического оборудования: Геодезическое оборудование, такое как тахеометр или геодезический GPS, может быть использовано для измерения координат точек на дороге. Путем измерения координат границ проезжей части в различных местах дороги можно определить ее ширину.

4. Обработка результатов аэрографических снимков и занесение их в картографическое программное обеспечение.

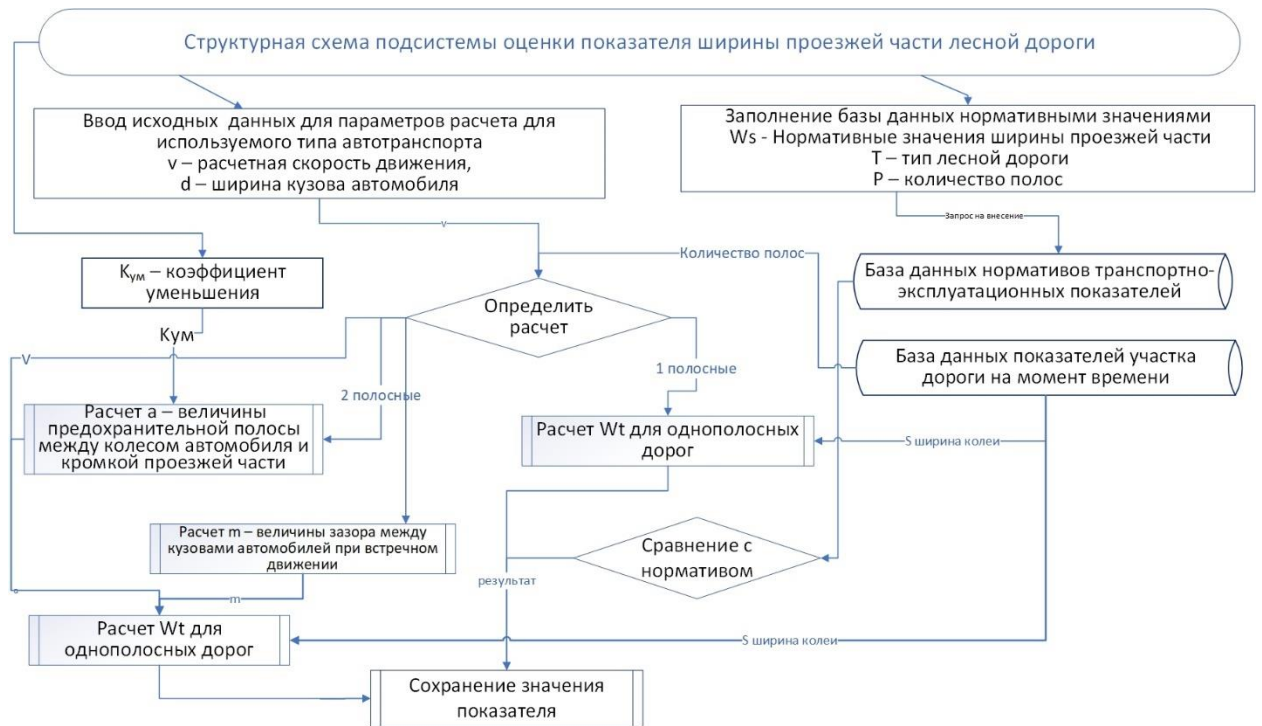


Рисунок 2.5 Структурная схема подсистемы оценки показателя ширины проезжей части лесной дороги

Общая структурная схема подсистемы оценки показателя ширины проезжей части лесной дороги представлена на рисунке 2.5. В Приложении Б, Б.3 представлен впервые разработанный Код модуля вычисления показателя ширины проезжей части лесной дороги

Подсистема оценки грузооборота лесной дороги.

Подсистема оценки грузооборота лесной дороги для заданного типа лесовозного подвижного состава. В качестве критерия используются данные через взаимодействие по предоставляемым государственным информационным систем и информации о владельцах арендованных участках леса. Грузооборот лесной дороги относится к количеству груза, который перевозится по данной дороге за определенный период времени. Он измеряется в тонно-километрах (т.км) и представляет собой произведение веса груза (обычно в тоннах) на расстояние перевозки (обычно в километрах).

Для расчета грузооборота лесной дороги необходимо учитывать объем лесоматериалов, который перевозится по этой дороге в течение определенного

периода времени. Для определения грузооборота лесной дороги можно использовать данные о количестве перевезенных грузовых поездов или грузовиков, их грузоподъемности и пройденном расстоянии. Умножение количества грузовых единиц на пройденное расстояние для каждой единицы даст общий грузооборот. Учет грузооборота лесной дороги позволяет оценить интенсивность использования дороги и планировать необходимые ресурсы для обеспечения лесоперевозок.

Для подсчёта грузооборота необходимо внесение данных в системе о годовом объёме вывозки древесины и расчета интенсивности грузооборота по каждому участку лесотранспортной сети, в зависимости от количества участков в лесной дороге рассчитывается общий грузооборот.

Общая структурная схема подсистемы оценки грузооборота лесной дороги представлена на рисунке 2.6. В Приложении Б, Б.4 представлен впервые разработанный Код модуля вычисления показателя грузооборота лесной дороги.

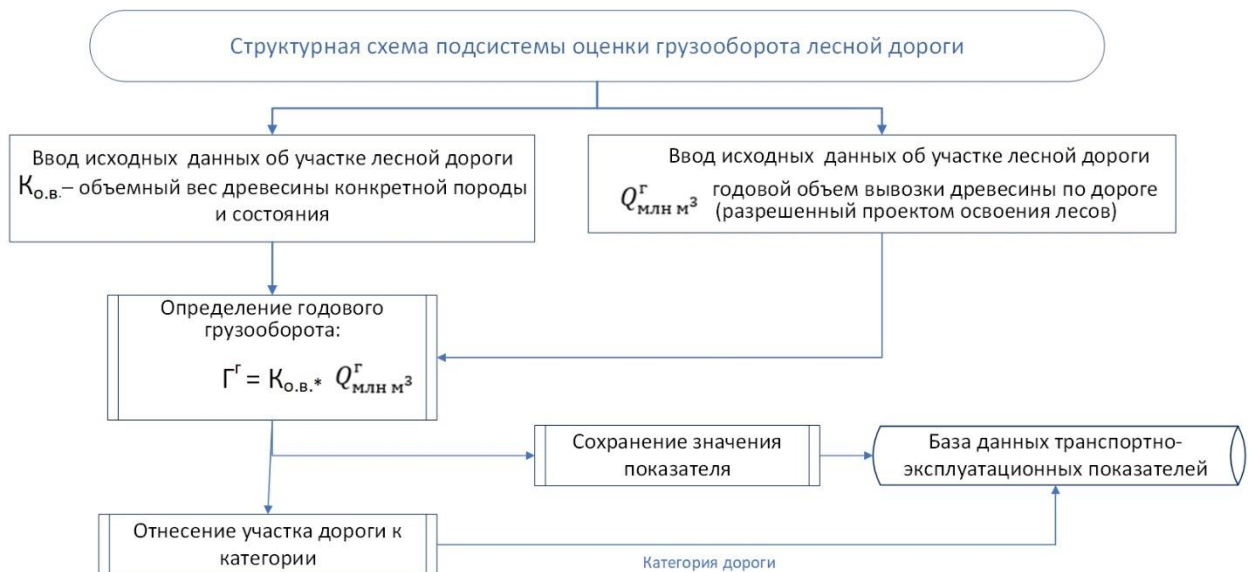


Рисунок 2.6 Структурная схема подсистемы оценки грузооборота лесной дороги

Расчет грузооборота позволит перераспределить маршрут движения для снижения интенсивности движения и снижение размера ущерба, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозку тяжеловесных грузов.

Выводы по второй главе

1. Выполненная постановка задачи, предложенный алгоритм и компьютерная реализация алгоритма позволила разработать систему мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог.

2. Разработаны методы и критерии оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог при мониторинге лесотранспортной инфраструктуры.

3. По технико-экономическим показателям предпочтение следует отдать критерию оценки функционирования по обобщенному показателю эффективности транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры.

4. Разработанная информационная система мониторинга включает в себя модули подпрограмм, соответствующие элементам критерия эффективности и состоит из: подсистемы оценки показателя прочности дорожного покрытия лесной дороги; подсистема оценки показателя поперечной ровности (глубина колеи) дорожного покрытия лесной дороги; подсистемы оценки показателя ширины проезжей части лесной дороги для однополосных и двухполосных дорог; подсистема оценки грузооборота лесной дороги.

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

3.1 Разработка методов мониторинга

транспортно-эксплуатационных показателей лесотранспортной инфраструктуры

Целью обследования в натуральных условиях функционирования лесотранспортной инфраструктуры, является инструментальное измерение геометрических и прочностных характеристик покрытий лесных дорог.

Натурные исследования проводились при обследовании наиболее характерных участков лесотранспортной сети. Для испытаний было выбрано восемь опытных участков с различными типами дорожных покрытий.

1. Участок №1. Покрытие переходного типа из ЩПС. Карпинский ЛПК, филиал ООО «Ураллеспром» на участке ПК0+00 – ПК00+85 (59°71'64"N 59°94'74"E).

2. Участок №2. Покрытие переходного типа из смеси вскрышных пород. Территория Исовского лесхоза, Н.Туринского района, Свердловской области на участке ПК12+00 – ПК31+15 (58°53'41"N 59°37'59"E).

3. Участок №3. Грунтовое улучшенное покрытие. Кыштымский лесхоз на участке ПК28+20 – ПК380+05 (55°36'55.3"N 60°31'57.5"E).

4. Участок №4. Грунтовое покрытие. Территория Лысьвенского лесничества, ГКУ, Кыновское участковое лесничество. Пермский край на участке ПК58+20 – ПК72+00 (57°41'42.3"N 58°40'37.1"E).

5. Участок №5. Покрытие щебеночное. Урал-Карбон «Коуровка». ООО ПП «Коуровский лес» на участке ПК25+00 – ПК0105+75. (56.873178"N 60.251730.1"E)

6. Участок №6. Подъезд к промышленной зоне, северо-восточная часть АО «Асбестовский ЛПХ», на участке ПК0+00 – ПК00+75. (55°36'55.3"N 60°31'57.5"E).

7. Участок №7. Покрытие асфальтобетонное. Подъезд к УУОЛ от автомобильной дороги 1Р242 Пермь – Екатеринбург КМ 336 + 283 – КМ 346 + 00 (правая сторона) (56.854019"N 60.291628. 1"E).

8. Участок №8. Покрытие щебеночное. ОАО «Кыновской леспромхоз», Пермский край на участке ПК76+00 – ПК125+12 (57.799749"N 58.547786.5"E).

При проведении исследований использованы следующие виды испытаний: измерение динамического модуля упругости конструктивных слоев дорожных одежд лесных дорог; толщина конструктивных слоев дорожных покрытий; состояние дорожного покрытия. Глубина колеи. Ширина проезжей части лесных дорог. Грузооборот и интенсивность движения лесовозного транспорта. Метод экспертных оценок транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог.

Сущность метода оценки прочностных показателей дорожных покрытий заключается в измерении динамического модуля упругости с применением динамического плотномера ZFG-3000-10 GPS [62].

Фактический динамический модуль упругости дорожного покрытия лесной дороги можно оценить при помощи выражения:

$$\bar{E}_{vd,j} = \frac{\sum_{i=1}^k E_{vd,j,i}}{m_j}, \quad (3.1)$$

где $\bar{E}_{vd,j}$ – динамический модуль упругости в i – сечении дорожной конструкции в j – момент времени, МПа;

m_j – количество измерений в j – момент времени.

При анализе результатов линейных испытаний дорожных покрытий лесных дорог мы используем следующий подход. На однородных участках лесной дороги, если результаты испытаний отличаются более чем в 2,5 раза, проводится отбраковка. В наших исследованиях мы использовали данные из таблиц распределения Стьюдента [10].

В процессе сравнительных испытаний выборочных измерений полученные значения сравнивались с условием, где выполняется $\tau_{(5\%n)} \leq \tau \leq \tau_{(0,1\%n)}$.

При отбраковке все результаты измерений были разделены на три группы: $\tau_{(5\%n)} < \tau$; $\tau_{(5\%n)} \leq \tau \leq \tau_{(0,1\%n)}$; $\tau > \tau_{(0,1\%n)}$.

Измерения, попавшие в начальную группу, не считаются значимыми. Измерения, попавшие во вторую группу, могут быть не учтены, если имеются другие подходы и соображения в пользу такого исключения. Все значения, попавшие в третью группу, однозначно отбраковываются.

С целью повышения надежности полученных данных будем оценивать расчетный фактический динамический модуль упругости $E_{vd,p}$ покрытия по следующему выражению:

$$E_{vd,p} = \bar{E}_{vd,j} (1 - tv_e), \quad (3.2)$$

где $\bar{E}_{vd,j}$ – средний фактический динамический модуль упругости дорожного покрытия;

t – нормированное отклонение, которое имеет зависимость от заданного уровня надежности и количества измерений;

v_e – коэффициент вариации очищенного массива значений динамического модуля упругости.

В нашем случае, для оценки коэффициента вариации динамического модуля упругости примем выражение:

$$v_e = \frac{1}{\bar{E}_{vd,j}} \cdot \frac{\sum_{j=1}^m (E_{vd,p} - \bar{E}_{vd,j})^2}{m-1}, \quad (3.3)$$

Оценка прочностных свойств дорожных покрытий лесных дорог принята с доверительной вероятностью $P=0,95$, при доверительном интервале $\varepsilon=0,1$.

Предварительная серия экспериментов опытов по оценке динамического модуля упругости покрытий должна состоять из не менее трех испытаний.

Для проведения измерений использовалась следующая методика. В первую очередь подготавливался плотномер ZFG-3000-10 GPS к испытанию. Процедура включала следующие шаги: 1. Размещение нагрузочной плиты на

дорожном покрытии лесной дороги, с возможностью ее сдвига или поворота для достижения правильной позиции. 2. Соединение динамического плотномера и нагрузочной плиты с помощью кабеля, вставляя оба конца в соответствующие разъемы на устройствах. 3. Установка свободно падающего груза на нагрузочную плиту, с последующим отключением защитного предохранителя путем вытягивания ручки наружу.

Сам процесс испытаний включал следующие шаги: 1. Включение прибора. 2. Нажатие кнопки «ОК» для начала измерений. На дисплее отображались текущие настройки измерения, такие как диаметр нагрузочной плиты и масса падающего груза. 3. Появление сообщения о сбрасывании груза на экране, сопровождаемое звуковым сигналом, указывающим на готовность прибора. 4. Подъем падающего груза вверх до упора и захват его в устройстве. 5. Отцепление падающего груза после того, как направляющая штанга полностью установлена вертикально. После успешного первого измерения на дисплее появлялось значение усадки (s_1). 6. Повторное закрепление груза и ожидание звукового сигнала, указывающего на готовность прибора. Затем следовало второе сбрасывание, и на дисплее появлялось значение усадки (s_2). 7. Повторение процедуры для третьего измерения, результат которого отображался на дисплее в виде значения усадки (s_3). 8. После этого на дисплее выводились три значения осадки дорожного покрытия. Система подтверждала завершение испытаний двойным звуковым сигналом. Результаты испытаний автоматически записывались на карту памяти.

Методика исследований. Сущность метода оценки поперечной ровности (глубина колеи) дорожных покрытий лесных дорог заключается в сопоставлении измерений глубины колеи двумя различными способами, с целью определения вероятностной причины колееобразования.

Средства контроля и вспомогательное оборудование: рейка дорожная РДУ-Кондор, измеритель колеиности Кондор-К, линейка металлическая, лента измерительная 50 м, колесо измерительное механическое.

Основные методические документы, такие как ОДМ 218.4.039–2018 «Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог» предлагают, при использовании сканирующих систем в каждом створе по основным полосам движения должна рассчитываться глубина колеи для правой и левой полос наката [51].

Итоговые данные представляются по значениям наиболее глубокой колеи. Система должны иметь возможность корректировки показаний при попадании створа сканирования на дефект дорожного покрытия. Например, это может произойти при сканировании выбоины или трещины на дорожном покрытии. На рисунке 3.1. представлен поперечный профиль дорожного покрытия с образовавшейся колеей.

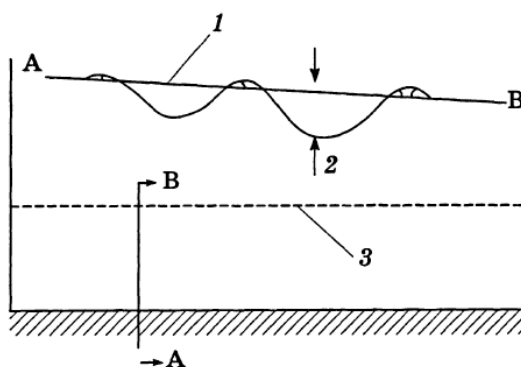


Рисунок 3.1 – Поперечный профиль дорожного покрытия лесной дороги: 1 - первоначальный профиль покрытия; 2- глубина деформации покрытия; 3- ось дороги

При мониторинге автомобильных дорог колеечность различают по величине глубины [105]. Существуют следующие классификации: до 15 мм, от 15 до 30 мм и свыше 30 мм, их измеряют в погонных метрах. Оценка колеечности может осуществляться как вручную, так и с использованием инструментов.

При ручном методе измерения на гребне колеи располагают дорожную рейку длиной 2 м, согласно рекомендациям. Глубину колеи определяют как максимальный зазор под дорожной рейкой в соответствии с ГОСТ 30412. Зна-

чение измерения указывается в миллиметрах. Рекомендуется измерять глубину колеи для каждой полосы движения, проводя измерения в обоих направлениях.

В инструментальном методе измерения колеечности используется специальное устройство на основе лазерного профилографа. При использовании этого прибора глубина колеи определяется с помощью специализированного программного обеспечения, входящего в состав дополнительного оборудования. Допускается также использование другого оборудования, например, работающего на принципе ультразвука. В таком случае результаты измерений необходимо привести к значениям, полученным с использованием дорожной рейки. [19, 92, 106].

Частота измерений глубины колеи составляет не менее одного измерения на каждые 10 метров длины характерного участка дорожного покрытия. Расчет колее на характерном участке осуществляется путем нахождения среднего значения для обобщенных участков длиной не менее 10 метров. Общую величину расчетной глубины колеи на дорожном покрытии оценивают по участкам длиной от 100 м до 1 км. На каждом участке проводят оценку расчетной глубины колеи. Для этого производят оценку измерений в 5 створах характерного участка, отбрасывают самую большую величину, а следующую за ней величину глубины колеи в убывающем ряде принимают за расчетную на представленном измерительном участке (см. рисунок 3.2) [93, 102].

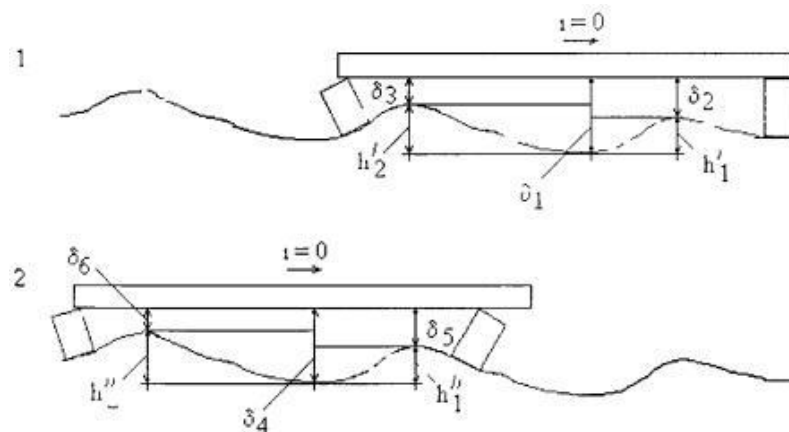


Рисунок 3.2 – Метод измерения глубины колеи с использованием рейки дорожной типа РДУ-Кондор

Расчётную глубину колеи для характерного участка лесной дороги определяют как среднеарифметическую из всех значений расчётной глубины колеи на измерительных участках по выражению:

$$h_{\text{кс}} = \frac{\sum_1^n h_{\text{ки}}}{n}, \quad (3.4)$$

где n – число участков в пределах измерений.

В этом случае общая глубина колеи по отношению к выпору с правой стороны:

$$h_{\text{общ1}}^{\text{прав}} = \delta_1 - \delta_2 \quad (3.5)$$

Общая глубина колеи по отношению к выпору с левой стороны:

$$h_{\text{общ1}}^{\text{лев}} = \delta_1 - \delta_3 \quad (3.6)$$

Общая глубина колеи оценивается как величина суммарной неровности дорожного покрытия в каждом створе по внутренней колее.

Сущность метода оценки ширины проезжей части лесных дорог заключается в оценке изменения ширины проезжей части [20, 51].

В начале эксперимента по результатам пробных измерений определяем статистические характеристики и количество необходимых опытов. Результаты опытов после обработки приведены в таблице 6.1, т.е. для получения достоверного результата достаточно провести не менее 7 повторных измерений. [10].

Таблица 3.1 – Статистическая обработка результатов предварительных испытаний определения ширины проезжей части лесной дороги

№	Результаты наблюдений, м			Число измерений, N	Среднеарифметическое значение, м	Дисперсия	Число необходимых наблюдений
1	6,0	6,5	6,5	-	-	-	-
	6,0	6,5	6,5	-	-	-	-
	4,8	6,5	6,0	15	6,1	0,42	7,12
	6,0	7,0	4,5	-	-	-	-
	5,0	4,5	5,0	-	-	-	-

Ширину дорожного покрытия лесной дороги, укрепленных и неукрепленных обочин измеряют на каждом характерном участке лесной дороги, но

не реже чем один раз на каждый километр [20].

К характерным участкам лесной дороги можно отнести: прямые вставки участков дороги с одинаковой шириной дорожного покрытия; участки лесной дороги с продольными уклонами, превышающими 20%; участки лесных дорог в плане с радиусами планов, не превышающими 400 метров.

В местах оценки ширины проезжей части лесных дорог проводят измерения, основанные на использовании автоматизированных фото – видеосистем. Допускается использовать поверенные стальные измерительные ленты, поверенные рулетки, курвиметры или оптические дальнометры с точностью измерения не более 100 миллиметров. В случае необходимости, измерения осуществляются начиная с поверхности дорожного покрытия, укрепленных обочин или границ дорожных элементов.

Точечные полевые измерения при помощи спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. Фотограмметрия производится по материалам видеосъемки (видеоряды с привязкой кадров к географическим координатам) [1].

Сущность метода оценки грузооборота лесных дорог заключается в оценке пропускной способности участков лесных дорог по материалам лесных заданий, разработанными и утвержденными лесными маршрутами движения древесного сырья, интенсивностью движения лесовозных автопоездов [18].

Сущность метода оценки транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог методом экспертных оценок состоит в сравнительных оценках арендаторами лесных участков [56] в баллах значений фактических показателей.

3.2. Экспериментальные исследования показателя прочности дорожных покрытий лесных дорог

В наших исследованиях, для оперативного получения информации о прочностных характеристиках покрытий лесных дорог измерялся динамический модуль упругости с применением динамического плотномера типа ZFG-

3000-10 GPS. Рабочие моменты мониторинга лесотранспортной инфраструктуры представлены в Приложении Г, рисунок Г.1, а, б.

Анализ результатов измерения динамического модуля дорожных покрытий показывает, что они варьируются в довольно широком диапазоне. На них оказывает существенное влияние как вид используемого дорожно-строительного материала, так и технология их строительства.

На рисунке 3.3. представлена графическая зависимость динамического прогиба дорожного покрытия, полученная с помощью прибора ZFG-3000-10 GPS.

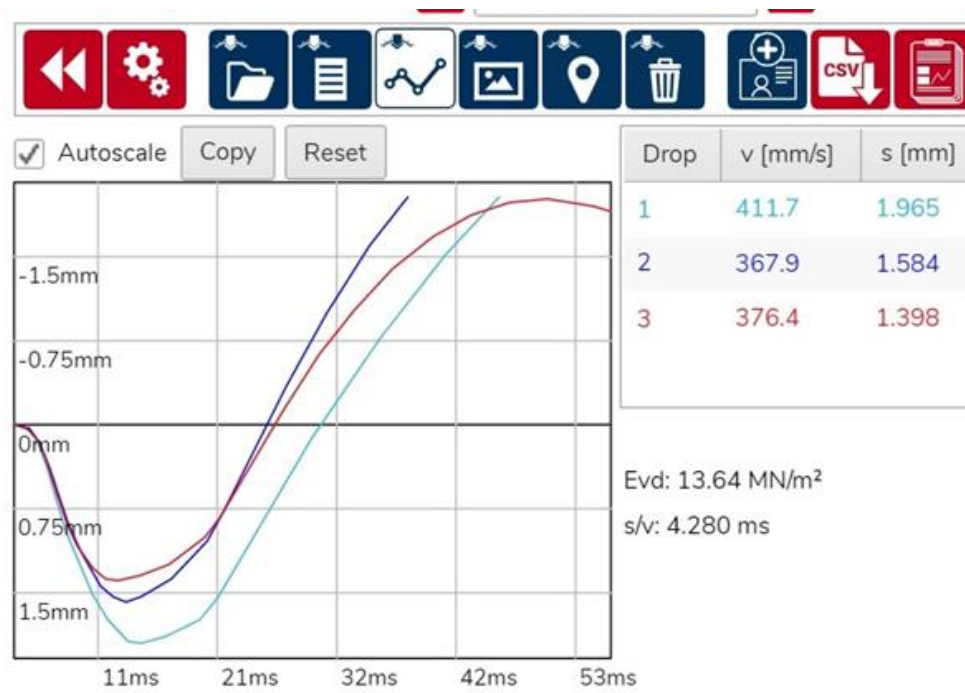


Рисунок 3.3 – Графическая зависимость динамического прогиба дорожного покрытия, полученной с помощью прибора ZFG-3000-10 GPS (участок №5)

На примере, приведенной в работе можно провести оценочную характеристику зависимостей статического и динамического модулей упругости. В общем случае, можно сказать, что динамический модуль упругости (E_d) будет меньше статического модуля упругости (E) из-за наличия дополнительных потерь энергии в дорожной конструкции при динамических нагрузках. Это свя-

зано с внутренним трением, диссипацией энергии и другими факторами, которые возникают при колебательных нагрузках. Результаты сравнительных испытаний представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. – Результаты сравнительных испытаний модуля упругости и динамического модуля упругости дорожного покрытия лесовозных дорог

Тип дорожного покрытия	Нормативный модуль упругости дорожного покрытия, МПа	Фактический расчетный модуль упругости $E_{\text{оф.р}}$, МПа	Среднее арифметическое значение динамического модуля упругости, E_{vd} , МПа
Участок №1. Покрытие переходного типа. Карпинский ЛПК, филиал ООО «Урал-леспром» на участке ПК0+00 – ПК00+85 (59°71'64"N 59°94'74"E).	275	285	35,5
Участок №2. Покрытие переходного типа. Территория Исовского лесхоза, Н.Туринского района, Свердловской области на участке ПК12+00 – ПК31+15 (58°53'41"N 59°37'59"E).	275	281	37,1
Участок №3. Грунтовое улучшенное покрытие. Кыштымский лесхоз на участке ПК28+20 – ПК380+05 (55°36'55.3"N 60°31'57.5"E)	90	103	26,4
Участок №4. Грунтовое покрытие. Территория Лысьвенского лесничества, ГКУ, Кыновское участковое лесничество. Пермский край на участке ПК58+20 – ПК72+00 (57°41'42.3"N 58°40'37.1"E).	100	102	36,2
Участок №5. Покрытие щебеночное. Урал-Карбон «Коуровка». ООО ПП «Коуровский лес» на участке ПК25+00 – ПК0105+75. (56.873178"N 60.251730.1"E)	100	98	22,9

Продолжение таблицы 3.2

Участок №6. Подъезд к промышленной зоне, северо-восточная часть АО «Асбестовский ЛПХ», на участке ПК0+00 – ПК00+75. (55°36'55.3"N 60°31'57.5"E).	275	265	38,7
Участок №7. Покрытие асфальтобетонное. Подъезд к УУОЛ от автомобильной дороги 1Р242 Пермь – Екатеринбург КМ 336 + 283 – КМ 346 + 00 (правая сторона) (56.854019"N 60.291628. 1"E)	275	279	38,1
Участок №8. Покрытие щебеночное. ОАО «Кыновской леспромхоз», Пермский край на участке ПК76+00 – ПК125+12 (57.799749"N 58.547786.5"E)	50	87,5	22,9

В Приложении Г (таблицах Г.1 – Г.8) представлены значения фактических расчетных значений динамических модулей упругости дорожных покрытий лесных дорог, приведенные к расчетному периоду года.

3.3 Экспериментальные исследования поперечной ровности (глубина колеи) лесных дорог

С целью получения сведений о поперечной ровности дорожных покрытий лесных дорог были проведены исследования в условиях Свердловской области, Челябинской области и Пермского края. Рабочие моменты мониторинга лесотранспортной инфраструктуры представлены в Приложении Г, рисунок Г.1, в.

Порядок проведения испытания: на первоначальном этапе производится замер глубины колеи с помощью рейки дорожной РДУ-Кондор и измерителя колеиности Кондор-К. Перемещая по чаше колеи измеритель колеиности Кондор-К вдоль рейки РДУ-Кондор определяется максимальное значение глубины колеи. Замер производится в левой и правой колее, а также по центру в

межколейном пространстве (рисунок 3.4). Так же с помощью рейки РДУ Кондор следует определить поперечный уклон покрытия автомобильной дороги. Полученные данные заносятся в соответствующие ведомости.



Рисунок 3.4 – Замер глубины колеи рейкой РДУ-кондор

Обработка результатов. Условия испытаний наиболее полно соответствовали вероятностной природе функционирования лесовозного транспорта в реальных условиях эксплуатации. Примеры ведомостей испытаний дорожных покрытий лесных дорог. Зависимости параметров и глубины колеи приведены в приложении Г, таблицы Г.10 – Г.11.

3.4. Экспериментальные исследования по оценке ширины проезжей части лесных дорог

С целью получения сведений о ширине проезжей части лесных дорог были проведены исследования в условиях Свердловской области, Челябинской области и Пермского края. Рабочие моменты мониторинга лесотранспортной инфраструктуры представлены на рисунке 3.5 и в приложении таблицы Г.12- Г.15., рисунок Г.2.

Средства контроля и вспомогательное оборудование: лента измерительная 50 м., колесо измерительное механическое, теодолит, данные фото-ви-

деофиксации объектов на базе свободной кроссплатформенной геоинформационной системы Quantum GIS.

В качестве опытного участка для оценки ширины проезжей части методом видеосъемки был выбран полигон Уральского учебно-опытного лесхоза ФГБОУ «Уральский государственный лесотехнический университет». Для анализа ширины дороги, в районе населённого пункта Северка Свердловской области были сделаны снимки лесных дорог начиная с точки 56.8925342, 60.2315. Квадрокоптер DJI Mavic Air 2 запускался в воздух и выполнялся полет над лесными дорогами, квадрокоптер находился на достаточной высоте, чтобы охватить всю ширину дороги с заданной детализацией.



Рисунок 3.5 – Фрагмент рабочего момента мониторинга ширины проезжей части лесной дороги (участок №5).

Было сделано 25 фотоснимков с дрона и видеозапись, представленные в таблице 3.3 и приложении Г, рисунок Г.2.

Таблица 3.3 – Фотофиксация объектов лесотранспортной инфраструктуры (Приложение Г, рисунок Г.2)

Имя файла	GPS Широта	GPS Долгота	Имя файла	GPS Широта	GPS Долгота
1.JPG	57,04283	59,53957	11.JPG	57,03796	59,54294
2.JPG	57,03598	59,55983	12.JPG	56,88467	60,24865
3.JPG	57,03663	59,56083	13.JPG	57,04016	59,54468
4.JPG	57,03981	59,54434	14.JPG	57,03615	59,54759
5.JPG	57,03764	59,56216	15.JPG	57,04164	59,54514
6.JPG	57,03039	59,55605	16.JPG	57,04085	59,54503
7.JPG	57,04047	59,54502	17.JPG	57,03327	59,54372
8.JPG	57,03811	59,54336	18.JPG	57,04274	59,5449
9.JPG	57,03897	59,56096	19.JPG	57,03277	59,55531
10.JPG	57,04023	59,55714	20.JPG	57,04336	59,54557

Была произведена фото и видеосъемка участка лесной дороги, протяженности 8 километров. Таким образом, для исследования лесные дороги были разбиты на участки длиной 81,790 метра лесной дороги в районе участка № 5 с помощью Quantum GIS.

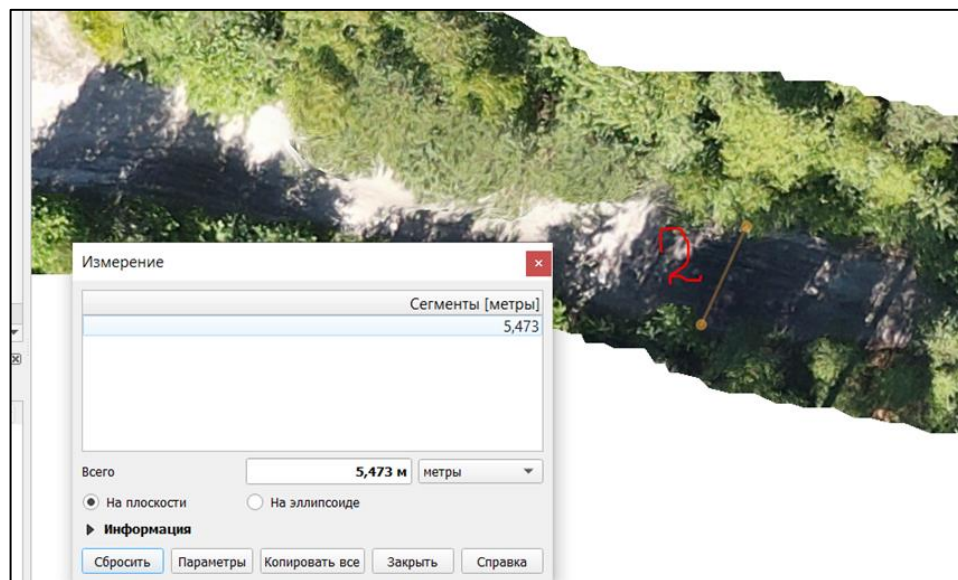


Рисунок 3.6 – Оценка ширины проезжей части лесной дороги (створ №2)

Ведомость оценки ширины на территории Урал-Карбон «Коуровка», участок №5 представлена в таблице 6.4.

Таблица 3.4 – Ведомость оценки ширины проезжей части лесной дороги с использованием платформы Quantum GIS (участок №5)

№ створа	Ширина проезжей части лесной дороги , м
1	5,53
2	5,47
3	3,85
4	5,03
5	5,07

3.5. Разработка критериев экспертной оценки

транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог

Критерии экспертной оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог служат дополнительным фактором в работе арендаторов лесных площадей с платформой ЛесГИС. Работа в интерактивном режиме и ведение личного кабинета, на основе разработанных критериев позволяет проводить оценку транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог в интерактивном режиме. Впервые разработанная критерии оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог , представленные в таблице 3.5 и позволяют заносить актуальные данные и получать результаты в режиме реального времени .

Таблица 3.5 – Критерии оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог

Код ТЭП	Транспортно-эксплуатационный показатель	Вид дорожного покрытия	Номер участка с оценкой в баллах по видам оценки ТЭС ЛТИ, соответствующей:				
			«отлично» (5,0 баллов)	«хорошо» (4,0 – 4,9 баллов)	«удовлетворительно» (3,0 -3,9 баллов)	«плохо» (2,0 – 2,9 баллов)	«очень плохо» (менее 2 баллов)
1.1	Показатель прочности лесной дороги (динамический модуль упругости дорожного покрытия)	Покрыв- тие пе- реход- ного типа	Без дефек- тов, отсут- ствие вы- боин	Отдельные выбоины, трещины на расстоянии 20-50 мет- ров	Выбоины, проломы, пучины на расстоянии 15-20 мет- ров	Выбоины, трещины, проломы на расстоянии 10 -2 метров	Выбоины, трещины, проломы на расстоянии 1 -2метров
1.2	Показатель прочности лесной дороги (динамический модуль упругости дорожного покрытия)	Покрыв- тие ще- беноч- ное	Без дефек- тов, отсут- ствие вы- боин	Отдельные выбоины, на расстоянии 20-40 мет- ров	Выбоины, проломы, пучины на расстоянии 10-20 мет- ров	Выбоины на расстоянии 5 -10 метров	Выбоины, проломы, пучины на расстоянии 1 -2метров

Продолжение таблицы 3.5

1.3	Показатель прочности лесной дороги (динамический модуль упругости дорожного покрытия)	Грунтовое улучшенное покрытие	Без дефектов, отсутствие выбоин	Отдельные выбоины, на расстоянии 10-20 метров	Выбоины, проломы, пучины на расстоянии 5-10 метров	Выбоины, проломы, пучины на расстоянии 2 -5 метров	Пучины, выбоины на расстоянии 1 -2метров
2.1	Показатель поперечной ровности (колеиность дорожного покрытия)	Покрытие переходного типа	Колеиность до 0,5 см	Колеиность от 0,5 до 3 см	Колеиность от 3,0 до 5 см	Колеиность от 5 до 15 см	Колеиность свыше 15 см
2.2	Показатель поперечной ровности (колеиность дорожного покрытия)	Покрытие щебеночное	Колеиность до 1,0 см	Колеиность от 1,0 до 3 см	Колеиность от 3 до 5 см	Колеиность от 5 до 15 см	Колеиность свыше 15 см
2.3	Показатель поперечной ровности (колеиность дорожного покрытия)	Грунтовое улучшенное покрытие	Колеиность до 1,5 см	Колеиность от 1,5 до 5 см	Колеиность от 5 до 10 см	Колеиность от 10 до 15 см	Колеиность свыше 15 см
3.1	Показатель оценки ширины проезжей части лесной дороги	Покрытие переходного типа	ширина проезжей части свыше 6,8 м	ширина проезжей части от 6 до 6,8 м	ширина проезжей части от 4,8 до 6,0 м	ширина проезжей части до 4,8 м	ширина проезжей части менее 4,8 м
3.2	Показатель оценки ширины проезжей части лесной дороги	Покрытие щебеночное	ширина проезжей части свыше 6,8 м	ширина проезжей части от 6 до 6,8 м	ширина проезжей части от 4,8 до 6,0 м	ширина проезжей части до 4,8 м	ширина проезжей части менее 4,8 м
3.3	Показатель оценки ширины проезжей части лесной дороги	Грунтовое улучшенное покрытие	ширина проезжей части свыше 6,8 м	ширина проезжей части от 6 до 6,8 м	ширина проезжей части от 4,8 до 6,0 м	ширина проезжей части до 4,8 м	ширина проезжей части менее 4,8 м
4.1	Показатель грузооборота лесной дороги, тыс. т. нетто /год	Грунтовое улучшенное покрытие	от 40 до 50	От 25 до 40	От 15 до 25	Менее 15	Не выраженный
4.2	Показатель грузооборота лесной дороги, тыс. т. нетто /год	Покрытие переходного типа	Свыше 100	От 75 до 100	От 50 до 75	Менее 50	Не выраженный
4.3	Показатель грузооборота лесной дороги, тыс. т. нетто /год	Покрытие щебеночное	Свыше 200	От 150 до 200	От 100 до 150	Менее 100	Менее 50

Выводы по третьей главе

1. В результате мониторинга транспортно-эксплуатационных показателей было выяснено, что фактическое состояние лесотранспортной инфраструктуры существенно отличается от заявленных проектных значений.

2. Установлено, что лесные дороги в лесосырьевых базах имеют различные типы покрытий и транспортно-эксплуатационные показатели.

3. Установлено, что для достижения требуемого показателя прочности лесной дороги динамический модуль упругости дорожного покрытия должен иметь значение не менее 76 МПа.

4. Установлено, что для достижения требуемого показателя поперечная неровность дорожного покрытия (колейность) должен иметь значение не более 0,07 м,

5. Установлено, что для достижения требуемого показателя по фактической ширине проезжей части лесной дороги должна иметь значение не менее 5,8 м.

6. Было выяснено, что оценку грузооборота лесных дорог необходимо проводить по данным информационных реестров, лесного задания и схемам лесосырьевых баз.

7. Апробирована методика мониторинга транспортно-эксплуатационных показателей с применением цифровых технологий. Получены массивы данных с использованием цифрового плотномера ZFG-3000-10 GPS и свободной кроссплатформенной геоинформационной системы Quantum GIS.

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

4.1. Построение информационной системы мониторинга лесных дорог

В процессе построения информационной системы мониторинга лесотранспортной инфраструктуры необходимо определить общие подходы к месторасположению лесной дороги и ее роли.

В этом случае будем использовать методологию учета дорог общего пользования, а именно буквенные обозначения и схематические расположения. За основу взята типовая инструкция по техническому учету и паспортизации автомобильных дорог общего пользования [69].

Мероприятия по техническому учету и паспортизации автомобильных дорог общего пользования разработаны республиканским проектно-технологическим трестом «Росдороргтехстрой» по заданию Минавтодора с учетом замечаний и предложений органов управления дорожным хозяйством союзных республик. Предназначена для разработки ведомственных инструкций по техническому учету и паспортизации автомобильных дорог общего пользования. Инструкция также содержит требования к документированию всех этапов технического учета и паспортизации, а также требования к составлению отчета. Все собранные данные должны быть документированы и анализированы, а в отчете должна быть представлена полная информация о состоянии дороги и ее особенностях.

Таким образом, основная цель создания информационной системы мониторинга лесных дорог служит наполнение баз данных фотоснимками и транспортно-эксплуатационными показателями.

Основу информационной системы составляют реестры и наборы данных министерства транспорта Российской Федерации и Федерального агентства лесного хозяйства [29, 36, 86, 95, 103].

Нумерация лесных дорог предлагается оценивать следующим алгоритмом: номер идентификации лесной дороги будет состоять из четырех разрядов. Каждый разряд идентификационного номера лесной дороги отделяется одним пробелом. Все лесные дороги по назначению подразделяются на 3 вида: магистральные (М), местные (П), участковые (Л) [87].

Лесные автомобильные дороги примыкают к дорогам общего пользования, следовательно, для их идентификации, предлагаем обозначать в составе номер дороги, который определяется началом. Пример реализации обозначения дороги на примере Свердловской области представлен на рисунке 4.1.

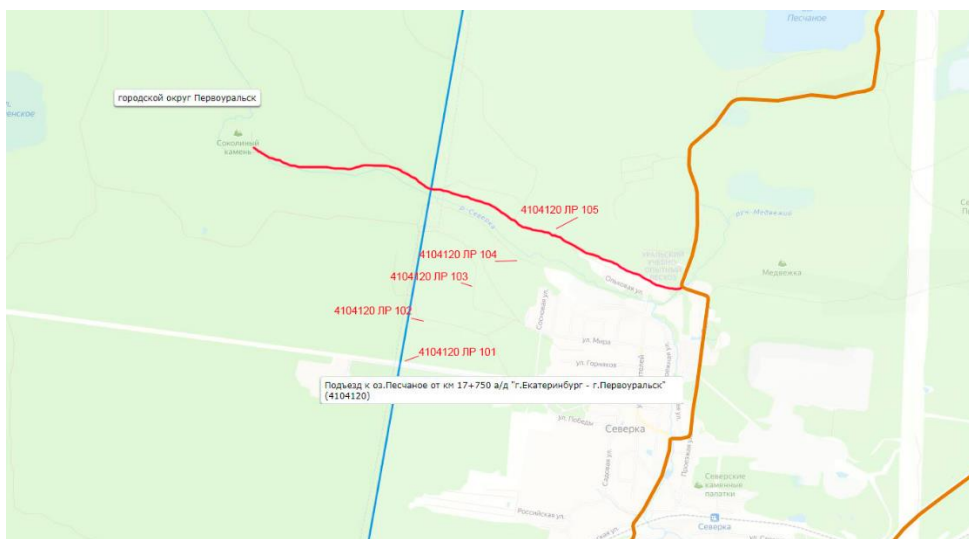


Рисунок 4.1. Пример нумерации лесных дорог

Информационная система мониторинга лесотранспортной сети является иерархической и представлена на рисунке 4.2. Уровни можно описать следующим образом:

Уровень 1 – на данном уровне рассматривается формирование справочной информации о проверочных показателях согласно СП 288.1325800.2016.

Уровень 2 – на данном уровне осуществляются первичный ввод данных о участке лесотранспортной сети и имеющейся инфраструктуре, имеющиеся

фотовидео-материалы.

Уровень 3 – заполнения транспортно-эксплуатационных показателей об объекте, учет характеризуется качественными показателями средств измерения визуального и приборного.

Уровень 4 – Автоматический расчёт вычисляемых показателей (модуля упругости и др.). Формируется дополнительный набор данных, который будет записан в соответствующие таблицы базы данных. Здесь основную часть работы выполняют функции подсчета по заданным значениям в пределах заданных ограничений.

Уровень 5 – на данном уровне осуществляется объединение информационных ресурсов полученных на 4 уровне приводятся к единому стандарту и состыковках.

Уровень 6 – Сопоставление и вывод статистической информации.

Уровень 7 – Возможность прогнозирования состояния лесотранспортной сети, задается заданный диапазоны с возможностью генерации графиков дополнительных параметров.

Уровень 8 – С помощью скрипта формируется паспорт лесной дороги как для арендатора участка, так и для всей системы.

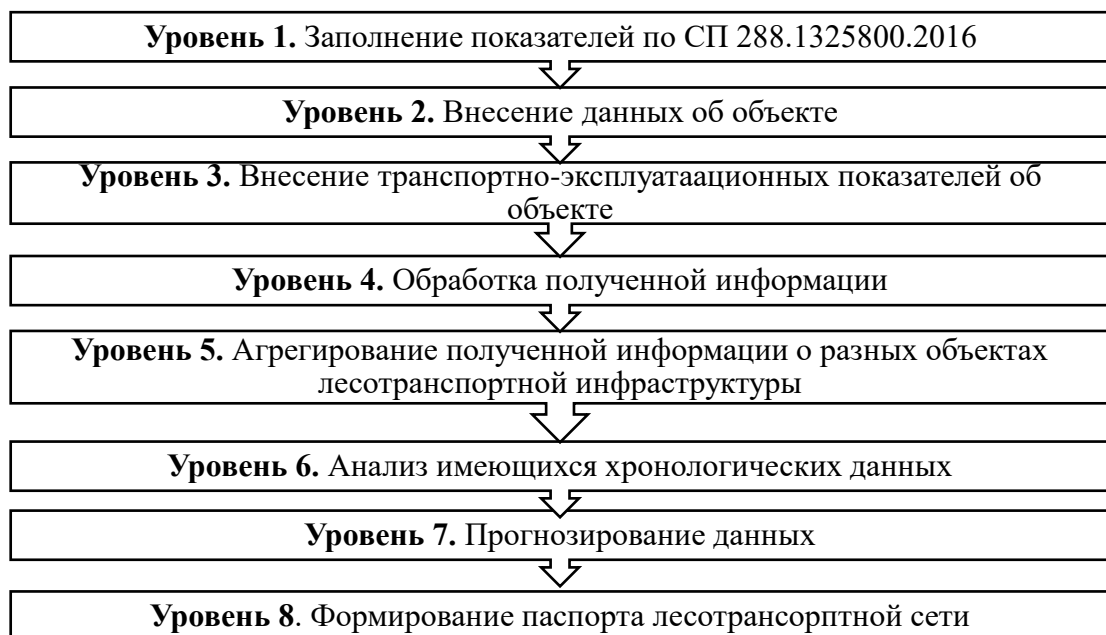


Рисунок 4.2. Информационная система мониторинга лесных дорог

Для оценки функционирования информационной системы была разработана функциональная модель, представленная на рисунке 4.3, которая позволяет четко документировать различные виды деятельности, а именно действия, которые необходимо предпринять, способы их осуществления и необходимые ресурсы и т.д.

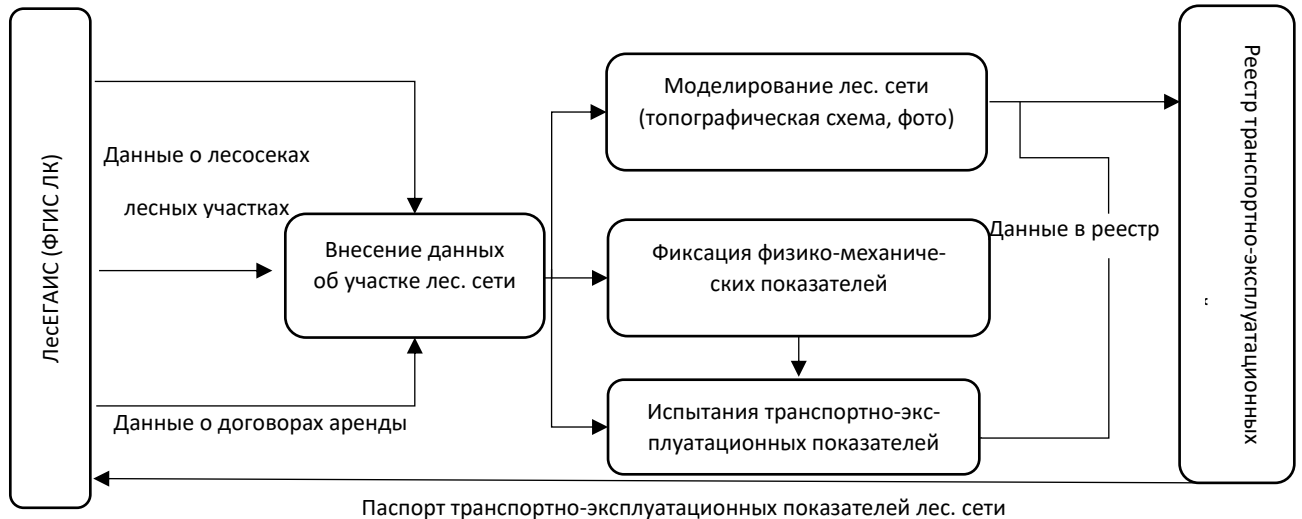


Рисунок 4.3. Функциональная модель информационной системы мониторинга лесных дорог

Логическая модель данных информационной системы описывает понятия предметной области, их взаимосвязи и является прототипом будущей базы данных лесотранспортной инфраструктуры и ее транспортно-эксплуатационных показателей. Она помогает определить сущности (таблицы), их атрибуты (свойства) и связи между ними.

Описание атрибутов основных таблиц для хранения данных приведено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Описание таблиц базы данных

Название таблицы	Описание
Пользователи	Хранения данных о пользователях системы
Участок	Информация об участках леса
Лесотранспортная сеть	Информация о лесотранспортной сети
Лесная дорога	Информация о лесной дороге относительно лесотранспортной сети

Продолжение таблицы 4.1

Участок лесной дороги	Участок лесной дороги для учета
Физико-механические показатели ГОСТ	Базовые физико-механические показатели, участвующие при оценке
Физико-механические показатели участка	Результаты осмотра и обследования лесотранспортной сети по физико-механическим показателям
Транспортно-эксплуатационные показатели ГОСТ	Список транспортно-эксплуатационных показателей по ГОСТ
Транспортно-эксплуатационные показатели участка	Результаты оценки транспортно-эксплуатационных показателей конкретных участков
Вычисляемые показатели	Описание вычисляемых показателей
Вычисляемые показатели участка	Хранения вычисляемых параметров дороги
Регионы	Список регионов Российской Федерации
Типы лесных дорог	Виды лесных дорог
Уровни состояния	Возможные уровни лесных дорог
Объекты лесотранспортной инфраструктуры	Перечень объектов лесотранспортной инфраструктуры
Паспорт участка лесной дороги	Файлы с паспортами участков лесной дороги

Описание таблиц хранения с примерами заполнения данных представлены в Приложении Д, таблицы Д.1 – Д.15.

На рисунке 4.4. представлен фрагмент логической структурной модели информационной системы мониторинга лесных дорог

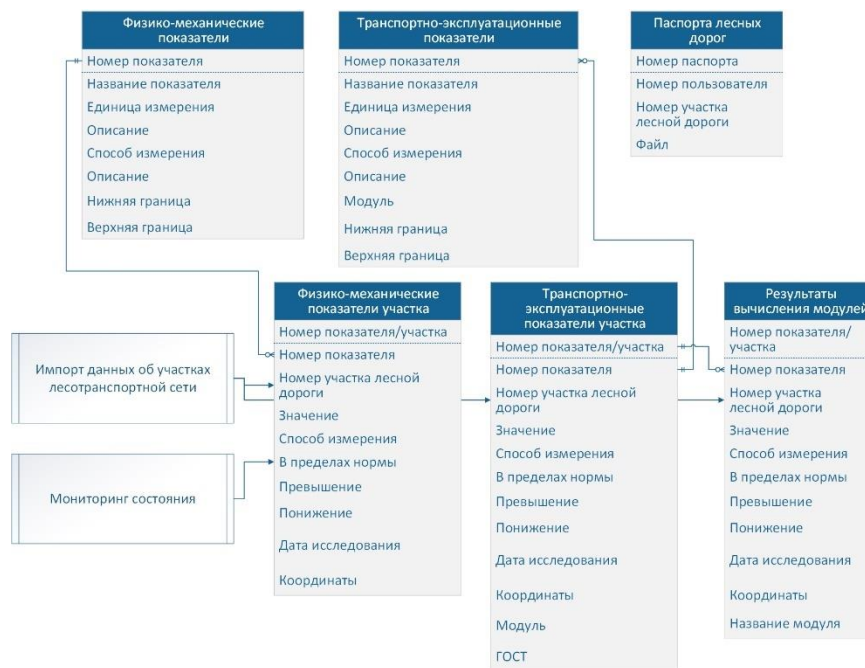


Рисунок 4.4. Фрагмент структурной логической модели базы данных информационной системы мониторинга лесных дорог

4.2. Опытнo-экспериментальное внедрение информационной системы мониторинга лесных дорог

Информационная система мониторинга расположена по адресу <https://lroad.lms-usfeu.ru/>, доступна в сети Интернет. Пример регистрации объектов лесотранспортной инфраструктуры, для наполнения данными пользователей и представлен на рисунке 4.5.

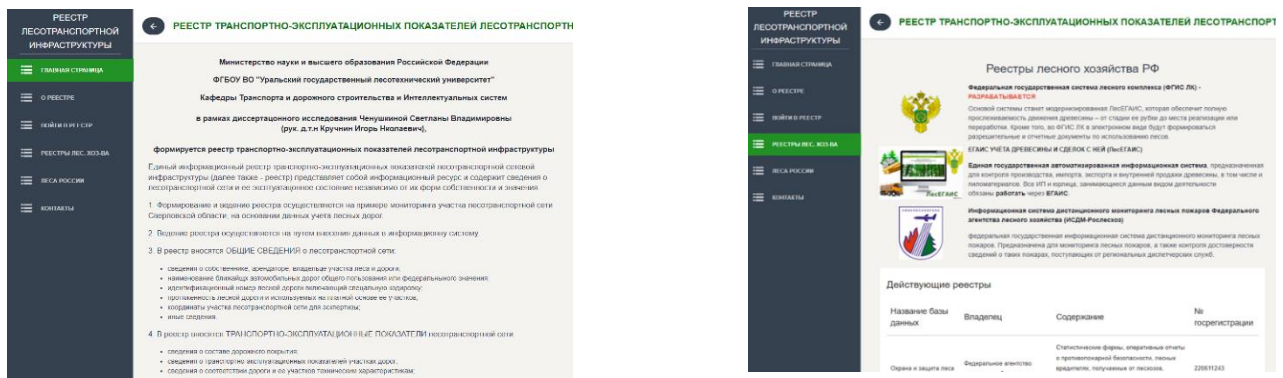


Рисунок 4.5. Информационная система мониторинга
(адрес <https://lroad.lms-usfeu.ru/>)

Существует фронтальная и закрытая часть реестра в открытой части реестра представлена информация о реестре с текстом Стратегии развития лесного комплекса.

Для управления и учета лесов министерство лесного хозяйства совместно с министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации был разработан геопортал «Леса России» (<https://maps.roslesinforg.ru/#/>). Геопортал «Леса России» представляет уникальные возможности для доступа к информации о лесных ресурсах России и их управлении. С его помощью пользователи могут получить широкий спектр геопространственных данных, связанных с лесами, таких как местоположение лесных участков, границы лесных массивов, данные о лесных насаждениях и их составе, информацию о лесных пожарах и других природных процессах.

Одной из главных особенностей геопортала является его интерактивность. Пользователи могут взаимодействовать с картами и слоями данных, выбирать интересующие их объекты, выполнять поиск и фильтрацию по различным критериям. Благодаря этому, геопортал предоставляет гибкую и удобную возможность для изучения лесных ресурсов и анализа пространственной информации.

Еще одним важным аспектом геопортала «Леса России» является его масштабность и обширный охват территории. Пользователи имеют доступ к данным о лесах практически всей территории Российской Федерации, включая удаленные и малоизученные регионы. Это позволяет исследователям, государственным органам, лесопользователям и широкой общественности получать полную и актуальную информацию о состоянии лесов в разных частях страны.

Интерактивная карта «Леса России» имеет возможность внешнего использования и интеграции на внешние ресурсы. Она была интегрирована в разрабатываемую информационную систему. Для входа в нее необходимо пройти процедуру регистрации и авторизации и вход в личный кабинет, где можно просмотреть информацию о своих участках и внести сведения в реестр.

На первом этапе заносятся сведения об арендованном участке леса с возможностью выбора региона или выбирается из списка действующий (см. рисунок 4.6).

РЕЕСТР
ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ

- ГЛАВНАЯ СТРАНИЦА
- О РЕЕСТРЕ
- ВОЙТИ В РЕЕСТР**
- РЕЕСТРЫ ЛЕС. ХОЗ-ВА
- ЛЕСА РОССИИ
- КОНТАКТЫ

Зарегистрироваться в РЕЕСТРЕ
просим Вас заполнить все необходимые данные.

После регистрации необходимо заполнить соответствующие формы с прикреплением фото, характеристики и результаты исследований участка лесной дороги.

Все полученные результаты будут использованы только в обобщенном виде для получения научных данных и последующего принятия управленческих решений.

ФИО
Предприятие
ИНН
Город
Регион
Email адрес

Рисунок 4.6 – Личный кабинет пользователя информационной системы мониторинга

На втором этапе, на вкладке «Учет дорог» необходимо внести или выбрать лесотранспортную сеть, воспользовавшись фильтром или добавить новую. После внесения базовых данных необходимо внести информацию о транспортно-эксплуатационном состоянии участков лесной дороги.

Пример ведения реестра информационной системы представлен на рисунке 4.7.

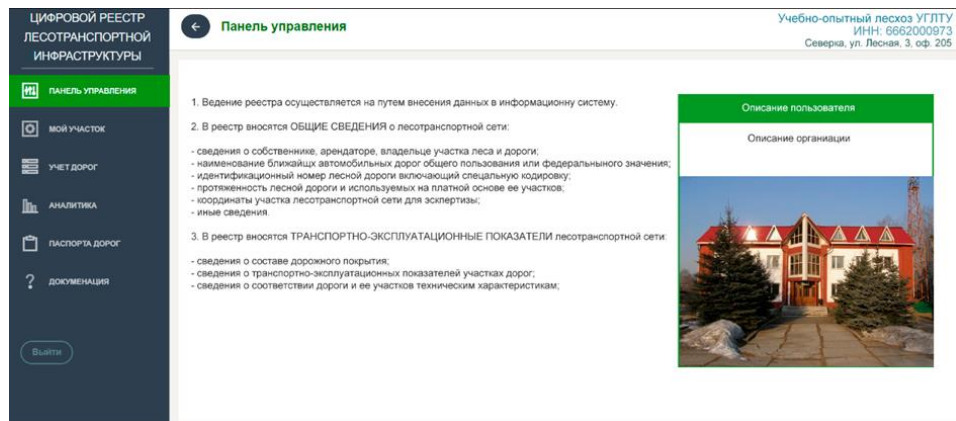


Рисунок 4.7 – Пример рабочего окна информационной системы

На рисунках 4.8 – 4.13 представлены примеры рабочих окон интерфейса информационной системы мониторинга лесных дорог с возможностью внесения координат участка лесной дороги и ее транспортно-эксплуатационных показателей, фрагменты программного кода модулей приведены в приложении (Приложение Б, фрагмент Б.1, Б.2, Б.3, Б.4).

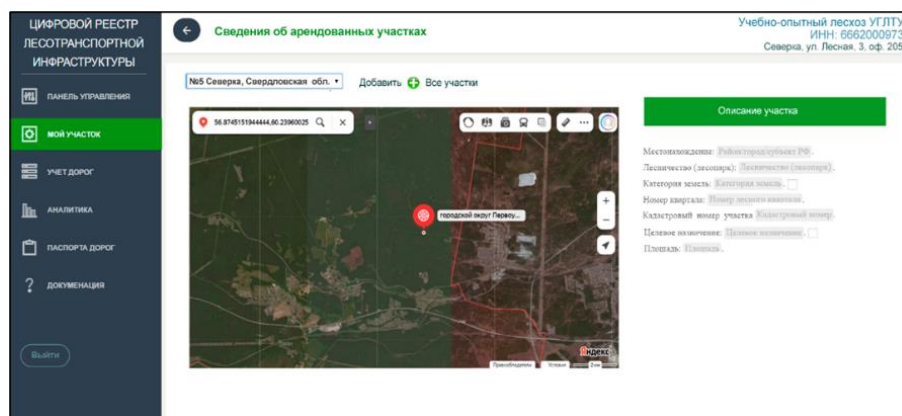


Рисунок 4.8 – Пример интерфейса информационной системы. Внесение координат участка лесной дороги и транспортно-эксплуатационных показателей

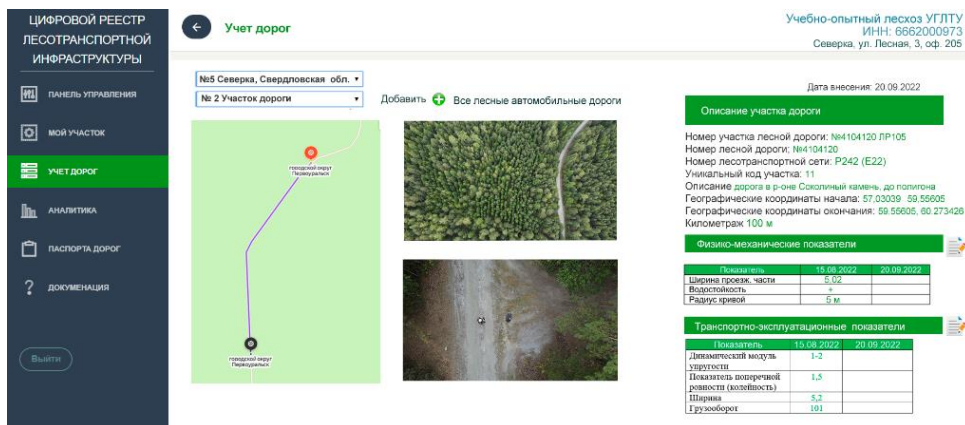


Рисунок 4.9 – Пример интерфейса информационной системы. Внесение информации об участке дороги

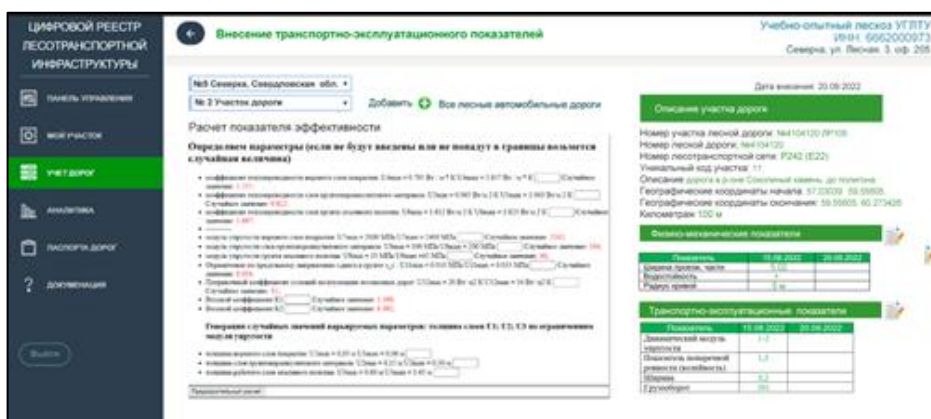


Рисунок 4.10 – Пример интерфейса информационной системы. Оценка прочности дорожной одежды по динамическому модулю упругости

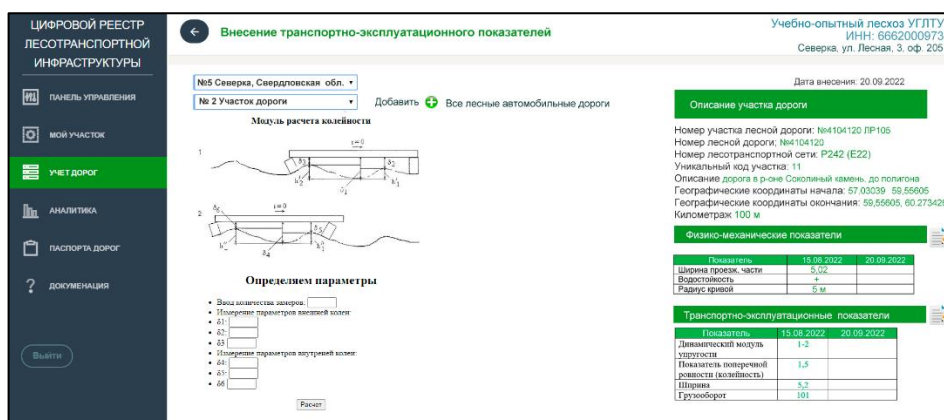


Рисунок 4.11 – Пример интерфейса информационной системы. Оценка поперечной ровности (глубина колеи) дорожного покрытия лесной дороги

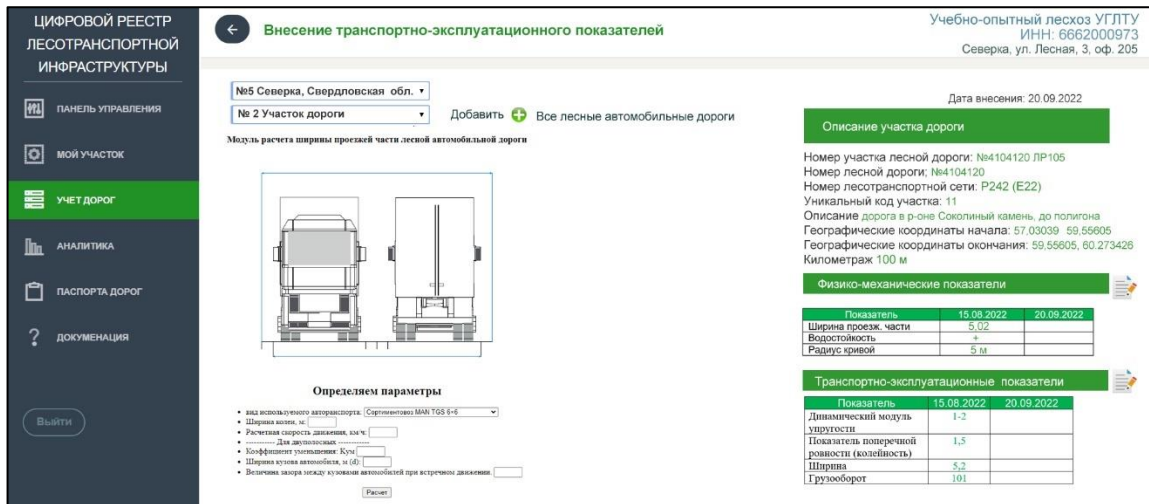


Рисунок 4.12 – Пример интерфейса информационной системы. Оценка показателя ширины проезжей части лесной дороги

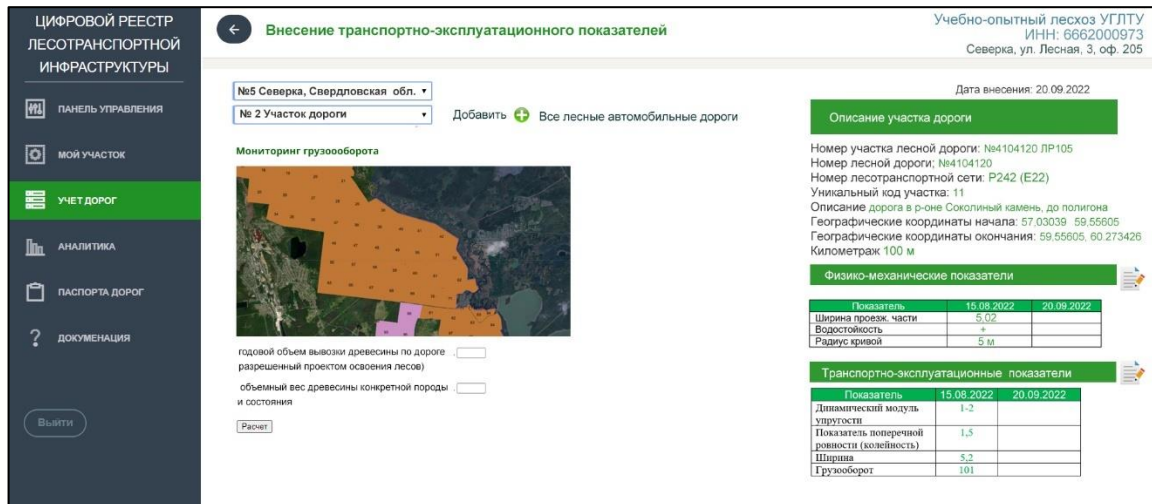


Рисунок 4.13 – Пример интерфейса информационной системы. Оценка грузооборота участка лесной дороги

Примеры оценки функционирования лесотранспортной инфраструктуры, по показателям прочности, ширины, поперечной ровности дорожного покрытия и грузооборота представлены на рисунках 4.14 – 4.17.

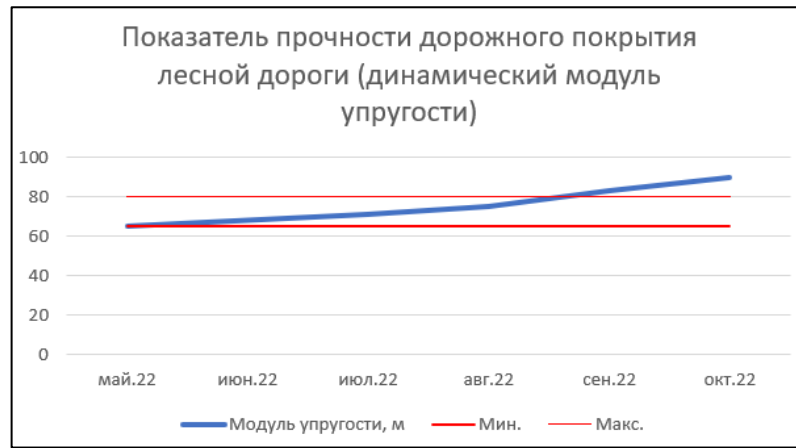


Рисунок 4.13 – Показатель прочности дорожного покрытия лесной дороги (динамический модуль упругости). Опытнo-экспериментальный участок лесной дороги № 5.

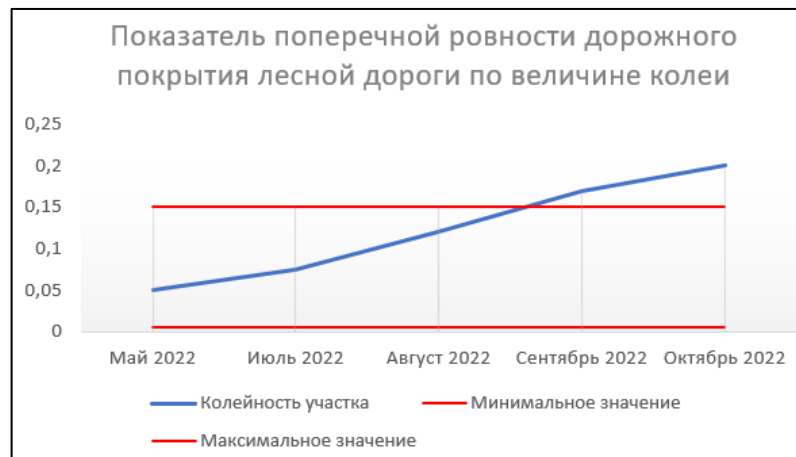


Рисунок 4.14 – Показатель поперечной ровности (колейность) дорожного покрытия лесной дороги. Опытнo-экспериментальный участок лесной дороги № 5.

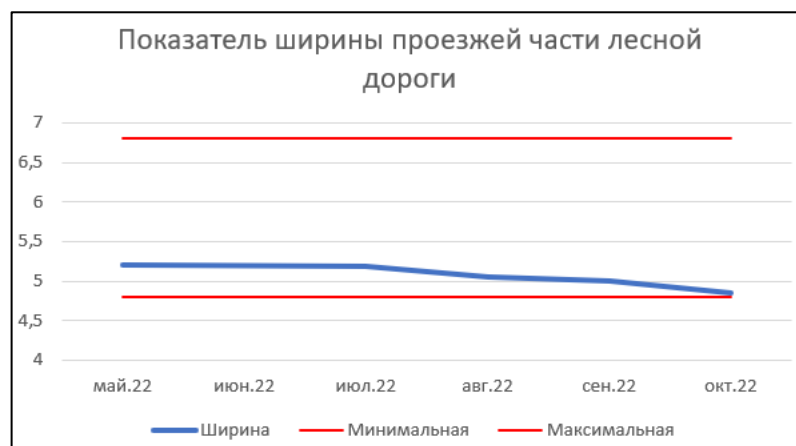


Рисунок 4.15 – Показатель ширины дорожного лесной дороги. Опытнo-экспериментальный участок лесной дороги № 5.

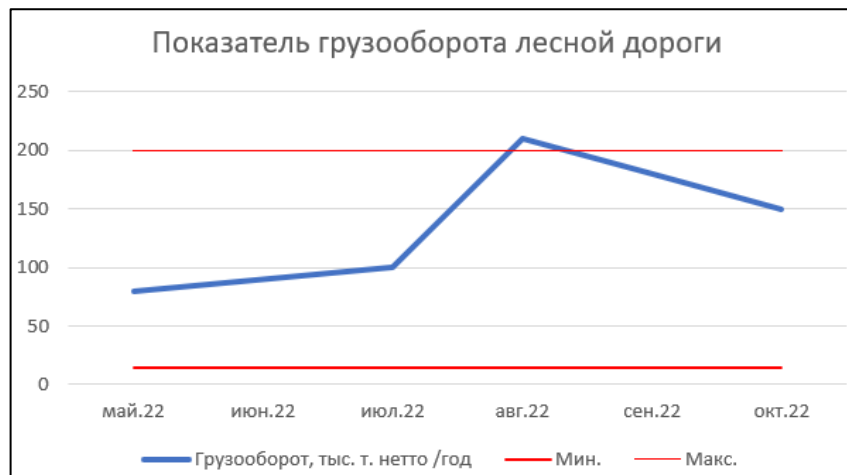


Рисунок 4.16 – Показатель грузооборота лесной дороги.
Опытно–экспериментальный участок лесной дороги № 5.

Пример оценки эффективности функционирования лесотранспортной инфраструктуры по критерию обобщённого показателя эффективности функционирования представлен на рисунке 4.17. Приведена графическая зависимость изменения лесотранспортной инфраструктуры на примере опытного участка №5 лесной дороги.

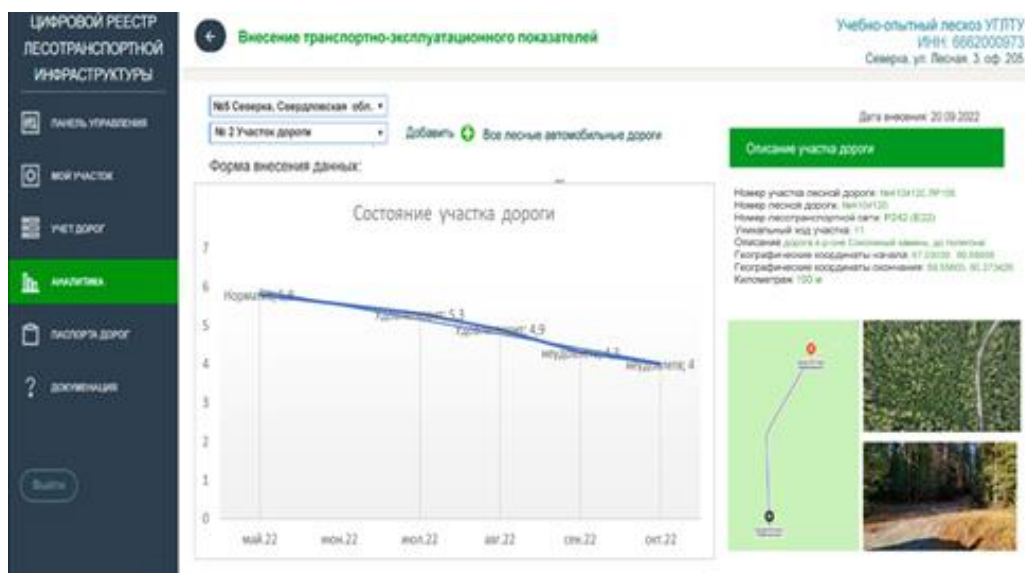


Рисунок 4.17 – Изменения обобщенного показателя эффективности транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры

Блок аналитики, разработанный в главе 2 (рисунок 4.18), позволяет просмотреть общее состояние лесных дорог по всем участкам без возможности изменения. Построить прогнозы состояния дороги и вывести статистические данные по самым худшим показателям лесных дорог или нуждающимся в улучшении.

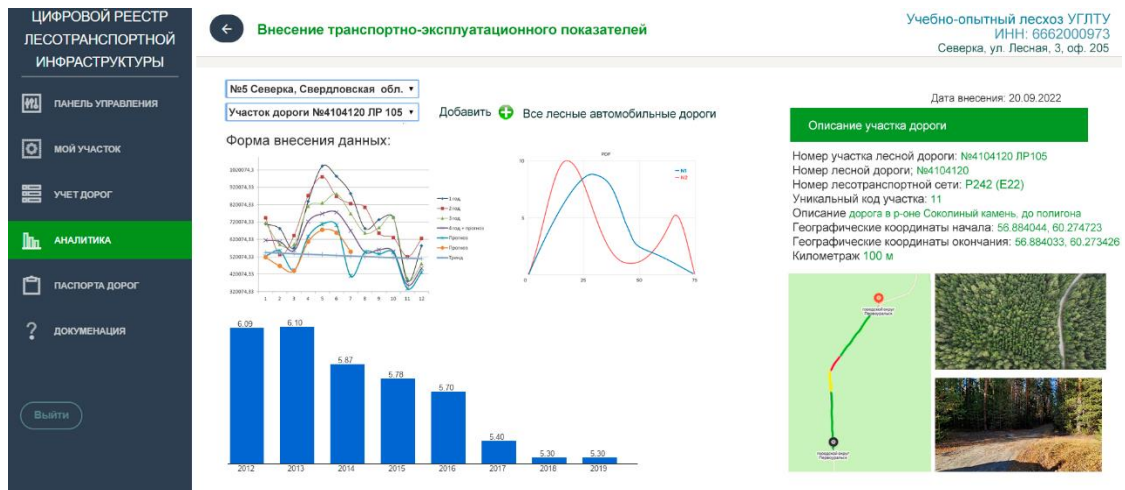


Рисунок 4.18 – Блок аналитики итоговых показателей

После внесения данных система автоматически сформирует паспорт технического состояния лесной дороги по внесенным в систему показателям в разделе «Паспорта дорог».

Графическая визуализация участков лесной дороги с разными эксплуатационными показателями представлена на рисунке 4.19. В процессе настройки информационной системы была использована цветовая идентификация уровней транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог.

Зеленый – транспортно-эксплуатационное состояние обеспечено, состояние отличное. Синий – транспортно-эксплуатационное состояние обеспечено, состояние хорошее. Желтый – транспортно-эксплуатационное состояние обеспечено, состояние удовлетворительное. Оранжевый – транспортно-эксплуатационное состояние не обеспечено, состояние плохое. Красный – транспортно-эксплуатационное состояние не обеспечено, состояние очень плохое, представленные в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Значения обобщенного показателя эффективности транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры

Вид дорожного покрытия	Значения обобщенного показателя эффективности транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры				
	Зеленый	Синий	Желтый	Оранжевый	Красный
	обеспечено, состояние отличное	обеспечено, состояние хорошее	обеспечено, состояние удовлетворительное	обеспечено, состояние плохое	не обеспечено, состояние очень плохое
Покрытие переходного типа	0,568 – 1,0	0,456 – 0,567	0,356 – 0,455	0,245– 0,187	0,165 -0,188
Покрытие щебеночное	0,755– 1,0	0,658 -0,754	0,453 -0,657	0,365 – 0,452	0,231 -0,252
Грунтовое улучшенное покрытие	0,532 – 1,0	0,456 – 0,531	0,302 – 0,455	0,201 – 0,156	0,115 -0,157

Таким образом после расчёта обобщённого показателя и проверки по разработанной таблице критериев формируется вывод о ее состоянии с соответствующей подсветкой на карте состояния, например на представленной карте (рисунок 4.19), красный цвет означает неудовлетворительный маршрут для проезда лесовозного подвижного состава.

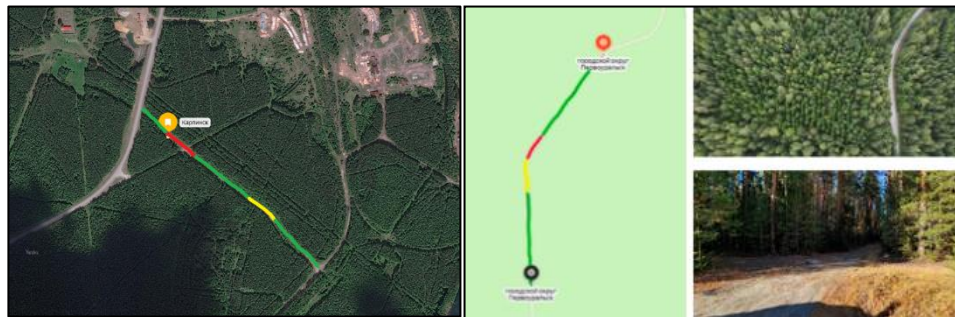


Рисунок 4.19 Примеры оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесной дороги по обобщенному показателю эффективности: цвет желтый – хорошо; цвет зеленый – обеспечено; цвет красный – не обеспечено (опытно-экспериментальный участок №1).

Реестр размещен на внешнем сервере, под управлением Уральского государственного лесотехнического университета по адресу в сети Интернет

<https://lroad.lms-usfeu.ru>, обеспечивающий возможность бесперебойного канала связи с большой пропускной способностью. За счет технологий реестр предоставляет возможность полноценной удаленной работы через сеть Интернет.

4.3 Экономическая эффективность внедрения информационной системы мониторинга лесных дорог

Для определения экономической эффективности капитальных вложений используем метод стратегического планирования (SWOT-анализ) и метод определения снижения размера вреда, причиняемого лесотранспортными средствами дорожным покрытиям. В основу мониторинга и ведения общего реестра лесных дорог положен принцип оценки загруженности пути и распределения транспортных путей, осуществляющими перевозку тяжеловесных грузов, по другим маршрутам [30].

Метод стратегического планирования: SWOT-анализ, как первичный метод оценки, текущей ситуации основанный на рассмотрении её с четырёх сторон: Strengths — сильные стороны; Weaknesses — слабые стороны; Opportunities — возможности; Threats — угрозы.

Основным преимуществом данного анализа является возможность определить рациональность использования ресурсов и технологий для реализации возможностей и реагировать на внешние угрозы без особых последствий.

Анализ текущей ситуации без процедуры мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния представлен в таблице 4.3 [26]:

В текущей организации процесса перевозок существуют свои сильные стороны в виде привычного уклада, отсутствии контроля за состоянием дороги, а следовательно, отсутствии дополнительных расходов и временных затрат на обследование.

Таблица 4.3 — Состояние текущей ситуации без процедуры мониторинга лесных дорог

Сильные стороны	Слабые стороны
<ol style="list-style-type: none"> 1. Нет необходимости отслеживания состояния участка дороги. 2. Отлаженный и привычный процесс управления данными 3. Отсутствие необходимости в наличии специального инструментария и оборудования 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Невозможность определить реальное состояние дорог 2. Отсутствие данных для планирования и прогнозирования. Мониторинг эксплуатационного состояния дорог предоставляет данные, которые могут использоваться для планирования ремонтных работ, определения приоритетов и прогнозирования необходимых ресурсов. Отсутствие этих данных затрудняет разработку эффективных стратегий управления дорожными ресурсами 3. Ограниченное использование бюджетных средств. Без мониторинга может быть сложно обосновать необходимость выделения бюджетных средств на ремонт и обслуживание дорог. Отсутствие объективных данных о состоянии дорог может привести к неэффективному расходованию средств или неправильному распределению ресурсов.
Возможности	Угрозы
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличение риска поломки автотранспорта. Без мониторинга эксплуатационного состояния дорог нет возможности раннего обнаружения опасных условий, таких как ямы, трещины, провалы или скользкие участки. 2. Несвоевременное обнаружение и устранение проблем. Без систематического мониторинга проблемы на дорогах могут оставаться незамеченными или не устраняться вовремя. Это может привести к ухудшению состояния дорог, увеличению ремонтных работ и дополнительным расходам в будущем.

Мониторинг транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог с использованием информационной системы позволит усовершенствовать ряд задач, повышающий эффективность использования лесотранспортной инфраструктуры лесов.

1. Рациональное использование бюджетных средств. Мониторинг эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры лесных дорог

позволяет определить участки, требующие наибольшего внимания и ремонта, это помогает рационально распределить ресурсы, сократить издержки и улучшить эффективность использования бюджетных средств.

2. Предотвращение аварий и повреждений: Мониторинг помогает выявить проблемные участки дороги, такие как опасные повороты, разрушенные мосты или обвалы. Своевременное выявление таких проблем позволяет принять меры по их устранению до возникновения аварийных ситуаций или серьезных повреждений, что может значительно сэкономить средства на дорогостоящих ремонтных работах в будущем.

3. Увеличение срока службы дорог: Регулярный мониторинг эксплуатационного состояния лесных дорог позволяет выявлять и устранять небольшие повреждения и дефекты на ранних стадиях, прежде чем они приведут к серьезным проблемам. Это способствует увеличению срока службы дорог и снижению затрат на капитальный ремонт.

4. Оптимизация плана ремонтных работ: Мониторинг эксплуатационного состояния лесных дорог предоставляет информацию о текущем состоянии и степени износа различных участков. Это помогает разработать оптимальный план ремонтных работ, определить приоритеты и оптимизировать расходы на ремонт.

В рамках данного исследования и предложенных решений, проведение мониторинга связано с финансовыми затратами, которые необходимы для разработки и поддержки информационной системы. Стоимость разработки информационной системы определяется на основе временных затрат, учитывая сложность создания программного продукта и расходы на его корректировку. Расчет затрат на информационную систему могут достигать нескольких тысяч условных единиц, и их оценка основана на затратах труда – чем выше стоимость, тем больше времени требуется на разработку.

Таблица 4.4 – Описание состояния процедуры мониторинга после внедрения информационной системы

Сильные стороны	Слабые стороны
<p>1. Повышение эффективности мониторинга состояния лесных автомобильных дорог: Информационная система мониторинга позволяет автоматизировать процесс сбора данных о состоянии дорог, что значительно упрощает и ускоряет процесс принятия решений по ремонту и обслуживанию.</p> <p>2. Повышение точности и надежности предоставляемых участникам данных: Система мониторинга обеспечивает более точную и надежную информацию о состоянии дорог, благодаря использованию современных технологий, таких как датчики и геопозиционирование.</p> <p>3. Повышение безопасности, повышение транспортной доступности. Система мониторинга позволяет раннее выявление опасных участков дорог, повреждений или дефектов, что способствует повышению безопасности на дорогах.</p> <p>4. Снижение размера вреда, причиняемого транспортными средствами. За счет анализа результатов мониторинга, возможно перераспределение грузовых потоков по дорогам с низкой интенсивности.</p>	<p>1. Затраты на внедрение: Реализация информационной системы мониторинга требует значительных инвестиций в инфраструктуру, оборудование.</p> <p>2. Сложности организации процедуры мониторинга и внедрения системы: Перестроение существующих информационных цепочек, рабочих процессах, появление еще одной информационной системы для внесения информации, что может вызывать сопротивление со стороны участников.</p> <p>3. Внедрение системы мониторинга может потребовать значительных изменений в организационной структуре и обучение пользователей</p> <p>4. Зависимость от Интернет и технологий.</p>
Возможности	Угрозы
<p>1. Улучшение планирования ремонтных работ: Информационная система мониторинга позволяет более точно определить приоритеты ремонтных работ и оптимизировать расходы на обслуживание дорог.</p> <p>2. Взаимодействие с другими системами: Интеграция системы мониторинга с другими информационными системами, такими как системы управления транспортным потоком, может создать новые возможности для оптимизации движения и улучшения инфраструктуры.</p>	<p>1. Технические проблемы: Возможны технические сбои или проблемы с оборудованием, которые могут снизить эффективность системы мониторинга.</p> <p>2. Кибербезопасность: Информационная система мониторинга может быть уязвима для кибератак или несанкционированного доступа, что может повлечь утечку конфиденциальной информации.</p>

Оценку эффективности разработанной системы можно провести с использованием прямых и косвенных показателей [37]. Прямые (экономические) показатели дают оценку автоматизации в денежном выражении и включают в себя определение затрат на разработку и эксплуатацию информационной системы (т.е. общую стоимость владения

информационной системой).

Таким образом, для данного исследования и предложенных решений необходимо учесть финансовые затраты на разработку и поддержку информационной системы мониторинга. Стоимость информационной системы определяется через временные затраты и может быть выражена в денежном эквиваленте [38] – согласно приложенной методике расчета Д.2 Приложения Д предполагаемая стоимость информационной системы учета результатов мониторинга составила 50 185,06 руб.

Оценка эффективности системы осуществляется с помощью экономических показателей, которые включают в себя затраты на разработку и эксплуатацию системы, а также денежный поток, который возникает в результате внедрения и использования информационной системы для снижения потенциальных затрат на ремонт дороги и снижения размера ущерба.

Одной из сильных сторон процесса мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог с использованием информационной системы является снижение размера ущерба, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозку тяжеловесных грузов. Расчет размера вреда осуществляется в соответствии с постановлением Правительства РФ от 31 января 2020 г. N 67 «Об утверждении Правил возмещения вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами, об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации».

При определении размера вреда учитывается: величина превышения значений допустимых нагрузок на ось и массы транспортного средства, в том числе в период введения временных ограничений движения по автомобильным дорогам; тип дорожной одежды; регион расположение автомобильной дороги на территории Российской Федерации; значение автомобильной дороги.

Оценка размера вреда автомобильной дороге с покрытием капитального типа производится по утвержденной методике:

$$P_{\text{пом}i} = K_{\text{дкз}} \times K_{\text{кап.рем}} \times K_{\text{сез}} \times P_{\text{исх.ось}} \times \left(1 + 0,2 \times \Pi_{\text{ось}}^{1,92} \times \left(\frac{a}{H-b} \right) \right) \quad (4.1)$$

где: $K_{\text{дкз}}$ – коэффициент, учитывающий условия дорожно-климатических зон;

$K_{\text{кап.рем}}$ – коэффициент, учитывающий относительную стоимость выполнения работ по капитальному ремонту и ремонту в зависимости от расположения автомобильной дороги на территории Российской Федерации;

$K_{\text{сез}}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия, равный 1 при неблагоприятных природно-климатических условиях, в остальное время равный 0,35;

$P_{\text{исх.ось}}$ – исходное значение размера вреда при превышении допустимых нагрузок на ось транспортного средства для автомобильной дороги;

$P_{\text{ось}}$ – величина превышения фактической нагрузки на ось транспортного средства над допустимой для автомобильной дороги, т; (в ред. Постановления Правительства РФ от 14.08.2020 N 1218)

N – нормативная нагрузка на ось транспортного средства для автомобильной дороги, т; (в ред. Постановления Правительства РФ от 14.08.2020 N 1218)

a, b – постоянные коэффициенты.

Для дорог с покрытием переходного типа размер ущерба оценивается по выражению:

$$P_{\text{повл}} = K_{\text{кап.рем}} \times K_{\text{сез}} \times P_{\text{исх.ось}} \times \left(1 + 0,14 \times P_{\text{ось}}^{1,24} \times \left(\frac{a}{N-b} \right) \right) \quad (4.2)$$

Размер вреда при превышении значений допустимой массы на каждые 100 километров ($P_{\text{пм}}$) определяется по выражению:

$$P_{\text{пм}} = K_{\text{кап.рем}} \times K_{\text{пм}} \times P_{\text{исх.пм}} \times (1 + c \times P_{\text{пм}}) \quad (4.3)$$

где: $K_{\text{кап.рем}}$ – коэффициент, учитывающий относительную стоимость выполнения работ по капитальному ремонту и ремонту в зависимости от расположения автомобильной дороги на территории Российской Федерации;

$K_{\text{пм}}$ – коэффициент влияния массы транспортного средства в зависимости от расположения автомобильной дороги на территории Российской Федерации;

$P_{\text{исх.пм}}$ – исходное значение размера вреда при превышении допустимой массы транспортного средства для автомобильной дороги в 7365 руб./100 км;

c – коэффициент учета превышения массы, равный 0,01675;

$P_{\text{пм}}$ – величина превышения фактической массы транспортного средства над допустимой, процентов.

В случае превышении допустимой массы транспортного средства от 2 до 15 процентов (включительно) к размеру вреда при превышении значений допустимой массы применяются следующие коэффициенты:

с 1 января 2022 г. по 31 декабря 2022 г. (включительно) – 0,6;

с 1 января 2023 г. по 31 декабря 2023 г. (включительно) – 0,8

Таким образом, по Уральскому федеральному округу, при использовании лесовоза Урал 4320 для лесных дорог с одеждой капитального типа получим:

$$P_{\text{пом}i} = 2,1 \times 1,03 \times 0,35 \times 1840 \times \left(1 + 0,2 \times \left(\frac{37,7}{32-2,4}\right)\right) = 2129 \text{ руб./100 км} \quad (4.4)$$

Для дорог с одеждой переходного типа получим:

$$P_{\text{пом}i} = 1,03 \times 0,35 \times 1840 \times \left(1 + 0,14 \times \left(\frac{37,7}{32-2,4}\right)\right) = 963 \text{ руб./100 км} \quad (4.5)$$

Размер вреда при превышении значений допустимой массы на каждые 100 километров ($P_{\text{пм}}$), при превышении на 2% получим:

$$P_{\text{пм}} = 1,03 \times 0,426 \times 7365 \times (1 + 0,01675 * 0,02) = 3231 \text{ руб./100 км} \quad (4.6)$$

При использовании информационной системы мониторинга, включающей расчет грузооборота и оценку транспортно-эксплуатационного состояния близлежащих лесных дорог, возможно перераспределение маршрута для снижения ущерба практически на 15- 20%, что уменьшит размер ущербов для дорожных покрытий капитального типа до 2929 руб./100 км, а для покрытий переходного типа до 963 руб./км.

На основе приведенного выше анализа можно сделать выводы о потенциале внедрения процедуры мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния с использованием информационной системы, с учетом устранения слабых сторон, использовании возможностей и с учетом угроз.

Выводы по четвертой главе

1. Проведенный комплекс исследований позволил разработать информационную систему мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог. Проведено обоснование программных решений по созданию реестров.

2. Использование информационных технологий мониторинга состояния лесных дорог позволило проводить оценку транспортно-эксплуатационного состояния в режиме реального времени.

3. Разработанная информационная система мониторинга, за счет экспертной оценки состояния лесных дорог, может проводиться силами самих пользователей или арендаторами лесных участков. Что позволяет пользоваться системой в интерактивном режиме.

4. Разработанный интерфейс информационной системы мониторинга ориентирован пользователей Единой государственной автоматизированной информационной системой учета древесины и сделок с ней (ЛесЕГАИС)

5. Разработанная информационная система мониторинга состояния лесных дорог позволяет проводить совместную работу с Единой государственной автоматизированной информационной системой учета древесины и сделок с ней (ЛесЕГАИС), что повышает эффективность функционирования лесотранспортной инфраструктуры.

6. При использовании информационной системы мониторинга, включающей расчет грузооборота и оценку транспортно-эксплуатационного состояния близлежащих лесных дорог, возможно перераспределение маршрута для снижения ущерба практически на 15- 20 %, что уменьшит размер ущербов для дорожных покрытий капитального типа до 2929 рублей на сто километров, а для покрытий переходного типа до 963 рублей на сто километров.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработанные методы мониторинга транспортно-эксплуатационных показателей лесных дорог позволили проводить оценку фактического состояния лесотранспортной инфраструктуры в условиях реального времени с использованием информационных технологий, обеспечивая тем самым возможность устойчивого лесоуправления.

2. Впервые получены основные закономерности изменения транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог в зависимости от обобщенного показателя эффективности лесотранспортной инфраструктуры.

3. Анализ показал, что оптимальными транспортно-эксплуатационными параметрами лесных дорог следует считать: динамический модуль упругости дорожного покрытия лесной дороги не менее 76 МПа, величина поперечной неровности дорожного покрытия (глубина колеи) не более 0,07 м, фактическая ширина проезжей части лесной дороги не менее 5,8 м, с грузооборотом лесной дороги от 45 до 58 тыс. т. нетто /год, при обобщенном показателе эффективности не менее 0,634.

4. Разработанная информационная система мониторинга включает в себя модули подпрограмм, соответствующие основным критериям эффективности и состоит из: подсистемы оценки показателя прочности дорожного покрытия лесной дороги; подсистемы оценки показателя поперечной ровности дорожного покрытия (глубина колеи); подсистемы оценки показателя ширины проезжей части лесной дороги; подсистемы оценки грузооборота лесной дороги.

5. Впервые разработана методика мониторинга транспортно-эксплуатационных показателей с применением информационных технологий. Получены массивы данных с использованием цифрового плотномера ZFG-3000-10 GPS и свободной кроссплатформенной геоинформационной системой Quantum GIS.

6. Разработана методика экспертной оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог с возможностью пользования системой мониторинга в интерактивном режиме, силами самих пользователей или арендаторами лесных участков.

7. Разработана и внедрена информационная система мониторинга состояния лесных дорог, реализованная на базе Электронной Информационной Образовательной Системы ФГБОУ УГЛТУ позволяющая проводить совместную работу с Единой государственной автоматизированной информационной системой учета древесины и сделок с ней (ЛесЕГАИС), что повышает эффективность функционирования лесотранспортной инфраструктуры.

8. Ожидаемый экономический эффект от использования информационной системы мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния лесных дорог позволит снизить ущербы, нанесенные лесным дорогам на 2929 рублей на каждые сто километров пути, для дорог с покрытиями капитального типа и на 963 рублей на каждые сто километров для дорог с покрытиями переходного типа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов Я.И. Методы проектирования лесных лесовозных дорог на основе ГИС-систем / Я.И. Абрамов, И.Н. Кручинин /Современные машины, оборудование и IT-решения лесопромышленного комплекса: теория и практика : матери-алы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 17 июня 2021 г.: М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2021. – С. 9 – 13.
2. Алябьев В. И. Сухопутный транспорт леса: учебник для вузов / В.И. Алябьев [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 416 с.
3. Андреева Е.А. Вариационное исчисление и методы оптимизации. / Е.А. Андреева. - М.: Высшая школа, 2006. - 584 с.
4. Афоничев Д. Н. Совершенствование транспортного освоения лесосырьевых баз / Д. Н. Афоничев, В. А. Морковин, П. С. Рыбников // Вестн. МГУЛ. Лесной вестник – 2012. – № 4. – С. 79–88.
5. Ахтямов Э.Р. Информационная система контроля качества строительства лесных дорог [Текст] / Э.Р. Ахтямов, И. Н. Кручинин, В.В. Побединский, Е.И. Кручинина, А.А. Чижов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2021. - № 4. – С. 3-10.
6. Бурмистрова О.Н. Нормирование основных транспортно-эксплуатационных качеств зимних лесовозных автомобильных дорог [Текст] / И.Н. Кручинин, О.Н. Бурмистрова // Лесотехнический журнал. - 2017- № 4 (28). - С. 134-140.
7. Вагизов М.Р. Прикладные аспекты развития геоинформационного обеспечения лесного хозяйства. // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право/Вып. 3 (35)/ Под ред. д.т.н., проф. Истомина Е.П.– СПб.: ООО «Андреевский издательский дом» — 2019 г. – с.173-175.

8. Веллинг Л. Разработка веб-приложений с помощью PHP и MySQL [Текст] / Л. Веллинг, Л. Томпсон. – 4-е издание. – М: Диалектика, 2017. – 768 с.

9. Власенко В.Н. Цифровизация государственного экологического управления: правовые аспекты // В.Н.Власенко, А.С. Ширококов. RUDN Journal of Law. – 2021. – Т. 25. – № 2. С. 25 – 28.

10. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. - М.: Наука, 1981. – 263 с.

11. ВСН 24-88 Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог / Введ. – 1989.01.01 – М.: Транспорт, 1989. – 198 с.

12. Вырко Н. П. Сухопутный транспорт леса: учебник для студентов вузов / Н. П. Вырко. – Минск: Высш. шк., 1987. – 437 с.

13. Гармаш А.Н. Математические методы в управлении / А.Н. Гармаш, И.В. Орлова. М.: ИНФРА-М, 2013. – 272 с.

14. Гнездилова Ю. С. Робототехника как элемент четвертой промышленной революции и перспективы развития робототехники в России // Международная экономика. 2019. №6. С. 46-57.

15. Горелик В.А. Исследование операций и методы оптимизации: Учебник / В.А. Горелик. - М.: Academia, 2018. - 384 с.

16. Городецкий А. Е. Нечеткое математическое моделирование плохо формализуемых процессов и систем: монография / А. Е. Городецкий, И. Л. Тарасова. – Санкт-Петербург: Политехнический университет, 2010. – 334 с.

17. ГОСТ 32729–2014 Дороги автомобильные общего использования. Метод измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд для определения прочности [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293768/4293768703.pdf>

18. ГОСТ 32965–2014 Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293752/4293752127.pdf>.

19. ГОСТ 33101-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Покрытия дорожные. Методы измерения ровности [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127196>.

20. ГОСТ 33383–2015 Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Методы определения параметров. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200135147>

21. ГОСТ 33388–2015 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению диагностики и паспортизации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200135143>

22. ГОСТ Р 50597-2017 Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля (с Поправками) [Текст]. Введ.2018-06-01.–М.: ФГУП Стандартинформ, 2017. – 18 с.

23. ГОСТ Р 52292-2004 Информационная технология. Электронный обмен информацией [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://engeneer.ru/gost-r-52292-2004>.

24. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. Введ. 2006-01-01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 12 с.

25. ГОСТ Р 58818-2020 Дороги автомобильные с низкой интенсивностью движения. Проектирование, конструирование и расчет [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200172575>.

26. Дамодаран А. Инвестиционная оценка. Инструменты и методы оценки любых активов [Электронный ресурс] = Investment valuation. Tools and techniques for determining the value of any asset / Асват Дамодаран ; пер. с англ. [Д. Липинского, И. Розмаинского, А. Скоробогатова ; науч. ред. Е. Сквирская,

В. Ионов]. - 5-е изд. - Москва : Альпина Паблишер, 2016. - 1340 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/95541/#3>.

27. Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях / М. Тим Джонс: пер. с англ. Осипов А.И. – М.: ДМК Пресс, 2018.-312 с. ISBN 978-5-97060-579-0.

28. Дороги и транспорт лесной промышленности: справ. пособие. / И. И. Леонович [и др.] – Минск : Высш. шк., 1979. – 416 с.

29. Единая государственная автоматизированная информационная система учёта древесины и сделок с ней// Официальный сайт системы – URL: <https://lesega.ru/> / — Режим доступа: для авториз. пользователей.

30. Ельдештейн Ю.М. Зависимость затрат на строительство лесовозный дорог от объемов вывозки/ О.В. Болотов, Ю.М Ельдештейн, Р.А. Черных.- Вестник КрасГАУ, т 4, Красноярск, КрасГАУ, 2008. -с 5-7.

31. За полгода в ЛесЕГАИС оформили порядка 4 млн электронных документов // «Журнал «ЛесПромИнформ»». – URL: <https://lesprominform.ru/news.html?id=18229/> / — Режим доступа: для авториз. пользователей.

32. Земельный кодекс РФ / текст с изм. и доп. на 10 мая 2011 г. М.: ЭКСМО, 2011. – 160 с.

33. Измаилов А.Ф. Численные методы оптимизации / А.Ф. Измаилов, М.В. Солодов. - М.: Физматлит, 2008. - 320 с.

34. Ильин Б.А. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог / Б.А. Ильин, Б.И. Кувалдин. – М.: Лесн. промсть, 1982. – 384 с.

35. Илюшечкин В.М. Основы использования и проектирования баз данных / В.М. Илюшечкин // М.: Юрайт, 2011. - 231 с.

36. Интеграция приложений: методы взаимодействия, топология, инструменты [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL: <https://www.osp.ru/os/2006/09/3776464/>

37. Ипатов Ю.М. Экономическая эффективность инвестиций в ИТ: оптимальный метод оценки // Ю.М. Ипатов, Ю.К. Цыгалов. Планета КИС. 2004. - № 1. С. - 22-24.

38. Как выполняется SWOT-анализ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ivan-shamaev.ru/doing-swot-analysis/http://www.einsa.ru/strahovanie-gruzov.html>.

39. Колисниченко Д. PHP и MySQL. Разработка веб-приложений [Текст] / Д. Колисниченко. — СПб.: БХВ-Петербург: 2013. — 543с.

40. Костельков М. П. Методы и средства контроля качества уплотнения дорожного земляного полотна, щебеночного основания и асфальтобетонного покрытия / М. П. Костельков, Ю. Е. Никольский, Ю. Э. Райский // Дор. техника — 2003 : кат.-справ. : [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.library.stroit.ru/v-series/j-2/p-1.html>.

41. Кручинин И. Н. Повышение транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог при освоении лесосырьевых баз многолесных регионов: дис.. д-р. техн. наук: 05.21.01 / И. Н. Кручинин. — Воронеж, 2017. — 350 с.

42. Кручинин И. Н. Повышение эксплуатационного состояния лесовозных автомобильных дорог // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2012. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-ekspluatatsionnogo-sostoyaniya-lesovoznyh-avtomobilnyh-dorog>.

43. Кручинин И. Н. Транспортно-производственная система лесного комплекса / И. Н. Кручинин / Монография / Урал. гос. Лесотехн. ун-т. — Екатеринбург, 2010 — 155 с.

44. Курьянов В.К. Повышение транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог лесопромышленного комплекса / В. К. Курьянов, О. Н. Бурмистрова, Д. Н. Афоничев. — Воронеж: изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. — 176 с.

45. Ленгсторф Д. PHP и jQuery для профессионалов [Текст] / Д. Ленгсторф. — М.: Диалектика, 2011. — 401с.

46. Лесной кодекс Российской Федерации» от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2021) [Электронный ресурс].

Режим доступа: URL:
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/

47. Лесной план Свердловской области на 2019–2028 годы. Утвержден Указом Губернатора Свердловской области от 18 сентября 2019 г. N 450-УГ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL:
http://www.pravo.gov66.ru/media/pravo/450-%D0%A3%D0%93_HVdmR5Z.pdf.

48. Маклафлин Б. PHP и MySQL. Исчерпывающее руководство [Текст] / Б. Маклафин – СПб.: Питер: 2013. — 512с.

49. Немчинов М. В. Охрана окружающей природной среды при проектировании и строительстве автомобильных дорог: учеб. пособие / М. В. Немчинов, В. Г. Систер, В. В. Силкин. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 240 с.

50. Никсон Р. Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP, MySQL, JavaScript, CSS и HTML5 [Текст] / Р. Никсон. — СПб.: Питер, 2015. — 688с.

51. ОДМ 218.4.039–2018 Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/237odm-2184039-2018.pdf>.

52. ОДН 218.046-01 Отраслевые дорожные нормы. Проектирование нежестких дорожных одежд. Введ. 2001-01-01. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200141112>.

53. ОДН 218.1.052-02 Проектирование нежестких дорожных одежд / Союздорнии. – Введ. с 2002-01-01. – М.: Информавтодор. 2002.

54. От ЛесЕГАИС до ФГИС ЛК: выходим на новый уровень // «Лесозаготовка: Бизнес и профессия». – URL: <https://lesozagotovka.com/rybriki/les-i-zakon/ot-lesegais-do-fgis-lk-vykhodim-na-novyy-uroven/> // – Режим доступа: для авториз. пользователей.

55. Павлов Ф.А. Покрытия лесных дорог / Ф.А. Павлов. - М.: Лесная промышленность, 1980. – 176 с.

56. Побединский В.В. Нейронная сеть для оценки транспортно -эксплуатационного состояния лесных автомобильных дорог [Текст] / В.В. Побединский, И.Н. Кручинин, М.В. Шавнина, Д.И. Шакирзянов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2020. - № 3. – С. 10-18.

57. Постановление Правительства Свердловской области от 14.06.2011 N 737-ПП (ред. от 12.04.2016) «Об утверждении Перечня автомобильных дорог общего пользования регионального значения Свердловской области» [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL:http://https://wiki.openstreetmap.org/w/images/0/0c/65._%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D1%8C_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B3.pdf.

58. Починков С. В. Концепции сырьевого обеспечения развития российского ЛПК на период 2008–2020 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.wood.ru/ru/loa688.html>.

59. Приказ Рослесхоза от 22.04.2021 N 372 «О создании федеральной государственной информационной системы лесного комплекса» // Система КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_421432/ // — Режим доступа: для авториз. пользователей.

60. Проект 12 ноября 2019 г. Концепции создания и функционирования в Российской Федерации отраслевой цифровой платформы «Цифровой лес». URL: <http://www.freedocs.xyz/docx-525953349>.

61. Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. URL: <http://innclub.info/wp-content/uploads/2017/05/strategy>.

62. Руководство по эксплуатации электронного динамического плотномера грунта с легким падающим грузом ZORN ZFG 3.0 / Научно-производственное предприятие «АНАЛИТПРОМПРИБОР», 2011. – 29 с.

63. Савельев В. В. Обоснование типа и конструкций одежд лесовозных автомобильных дорог: Дис... докт. техн. наук. / МарГТУ, науч. консультант Ю. А. Ширнин. – Йошкар-Ола, 2006. – 516 с.: ил.

64. Салминен Э. О. Транспорт леса: В 2 т. Т. 1 Сухопутный транспорт: учебник / Под ред. Салминена Э. О. (1-е изд.). – М.: Академия, 2009. – 368 с.

65. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU № 2022616417. Российская Федерация. Программа оптимизации параметров конструкции лесовозной дороги с морозозащитным слоем / В.В. Побединский, И.Н. Кручинин; С.В. Ченушкина, Э.Р. Ахтямов заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет. – №2022614372; заявл. 24.03.2022; зарегистрировано 08.04.2022.

66. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU № 2023617530. Российская Федерация. Модуль цифрового прототипа показателя поперечной ровности (колеиность дорожного покрытия) / С.В. Ченушкина, И.Н. Кручинин заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет. – №2023615763; заявл. 29.03.2023; зарегистрировано 11.04.2023.

67. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU № 2023621133. Российская Федерация. Информационный реестр транспортно-эксплуатационного состояния лесных автомобильных дорог / С.В. Ченушкина, И.Н. Кручинин; Э.Р. Ахтямов заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет. – №2023620818; заявл. 29.03.2023; зарегистрировано 07.04.2023.

68. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU № 2023617737. Российская Федерация. Модуль цифрового прототипа показателя оценки ширины проезжей части лесной дороги / И.Н. Кручинин, С.В. Ченушкина, заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет. – №2023615900; заявл. 29.03.2023; зарегистрировано 13.04.2023.

69. Система мониторинга грузового транспорта [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://space-team.com/monitoring_transporta/industry_solutions/transportation/#system1.

70. Система управления лабораторной информацией, ЛИМС (laboratory information management systems, LIMS). Техническое описание / Э.Р. Ахтямов. – Челябинск: ООО «УралНИИСтром», 2020.- 46 с.

71. Смирнов М. Ю. Повышение эффективности вывозки лесоматериалов автопоездами: научное издание / М. Ю. Смирнов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 280 с.

72. СП 243.1326000.2015 Проектирование и строительство автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения М.: ФАУ «РОСДОРНИИ». – 2015. – 116 с.

73. СП 288.1325800.2016 Дороги лесные. Правила проектирования и строительства (с Изменением N 1) Официальное издание. М.: Стандартиформ, 2017. – 114 с.

74. СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги». Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* М.: ФАУ «ФЦС». – 2013. – 107 с.

75. СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91. * М.: ФАУ «ФЦС». – 2012. – 195 с.

76. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. * М.: ФАУ «ФЦС». – 2013. – 67 с.

77. Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2018 г. № 1989-р [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://static.government.ru/media/files/cA4eYSe0MObgNpm5hSavTdIxID77KSTL.pdf>.

78. Стратегия природопользования и экологической безопасности Свердловской области на период до 2035 года. Утверждена постановлением Правительства Свердловской области от 28.05.2020 № 353-ПП «Об утверждении Стратегии природопользования и экологической безопасности Свердловской области на период до 2035 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/570798035>.

79. Стратегия развития лесного фонда Свердловской области на период до 2035 года. Утверждена постановлением Правительства Свердловской области от 02.04.2020 № 205-ПП «Об утверждении Стратегии развития лесного фонда Свердловской области на период до 2035 года». [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/570723208>.

80. Сухопутный транспорт леса / В.И. Алябьев, Б.А. Ильин, Б.И. Кувалдин, Г.Ф. Грехов. - М.: Лесн.пром-сть, 1990. – 416 с.

81. Тейлор, Дж. Введение в теорию ошибок / Дж. Тейлор. Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 272 с.

82. Технологический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.03-96-2008 (02250). Автомобильные дороги низших категорий. Правила проектирования. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь.- Минск, 2008.-17 с.

83. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года №1734-р [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: http://strategy2030.midural.ru/sites/default/files/files/transportnaya_strategiya_rossiyskoj_federacii_na_period_do_2030_goda_0.pdf

84. Указ Президента РФ от 09.05.2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 — 2030 годы». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363/ (дата обращения 10.10.2022).

85. Ченушкина С.В. Разработка методов повышения транспортно-эксплуатационных показателей лесовозных автомобильных дорог, работающих в сложных природно-климатических условиях / М.Е. Жалко, А.М. Бургунутдинов, О.Н. Бурмистрова, С.В. Ченушкина, В.В. Данилов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2022. - № 1. – С.10 -17.

86. Ченушкина С.В. Разработка реестровой модели лесотранспортной инфраструктуры в рамках цифровой трансформации лесного хозяйства Российской Федерации / С.В. Ченушкина, И.Н. Кручинин, В.В. Побединский, Я.И.

Абрамов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2022. - № 4. – С.3 - 10.

87. Ченушкина С.В. Реестр лесотранспортной сети как элемент цифровой трансформации лесного хозяйства / С.В. Ченушкина, И.Н. Кручинин // В сборнике: Разработка энергоресурсосберегающих и экологически безопасных технологий лесопромышленного комплекса: материалы Международной научной конференции ученых и студентов, Воронеж, 28 сентября 2022 г. / М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2022. – С. 115 – 119.

88. Ченушкина С.В. Цифровая трансформация лесного хозяйства: технологии и распределенные реестры лесотранспортной инфраструктуры / С.В. Ченушкина, И.Н. Кручинин // Научный журнал. Системы Методы Технологии. - 2022 № 4 (56). – С. 132 – 137.

89. Шакирзянов Д. И. Информационное обеспечение технологии строительства дорожных покрытий лесных дорог применительно к условиям республики КОМИ. [Текст] / Д.И. Шакирзянов, И.Н. Кручинин /Цифровые технологии в лесном секторе. Материалы Всероссийской научно-технической конференции Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого – СПб: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020.-С. 169 – 171.

90. Янк К. PHP и MySQL. От новичка к профессионалу [Текст] — К. Янк. — Москва: Эксмо, 2013. — 450с.

91. Barenfanger R., Otto B., Gizanis D. Business and data management capabilities for digital economy. - White paper, 2015.

92. Borkowski, A., & Krzysztofik, I. (2015). Application of Least Squares Method for the Assessment of Road Surface Evenness. Procedia Engineering, 108, 142-150.

93. Chen, H., Jia, Z., & Yu, G. (2019). Road Roughness Evaluation Based on Least Squares Support Vector Machine with Regularization Parameter Optimization. Mathematical Problems in Engineering, 2019, 3580576.

94. Daniel Schallmo, Christofer A. Williams, Luke Boardman Digital Transformation of Business Models - Best Practice, Enablers, and Roadmap // XXVIII ISPIM Innovation Conference – Composing the Innovation Symphony, Austria, Vienna on 18-21 June. Vienna, 2018.

95. Earley S. DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge. - New Jersey, 2017.

96. Heikkilä, R. & Jaakkola, M. (2005) Towards Automated Total Process in Road Construction. ISARC'2005, The 22nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 11-14 September 2005, Ferrara, Italy, pp. 71 – 82.

97. Joao, S. et al. 2015 A life cycle assessment model for pavement management: methodology and computational framework By / S. Joao, F. Adelino, F. Gerardo // International Journal of Pavement Engineering, March. –2015. – Vol. 16. Issue 3. –P.268–286.

98. Jugulum R., Gray D.H. Competing with high quality data: concept, tools and techniques for building a successful approach to data quality. - New York, 2014. – 304 p

99. Leinss, C. Untersuchungen zur Frage der nutzungstechnischen Folgen nach Faell- und Rueckeschaeden bei Fichte. Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Wuerttemberg 7800 Freiburg im Bresgau / C. Leinss // Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung, Mai. –1991. –Nr. 45. –170 p. (in German).

100. Manije Talebia, Baris Majnouniana, Ehsan Abdia & Fateme Berenji Tehrani. Developing a GIS database for forest road management in Arasbaran forest, Forest Science and Technology, 2015.

101. Mariam H. Ismail, Mohamed Khater, Mohamed Zaki Digital Business Transformation and Strategy: What Do We Know So Far?. - Cambridge Service Alliance, 2017.

102. Museros, P., & Sales, J. (2017). Optimization of Road Roughness Assessment Using Least Squares Support Vector Regression. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 9(3), 2165-2173.
103. Oleg Igorevich Maksimichev/ *Automation and Control in Technical Systems (ACTS) 2015*, No 1, pp. 80-91.
104. Ostroukh A.V., Tian Yu. Development of the information and analytical monitoring system of technological processes of the automobile industry enterprise // *In the World of Scientific Discoveries, Series B*. 2014. Vol. 2. No 1. pp. 92-102.
105. Patricia Girardin. Forest road characterization, Carrefour Forêt 2019, 2020, Québec, Canada, pp. 71 – 82.
106. Peng, Z., Du, Y., Wang, Y., & Wang, W. (2018). Road Roughness Assessment Using Least Squares Support Vector Machine Optimized by the Fruit Fly Optimization Algorithm. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 2327684.
107. Qin J., Liu Y., Grosvenor R. A categorical framework of manufacturing for Industry 4.0 and beyond // *Procedia CIRP*. – 2016. – № 52. – C. 173-178.
108. Scholz R.W., Czichos R., Parycek P., Lampoltshammer T.J. Organizational vulnerability of digital threats: a first validation of an assessment method // *European Journal of Operational Research*. – 2020. – № 282(2). – p. 627-643.
109. Tan, J. Planning a forest road network by spatial data handling-network routing system / Ph.D. dissertation, Helsinki. – 1992. – 226 p.
110. Thompson, M. P. Contemporary Forest Road management with economic and environmental objectives / M.P. Thompson // PhD Dissertation, Oregon State University, Pro Quest Dissertations Publishing. – 2009. – 284 p.
111. TRC-0302. AASHTO 2002. Pavement design guide design input evaluation study/ Kevin D. Hall, Steven Beam, and Meng Lee/ University of Arkansas Fayetteville, Arkansas 72701, June 2006.
112. Valentini R., Marchesini B. L., Gianelle D., Sala G., Yaroslavtsev A., Vasenev V., Castaldi S., 2019. New tree monitoring systems: from Industry 4.0 to Nature 4.0. *Annals of Silvicultural Researches* V.43, No 2

113. Wasterlund I. Extent and causes of site damage due to forestry traffic / I. Wasterlund // Scandinavian Journal of Forest Research. – 1992. – V. 7. – № 1. – P. 135–142.

114. Wildland Fire and Fuels Research and Development Strategic Plan: Meeting the Needs of the Present, Anticipating the Needs of the Future / Electronic resource / – Electronic data. – Washington, U. S. Department of Agriculture, Forest Service, 2006. – mode access: <http://www.fs.fed.us/research/pdf/2006-10-20-wildland-book.pdf>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Транспортная инфраструктура лесов, на примере Свердловской области

Таблица А.1 – Объем перевозки лесных грузов по лесным дорогам, на примере Свердловской области

Лесное предприятие	Объем вывозки, тыс. м ³	Среднее расстояние вывозки древесины		в том числе		
				Регионального значения	Федерального значения	лесные
АО «Лялялес»	220,9	км	82,9	48,5	15,1	19,3
		%	100,0	58,5	18,2	23,3
АО «Тугулымский ЛПХ»	53	км	40,7	19,7	11,1	9,9
		%	100,0	48,4	27,3	24,3
АО «Асбестовский ЛПХ»	17,6	км	25,4	12,8	5,2	7,4
		%	100,0	50,4	20,5	29,1
АО «Режевской ЛПХ»	26,8	км	32,6	18,4	4,6	9,6
		%	100,0	56,4	14,1	29,4
АО «Саргалес»	15,1	км	40,6	20,9	7,1	12,6
		%	100,0	51,5	17,5	31,0
АО «Ревдинский ЛПХ»	22,4	км	30,8	19,9	0,7	10,2
		%	100,0	64,6	2,3	33,1
АО «Талицкий ЛПК»	28,6	км	30,2	17,3	1,6	11,3
		%	100,0	57,3	5,3	37,4
АО «Леспромхоз Афанасьевский»	20,1	км	21,2	2,0	11,2	8,0
		%	100,0	9,4	52,8	37,7
АО «Красноуфимский ЛПХ»	73,8	км	68,1	21,3	21,3	25,5
		%	100,0	31,3	31,3	37,4
АО ЛПО «Лобва»	173,3	км	26,8	9,1	7,3	10,4
		%	100,0	34,0	27,2	38,8
АО «Сотрино»	9,8	км	32,7	2,8	13,2	16,7
		%	100,0	8,6	40,4	51,1
АО «Шамаралес»	23,8	км	15,1	1,2	0,6	13,3
		%	100,0	7,9	4,0	88,1
АО «Лесное -1»	23,5	км	19,7	7,2	0,0	12,5
		%	100,0	36,5	0,0	63,5
АО «Оусский ЛПХ»	79,8	км	22	0,0	2,9	19,1
		%	100,0	0,0	13,2	86,8
АО «Леспромхоз Карабашский»	20,9	км	19,3	0,0	2,5	16,8
		%	100,0	0,0	13,0	87,0
В целом	809,4	км	46,2	21,2	9,6	15,3
		%	100,0	45,9	20,9	33,2

Таблица А.2 – Структура лесотранспортной инфраструктуры, на примере Свердловской области (на период 2019 -2021 гг.)

Покрытие	Единицы измерения	Всего	в том числе		
			Федеральные	Территориальные	Ведомственные
Всего автомобильных дорог	км	21662,2	680,2	10465,1	10516,9
	%	100	3,1	48,3	48,6
Твердое покрытие	км	13017,8	680,2	9833,5	2504,1
	%	100	5,3	75,5	19,2
из них: облегченного типа	км	9189,9	679,7	7557,2	953
	%	100	7,4	82,2	10,4
Переходного типа	км	3828,4	0,5	2276,2	1551,7
	%	100	0,01	59,49	40,5
Низшие (грунтовые улучшенные)	км	8643,8	-	631,6	8012,2
	%	100	-	7,3	92,7

Таблица А.3 –Лесотранспортная инфраструктура лесов для вывозки древесного сырья и движения техники на лесные пожары и лесокультурные работы (на примере лесных земель Свердловской области)

Номер строки	Наименование лесничества, лесопарка	Протяженность дорог (за 2021 год) (км)					Плотность дорог (за 2021 год) (км/тыс. га)	Протяженность на последний год периода действия лесного плана Свердловской области (2030 год) (км)					Плотность дорог на последний год периода действия лесного плана Свердловской области (2030 год) (км/тыс. га)
		железных	автомобильных					железных	автомобильных				
			с твердым покрытием	грунтовых		всего			с твердым покрытием	грунтовых		всего	
			круглогодичного действия	ЗИМНИКИ					круглогодичного действия	ЗИМНИКИ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	Алапаевское	293	201	783	2056	3333	6,9	293	224	805	2081	3403	7,0
2.	Байкаловское	0	456	895	1216	2567	10,4	0	456	901	1231	2588	10,4
3.	Березовское	37	201	633	578	1449	10,4	37	238	665	578	1518	10,9
4.	Билимбаевское	218	342	282	1410	2252	9,4	218	342	282	1410	2252	9,4
5.	Верх-Исетское	18	75	122	0	215	16,2	18	75	122	0	215	16,2
6.	Верхотурское	115	215	339	666	1335	3,3	115	272	361	666	1414	3,5
7.	Гаринское	0	40	140	982	1162	0,7	0	40	160	992	1192	0,8
8.	Егоршинское	205	198	228	876	1507	9,5	205	198	241	876	1520	9,6
9.	Ивдельское	308	336	1661	6401	8706	3,5	308	336	1782	6401	8827	3,5
10.	Ирбитское	81	357	559	785	1782	7,2	81	436	574	785	1876	7,6
11.	Камышловское	72	243	242	1197	1754	10,0	72	249	254	1225	1800	10,2
12.	Карпинское	151	502	3049	2317	6019	6,8	151	545	3049	2317	6062	6,8
13.	Красноуфимское	101	152	404	2111	2768	6,5	101	183	422	2111	2817	6,6
14.	Кушвинское	229	396	1193	2341	4159	8,0	229	415	1231	2341	4216	8Д
15.	Невьянское	106	405	432	1289	2232	9,7	106	416	458	1302	2282	10,0
16.	Нижне-Сергинское	176	485	347	1956	2964	7,5	176	495	347	1956	2974	7,5
17.	Нижне-Тагильское	98	328	1142	1470	3038	5,4	98	328	1200	1470	3096	5,5
18.	Ново-Лялинское	52	173	1568	2120	3913	6,4	52	173	1568	2160	3953	6,5
19.	Режевское	36	198	127	526	887	7,2	36	205	127	593	961	7,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20.	Свердловское	211	239	439	261	1150	8,3	211	239	439	261	1150	8,3
21.	Серовское	145	114	244	2119	2622	6Д	145	124	254	2119	2642	6,2
22.	Синячихинское	9	212	461	2600	3282	6,8	9	212	461	2600	3282	6,8
23.	Сотринское	190	238	178	3487	4093	5,3	190	238	178	3487	4093	5,3
24.	Сухоложское	173	333	527	543	1576	7,6	173	349	527	543	1592	7,6
25.	Сысергское	93	351	621	1412	2477	9,1	93	351	621	1412	2477	9,1
26.	Таборинское	0	275	246	777	1298	1,2	0	275	320	777	1372	1,3
27.	Тавдинское	132	171	1026	1437	2766	4,9	132	171	1026	1471	2800	5,0
28.	Талицкое	49	298	1254	339	1940	8,3	49	298	1254	339	1940	8,3
29.	Тугулымское	102	244	442	590	1378	6,0	102	254	442	602	1400	6,1
30.	Туринское	79	254	133	647	1113	2,6	79	254	200	655	1188	2,8
31.	Шалинское	179	329	632	2604	3744	8,2	179	329	632	2604	3744	8,2
32.	Всего	3658	8361	20 349	47 113	79 481	5,2	3658	8720	20 903	47 365	80 646	5,3

Интерактивная карта "Леса России"

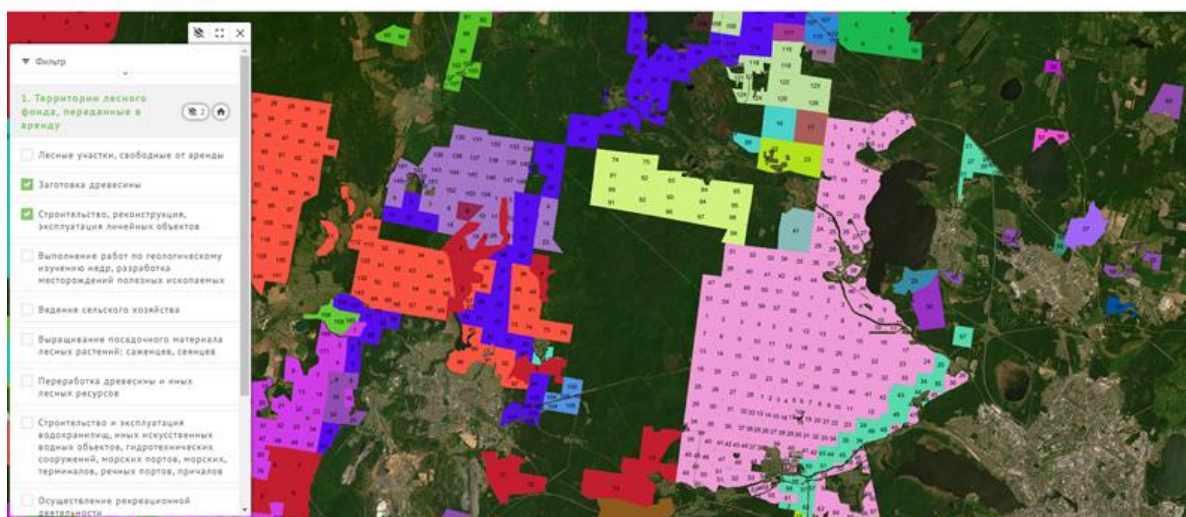


Рисунок А.1 – Интерактивная карта Леса России
(<https://maps.roslesinforg.ru>)

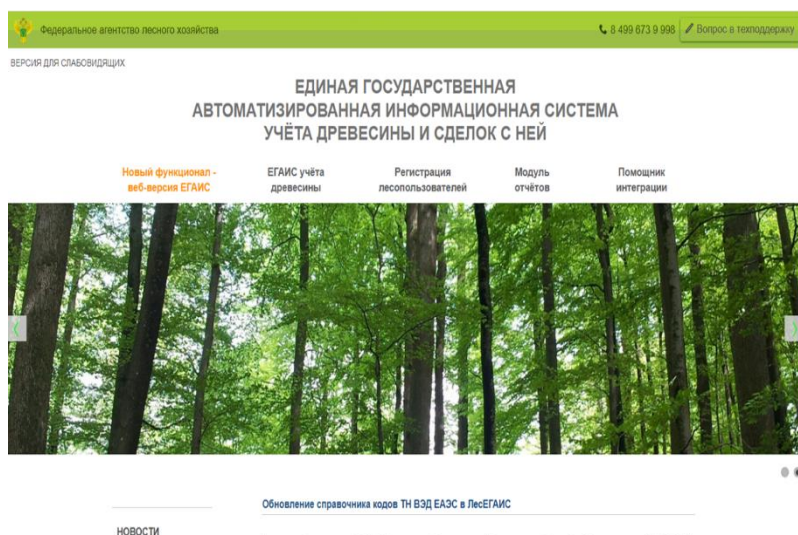


Рисунок А.2 – Единая государственная автоматизированная информационная система учёта древесины и сделок с ней (<https://lesegaais.ru/>)

Рисунок А.3 – Интерфейс оформления заявки на технологический контроль качества (информационной системы контроля качества строительства U – LAB) (<https://uniis.ru/nii/?pid=158>)



Рисунок А.4 – Карта объектов строительства автомобильных дорог на территории Челябинской области (интерфейс информационной системы контроля качества строительства U – LAB) (<https://uniis.ru/nii/?pid=158>)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Программный код модулей информационной системы оценки транспортно-эксплуатационного состояния участка дороги

Б.1 – Фрагмент код модуля вычисления показателя прочности

дорожного покрытия лесной дороги

```
<?php

if (isset($_POST['otpr']))
{
    echo("<p>Вычисляем модуль упругости на покрытии дорожной одежды (ограничения U0min
= 80 МПа, U0max =120 МПа) и термическое сопротивление дорожной одежды (ограничения для
условий Свердловской области U10min = 2.04 м2 К/Вт, U10max = 2.23 м2 К /Вт):");
    echo("<p>Максимальное количество проходов: 500000<BR>");

        $U0min = 80;
        $U0max =120;

        $U10min = 2.04;
        $U10max = 2.23;

        $i=1;

        while ($i <= 500000)
        {

            if ($UO >=$U0min && $UO<=$U0max && $Rt>=$U10min && $Rt<=$U10max) {$UOi-
tog=$UO; $Rtitog=$Rt; break;}
                else
                {
                    $U1=bcdiv(randomFloat($U1min, $U1max),1,2);
                    $U2=bcdiv(randomFloat($U2min, $U2max),1,2);
                    $U3=bcdiv(randomFloat($U3min, $U3max),1,2);

                    $UO=($U7*$U1+$U8*$U2+$U9*$U3)/($U1+$U2+$U3);
                    $Rt=($U1/$U4+$U2/$U5+$U3/$U6)+(1/$U12);
                    $Rt=bcdiv($Rt,1,2);
                    $i++;
                }
        };

        if ($i>500000) {echo "<font color=#ff0000>ВНИМАНИЕ! МАКСИМАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО ИТЕРА-
ЦИЙ ЗАКОНЧИЛОСЬ! ПОВТОРИТЕ РАССЧЕТ!</font>";

        } else
        {
            $U0okr=bcdiv($UO,1,2);
            $Rtokr=bcdiv($Rt,1,2);
```

```

    echo "<h2><b>Модуль упругости на покрытии дорожной одежды составил<font color=#ff0000>
    ".$U0okr."МПа </font>(за $i итерации(й))</h2>";
    echo "<h2><b>Термическое сопротивление дорожной одежды составило <font color=#ff0000>
    ".$Rtokr."м2 К /Вт </font>(за $i итерации(й))</h2>";

    $F=$K1*($Rt-$U10min)/($U10max-$U10min)+$K2*($U0okr-$U0min)/($U0max-$U0min);
    echo "<h2>Обобщенный показатель эффективности F=<font color=#ff0000> $K1*($Rt-
    $U10min)/($U10max-$U10min)+$K2*($U0okr-$U0min)/($U0max-$U0min)".round($F, 3)."</font></h2>";

};
}

$vis1=$U1*120;
$vis2=$U2*120;
$vis3=$U3*120;

echo( " <td align=center><table border=0><tr><td><img src='1.png' style=\"margin-bottom: -
10px;\" width=250px height=\".$vis1.\">
        <tr><td><img src='2.png' align=center/ style=\"margin-bottom: -8px;\"
width=250px height=\".$vis2.\">
        <tr><td><img src='3.png' align=center/ style=\"margin-bottom: -8px;\"
width=250px height=\".$vis3.\"></table>");

?>

```

Б.2 – Фрагмент кода модуля расчета показателя поперечной ровности до- рожного покрытия лесной дороги

```

<?php
if ($_POST['q11']== "") {$q11=0;} else {$q11=$_POST['q11'];}
if ($_POST['q12']== "") {$q12=0;} else {$q12=$_POST['q12'];}
if ($_POST['q13']== "") {$q13=0;} else {$q13=$_POST['q13'];}

if ($_POST['q21']== "") {$q21=0;} else {$q21=$_POST['q21'];}
if ($_POST['q22']== "") {$q22=0;} else {$q22=$_POST['q22'];}
if ($_POST['q23']== "") {$q23=0;} else {$q23=$_POST['q23'];}

if ($_POST['q41']== "") {$q41=0;} else {$q41=$_POST['q41'];}
if ($_POST['q42']== "") {$q42=0;} else {$q42=$_POST['q42'];}
if ($_POST['q43']== "") {$q43=0;} else {$q43=$_POST['q43'];}

if ($_POST['q51']== "") {$q51=0;} else {$q51=$_POST['q51'];}
if ($_POST['q52']== "") {$q52=0;} else {$q52=$_POST['q52'];}
if ($_POST['q53']== "") {$q53=0;} else {$q53=$_POST['q53'];}

if (isset($_POST['otpr']))
{
    echo "<table border=0><tr><td colspan=3><p><font size=4><li>Рассчитываем суммарную неровность
    поверхности проезжей части в каждом створе по внешней колее, где общая глубина колеи <br><br>";
    echo "<tr><td>по отношению к правому выпуску ";
    $h1=$_POST['q1']-$$_POST['q2']; // замер 1
    echo "<b>h1 прав.общ ".$h1."</b><br>";
}

```

```

echo "по отношению к левому выпору ";
$h2=$_POST['q1']-$POST['q3']; // замер 1
echo "<b>h1 лев.общ ". $h2."</b><br>";

echo "<td>по отношению к правому выпору ";
$h11=$q11-$q12; // замер 2
echo "<b>h1 прав.общ ". $h11."</b><br>";
echo "по отношению к левому выпору ";
$h12=$q11-$q13; // замер 2
echo "<b>h1 лев.общ ". $h12."</b><br>";

echo "<td>по отношению к правому выпору ";
$h21=$q21-$q22; // замер 3
echo "<b>h1 прав.общ ". $h21."</b><br>";
echo "по отношению к левому выпору ";
$h22=$q21-$q23; // замер 3
echo "<b>h1 лев.общ ". $h22."</b><br>";

echo "<tr><td colspan=3><p><font size=4><i>Рассчитываем суммарную неровность поверхности проезжей ча-
сти в каждом створе по внутренней колее, где общая глубина колеи <br><br>";
echo "<tr><td>по отношению к правому выпору ";
$h3=$_POST['q4']-$POST['q5']; // замер 1
echo "<b>h2 прав.общ ". $h3."</b><br>";
echo "по отношению к левому выпору ";
$h4=$_POST['q4']-$POST['q6']; // замер 1
echo "<b>h2 лев.общ ". $h4."</b><br>";

echo "<td>по отношению к правому выпору ";
$h41=$q41-$q42; // замер 2
echo "<b>h2 прав.общ ". $h41."</b><br>";
echo "по отношению к левому выпору ";
$h42=$q41-$q43; // замер 2
echo "<b>h2 лев.общ ". $h42."</b><br>";

echo "<td>по отношению к правому выпору ";
$h51=$q51-$q52; // замер 3
echo "<b>h2 прав.общ ". $h51."</b><br>";
echo "по отношению к левому выпору ";
$h52=$q51-$q53; // замер 3
echo "<b>h2 лев.общ ". $h52."</b><br>";

echo "<tr><td colspan=3><p><font size=4><i>Вычисление среднего значения общей (суммарной) неровно-
сти<br><br>";
$hobr1=round(($h1+$h3)/$_POST['num'],2);
echo "<tr><td colspan=3><table align=left width=80%><td><b>Среднее h1 прав. общ ". $hobr1."</b><br>";
$hobr3=round(($h3+$h41+$h51)/$_POST['num'],2);
echo "<b>Среднее h1 лев. общ ". $hobr3."</b><br></td>";
$hobr2=round(($h2+$h12+$h22)/$_POST['num'],2);
echo "<td><b>Среднее h2 прав. общ ". $hobr2."</b><br>";
$hobr4=round(($h4+$h42+$h52)/$_POST['num'],2);
echo "<b>Среднее h2 лев. общ ". $hobr4."</b><br></table>";

echo "<tr><td colspan=3><p><font size=4><i>Среднеквадратическое <b>отклонение</b> общей неровности по-
верхности проезжей части ";
$g1=round(pow((( $h11-$h1)+($h21-$h1)),2)/($_POST['num']-1),3);
echo "<tr><td colspan=3><table align=left width=80%><td><b>Среднее отклонение σ1 прав. ". $g1."</b><br>";
$g2=round(pow((( $h12-$h1)+($h22-$h1)),2)/($_POST['num']-1),3);
echo "<b>Среднее отклонение σ1 лев. ". $g1."</b><br>";

```

```

$g3=round(pow(((h41-h3)+(h51-h3)),2)/($_POST['num']-1),3);
echo "<td><b>Среднее отклонение σ2 прав. ".$g3."</b><br>";
$g4=round(pow(((h42-h4)+(h52-h4)),2)/($_POST['num']-1),3);
echo "<b>Среднее отклонение σ2 лев. ".$g4."</b><br></table>";

```

```

echo "<tr><td colspan=3><p><font size=4><i>Расчётное значение общей неровности поверхности проезжей ча-
сти, сопоставляемое с оценочной шкалой";

```

```

$d1=h1+$g1*1.04;

```

```

echo "<tr><td colspan=3><table align=left width=80%><td><b>Общая неровность Н1 прав. расч. ".$d1."</b><br>";

```

```

$d2=h2+$g2*1.04;

```

```

echo "<b>Общая неровность Н1 лев. расч. ".$d2."</b><br>";

```

```

$d3=h3+$g3*1.04;

```

```

echo "<td><b>Общая неровность Н2 прав. расч. ".$d3."</b><br>";

```

```

$d4=h4+$g4*1.04;

```

```

echo "<b>Общая неровность Н2 прав. расч. ".$d4."</b><br></table>";

```

```

};

```

```

?>

```

Б.3 – Фрагмент кода модуля вычисления показателя ширины проезжей части лесной дороги

```

<?php

```

```

if (isset($_POST['otpr']))

```

```

{

```

```

if ((($_POST['polos'] == 1)or($_POST['polos'] == 3))

```

```

{echo "<p><font size=4>Вычисляем ширину проезжей части для однополосных дорог ";

```

```

$b1=$_POST['kol']+1+0.1*$_POST['speed'];

```

```

echo "<font size=5 color=red> B1 ".$b1."<br></font>";

```

```

};

```

```

if ((($_POST['polos'] == 2)or($_POST['polos'] == 3))

```

```

{

```

```

echo "<p><font size=4>Вычисляем ширину проезжей части для двуполосных дорог<br>";

```

```

echo("<ul><li>Вычисляем величину предохранительной полосы между колесом автомобиля и кромкой проез-
жей части a.");

```

```

if ($_POST['polos'] == 1) { $k=1;} else { $k=2;} ;

```

```

$a=$k*round((sqrt(0.1+0.027*$_POST['speed'])),3);

```

```

echo $a."<br>";

```

```

echo("<li>Вычисляем величину зазора между кузовами автомобилей при встречном движении. m: ");

```

```

$m=round((0.3+0.27*sqrt($_POST['speed']))*$k,3);

```

```

echo $m."<br>";

```

```

echo("<p><li><font size=4>Вычисляем ширину проезжей части:");

```

```

$b2=(($_POST['tshir']+$_POST['kol'])/2+$m+$a;

```

```

echo "<font size=5 color=red> B2 ".$b2."<br>";

```

```

}

```

```

};

```

```

?>

```

Б.4 – Фрагмент кода модуля вычисления показателя грузооборота лесной дороги

```

<!doctype html>
<html lang="ru">

<head>
<!-- Кодировка веб-страницы -->
<meta charset="utf-8">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">

</head>

<body>
<h1 align=center>Модуль вычисления показателя грузооборота лесной дороги </h1>
<form class="form-horizontal" name="ras_form" action=index.php method="POST" onsubmit="return vali-
date_form();">
<table border=1 width=90% align=center>
<tr>
<td align=center colspan=2>

<tr>
<td colspan=2 ><h2 align=center><font align=center><b>Определяем параметры</b></font></h2>

<ul>
<li>Тип лесной автомобильной дороги:<br>
<input type="radio" name="tip1" value="tip1">дорога I типа, это магистральная
дорога, объединяющая дороги низших типов в единую транспортную сеть<br>
<input type="radio" name="tip2" value="tip2">дорога II типа, прокладываемая
для освоения отдельных лесных массивов и проведения лесохозяйственных мероприятий, а также объединяю-
щая различные подразделения лесохозяйственных предприятий и имеющая выход на магистральные до-
роги<br>

<br>
<li>объёмный вес древесины конкретной породы и состояние:
<input name="dreves" required="required" type="text" size="3">

<li>годовой объем вывозки древесины по дороге (разрешенный проектом
освоения лесов):
<input name="god" required="required" type="text" size="3">

<li>-----
<li>Вид используемого автотранспорта:
<select name="transport" >
<option value="">Выберите вариант</option>
<option>Лесовоз АТЛК-18А</option>
<option>Лесовоз ТОК-70</option>
<option>Лесовоз ТОУ-70</option>
<option>Сортиментовоз АСК-18А</option>
<option>Сортиментовоз ТОК-70.1</option>
<option>Пожелания / предложения</option>
</select>
<li>-----

<tr><td>
<input type="submit" name="otpr" align=center value="Предварительный расчет">

<?php

```

```
if (isset($_POST['otpr']))
{
    if ((($_POST['dreves'] > 0))
        {echo "<p><font size=4>Определяем годовой грузооборот ";
          $G=$_POST['dreves']*$_POST['god'];
        echo "<font size=5 color=red> G ".$G."<br></font>";
        };
    ?>
        </table>
        </table>
    </form>

</body>
</html>
```

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Методика определения минимально необходимого числа измерений
величины динамического модуля упругости дорожного покрытия по
обоснованию достоверности результатов экспериментов

Необходимое количество опытов рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{m \cdot W^2 \cdot K_w^2}{\varepsilon^2 \cdot \bar{\sigma}^2} \cdot \left(1 \pm \frac{1}{\sqrt{2m}} \right)^2, \quad (\text{B.1})$$

где m – количество предварительных опытов,

W – размах ряда, равный $\sigma_{max} - \sigma_{min}$, МПа,

K_w – безразмерный коэффициент, зависящий от надежности и количества опытов (для $P=0,95$ и $n=3$ равный 1,48),

$\bar{\sigma}$ – среднеарифметическое значение величины динамического модуля упругости, МПа.

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{m} \sum_i^m \sigma_i \quad (\text{B.2})$$

Результаты расчета сведены в таблицу В.1

Таблица В.1 – Определение динамического модуля упругости дорожного покрытия

Наименование	σ_i	$\bar{\sigma}$	W	K_w	n
Динамический модуль упругости	141,8	135,4	91,2	1,48	2±1
	127,2				
	137,3				

Для обеспечения достоверности данных, согласно проведенным расчетам, рекомендуется проводить каждый опыт в серии из трех повторений.

Нормативное значение X_n для всех физических (например, плотность, жесткость и другие) и механических характеристик снега, таких как динамический модуль упругости, определяется как среднее арифметическое значению \bar{X} и вычисляется с использованием следующей формулы:

$$X_n = \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (\text{B.3})$$

где n – число определений характеристики;

X_i – частные значения характеристики, получаемые по результатам отдельных i -х опытов.

Для обеспечения надежности статистической проверки и исключения возможных оставшихся ошибок после анализа экспериментальных данных, мы исключаем частичное значение X_i , которое является максимальным или минимальным, при выполнении следующего условия:

$$|X_n - X_i| > vS, \quad (\text{B.4})$$

где v – статистический критерий, принимаемый в зависимости от числа определений n характеристики;

S – среднеквадратическое отклонение характеристики, вычисляемое по формуле

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_n - X_i)^2} \quad (\text{B.5})$$

Если какое-либо значение характеристики исключено, следует для оставшихся опытных данных заново вычислить X_n по формуле (B.3) и S по формуле (B.5).

Вычисляют коэффициент вариации V характеристики и показатель точности ее среднего значения ρ_α по формулам:

$$V = \frac{S}{X_n}, \quad (B.6)$$

$$\rho_\alpha = \frac{t_\alpha V}{\sqrt{n}}, \quad (B.7)$$

где t_α – коэффициент, принимаемый в зависимости от заданной односторонней доверительной вероятности α и числа степеней свободы $K = n - 1$.

Вычисляют коэффициент надежности γ_g по формуле

$$\gamma_g = \frac{1}{1 \pm \rho_\alpha}. \quad (B.8)$$

Вычисляют расчетное значение X характеристики снега по формуле

$$X = \frac{X_n}{\gamma_g} \quad (B.9)$$

Необходимое количество измерений, с доверительной вероятностью $P=0,95$, при погрешности $\varepsilon=0,1$ должно быть не менее 276 единиц измерений.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Экспериментальные исследования транспортно-эксплуатационных характеристик лесотранспортной инфраструктуры

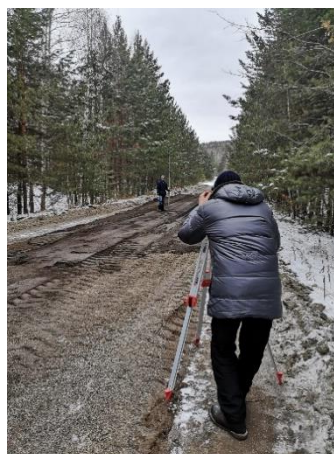
*а**б**в**г*

Рисунок Г.1 – *а* – измерение динамического модуля упругости грунтового улучшенного покрытия лесной дороги плотномером ZFG-3000-10 GPS; *б* – измерение динамического модуля упругости щебеночного покрытия лесной дороги плотномером ZFG-3000-10 GPS
в – участок лесной дороги с щебеночным покрытием *г* – измерение геометрических параметров лесной дороги

Таблица Г.1 – Ведомость испытаний прочностных показателей дорожных покрытий лесных дорог динамическим плотномером ZFG-3000-10 GPS. Участок №1. Покрытие переходного типа из ЦПС. Карпинский ЛПК, филиал ООО «Ураллеспром» на участке ПК0+00 – ПК00+85 (59°71'64"N 59°94'74"E).

Номер характерного участка	Интенсивность движения, На	Показания прибора, МПа		Фактический коэффициент уплотнения покрытия, K_y
		Требуемый динамический модуль упругости E_{VD} , MN/m ² (МПа)	Показания плотномера, МПа	
1	>250	≥ 35	26,2	≥0,95
2	>230	≥ 35	30,2	≥0,96
3	>200	≥ 35	35,3	≥0,97
4	>200	≥ 35	41,3	≥0,98
5	>200	≥ 35	47,4	≥0,98
6	>200	≥ 35	48,3	≥0,98
7	>240	≥ 35	34,2	≥0,97
8	>250	≥ 35	32,1	≥0,96
9	>250	≥ 35	30,6	≥0,96
10	>240	≥ 35	29,7	≥0,96
11	>200	Обобщенный статический модуль упругости, E , МПа	285	≥0,99

Таблица Г.2 – Ведомость испытаний прочностных показателей дорожных покрытий лесных дорог динамическим плотномером ZFG-3000-10 GPS. Участок №2. Покрытие переходного типа из смеси вскрышных пород. Территория Исовского лесхоза, Н.Туринского района, Свердловской области на участке ПК12+00 – ПК31+15 (58°53'41"N 59°37'59"E).

Номер характерного участка	Интенсивность движения, На	Показания прибора, МПа		Фактический коэффициент уплотнения, K_y
		Требуемый динамический модуль упругости E_{VD} , (MN/m ²) МПа	Показания прибора, МПа	
1	>250	≥ 35	35,0	≥0,97
2	>230	≥ 35	37,3	≥0,98
3	>200	≥ 35	40,1	≥0,98
4	>200	≥ 35	40,1	≥0,98
5	>200	≥ 35	40,2	≥0,98
6	>200	≥ 35	39,4	≥0,98
7	>240	≥ 35	37,8	≥0,98
8	>250	≥ 35	35,1	≥0,98
9	>250	≥ 35	33,4	≥0,98
10	>240	≥ 35	33,1	≥0,97
11	>200	Обобщенный статический модуль упругости, E , МПа	281	≥0,99

Таблица Г.3 Ведомость испытаний прочностных показателей дорожных покрытий лесных дорог динамическим плотномером ZFG-3000-10 GPS. Участок №3. Грунтовое улучшенное покрытие. Кыштымский лесхоз на участке ПК28+20 – ПК380+05 (55°36'55.3"N 60°31'57.5"E).

Номер характерного участка	Интенсивность движения, На	Показания прибора, МПа		Фактический коэффициент уплотнения, K_y
		Требуемый динамический модуль упругости E_{VD} , (MN/m ²) МПа	Показания прибора, МПа	
1	>250	≥ 35	24,1	≥0,97
2	>230	≥ 35	26,3	≥0,98
3	>200	≥ 35	27,8	≥0,98
4	>200	≥ 35	28,6	≥0,98
5	>200	≥ 35	29,3	≥0,98
6	< 200	≥ 35	29,8	≥0,98
7	< 240	≥ 35	27,8	≥0,98
8	< 250	≥ 35	29,1	≥0,98
9	< 250	≥ 35	22,4	≥0,98
10	< 240	≥ 35	19,1	≥0,97
11	>200	Обобщенный статический модуль упругости, E , МПа	103	≥0,99

Таблица Г.4 – Ведомость испытаний прочностных показателей дорожных покрытий лесных дорог динамическим плотномером ZFG-3000-10 GPS. Участок №4. Грунтовое улучшенное покрытие. Территория Лысьвенского лесничества, ГКУ, Кыновское участковое лесничество. Пермский край на участке ПК58+20 – ПК72+00 (57°41'42.3"N 58°40'37.1"E).

Номер характерного участка	Интенсивность движения, На	Показания прибора, МПа		Фактический коэффициент уплотнения, K_y
		Требуемый динамический модуль упругости E_{VD} , (MN/m ²) МПа	Показания прибора, МПа	
1	< 200	≥ 37	25,5	≥0,95
2	< 200	≥ 37	32,2	≥0,96
3	< 200	≥ 37	35,0	≥0,97
4	< 200	≥ 37	35,9	≥0,98
5	< 200	≥ 37	36,1	≥0,98
6	< 200	≥ 37	36,9	≥0,98
7	< 200	≥ 37	37,8	≥0,99
8	< 200	≥ 37	39,4	≥0,99
9	< 200	≥ 37	41,2	≥0,99
10	< 200	≥ 37	42,1	≥0,99
11	< 200	Обобщенный статический модуль упругости, E , МПа	102	≥0,99

Таблица Г.5 – Ведомость испытаний прочностных показателей дорожных покрытий лесных дорог динамическим плотномером ZFG-3000-10 GPS. Участок №5. Покрытие щебеночное. Урал-Карбон «Коуровка». ООО ПП «Коуровский лес» на участке ПК25+00 – ПК0105+75. (56.873178"N 60.251730. 1"E)

Номер прохода катка, $n_{катка}$	Интенсивность движения, N_a	Показания прибора, МПа		Фактический коэффициент уплотнения, K_y
		Требуемый динамический модуль упругости E_{VD} , (MN/m ²) МПа	Показания прибора, МПа	
1	>200	≥ 37	25,1	$\geq 0,95$
2	>200	≥ 37	27,8	$\geq 0,96$
3	>200	≥ 37	28,9	$\geq 0,97$
4	>200	≥ 37	30,2	$\geq 0,98$
5	>200	≥ 37	31,9	$\geq 0,98$
6	>200	≥ 37	34,1	$\geq 0,98$
7	>200	≥ 37	35,2	$\geq 0,98$
8	>200	≥ 37	36,8	$\geq 0,98$
9	>200	≥ 37	38,4	$\geq 0,99$
10	>200	≥ 37	39,6	$\geq 0,99$
12	>200	≥ 37	40,2	$\geq 0,99$
12		Обобщенный статический модуль упругости, E , МПа	98	$\geq 0,99$

Таблица Г.6 – Ведомость испытаний прочностных показателей дорожных покрытий лесных дорог динамическим плотномером ZFG-3000-10 GPS. Участок №6. Подъезд к промышленной зоне, северо-восточная часть АО «Асбестовский ЛПХ», на участке ПК0+00 – ПК00+75. (55°36'55.3"N 60°31'57.5"E).

Номер характерного участка	Интенсивность движения, N_a	Показания прибора, МПа		Фактический коэффициент уплотнения, K_y
		Требуемый динамический модуль упругости E_{VD} , (MN/m ²) МПа	Показания прибора, МПа	
1	>250	≥ 35	37,0	$\geq 0,97$
2	>230	≥ 35	36,5	$\geq 0,98$
3	>200	≥ 35	42,1	$\geq 0,98$
4	>200	≥ 35	39,8	$\geq 0,98$
5	>200	≥ 35	45,2	$\geq 0,98$
6	>200	≥ 35	41,1	$\geq 0,98$
7	>240	≥ 35	38,3	$\geq 0,98$
8	>250	≥ 35	34,9	$\geq 0,98$
9	>250	≥ 35	37,1	$\geq 0,98$
10	>240	≥ 35	35,2	$\geq 0,97$
11	>200	Обобщенный статический модуль упругости, E , МПа	265	$\geq 0,99$

Таблица Г.7 – Ведомость испытаний прочностных показателей дорожных покрытий лесных дорог динамическим плотномером ZFG-3000-10 GPS. Участок №7. Покрытие асфальтобетонное. Подъезд к УУОЛ от автомобильной дороги 1Р242 Пермь – Екатеринбург КМ 336 + 283 – КМ 346 + 00 (правая сторона) (56.854019"N 60.291628. 1"E)

Номер характерного участка	Интенсивность движения, На	Показания прибора, МПа		Фактический коэффициент уплотнения, K_y
		Требуемый динамический модуль упругости E_{VD} , MN/m ² (МПа)	Показания плотнoмера, МПа	
1	>250	≥ 35	36,1	$\geq 0,95$
2	>230	≥ 35	28,9	$\geq 0,96$
3	>200	≥ 35	35,9	$\geq 0,97$
4	>200	≥ 35	39,8	$\geq 0,98$
5	>200	≥ 35	47,8	$\geq 0,98$
6	>200	≥ 35	45,3	$\geq 0,98$
7	>240	≥ 35	41,8	$\geq 0,97$
8	>250	≥ 35	40,1	$\geq 0,96$
9	>250	≥ 35	35,6	$\geq 0,96$
10	>240	≥ 35	30,1	$\geq 0,96$
11	>200	Обобщенный статический модуль упругости, E , МПа	279	$\geq 0,99$

Таблица Г.8 – Ведомость испытаний прочностных показателей дорожных покрытий лесных дорог динамическим плотномером ZFG-3000-10 GPS. Участок №8. Покрытие щебеночное. ОАО «Кыновской леспромхоз», Пермский край на участке ПК76+00 – ПК125+12 (57.799749"N 58.547786.5"E)

Номер характерного участка	Интенсивность движения, На	Показания прибора, МПа		Фактический коэффициент уплотнения, K_y
		Требуемый динамический модуль упругости E_{VD} , MN/m ² (МПа)	Показания прибора, МПа	
1	>250	≥ 26	18,2	$\geq 0,95$
2	>230	≥ 26	19,2	$\geq 0,96$
3	>200	≥ 26	21,3	$\geq 0,97$
4	>200	≥ 26	22,3	$\geq 0,98$
5	>200	≥ 26	23,8	$\geq 0,98$
6	< 200	≥ 26	24,0	$\geq 0,98$
7	< 240	≥ 26	24,2	$\geq 0,98$
8	< 250	≥ 26	24,8	$\geq 0,98$
9	< 250	≥ 26	25,6	$\geq 0,99$
10	< 240	≥ 26	26,1	$\geq 0,99$
11	>200	≥ 26	28,3	$\geq 0,99$
12	>200	Обобщенный статический модуль упругости, E , МПа	87,5	$\geq 0,99$

Таблица Г.9 – Зависимость динамического модуля деформации E_{vd} , конструктивного слоя в зависимости от статического модуля упругости E_y и коэффициента уплотнения слоя K_y (по данным ГОСТ Р 58818-2020)

Тип грунта	Динамический модуль деформации E_{vd} , МПа	Статический модуль упругости E_y , МПа	Коэффициент уплотнения K_y
Каменистые грунты (GW, GI) Песчано-гравийная смесь Щебень (5-20, 20-40, 40-70)	≥ 60	≥ 120	$\geq 1,03$
	≥ 50	≥ 100	$\geq 1,00$
	≥ 40	≥ 80	$\geq 0,98$
	≥ 35	≥ 70	$\geq 0,97$
Песчаные грунты (GE, SE, SW, SI) Крупнозернистый песок Мелкозернистый песок	≥ 40	≥ 80	$\geq 1,00$
	≥ 35	≥ 70	$\geq 0,98$
	≥ 32	≥ 60	$\geq 0,97$

Таблица Г.10 – Ведомость испытаний дорожных покрытий лесных дорог. Зависимости параметров и глубины колеи. Участок №1. Покрытие переходного типа из ЩПС. Карпинский ЛПК, филиал ООО «Ураллеспром» на участке КМ 3+309 – КМ 6 + 750 (59°71'64"N 59°94'74"E).

№ п/п	КМ	+	Результаты измерений						
			Поперечный уклон I , ‰	Глубина колеи*, мм			Ширина между колеями, см	Ширина колеи, мм	
				левая	центральная часть	правая		левая	правая
1	3	309	21	29	5	26	197	37	37
		559	20	26	6	27	205	40	67
		811	21	25	5	26	193	108	70
		989	22	58	10	35	220	32	71
2	4	251	24	45	7	35	196	40	40
		501	20	55	6	54	181	40	36
		750	22	35	5	34	170	36	36
3	5	0	24	34	5	30	168	37	40
		250	35	36	8	39	171	35	35
		500	22	29	10	29	180	35	35
		755	24	50	11	46	180	35	30
4	6	0	22	37	8	36	158	30	35
		250	26	35	12	34	181	40	39
		500	22	35	10	35	151	35	31
		750	22	47	12	46	190	30	33
		250	20	40	10	35	212	48	33
		500	44	39	11	36	212	36	36
		750	32	35	10	30	212	55	56

*-измерение трехметровой рейкой

Таблица Г.11 – Ведомость испытаний дорожных покрытий лесных дорог. Зависимости параметров и глубины колеи. Участок №8. Покрытие щебеночное. ОАО «Кыновской леспромхоз», Пермский край на участке КМ 2+000 – КМ 7 +750 (57.799749"N 58.547786.5"E).

№ п/п	КМ	+	Результаты измерений						
			Поперечный уклон I, ‰	Глубина колеи*, мм			Ширина между колесами, см	Ширина колеи, мм	
				левая	центральная часть	правая		левая	правая
1	2	0	22	35	12	32	190	34	30
		250	26	45	10	37	195	32	32
		500	22	40	15	36	188	28	30
		750	22	42	14	40	162	33	32
2	3	0	24	42	9	30	215	30	28
		250	36	48	5	42	190	30	32
		500	28	69	5	60	150	65	55
		750	26	24	3	13	212	80	80
3	4	0	42	21	9	16	212	90	85
		250	24	35	5	30	212	34	34
		500	26	63	11	52	212	83	80
		750	24	42	7	31	212	35	35
4	5	0	24	38	13	30	212	33	35
		250	38	40	14	44	212	30	32
		500	21	37	16	34	212	36	42
		750	40	29	5	30	212	32	32
5	6	0	24	36	15	34	212	36	36
		250	24	34	10	29	212	38	36
		500	20	42	8	32	212	57	66
		750	22	44	13	35	212	42	36
6	7	0	41	36	10	35	212	33	62
		250	20	40	10	35	212	48	33
		500	44	39	11	36	212	36	36
		750	32	35	10	30	212	55	56

*-измерение трехметровой рейкой

Таблица Г.12 – Ведомость испытаний дорожных покрытий лесных дорог. Ширина проезжей части лесных дорог. Участок №2. Покрытие переходного типа из смеси вскрышных пород. Территория Исовского лесхоза, Н.Туринского района, Свердловской области ПК12+00 на участке ПК31+15 (58°53'41"N 59°37'59"E)

№	ПК	+	Результаты измерений			
			Поперечный уклон <i>I, ‰</i>	Глубина колеи, мм*,		
				левая	центральная часть	правая
1	12	50	26	64	-	49
2	13	25	34	61	-	54
3	14	25	46	67	-	50
4	15	25	40	83	34	70
5	16	25	40	82	30	74
6	18	25	40	60	26	88
		50	14	05	25	73
		85	28	67	21	-
7	20	25	26	61	24	77
		65	45	80	21	12
		80	18	10	12	46
8	23	25	40	86	19	57
		45	30	64	12	-
		60	20	-	1	25
9	24	00	24	55	18	92
		25	30	38	31	57
		85	20	18	21	46

*-измерение двухметровой рейкой

Таблица Г.13 – Ведомость испытаний дорожных покрытий лесных дорог. Ширина проезжей части лесных дорог. Участок №4. Грунтовое покрытие. Территория Лысьвенского лесничества, ГКУ, Кыновское участковое лесничество Пермский край на участке ПК58+20 – ПК72+00 (57°41'42.3"N 58°40'37.1"E).

№	ПК	+	Результаты измерений			
			Поперечный уклон <i>I, ‰</i>	Ширина, м		
				Проезжая часть	обочина	Полоса от- вода
1	12	50	26	6,4	-	8,2
2	13	25	34	6,1	-	7,2
3	14	25	46	6,7	-	7,0
4	15	25	40	4,8	-	7,0
5	16	25	40	4,5	-	10

Продолжение таблицы Г.13

6	18	25	40	6,0	-	8,8
		50	14	6,5	-	7,3
		85	28	6,0	-	6,2
7	20	25	26	6,5	-	7,2
		65	45	5,1	-	6,3
		80	18	6,2	-	6,3
8	23	25	40	4,9	-	10,3
		45	30	5,2	-	10,1
		60	20	6,6	-	12,2
9	24	00	24	5,5	-	9,2
		25	30	4,9	-	6,8
		85	20	5,6	-	7,5

Таблица Г.14 – – Ведомость испытаний дорожных покрытий лесных дорог. Ширина проезжей части лесных дорог. Участок №3. Грунтовое улучшенное покрытие. Кыштымский лесхоз на участке ПК28+20 – ПК380+05 (55°36'55.3"N 60°31'57.5"E)..

№	ПК	+	Результаты измерений			
			Поперечный уклон <i>I</i> , ‰	Ширина, м		
				Проезжая часть	обочина	Полоса от- вода
1	00	50	41	5,2	-	9,3
2	02	40	35	5,6	-	10,6
3	04	25	26	8,2	-	9,2
4	06	45	20	5,6	-	10,5
5	10	50	20	4,7	-	8,6
6	12	25	16	6,3	-	7,2
		50	15	6,5	-	8,2
		70	42	7,2	-	8,3
7	14	25	42	8,2	-	12,5
		50	12	6,5	-	14,6
		75	12	5,4	-	10,3
8	17	15	32	8,6	-	8,9
		34	42	6,4	-	9,7
		42	10	9,4	-	8,6
9	18	15	12	6,6	-	10,5
		25	24	5,4	-	11,4
		70	37	5,2	-	9,8

Таблица Г.15 – Ведомость испытаний дорожных покрытий лесных дорог. Ширина проезжей части лесных дорог. Участок №1. Покрытие переходного типа из ЩПС. Карпинский ЛПК, филиал ООО «Ураллеспром» на участке КМ 3+309 – КМ 6 + 750 (59°71'64"N 59°94'74"E).

№	КМ	+	Результаты измерений			
			Поперечный уклон <i>I, ‰</i>	Ширина, м		
				Проезжая часть	обочина	Полоса от- вода
1	2	000	36	6,5	1,0	12,5
2	2	400	32	6,0	1,0	10,6
3	3	200	32	7,6	1,2	12,3
4	3	450	25	5,9	0,6	10,9
5	4	120	22	6,2	1,1	12,3
6	5	250	16	6,5	0,6	10,2
		500	18	6,8	-	9,2
		700	22	7,2	0,8	10,3
7	6	250	31	8,2	1,0	13,5
		500	15	6,5	0,9	14,1
		700	18	7,2	1,6	12,1
8	7	100	12	8,6	1,0	8,9
		300	24	9,1	0,6	12,3
		700	23	9,4	0,3	10,3
9	8	000	20	8,3	-	10,5
		5000	24	6,5	0,8	11,4
		700	24	6,6	1,1	11,3



Рисунок Г.2– Фотофиксация объектов лесотранспортной инфраструктуры с использованием кроссплатформенной геоинформационной системы

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Д.1. Описание структурных атрибутов таблиц базы данных информационной системы

Таблица Д.1 – Описание таблицы «Пользователи»

Название атрибута	Описание
Номер пользователя	Номер пользователя в реестре
Фамилия, имя, отчество	Фамилия, имя, отчество пользователя реестра
Предприятие	Для юридических лиц или ИП, вносится название предприятия
ИНН	ИНН предприятия
Город	Город пользователя
Регион	Регион пользователя
Email	Электронная почта
Пароль	Пароль пользователя
Номер ЛесЕГАИС	Номер пользователя в системе ЛесЕГАИС

Таблица Д.2 – Описание таблицы «Участок»

Название атрибута	Описание
Номер участка	Номер участка в реестре
Номер участка ЛесЕГАИС	Номер участка в системе ЛесЕГАИС
Регион	Регион участка леса

Таблица Д.3 – Описание таблицы «Лесотранспортная сеть»

Название атрибута	Описание
Номер лесотранспортной сети	Номер сети в реестре
Номер участка	Номер участка в реестре
Идентификационный код	Уникальный буквенный код лесотранспортной сети
Регион	Регион лесотранспортной сети
Пересечение с федеральными трассами	Описание номеров федеральных трасс
Снимок лесотранспортной сети со спутника	Снимок сеть с ГИС карт

Таблица Д.4 – Описание таблицы «Лесная дорога»

Название атрибута	Описание
Номер лесной дороги	Номер лесной дороги в реестре
Номер участка	Номер участка в реестре
Номер лесотранспортной сети	Номер лесотранспортной сети в реестре
Уникальный код дороги	Уникальный код дороги в системе
Снимок лесотранспортной сети со спутника	Снимок сеть с ГИС карт
Описание	Описание дороги
Географические координаты начала	Географические координаты начала дороги

Окончание таблицы Д.4

Географические координаты окончания	Географические координаты конца дороги
Километраж	Протяженность участка лесной дороги

Таблица Д.5 – Описание таблицы «Физико-механические показатели по ОДН 288.13330-2012»

Название таблицы	Описание
Номер показателя	Номер физико-механические показателя
Название показателя	Название физико-механические показателя
Единица измерения	Единица измерения
Описание	Описание показателя
Способ измерения	Способ измерения
Нижняя граница	Числовое нижняя граница показателя нормы
Верхняя граница	Числовое верхняя граница показателя нормы

Таблица Д.6 – Описание таблицы «Оценка физико-механических показателей покрытия участка лесной дороги»

Название таблицы	Описание
Номер показателя/участка	Номер физико-механические показателя участка дороги
Номер показателя	Номер физико-механические показателя
Номер участка лесной дороги	Номер участка лесной дороги в реестре
Значение	Значение показателя
В пределах нормы	Единица если в пределах нормы
Превышение	Единица если выше нормы
Понижение	Единица если ниже

Таблица Д.7 – Описание таблицы «Транспортно-эксплуатационные показатели»

Название таблицы	Описание
Номер показателя	Номер транспортно-эксплуатационного показателя
Название показателя	Название транспортно-эксплуатационного показателя
Единица измерения	Единица измерения
Описание	Описание показателя
Способ измерения	Способ измерения
Нижняя граница	Числовое нижняя граница показателя нормы
Верхняя граница	Числовое верхняя граница показателя нормы

Таблица Д.8 – Описание таблицы «Оценка транспортно-эксплуатационных показателей участка лесной дороги»

Название таблицы	Описание
Номер показателя/участка	Номер транспортно-эксплуатационного показателя участка дороги
Номер показателя	Номер транспортно-эксплуатационного показателя
Номер участка лесной дороги	Номер участка лесной дороги в реестре
Значение	Значение показателя
В пределах нормы	Единица если в пределах нормы
Превышение	Единица если выше нормы
Понижение	Единица если ниже

Таблица Д.9 – Описание таблицы «Экспертная оценка транспортно-эксплуатационного состояния участка лесных дорог»

Название таблицы	Описание
Номер показателя	Номер показателя
Название показателя	Название показателя
Единица измерения	Единица измерения
Описание	Описание показателя
Способ измерения	Способ измерения
Нижняя граница	Числовое нижняя граница показателя нормы
Верхняя граница	Числовое верхняя граница показателя нормы

Таблица Д.10 – Описание таблицы «Оценка транспортно-эксплуатационных показателей участка лесной дороги по критериям»

Название таблицы	Описание
Номер показателя/участка	Номер показателя участка дороги
Номер показателя	Номер показателя
Номер участка лесной дороги	Номер участка лесной дороги в реестре
Значение	Значение показателя
В пределах нормы	Единица если в пределах нормы
Превышение	Единица если выше нормы
Понижение	Единица если ниже

Таблица Д.11 – Описание таблицы «Регион»

Название таблицы	Описание
Номер региона	Номер региона реестре
Название	Название
Номер ЛесЕГАИС	Номер региона в ЛесЕГАИС

Таблица Д.12 – Описание таблицы «Типы лесных дорог»

Название таблицы	Описание
Номер типа	Номер типа лесной дороги реестре
Название	Название

Таблица Д.13 – Описание таблицы «Уровни транспортно-эксплуатационного состояния»

Название таблицы	Описание
Номер уровня	Номер уровня лесной дороги реестре
Название	Название

Таблица Д.14 – Описание таблицы «Объекты лесотранспортной инфраструктуры»

Название таблицы	Описание
Номер объекта	Номер объекта лесной дороги реестре
Название	Название
Вид	Вид объекта лесотранспортной инфраструктуры

Таблица Д.15 – Описание таблицы «Паспорт участка лесной дороги»

Название таблицы	Описание
Номер паспорта	Номер паспорта в реестре
Номер пользователя	Номер пользователя в реестре
Номер участка лесной дороги	Номер участка лесной дороги в реестре
Файл	Ссылка на файл паспорта

Д.2. Методика вычисления затрат на разработку информационной системы с учетом коэффициента сложности разработки

Сложность реализации информационной системы и возможность модификации определим через коэффициент $K_{сл}$:

$$K_{сл} = c \cdot (1 + p) \quad (Д.1)$$

где c — коэффициент сложности (1.25–2.0);

p — коэффициент модификации информационной системы, $p = 0,05 - 1,0$.

$$K_{сл} = 1,25 \cdot (1 + 0,5) = 1,875$$

Таблица Д.16 — Коэффициенты сложности в зависимости от категории задачи модификации

Наименование коэффициента	Категория			
	1	2	3	4
1. Коэффициент сложности программы	1,25	1,5	1,6	2,0
2. Коэффициент коррекции программы	0,05	0,1	0,5	1,0

Тогда, временные затраты на реализацию и последующую модификацию вычисляются через перемножение фактических затрат времени на реализацию и коэффициента сложности.

$$t_{разр_{сл}} = t_{разр_{ф}} \cdot K_{сл}, \quad (Д.2)$$

$$t_{разр_{сл}} = 118 \cdot 1,875 = 221 \text{ час.}$$

Рассчитаем среднюю почасовую оплату программиста информационной системы, расчёт осуществляется с учетом средней заработной платы и квалификации веб-программиста по Свердловской области и 20% премии и возможные надбавки. Годовой фонд заработной платы, потраченной на программиста, также должен учитывать отчисления в Пенсионный фонд, Фонд социального страхования, Фонд обязательного медицинского страхования и единый социальный налог в размере 30,2%.

$$ЗП_{М} = ЗП_{ОСН} \cdot (1 + K_{доп}) \cdot (1 + K_{ур}) \cdot (1 + K_{сн}), \quad (Д.3)$$

где $Z_{\text{Посн}}$ — месячная оплата труда установленной квалификации;
 $K_{\text{Доп}}$ — коэффициент надбавок и премий;
 $K_{\text{ур}}$ — уральский коэффициент;
 $K_{\text{сн}}$ — коэффициент, учитывающий норму взноса в социальные фонды.
 $Z_{\text{ПМ}} = 18000 \cdot (1 + 0,2) \cdot (1 + 0,15) \cdot (1 + 0,30) = 32292$ руб.

Годовой фонд заработной платы с учетом отчислений:

$$\Phi Z_{\text{РГ}} = Z_{\text{ПМ}} \cdot 12, \quad (\text{Д.4})$$

где $\Phi Z_{\text{РГ}} = 32292 \cdot 12 = 387\,504$ руб.

Согласно утвержденному производственному календарю на 2022 год, общая продолжительность рабочего времени составляет 1775,4 часа при 36-часовой рабочей неделе.

Средняя часовая оплата программиста определяется соотношением:

$$C_{\text{разр}} = \frac{\Phi Z_{\text{РГ}}}{n_p}, \quad (\text{Д.5})$$

где $\Phi Z_{\text{РГ}}$ — годовой фонд заработной платы с учетом отчислений;
 n_p — число рабочих часов в году.

$$C_{\text{разр}} = \frac{387\,504}{1775,4} = 218,26 \text{ руб./час.}$$

Расходы по оплате труда разработчика программы определяются по следующей формуле:

$$Z_{\text{разр}} = t_{\text{разр.сл}} \cdot C_{\text{разр}}, \quad (\text{Д.6})$$

где $t_{\text{РАЗР.СЛ}}$ — трудоемкость создания программы, с учетом сложности программы, выраженная в часах;
 $C_{\text{РАЗР}}$ — средняя часовая оплата труда инженера-программиста.
 $Z_{\text{разр}} = 221 \cdot 218,26 = 48\,235,46$ руб.

Балансовая стоимость персонального компьютера:

$$Ц_{\text{ПК}} = Ц_p \cdot (1 + K_{\text{ун}}), \quad (\text{Д.9})$$

где $Ц_p$ — рыночная стоимость ПК (определяется по прайсу);
 $K_{\text{ун}}$ — коэффициент, учитывающий затраты на установку и наладку.

$$Ц_{\text{ПК}} = 20000 \cdot (1 + 0,1) = 22000 \text{ руб.}$$

Сумма годовых амортизационных отчислений определяется по формуле:

$$Z_{\text{ГАМ}} = Ц_{\text{ПК}} \cdot N_A, \quad (\text{Д.10})$$

где $C_{ПК}$ — балансовая стоимость ПК;
 N_A — норма амортизационных отчислений за год.

$$Z_{ГАМ} = 22000 \cdot 0,2 = 4400 \text{ руб.}$$

$$N_A = \frac{1}{T_{ПК}} \cdot 100,$$

где $T_{ПК}$ — полезный срок действия ПК.

$$N_A = \frac{1}{5} \cdot 100 = 20\%.$$

Затраты на электроэнергию:

$$Z_{ГЭЛ} = P_{чПК} \cdot T_{ГПК} \cdot C_{ЭЛ} \cdot K_{ИНТ}, \quad (\text{Д.11})$$

где $P_{чПК}$ — установочная мощность ПК;
 $T_{ГПК}$ — годовой фонд полезного времени работы машины ($n_{рПК}$);
 $C_{ЭЛ}$ — стоимость 1 кВт/ч. электроэнергии ($C_{ЭЛ}=4,28$ руб./кВт/ч);
 $K_{ИНТ}$ — коэффициент интенсивного использования ПК (0,9).

$$Z_{ГЭЛ} = 0,25 \cdot 1610,5 \cdot 4,28 \cdot 0,9 = 1550,91 \text{ руб.}$$

Текущие затраты на эксплуатацию ПК рассчитываются по формуле:

$$Z_{ГПК} = Z_{ГАМ} + Z_{ГЭЛ}, \quad (\text{Д.12})$$

где $Z_{ГАМ}$ — годовые отчисления на амортизацию;
 $Z_{ГЭЛ}$ — годовые затраты на электроэнергию для компьютера.
 $Z_{ГПК} = 4400 + 1550,91 = 5950,91$ руб.

Себестоимость часа работы на компьютере:

$$C_{ПК} = \frac{Z_{ГПК}}{n_{рПК}}, \quad (\text{Д.13})$$

где $Z_{ГПК}$ — годовые затраты на ПК;
 $n_{рПК}$ — годовой фонд полезного времени работы машины.
 $C_{ПК} = \frac{5950,91}{1610,5} = 3,69$ руб./час.

При разработке модулей информационной системы, цифрового реестра параметров лесотранспортной инфраструктуры, а также при проектировании интерфейса и дальнейшей работы системы задействованы компьютерные мощности, выраженные во времени работы.

Совокупные затраты машинного времени составляют:

$$t_{\text{МАШ}} = (t_{\text{ПФ}} + t_{\text{ОТЛФ}} + t_{\text{ДФ}}) \cdot K_{\text{СЛ}}, \quad (\text{Д.14})$$

$$t_{\text{МАШ}} = (14+64+17) \cdot 1,875 = 178 \text{ час.}$$

Затраты на оплату машинного времени рассчитываются по формуле:

$$Z_{\text{МАШ}} = t_{\text{МАШ}} \cdot C_{\text{ПК}}, \quad (\text{Д.15})$$

$$Z_{\text{МАШ}} = 178 \cdot 3,69 = 656,82 \text{ руб.}$$

Общие затраты на реализацию информационной системы определяются как сумма затрат на разработку программы и затрат на оплату машинного времени:

$$Z_{\text{ОБЩ}} = Z_{\text{РАЗР}} + Z_{\text{МАШ}}, \quad (\text{Д.16})$$

$$Z_{\text{ОБЩ}} = 48275,24 + 656,82 = 48932,06 \text{ руб.}$$

Экономические показатели затрат на создание информационной системы, помимо затрат на разработку, включают в себя дополнительные статьи затрат:

1. Затраты на доменное имя: для обеспечения доступности информационной системы в сети Интернет, требуется оплата за доменное имя (адрес сайта в интернете).

2. Затраты на инфраструктуру и поддержку: Важным аспектом является создание и поддержка инфраструктуры, необходимой для функционирования интернет-системы. Это включает затраты на хостинг, облачные услуги, серверное оборудование, сетевую инфраструктуру и другие аспекты, связанные с обеспечением надежности и доступности системы.

3. Затраты на подготовку и печать сопроводительной документации.

Указанные статьи затрат на дополнительные статьи расходов показаны в таблице Д.18.

Таблица Д. 18 — Стоимость дополнительных статей затрат на разработку информационной системы

Статьи затрат	Стоимость за единицу	Количество	Общая стоимость
1. Инфраструктура и поддержка сервера	0,87 руб./час	40 ч.	35 руб.
2. Приобретение доменного имени и оплата хостинга	100 руб./мес.	12 мес.	1200 руб.
3. Бумага	0,3 руб./л.	60 л.	18 руб.
Итого: ($Z_{\text{ср}}$)			1253 руб.

Общая стоимость информационной системы, включает в себя:

1. Общие затраты на заработную плату $Z_{\text{ОБЩ}} = 48\,932,06$ руб
2. Затраты на дополнительные статьи затрат $Z_{\text{ср}} = 1\,253$ руб.

Таким образом, общая стоимость информационной системы, включая реализацию модулей и интеграционные решения, с учетом дополнительных статьи затрат составляет $Z_{\text{ОБЩ}} + Z_{\text{ср}} = 48\,932,06 + 1\,253 = 50\,185,06$ руб

ПРИЛОЖЕНИЕ Е



ООО «Уралвермикулит»
ИНН/КПП 7413010437/ 741301001
456862, Челябинская область,
г. Кыштым, п. Тайгинка, ул. Мира, 1а, стр. 1
8 (800) 551-31-16, zakaz@7359808.ru
uralvermiculite.ru

Лидер по добыче и производству вермикулита



АКТ

внедрения методик совершенствования лесотранспортной
инфраструктуры на основе
мониторинга состояния лесных дорог

Установлено, что в процессе эксплуатации лесной транспортной инфраструктуры необходимо учитывать изменения ее транспортно-эксплуатационного состояния. Методика, алгоритмы и программное обеспечение информационной системы мониторинга состояния лесотранспортной инфраструктуры, разработанные прикреплённой для завершения диссертационного исследования Ченушкиной Светланой Владимировной и научным руководителем профессором Кручининым И.Н., позволили проводить комплексную оценку состояния лесотранспортной сети.

Предложенная методика включающая: возможность использования цифровых технологий измерения основных параметров лесных дорог; аналитические зависимости оценки транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры, по обобщенному показателю эффективности используется в ООО «УралВермикулит» (Челябинской области) с 2022 г. для мониторинга состояния лесных дорог в режиме реального времени и совместной работой ее с цифровой лабораторно-информационной системой U-LAB и Единой государственной автоматизированной информационной системой учета древесины и сделок с ней (ЛесЕГАИС).

В результате внедрения информационной системы мониторинга получено снижение стоимости проектных работ при реализации Лесного плана Челябинской области на 2023 г., за счет повышения транспортной доступности лесов арендаторами и повышения технического уровня эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры до 15 – 20 %.

Главный инженер



О.А. Курчавова

Соискатель УГЛТУ



С.В. Ченушкина

РЕКОМЕНДОВАНО:

«УТВЕРЖДАЮ»

Методической комиссии
Инженерно-технического
института
Протокол № 10 от "01" 06 2023г.

Председатель  А.А. Чижов/

Проректор по научной работе и
инновационной деятельности ФГБОУ
ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет»,
доктор биологических наук,
профессор



профессор

 Фомин В.В.

«16» июня 2023 г.

АКТ

о внедрении в учебный процесс на кафедре Транспорта и дорожного строительства Инженерно-Технического Института по проблеме «Совершенствование лесотранспортной инфраструктуры на основе мониторинга состояния лесных дорог».

Предусмотренный планом научно-технической программы по грантам и планам аспирантуры.

1. **Выполненный кафедрой Транспорта и дорожного строительства ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет.**

2. **Исполнитель** – д.т.н., профессор Кручинин Игорь Николаевич

3. **Соискатель** — Ченушкина Светлана Владимировна

4. **Наименование разделов темы, выполненных соискателем:**

Оценка структуры и особенностей мониторинга транспортно-эксплуатационных показателей лесотранспортной инфраструктуры, отличающаяся возможностью использования цифровых технологий измерения основных параметров лесных дорог; разработка методики оценки состояния лесных дорог по обобщенному показателю эффективности, отличающейся возможностью мониторинга состояния лесных дорог в режиме реального времени; разработка информационной системы мониторинга состояния лесотранспортной инфраструктуры, отличающаяся возможностью сопряжения ее с Единой государственной автоматизированной информационной системой учета древесины и сделок с ней и позволяющая повысить качество транспортно-эксплуатационного состояния лесотранспортной инфраструктуры.

5. **Краткое описание результатов внедрения, конечный результат.**

Разработаны теоретические основы мониторинга транспортно-эксплуатационных показателей лесотранспортной инфраструктуры и

внедрена информационная система мониторинга, с возможностью совместной работы с Единой государственной автоматизированной информационной системой учета древесины и сделок с ней.

6. **Внедрение по курсу дисциплин:** «Инженерные изыскания и проектирование лесных дорог», «Эксплуатация лесных автомобильных дорог», «Лесотранспорт как система ВАДС», «Реконструкция лесных автомобильных дорог».

7. **Влияние на качество подготовки специалистов** — решается актуальная задача для лесопромышленного комплекса по проектированию и эксплуатации лесотранспортной инфраструктуры лесов.

8. **Рекомендации** — результаты исследований используются в курсовых и выпускных квалификационных работах выпускающей кафедры транспорта и дорожного строительства.

9. **Эффект от внедрения** — результаты исследований опубликованы в тринадцати научных работах, из них в четырех, в изданиях рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Состав комиссии:

Зав. кафедрой транспорта и
дорожного строительства



С.А. Чудинов

доцент кафедры транспорта и
дорожного строительства



М.В. Савсюк

доцент кафедры транспорта и
дорожного строительства



А.Ю. Шаров