

Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова»

Институт технологических машин и транспорта леса

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ИТОГАМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ 2018 года**

30 января – 6 февраля 2019 г.



Санкт-Петербург

2019

Рекомендовано к изданию
Научно-техническим советом
Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета

Редакционная коллегия:

В.А. Соколова, кандидат технических наук, ответственный редактор

И.В. Бачериков, кандидат технических наук, редактор

УДК 630*3

ГРНТИ 66.01.00, 66.17.00, 66.19.00

ISBN 978-5-9239-1130-5

ББК 43.90

DOI: 10.21266/SPBFTU.2019.NTK.1

OECD 04.01.KA FORESTRY

Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2018 года [Электронный ресурс] / отв. ред. В.А. Соколова – СПб: СПбГЛТУ, 2019. – 410 с. DOI: 10.21266/SPBFTU.2019.NTK.1 Режим доступа: <http://spbftu.ru>

Proceedings of annual conference of the Institute of Technological machines and forest transportation 2018 / ed. V. Sokolova. St.Petersburg: SPbFTU, 2019. – 410 pp. DOI: 10.21266/SPBFTU.2019.NTK.1

В сборнике представлены материалы докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ 2019 года, Института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета. Тематика конференции охватывает широкий круг вопросов лесопромышленного комплекса. Сборник предназначен для работников лесной и деревообрабатывающей промышленности, аспирантов, студентов и преподавателей ВУЗов.

Опубликовано в редакции авторов с незначительными техническими правками. Сборник не рецензируется.

The proceedings contain materials of the annual conference of the Institute of Technological Machines and Forest Transportation of the St. Petersburg State Forest Technical University. The conference covers a wide range of issues in the forest industry. The collection is intended for workers of the forest and woodworking industry, graduate students, students and professors of universities.

The proceedings are not peer-reviewed.

Содержание

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЛЕСНОЙ И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	8
<i>Финкель И.О., Григорьев Г.В.</i> Методы обучения и повышения квалификации сотрудников на примере складского логистического комплекса Ponsse, Финляндия	8
<i>Тепноев А.В., Сафонова Н.Ю. Парфенопуло Г.К., Зотова Е.А., Мередов Акмурад</i> Роль личностно-ориентированного подхода в образовании в становлении будущего специалиста	14
<i>Муравьев А.Г., Шифрин Б.М., Елисеев И.В., Пендриков Е.С.</i> Анализ современных технических средств охранно-пожарной сигнализации.....	21
<i>Антонова Т.С., Лотник Д.О.</i> Применение геоинформационных систем при размещении лесопромышленных предприятий.....	28
<i>Моисеева К.С.</i> Обработка материалов дистанционного зондирования Земли для отчетов по использованию лесов.....	31
<i>Орлов В.В., Кацадзе В.А., Бирман А.Р., Локиштанов Б.М.</i> Сортирование щепы в системе подготовки древесного сырья к переработке.....	41
<i>Соколова В.А., Кривоногова А.С., Иванов А.М., Марков В.А., Парфенопуло Г.К.</i> Пути улучшения качества продукции на деревообрабатывающем предприятии	50
<i>Хрусталева И.В.</i> Использование SWOT-анализа для выработки стратегии развития предприятий лесного комплекса	55
<i>Ладиков И.С., Соколова В.А., Байрамов Хазрет, Курбанбаев Анвар</i> Разработка модели оптимизации для решения задач максимального выхода готовой продукции лесопильного предприятия	61
2. ЛЕСОСЕЧНЫЕ РАБОТЫ	66
<i>Березний Н.А.</i> Использование малых универсальных машин для лесохозяйственных работ	66
<i>Бирман А.Р., Свойкин Ф.В., Королько Н.С., Угрюмов С.А., Вохмянин Н.А., Соколова В.А., Кривоногова А.С.</i> Освоение лесосек со слабонесущими грунтами путем использования канатных установок.....	71
<i>Тарадин Г.С., Котенев Е.В.</i> Расчет коэффициента динамичности воздействия движителя лесной машины на снег	78

<i>Хитров Е.Г., Лихачев И.П., Боровский В.В.</i> Расчет синтетического несущего каната трелевочной установки	84
<i>Хитров Е.Г., Фролов И.И.</i> Подбор допустимого давления движителя колесных лесных машин в зависимости от грунтовых условий	90
<i>Хитров Е.Г., Боровский П.С.</i> Оценка тягово-цепных свойств малогабаритных трелевочных тракторов	100
<i>Дурманов М.Я., Куликов В.Н., Михайлов О.А.</i> Влияние параметров лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата на часовой расход топлива дизеля при транспортном режиме	110
3. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ЛЕСА.....	121
<i>Вальдер М.А., Артемьев В.В.</i> Инъектирование слабых грунтов на основе побочных продуктов промышленности в лесном дорожном строительстве	121
<i>Громов И.А., Тюрин Н.А.</i> Модель оптимизации структуры лесной транспортной сети с учетом противопожарной функции лесных дорог ..	125
<i>Зубова О.В., Силецкий В.В.</i> Теоретические предпосылки капсулирования осадка промывных вод ГУП «Водоканал СПб»	129
<i>Зубова О.В., Силецкий В.В.</i> Изменение свойств материала на основе золы и вяжущих для строительства лесных дорог	134
<i>Коваленко Т.В.</i> Планирование вывозки заготовленной древесины и развития лесотранспортной сети при освоении лесного фонда с использованием климатической информации	138
<i>Петросян В.В., Борозна А.А.</i> Повышение управления лесопромышленным производством на принципах логистики	142
<i>Теселкин А.В.</i> Оптимизация размещения трассы лесной автомобильной дороги.	146
<i>Тюрин Н.А., Громская Л.Я., Тюрина М.С.</i> Исследование структуры лесной транспортной сети при интенсивной модели лесопользования.....	155
<i>Дмитриева И.Н., Чулков Л.В.</i> Пути восстановления деятельности предприятий лесоперерабатывающей отрасли Пермского края.....	163
<i>Мохамед Ахмед Халед, Тюрин Н.А., Антонова Т.С.</i> Выбор эффективных технологий земляных работ и использование парка машин в лесном дорожном строительстве	169
<i>Дмитриева И.Н., Чернякова А.А.</i> Лесопродукция из отходов лесопереработки, транспортируемая в биг-бегах	176

<i>Дмитриева И.Н., Эполетов Д.В.</i> Роль транспортной системы "Енисей - Северный Морской Путь" для развития лесопромышленного комплекса Сибири.....	181
4. МАШИНОСТРОЕНИЕ.....	189
<i>Соколова В.А., Кузнецова К.М., Марков В.А., Ефанов В.А., Султанов Ихласбек, Шагелдиев Гандым, Гайдукова П.А.</i> Автоматизация производственных процессов в машиностроении.....	189
<i>Хрусталева И.В.</i> Оптимизация проектирования установки для прокатки древесины.....	196
<i>Александров В.А., Гомон Д.Ю., Толстенков М.А.</i> Вибронагруженность оператора валочно-трелёвочной машины в процессе очистки основания дерева от снега поворотом рукояти.....	202
<i>Александров В.А., Александров А.В., Никифоров А.А., Вусатый П.И.</i> Нагруженность валочно-пакетирующей машины при технологических переездах с пачкой деревьев.....	207
<i>Дурманов М.Я., Мартынов Б.Г., Спиридонов С.В.</i> Исследование часового расхода топлива дизеля лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата при пахоте тяжелых грунтов.....	214
<i>Никифоров А.А., Вусатый П.И., Толстенков М.А.</i> Нагруженность технологического оборудования ВПМ классической компоновки (без выравнивателя платформы) в процессе вывешивания.....	225
<i>Черных Л.Г., Алексеева Е.А., Овезов Мейлис, Ораев Язберди</i> Исследование значений прочности сцепления при обработке поверхности деталей.....	230
<i>Кретинин В.И., Соколова В.А., Кривоногова А.С., Аманов Закир, Родкин С.С.</i> Характеристика отказов лесопосадочных машин.....	236
<i>Белоногова Н.А., Вохмянин Н.А.</i> Современные представления о перспективных методах увеличения износостойкости дереворежущих инструментов.....	243
5. ДЕРЕВООБРАБОТКА И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ.....	247
<i>Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В.А., Марков В.А. Иванов Л.Д., Девяткин А.В.</i> Предпосылки к теоретическому обоснованию закономерностей изменения прочностных характеристик уплотненной древесины.....	247

<i>Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В.А.</i> Теоретическое обоснование зависимости изменения прочностных характеристик от коэффициентов износостойкости и твердости уплотненной древесины	252
<i>Кривоногова А.С., Добрынин Ю.А., Соколова В.А., Нарметов Темур</i> Экономической эффективности применения прессованной древесины в производстве в контексте современных социально-экономических условий	261
<i>Кривоногова А.С., Соколова В.А., Парфенопуло Г.К., Шефф С.А., Майкут И.А.</i> Ретроспектива влияния качественных показателей лесоматериалов на применение в строительных конструкциях	269
<i>Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В.А., Скворцов В.В., Осипов Ф.М.</i> К вопросу о теоретическом обосновании закономерностей изменения прочностных характеристик от степени уплотнения древесины.....	278
<i>Иванов М.М., Иванова И.В.</i> Современные решения и подходы в малоэтажном деревянном домостроении	284
<i>Соколова В.А., Алексеенко В.В, Марков В.А., Мезомо Селену Недриз Арнольд, Худайбергенова Татьяна</i> Совершенствование производственных процессов распиловки пиломатериалов	289
<i>Соколова В.А., Кузнецова К.М., Парфенопуло Г.К., Третьякова Е.Ю., Газакбаев Мукам</i> Новые способы получения конкурентоспособных строительных изделий из низкосортной древесины	295
<i>Деркачева О.Ю., Чу Конг Нгъи, Спицын А.А., Пономарев Д.А.</i> Изменение ИК-спектральных характеристик угля из березы и бамбука в процессе активации водяным паром.....	301
6. ПРОЧИЕ ВОПРОСЫ	306
<i>Куликов А.А., Иванова И.В.</i> Анализ процессов энергообмена при повышении давления в несжимаемой жидкости с помощью центробежного насоса.....	306
<i>Иванова И.В., Иванов М.М, Леяхова Г.С.</i> Факторы, влияющие на процессы горения древесного топлива	318
<i>Жвакина С.В., Иванова И.В.</i> Твердые бытовые и производственные отходы как источники для биомассы	323
<i>Жвакина С.В., Иванова И.В.</i> Технические аспекты производства биомассы	330

<i>Иванова И.В., Тюляков В.Е.</i> Современные методы получения энергии из биомассы	336
<i>Иванова И.В., Андрюхин М.В.</i> Современное состояние биоэнергетики в Российской Федерации	345
Смоляков А.Ф. , <i>Бандель А.Л.</i> Биомасса: топливо и энергия.....	356
<i>Иванова И.В., Ходорыч Н.Д.</i> Теплоэнергетические установки для сжигания биомассы	364
<i>Синицын Б.В., Угрюмов С.А.</i> Эффективные способы химической переработки древесных отходов.....	372
<i>Фурсов К.А.</i> Зондирование слабых грунтов	376
<i>Березний Н.А.</i> Использование системы комплексной безопасности на базе ПАК «Купол».....	382
<i>Черных Л.Г., Соколова В.А., Алексеева Е.А., Богатов И.Ю., Мажирин Д.А.</i> Роль и значение метрологической экспертизы технической документации в производстве.....	389
<i>Бачеригов И.В.</i> Анализ библиометрических показателей сборника статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам НИР 2017 года.....	394
<i>Залевский А.П., Бачеригов И.В.</i> Основы оптимизации технологического процесса работы с лесными культурами	400
<i>Бачеригов И.В., Фурин А.И.</i> Результаты предварительных экспериментов по изучению извлекаемости радиочастотных меток типа «Nail Tag».....	403

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЛЕСНОЙ И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Методы обучения и повышения квалификации сотрудников на примере складского логистического комплекса Ponsse, Финляндия

Финкель И.О., Григорьев Г.В.

Введение: основная задача управления работой склада - это повышение качества логистического обслуживания транспортно-складских комплексов предприятия и терминалов. При организации работы на складском комплексе ее важной частью является управление персоналом. При управлении работой персонала выявлены недостатки, типа:

- однообразность и монотонность операций
- низкая квалификация персонала
- проблема текучки кадров

В подавляющем большинстве случаев на складах применяется автоматизированная система управления складом (WMS). Использование этих систем позволяет не только вести постоянный контроль за складом, но и оптимизировать затраты комплекса.

Все системы управления складом обслуживаются людьми, и одним из показателей качества обслуживания товарного потока на складе является четкость и слаженность работы обслуживающего персонала, т.к. множество операций на различных участках не автоматизировано и выполняется персоналом со склада. В связи с этим можно отметить повышенные требования, которые предъявляются к обслуживающему персоналу складов.

Цели и задачи. Изучение процессов управления персоналом, включающее в себя ротацию, адаптацию, процесс обучения и мотивации персонала. Анализ данных, собранных в процессе практики на логистическом комплексе Ponsse, о влиянии ротации персонала на качество выполнения рабочих операций.

Одним из путей решения задач повышения качества обслуживания логистических комплексов является повышение мотивации сотрудников. К методам достижения качества обслуживания относится ротация сотрудников в организации. Когда руководство предприятия решает провести реорганизацию рабочего строя в компании, временно меняя при этом должность сотрудников – это называется ротацией персонала, и в компаниях с более молодым коллективом сотрудники могут сами проявлять инициативу

в смене рабочего места. Согласно теории управления персоналом, ротация положительно сказывается на всём рабочем процессе. [1]

К положительным сторонам ротации относят:

1) Немонотонность новых выполняемых функций, которая доставляет работнику удовлетворение самим процессом работы, а работа над новыми задачами стимулирует сотрудника совершенствоваться в развитии своей карьеры. Таким образом, сотрудник не пытается найти это удовлетворение в других компаниях.

2) Развитие чувства единства сотрудников в компании, усиливающее способность разрешать конфликтные ситуации и эффективно сотрудничать друг с другом.

3) Взаимозаменяемость сотрудников – помимо того, что сотрудники повышают свою компетенцию в системе складской работы, выполняя операции во всех его зонах, они имеют возможность заменять друг друга в работе без ущерба системе.[2]

В последнее время все более важную роль играет обучение персонала работе с системой управления складом (WMS). Оно способствует сокращению адаптационного периода на новом месте и снижению ошибок у новичков. Большинство компаний уделяет этому вопросу недостаточно внимания. Когда обучение проводится в реальном режиме времени на рабочем месте, то результат влияет на оптимизацию всех складских процессов. Только так можно избежать ошибок новых сотрудников, которые возможны при теоретическом обучении. Благодаря практической составляющей обучения, становится возможным достичь максимальной пользы на складе от процедуры внедрения WMS.[4]

Внедрение WMS - это не только проект по оптимизации и автоматизации процедур приема, хранения, обработки товаров и их размещения, но и полное изменение технологии работы складского комплекса, внедрение новых операций, таких как, штрихкодирование, адресный учет, ввод радиотерминалов и т.д.

Установлено, что сотрудникам, долго работавшим по привычной схеме, бывает затруднительно перестроиться под новые еще незнакомые условия работы т.к. их функционал в работе сильно меняется после процедуры внедрения WMS. Чаще всего такое встречается у линейного персонала, поэтому важно помочь им с освоением WMS, чтобы сократить процесс внедрения. Грамотно обученный и подготовленный персонал – один из важнейших показателей в процессе внедрения WMS.[5]

Складской комплекс, на котором используется WMS, не может обойтись без обучения персонала, т.к. обучение – основной этап в проекте внедрения

WMS. Обязательным условием для продуктивной работы склада, где происходит внедрение технологии WMS, является понимание работниками организации рабочего процесса, т.к. без этого есть риск возникновения перебоев в работе и, как следствие, финансовых потерь.

Согласно статистике, большинство увольнений новых сотрудников происходит в первые три месяца работы. Следовательно, компании должны обращать особое внимание на этот период, чтобы работник не уволился, еще не закончив обучение. Главные причины ухода – неоправданные ожидания от работы и трудность с интеграцией в рабочий коллектив. Цель обучения – помочь с адаптацией нового сотрудника в работу, а проследить за этим – задача руководителя.

У процесса адаптации есть конкретные сроки начала и окончания. Начало адаптации начинается с момента старта деятельности работника в роли сотрудника в новых условиях, а с окончанием срока адаптации определиться сложнее т.к. она не имеет в себе свойства заканчиваться, а по мере изменения рабочей среды, сотруднику приходится изучать новые условия и подстраиваться под них. Поэтому можно сделать вывод, что процесс адаптации происходит на протяжении всего времени работы.

Характерным видом адаптации для складских комплексов является профессиональная адаптация, охватывающая все аспекты, тонкости и навыки, необходимые для конкретной работы. Она начинается с выяснения опыта новичка, его знаний и навыков. Исходя из этого, руководитель подбирает для него удобную систему обучения: это могут быть курсы повышения квалификации или прикрепление новичка к наставнику. Сложность профессиональной адаптации напрямую зависит от деятельности организации, интереса к ней со стороны нового сотрудника, его отдельные свойства личности и т.д.

В качестве примера с внедренной системой WMS рассмотрим логистический центр Ponsse (одно из машиностроительных предприятий в Финляндии). В логистическом центре данного предприятия выделены следующие зоны работы складского подразделения:

1. Приём товаров – вскрытие упаковки, проверка количества товара согласно ТТН, сортировка в паллеты, перемещение паллет в зону «ожидания» (ПК, Электро-штабелёр, рохля)
2. Распределение товаров для последующего хранения – перемещение паллет с товаром из зоны «ожидания» на стеллажи, согласно WMS (Боковой погрузчик, ПК на погрузчике)

3. Сбор заказов на отправку (мелкие детали) – с помощью автоматического стеллажа сбор заказа в контейнер, перемещение контейнера в зону упаковки (Автоматический стеллаж).

4. Сбор заказов на отправку (большие детали) – обработка заказов на ПК, встроенном в погрузчик, сбор деталей со стеллажей, перемещение деталей в зону упаковки. (Фронтальной погрузчик, ПК на погрузчике).

5. Зона упаковки – сортировка деталей, упаковка деталей к отправке согласно WMS, перемещение готовых транспортных пакетов в зону загрузки фур (ПК, электроштабелёр, оборудование для упаковки).

В логистическом центре этого предприятия есть общий табель-график работ для всех сотрудников, с помощью него каждый сотрудник может узнать, свой график работ в текущем месяце, и участок работ, где будет проходить каждая из этих смен. В таблице указана последовательность ротации в эти смены. Все сотрудники за рабочую неделю проходят каждую из зон работы, от зоны приёма товара до зоны упаковки.

Это положительно сказывается на работе и отдельного человека, и склада в целом, потому что:

- любой работник способен заменить другого в случае необходимости.
- сотрудники сближаются во время работы на разных участках, понимают работу склада в целом, и, выявляя слабые места, способны выдвигать предложения для решения возникающих проблем.
- новые сотрудники склада быстро адаптируются, и быстрее начинают понимать, как происходит работа на складе.
- у сотрудников фирмы появляется личная заинтересованность в деятельности и развитии этого предприятия.

Факт наличия горизонтальной ротации на логистическом центре является показателем стремления компании к повышению квалификации своих сотрудников и унификации операций, т.к. у работников не происходит застоя на однообразной работе изо дня в день, и адаптация происходит быстрее.[3]

В качестве логического развития темы ротации персонала на складе рассмотрим другой вид ротации – динамическая. Это такой же обмен рабочими местами, как и при горизонтальной ротации, но без фиксированного временного промежутка. Это означает, что в классическом случае работник выполняет операции определенного назначения / функции в течение одного или нескольких рабочих дней и заранее знает свой период работы на этом месте. Это имеет как положительные, так и отрицательные

моменты. В случае же динамической ротации период работы на данной конкретной операции работнику неизвестен, но не выходит за рамки одного рабочего дня.

В качестве примера оценки эффективности рассмотрим следующие способы составления графика в таблице (8 часов в день) при динамической ротации:

1) «длинная - короткая» (6:2) – сотрудник работает на своей постоянной должности основную часть времени, занимая новую для него должность меньшую часть дня. У сотрудника не происходит перенасыщения разнообразием рабочих мест, и он постепенно адаптируется под реалии динамической ротации. Такое деление хорошо подходит для сотрудников старшего поколения.

2) «длинная-длинная» (4:4) – сотрудник делит поровну и работает одинаковое время и на прежней, и на новой должности. Подходит всех сотрудников как универсальный вариант.

3) «четыре - короткие» (2:2:2:2) – сотрудник разбивает всё время на маленькие части и работает на них одинаковое количество времени. Подходит для сотрудников молодого возраста.

Заключение и выводы: с помощью динамической ротации можно увеличить качество обслуживания и обработки заказа и при этом сократить время на обучение сотрудника.

Динамическая ротация – ключ к повышению заинтересованности и мотивации сотрудников, а в следствии – повышение их компетенции и качества работы. Ведь одним из показателей успешности компании является быстрый профессиональный рост её сотрудников.

Библиографический список

1. *Поворина Е.В.* Ротация кадров как метод развития персонала. // Материалы ивановских чтений. 2016. № 2(6). С. 123-129
URL:<https://elibrary.ru/item.asp?id=26323539>
2. *Звягинцева Ю.А.* Ротация персонала: место в системе трудовых перемещений // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2016. № 4. С.154-156. URL:<https://elibrary.ru/item.asp?id=28118629>
3. *Шаройко Ф.В., Loukou Laetitia N'guessan, Чвякин В.А.* Ротация кадров как перспективная организационно-штатная модель развития персонала // Право. Экономика. Безопасность. 2017. URL:<https://elibrary.ru/item.asp?id=29365685>
4. *Кизим А.А.* Эффективность складской логистики на основе wms-систем // Экономика устойчивого развития. 2013. №.1(13) С.134-142.
5. *Дыбская В.В.* Организационная структура управления складским хозяйством // Логистика складирования. Москва ИНФРА-М. 2015.

Сведения об авторах

ФИО	Финкель И.О.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	–
e-mail	iofinkel@gmail.com
ФИО	Григорьев Г.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	9029-2864
e-mail	vtl-lta@mail.ru

Аннотация

В статье описано управление персоналом на складском комплексе, приведен пример организации труда на финском машиностроительном предприятии (Ponsse). Указана важность развития складского комплекса с помощью системы WMS, важность обучения новых сотрудников системе WMS и важность адаптации персонала. Рассмотрены вопросы мотивации и профессионального роста сотрудников складских комплексов за счет ротации персонала, указаны её положительные стороны. Указаны рекомендуемые способы распределения сотрудников в рабочем графике с учетом динамической ротации.

Ключевые слова: управление, склад, персонал, ротация

УДК 331.103

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.01.93, 66.01.79, 06.76.77

Роль личностно-ориентированного подхода в образовании в становлении будущего специалиста

**Теппоев А.В., Сафонова Н.Ю. Парфенопуло Г.К.,
Зотова Е.А., Мередов Акмурад**

Введение.

Требования, предъявляемые к качеству обучения в высших учебных заведениях создают необходимость учета особенностей личности обучаемого, что ведет к формированию в настоящее время личностно-ориентированной парадигмы образования. Данный подход позволяет не только учитывать индивидуальные особенности обучающихся при составлении учебных планов, но будет способствовать становлению конкурентоспособного будущего профессионала (специалиста) [1, 2].

Кроме того, образование в настоящее время регулируется с одной стороны образовательными стандартами, а с другой - необходимостью учета профессиональных стандартов, так как они отражают реальные потребности и запросы отрасли. К разработке профессиональных стандартов крайне необходимо привлекать специалистов профильных учебных заведений и представителей отрасли, и только в этом случае можно будет гарантировать соответствие качества получаемого образования. Только при совместной работе и взаимодействиях представителей производства и высших учебных заведений возможно создание реально работающей, нужной выпускникам ВУЗов для дальнейшей самостоятельной трудовой деятельности программы обучения. Таким образом, составление качественной программы обучения сложно представить без учета особенностей личности студента и характеристик профессионального стандарта. [3].

Цели и задачи.

На усвоение материала влияет множество факторов, однако, максимально важное значение имеют когнитивные и психоэмоциональные особенностей.

Целью исследования было выявление когнитивных психоэмоциональных отличий между группами студентов двух разных факультетов, выявить различия между предрасположенностью к определенным профессиям.

Было обследовано 30 студентов, учащихся на лесоинженерном факультете СПб ГЛТУ в возрасте от 17 до 20 года, средний возраст составил $19,1 \pm 6,7$. По половому составу эта группа была представлена 13 студентками и 17 студентами. Во вторую группу, включающую 30 студентов,

экономического факультета СПб ГЛТУ вошли 18 студенток и 12 студентов в возрасте от 17 до 18 лет, средний возраст составил 17,4 года $\pm 0,4$.

Методика исследования.

В соответствии с поставленными задачами в ходе обследования испытуемым было предложено заполнить ряд опросников: тест Кеттелла, САН, опросник тревожности. Тест Кеттелла длительное время используется не только психологами, но и специалистами отдела кадров для уточнения особенностей личности кандидата. Опросник САН позволяет оценить эмоциональные особенности исследуемого, уточнить выраженность психоэмоциональной реакции на нагрузки, в данном случае, учебные. Опросник тревожности Спилберга-Ханина дает возможность уточнить выраженность ситуационной (как реакция на текущую ситуацию, т.е. состояние) и личностной тревожности (как индивидуальную особенность личности).

«Дифференциально-диагностический опросник» (ДДО) Е.А. Климова позволяет выявить склонности личности к определенным профессиям.

Все полученные данные были занесены в базу данных и впоследствии оценены с помощью программы статистической обработки STATISTICA 6.0.

Результаты и обсуждение исследований:

Психоэмоциональные и когнитивные особенности студентов

В изучаемых группах Тест Кеттелла не выявил достоверных различий между полученными показателями. Однако, нельзя не отметить некоторую тенденцию к недостоверным различиям по факторам А, N, O, Q1, Q2. Наглядно различия представлены на следующей диаграмме.

По полученным данным для группы 1 более характерны следующие личностные особенности: скрытность, обособленность, критичность, непреклонность, необщительность, замкнутость, безучастность, отчужденность, точность, объективность, недоверчивость, скептичность, холодность, большая гибкость мышления, склонность к анализу, более легкое проникновение в смысл проблемной ситуации. Лица с такими показателями более быстро просчитывают возможные варианты решения и находят оптимальное. Склонны экспериментировать с предметами, идеями. В решениях ориентируется на новые подходы, не боятся ошибок и просчетов.

Для студентов группы 2 более характерны: проницательность, понимание людей и их поступков. Т.е., эти студенты, вероятно, обладали большим социальным интеллектом. В конфликтных ситуациях люди с такими личностными особенностями стремятся избегать «острых углов», ищут компромиссные решения. В то же время насторожены, внутренне напряжены и могут испытывать тревогу во взаимоотношениях с людьми.

Нередко с предубеждением оценивают людей. Более высокий уровень тревожности также был более выражен у студентов-экономистов. Для них характерна большая чувствительность к критике, большая ранимость, впечатлительность.

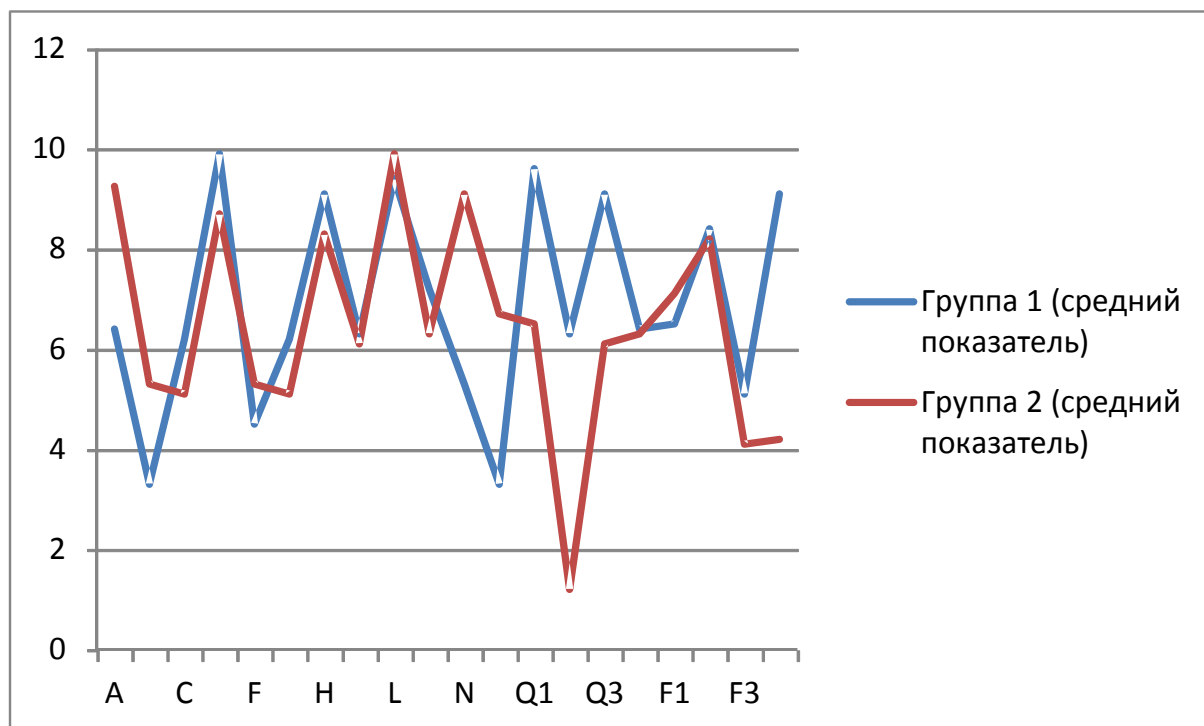


Рис.1. Показатели теста Кеттелла

Среди студентов экономического факультета преобладали личности с более низким лидерским потенциалом. Обычно люди с такими особенностями не стремятся занять лидирующее положение среди окружающих или в группе, так как предпочитают подчиняться. Они более легко соглашаются с мнением других, быстро меняют собственную точку зрения. Склонны избегать ситуаций, требующих собственной ответственности за принятие решения. Испытывают напряжение при необходимости самостоятельно преодолевать препятствия на пути к достижению цели.

Личностная тревожность оценивалась более точно с помощью теста Спилберга-Ханина. Следует отметить, что наличие высокого уровня личностной тревожности отражает устойчивую склонность воспринимать большой круг ситуаций как угрожающие, реагировать на такие ситуации состоянием тревоги. Реактивная тревожность характеризуется напряжением, беспокойством, нервозностью. Очень высокая реактивная тревожность вызывает нарушения внимания, иногда нарушение тонкой координации. Но тревожность не является изначально негативной чертой. Определенный уровень тревожности – естественная и обязательная особенность активной

личности. При этом существует оптимальный индивидуальный уровень «полезной тревоги».

В ходе исследования выявлено, что у студентов первой группы отмечается более низкий уровень личностной тревожности ($26,4 \pm 1,3$ балла), а вторая группа имела более выраженные показатели уровня тревожности ($43,2 \pm 2,12$ балл).

Более подробное распределение показателей выраженности личностной тревожности в группах представлены в таблице 1.

Таблица 1. Уровни личностной тревожности

Ориентированные оценки личностной тревожности	Группа 1	Группа 2	Критерий Фишера F_i	Достоверность различий p
Низкая	17	1	4,5*	0,0
Умеренная	11	20	2,3*	0,021
Высокая	3	9	1,78	0,07

Таким, образом, получены достоверные различия в исследуемых группах по количеству людей с низким и умеренным уровнем тревожности. Наглядно распределение по группам представлено на рис. 2.

Опросник САН в двух группах был представлен следующим образом: все вопросы, представленные в данном тесте, сгруппированы по 3 темам:

- самочувствие;
- активность,
- настроение

У студентов первой и второй группы не было отмечено достоверных различий по показателям данного опросника.

Подробно данные САН представлены в таблице 2 и рис. 3.

Таблица 2. Интерпретация опросника САН

	Группа 1	Группа 2	Критерий Фишера F_i	Достоверность различий p
Самочувствие	5,6	5,4	0	1,0
Активность	5,1	5,3	0	1,0
Настроение	5,2	5,1	0	1,0

В целом, у представителей обеих групп данные показатели данного опросника на хорошей среднестатистической норме.

Профориентационные особенности студентов

В результате обработки данных методики «Дифференциально-диагностический опросник» (ДДО) полученные следующие показатели:

В первой группе у 24 студентов максимальное количество баллов было зафиксировано в типе «человек-техника», выбор «человек-природа» преобладал только у 1 испытуемого из 30, также у одного исследуемого преобладал тип профессий «человек-художественный образ», и у оставшихся четырех - «человек-знак».

У представителей группы с экономического факультета расклад полученных данных обследования по методике ДДО был несколько иным.

В этой группе преобладал тип «человек-знак» (19 студентов), затем по распространённости следовал тип «человек-человек» (9 испытуемых), и по одному случаю – зафиксировано преобладание профессии типа «человек-техника» и «человек-художественный образ»

Вышеописанные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3. Распределение типов профессий в группах

Тип профессии	1 группа	2 группа	Критерий Фишера F_i	Достоверность различий p
«человек-природа»	1	0	2,0*	0,01
«человек-техника»	24	1	5,3*	0,0
«человек-человек»	0	9	233*	0,02
«человек-знак»	4	19	2,3*	0,02
«человек-художественный образ»	1	1	2,3	0,10

Таким образом, в первой группе преобладающий тип профессионального выбора был «человек-техника», а во второй группе - «человек-знак». Обращает внимание, что вторая группа исследуемых была более разнородной по своему выбору. Полученные данные исследований необходимо учитывать при составлении профессионального стандарта. Совместная работа и взаимодействия представителей производства и высших учебных заведений возможно создание реально работающей, нужной выпускникам ВУЗов для дальнейшей самостоятельной трудовой деятельности программы обучения.

Заключение и выводы.

Полученные данные свидетельствуют, что у студентов технического факультета и студентов-экономистов выявлен ряд личностных особенностей.

В ходе исследования гипотеза получила частичное подтверждение.

1. Студенты, обучающиеся на экономическом факультете, имеют более выраженный уровень тревоги, таким образом, при составлении учебной нагрузки желательно учитывать этот факт.

2. Показатели самочувствия, настроения и активности по результатам теста САН у представителей обеих групп существенно не различались и были на среднестатистическом уровне.

3. Достоверных различий в изучаемых группах по результатам опросника Кеттелла не обнаружено. Однако, есть некоторая тенденция к недостоверным различиям по факторам А (шизотимия), N (отношение к людям), О (тревожность), Q1 (особенности мышления), Q2 (лидерский потенциал)

4. Получены достоверные различия по методике «Дифференциально-диагностический опросник». В группе студентов технической специальности преобладающим типом профессии был «человек-техника», а во второй (экономисты) – «человек-знак» и «человек-человек».

Библиографический список

1. *Климов Е.А.* Психология профессионального самоопределения. Academia/-2010./-2010.-304 с.
2. *Теппоев А.В., Хитров Е.Г., Сафонова Н.Ю.* Психологические особенности студентов, получающих образование в лесной сфере. В сборнике: Повышение эффективности лесного комплекса Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 171-172.
3. *Теппоев А.В., Соколова В.А., Войнаш С.А., Марков В.А., Парфенопуло Г.К.* Значимость профессиональных стандартов в улучшении трудовых взаимоотношений в лесной отрасли. В сборнике: Наука и инновации: векторы развития Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых. Сборник научных статей. В 2-х книгах. 2018. С. 119-121.

Сведения об авторах

ФИО	Теппоев А.В
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	<u>4451-4059</u>
e-mail	avt01@inbox.ru

ФИО Сафонова Н.Ю.
Организация Санкт-Петербургский научно-исследовательский
психоневрологический институт им. В.М. Бехтерева
Адрес 192019, ул. Бехтерева, д. 3, Санкт-Петербург, Россия
организации
SPIN-код 9233-4754
e-mail astarta10@yandex.ru

ФИО Парфенопуло Г.К.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова
Адрес 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-
организации Петербург, Россия
SPIN-код 1848-9386
e-mail parfenon73@mail.ru

ФИО Зотова Елизавета Александровна
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова
Адрес 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-
организации Петербург, Россия
SPIN-код 3605-7529
e-mail liza_eaa@mail.ru

ФИО Мередов Акмурад
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова
Адрес 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-
организации Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail mmu49@mail.ru

Аннотация

В данной статье были проанализированы личностные особенности студентов различных направлений подготовки.

Ключевые слова: личностные особенности, инженерная психология.

УДК 159.9.072

Разделы рубрикатора ГРНТИ 15.81.29; 15.81.31

Анализ современных технических средств охранно-пожарной сигнализации

Муравьев А.Г., Шифрин Б.М., Елисеев И.В., Пендриков Е.С.

Введение

В современном мире, наполненном угрозами различного характера, важное место отводится вопросам обеспечения безопасности человека и материальных ценностей, необходимых для его жизнедеятельности.

Цели и задачи

Для решения задач по своевременному обнаружению на объектах защиты признаков несанкционированного проникновения и возникновения пожара широко распространено применение технических систем охранной и пожарной сигнализации.

В соответствии с определением, данным в ГОСТ 31817.1.1-2012 (IEC 60839-1-1:1988), структура современной системы охранно-пожарной сигнализации представлена на рис. 1 [1].

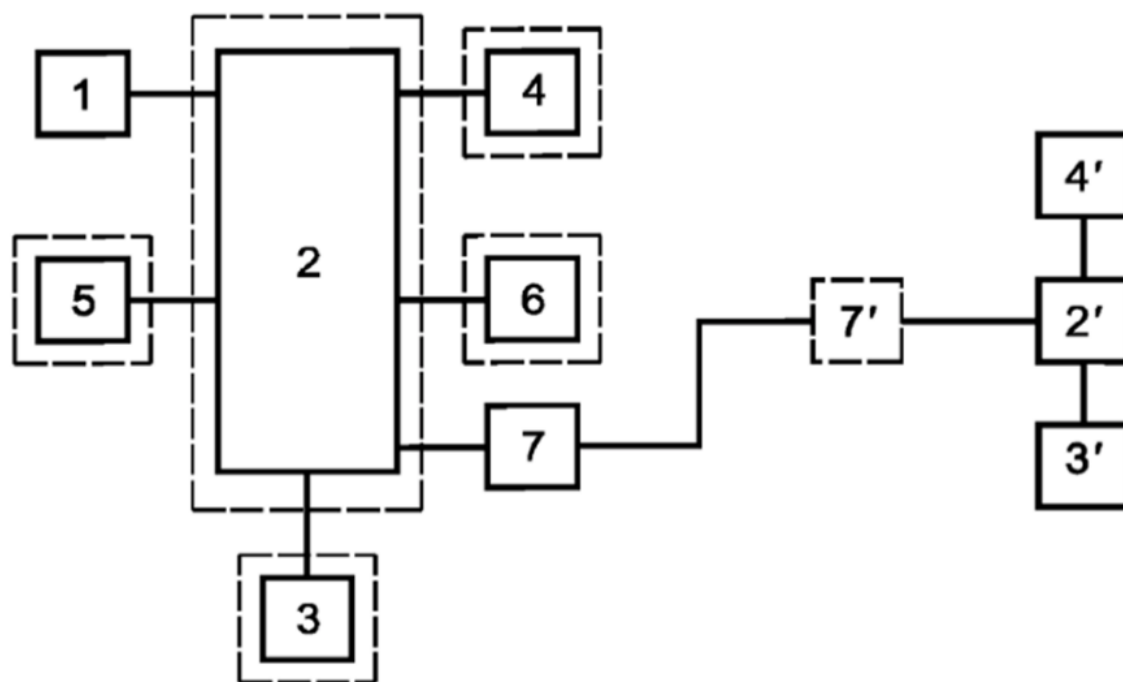


Рис. 1. Структура построения систем охранно-пожарной сигнализации.

1 — извещатель; 2, 2' — установка управления; 2 — охранный (охранно-пожарный) приемно-контрольный прибор, 2' — пульт централизованного наблюдения; 3, 3' — источник электропитания; 4, 4' — световой и/или звуковой оповещатель; 5 — устройство, управляемое установкой управления; 6 — программируемое входное устройство; 6 — шифрующее устройство; 7, 7' — сигнальный интерфейс, модем; 7, 7' — система передачи извещений

Основными нормативными документами РФ, регламентирующими создание систем охранной и пожарной сигнализации, являются:

- Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» 30.12.2009 №384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) [2];
- СП 132.13330.2011 "Обеспечение антитеррористической защищенности зданий и сооружений. Общие требования проектирования" [3];
- СП 134.13330.2012 "Система электросвязи зданий и сооружений. Основные положения проектирования";
- ГОСТ 31817.1.1-2012 (IEC 60839-1-1:1998) Системы тревожной сигнализации.
- РД 78.145-93 Руководящий документ. Системы и комплексы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Правила производства и приемки работ [4].

Для систем пожарной сигнализации:

- Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 29.07.2017);
- «СП 5.13130.2009. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» (утв. Приказом МЧС России от 25.03.2009 N 175) (ред. от 01.06.2011);
- НПБ 88-2001* Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования (с Изменением N 1);
- ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний (с Изменениями N 1, 2);
- ГОСТ Р 53316-2009 Кабельные линии. Сохранение работоспособности в условиях пожара. Метод испытания.

Для систем охранной сигнализации:

- ГОСТ Р 52435-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Технические средства охранной сигнализации. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний.

Также могут применяться руководящие документы различных ведомств и крупных организаций.

Современные системы охранной и пожарной сигнализации имеют следующую классификацию:

По виду обмена информацией:

- Аналоговые;
- Пороговые;
- Комбинированные.

По возможности адресного обмена:

- Неадресные;
- Адресные;
- Комбинированные.

По виду линий связи:

- Проводные;
- Радиоканальные;
- Комбинированные.

Пример проводной неадресной пороговой системы охранно-пожарной сигнализации представлен на рис. 2.

Система, представленная на рис. 2, имеет радиальные линии связи между извещателями и прибором приемно-контрольным, характеризуется малой информативностью за счет использования неадресных извещателей, на одном радиальном шлейфе может быть подключено до 20 извещателей пожарных токопотребляющих и в принципе неограниченное кол-во извещателей имеющих свое отдельное электропитание, кол-во может быть ограничено только влиянием длины линии и кол-вом соединений на падение напряжения. Такие системы в основном применяются в небольших зданиях с производственными помещениями, где не настолько важно время обнаружения места срабатывания [5].

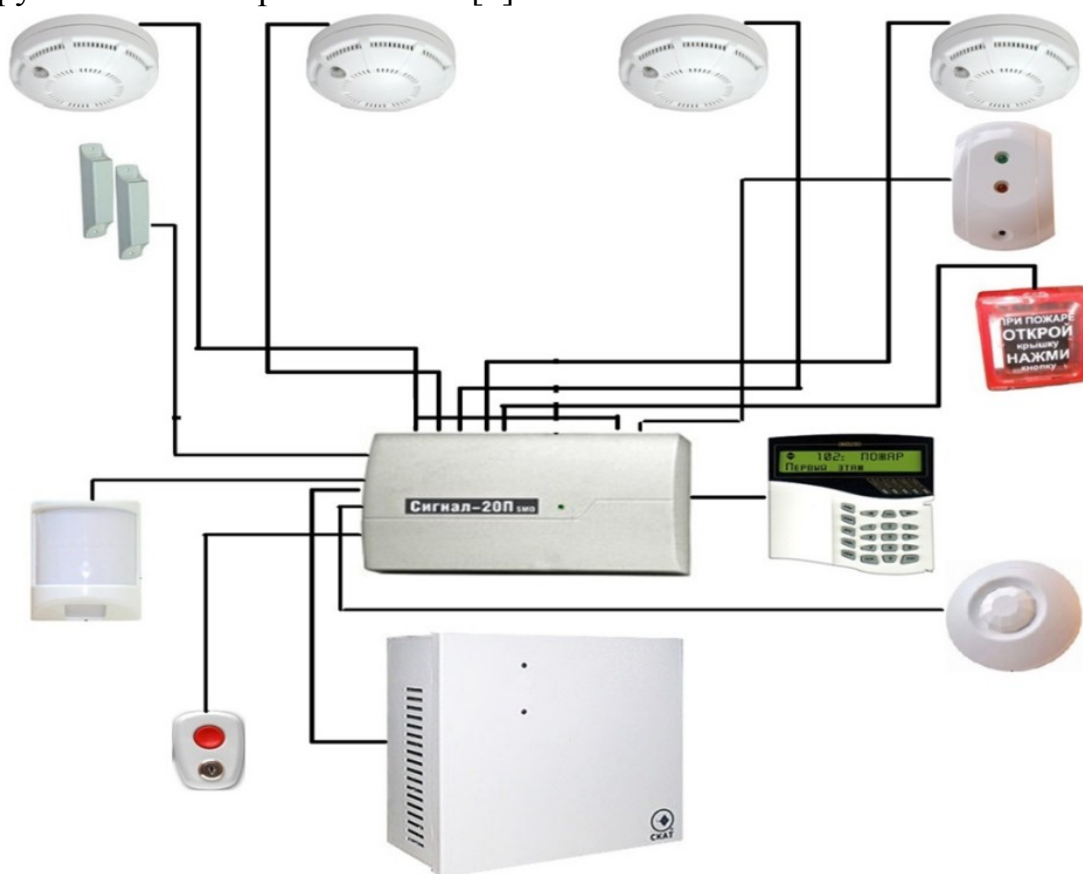


Рис. 2. Проводная неадресная пороговая система охранно-пожарной сигнализации.

В настоящее время все чаще используются комплексные технические решения по оснащению защищаемых помещений с применением интеграции в системы сбора и обработки информации современных и зарубежных производителей, таких как ESMI, Schrack-seconet, НВП «Болид», НПО «Сибирский Арсенал», ТД «Рубеж».

Пример построения технической системы безопасности Integral IP MXF австрийской фирмы Schrack-seconet представлен на рис. 3. Это модульная система пожарной сигнализации с децентрализованной структурой, состоящая из отдельных компонентов и допускающая при необходимости точную адаптацию согласно индивидуальным требованиям к системе.

Каждая станция представляет собой автономный комплекс с собственным питанием и аккумуляторами, к которой помимо групп извещателей и управляющих устройств можно подключать пульта управления, пожарные пульта, принтеры и т.п. Через сеть Integral LAN можно объединить до 16 кольцевых адресных шлейфов. Для соединения доступны разные интерфейсы (RS-485, оптоволокно, DSL). Дополнительно есть возможность интеграции с другими инженерными системами и организовать без дополнительных затрат доступ к ним через локальную сеть и Интернет [5].

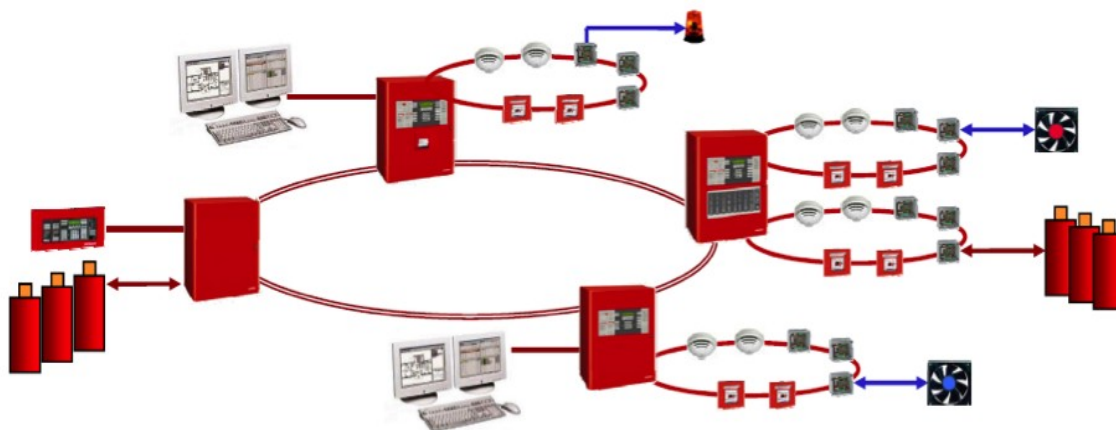


Рис. 3. Система безопасности Integral IP MXF Schrack-seconet.

Радиоканальная система охранно-пожарной сигнализации ГАЛАКТИКА предназначена для охраны малых и средних объектов с помощью радиоканальных охранных и пожарных извещателей, оповещателей, технологических датчиков и устройств.

Информация о тревожных и служебных событиях передается на телефоны пользователей по GSM-каналу.

Особенность ГАЛАКТИКИ заключается в адресности каждого радиоустройства. При первичном программировании каждому устройству

задается свой адрес. Это позволяет точно определить месторасположение извещателя при тревоге, пожаре или других нештатных ситуациях, и не терять время на поиск сработавшего извещателя.

Структурная схема ОПС «Галактика» НПО «Сибирский Арсенал» представлена на рис. 4.

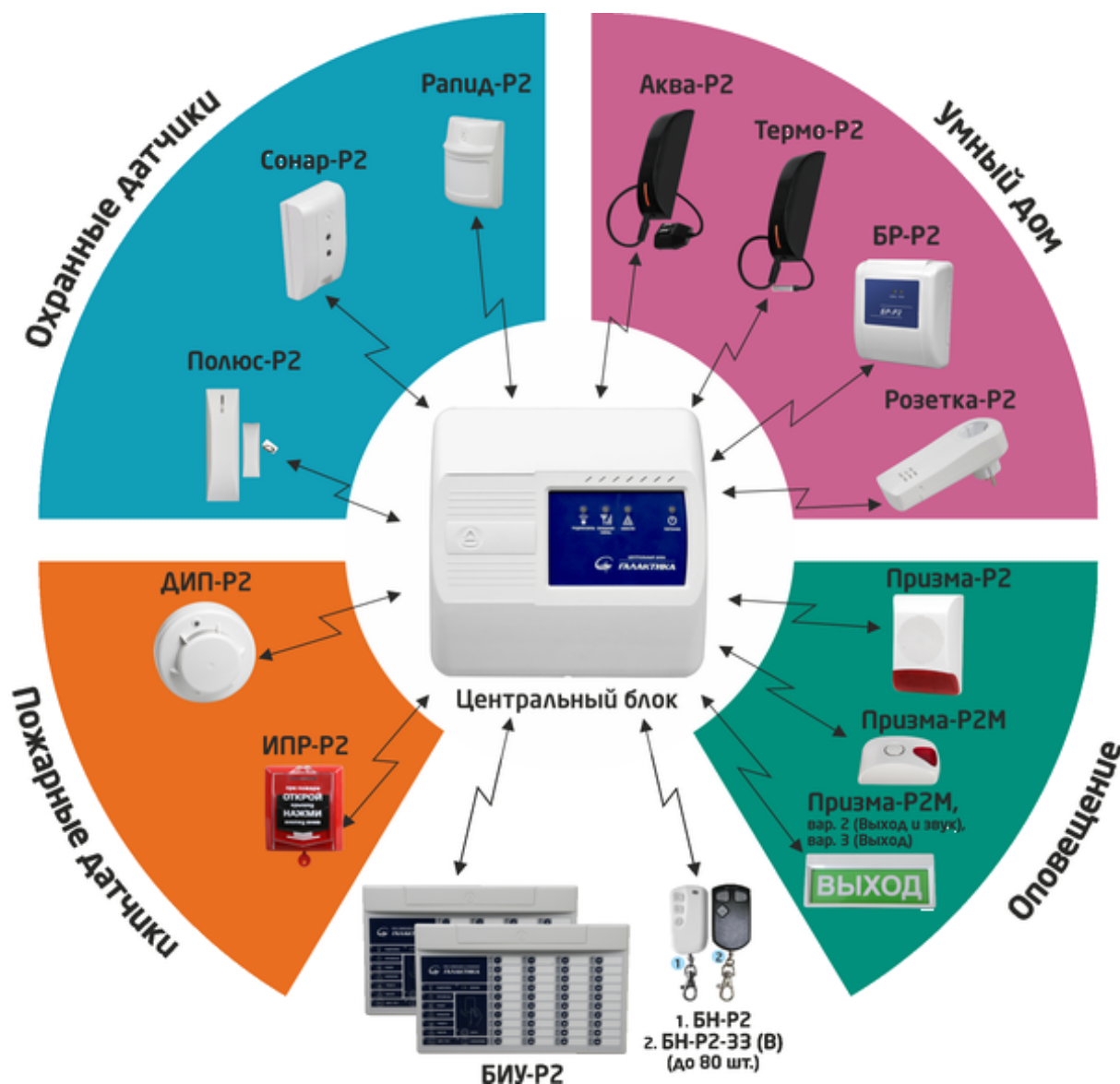


Рис. 4. Структурная схема охранной системы ОПС «Галактика».

Пожарная сигнализация финской фирмы ESMI может использоваться как в автономном режиме, так и в качестве элемента сложного комплекса пожаробезопасности. Датчики данной системы используются при температурном режиме от -30 до +70 градусов, а контрольные панели – от +5 до +40 градусов [6-7].

Рекомендуется установка системы не только в офисном здании, частном доме, гостинице, вокзале, но и на неотапливаемых складах, ангарах, гаражах

и т.д. Одна контрольная панель способна защитить территорию площадью до 15 тысяч м². Если планируется работа системы в комплексе, охраняемая территория не ограничивается по размерам. Структурная схема охранно-пожарной системы ESMI представлена на рис. 5 [8].

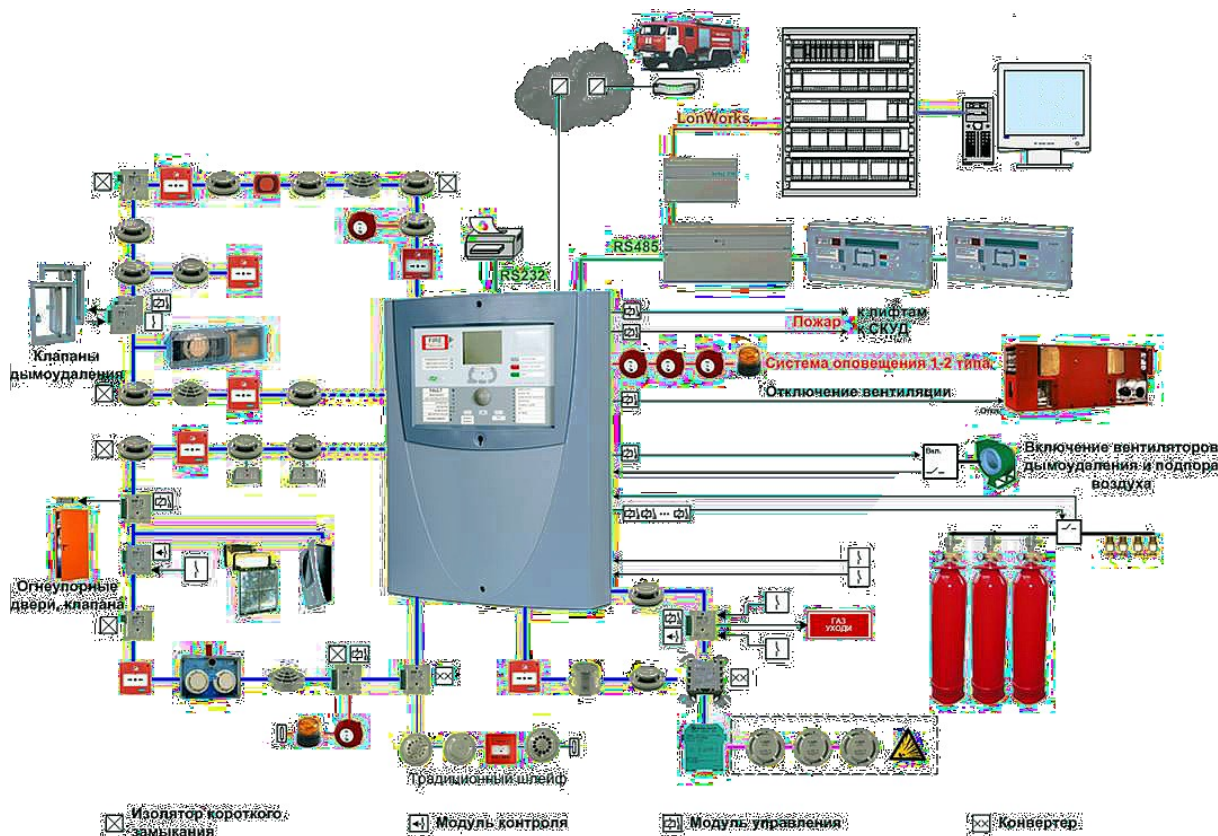


Рис. 5. Схема охранно-пожарной системы ESMI.

Заключение и выводы

В настоящее время на рынке современных технических средств охранно-пожарной сигнализации представлено большое количество разнообразных технических решений, позволяющих решить задачу по контролю объектов от несанкционированного проникновения и угрозы возникновения пожара. Выбор того или иного решения во многом обусловлен финансовыми возможностями и требованиями, предъявляемыми к создаваемой системе.

При выборе той или иной технической системы безопасности необходимо руководствоваться в первую очередь нормативными требованиями, целями создания системы и условиями эксплуатации. К основным условиям эксплуатации можно отнести такие, как техническая устойчивость работы системы к воздействию окружающей среды, информационная достоверность системы (минимизация ложных срабатываний), адресность, а также обеспечения требований по

взаимодействию с системой сотрудников служб, обеспечивающих безопасность объекта защиты, а также должно учитываться взаимодействие с системами инженерии которыми объект защиты оборудован.

Библиографический список

1. ГОСТ 31817.1.1-2012 (IEC 60839-1-1:1998) Системы тревожной сигнализации. Часть 1. Общие требования. Раздел 1. Общие положения
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 29 июля 2017 года) (редакция, действующая с 31 июля 2018 года). Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации». <http://docs.cntd.ru>;
3. СП 132.13330.2011 Обеспечение антитеррористической защищенности зданий и сооружений. Общие требования проектирования, Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации». <http://docs.cntd.ru>;
4. РД 78.145-93 Руководящий документ. Системы и комплексы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Правила производства и приемки работ. Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации». <http://docs.cntd.ru>;
5. Официальный сайт фирмы Schrack-seconet в России. <https://www.schrack-seconet.com/ru>
6. Официальный сайт фирмы Сибирский-Арсенал. <https://arsenal-sib.ru>
7. Официальный сайт фирмы. <https://bolid.ru>
8. Официальный сайт фирмы ESMI в России. <http://www.esmi.ru>

Сведения об авторах

ФИО	Муравьев А.Г.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	muravyev_a_g@mail.ru
ФИО	Шифрин Б.М.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	5125-4307
e-mail	shifrinb@mail.ru

ФИО Елисеев И.В.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 4541-3386
e-mail yeliseyef@yandex.ru

ФИО Пендриков Е.С.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail mmu49@yandex.ru

Аннотация В данной статье рассматриваются и анализируются различные системы для решения задач по своевременному обнаружению на объектах защиты признаков несанкционированного проникновения и возникновения пожара. Представлены нормативно-правовые документы, регламентирующие создание систем охранной и пожарной сигнализации.

Ключевые слова: пожарная сигнализация, несанкционированное проникновение, безопасность, автоматизация, обработка информации, адресные, неадресные, комбинированные.

УДК 614.8

Разделы рубрикатора ГРНТИ 50.43.31, 66.29.21

Применение геоинформационных систем при размещении лесопромышленных предприятий

Антонова Т.С., Лотник Д.О.

Деятельность лесопромышленного предприятия будет наиболее эффективной при его правильном местоположении. Для того чтобы определить, где необходимо запроектировать и в дальнейшем построить предприятие, необходимо использование определенных методов и применение современных компьютерных технологий. На начальном этапе строительства любого промышленного сооружения, в том числе и лесопромышленного, существует необходимость в получении качественных

пространственных данные таких, как топография местности, геология, климатические условия, расположение дорог, информация по лесному фонду и т.д. Своевременно получить и качественно обработать такую информацию возможно только с использованием географических информационных систем.

Широкому внедрению ГИС, способствовало достижение в области производства персональных компьютеров, доступных для массового использования, за счет чего стало удобнее и быстрее получать информацию и использования ее для развития производства, а так же вопросов планирования и размещения промышленных объектов [1]. Полная ГИС состоит из строго определенной совокупности компонентов, включающих как электронно-оптическое оборудование, так и программное обеспечение. Многие информационные системы обеспечивают возможность работы с географическими картами и различными изображениями, имеют возможности анализа информации, а также планирования и прогнозирования. Информация в геоинформационных системах представляется послойно (рис.1). Каждый слой представляет собой набор отдельных объектов с определенными свойствами и местоположением. В зависимости от поставленной задачи, выбираются слои, которые необходимы и актуальны для принятия решений. При определении местоположения лесопромышленного предприятия могут быть использованы следующие слои: топография, гидрография, автомобильные дороги, железные дороги (в т.ч. УЖД) поквартальная информация о лесном фонде. В дальнейшем может понадобиться дополнительная информация, например местоположение основных потребителей, местоположение возможных поставщиков и т.п., которую так же целесообразно использовать в виде слоя геоинформационной системы.

Для получения информации на начальном этапе строительства используются космоснимки и топокарты. Космоснимок дает более точную и актуальную информацию, по сравнению с картой. Топографическая карта содержит больше информации, например рельеф местности или характеристика дороги. Поэтому лучше использовать оба источника [2].

Местоположение лесопромышленного предприятия в первую очередь зависит от наличия лесных ресурсов, поэтому основным слоем будет информация о запасах лесного фонда. В зависимости от решаемой задачи, это может быть информация по лесничеству, поквартальная или по выделенной базе.

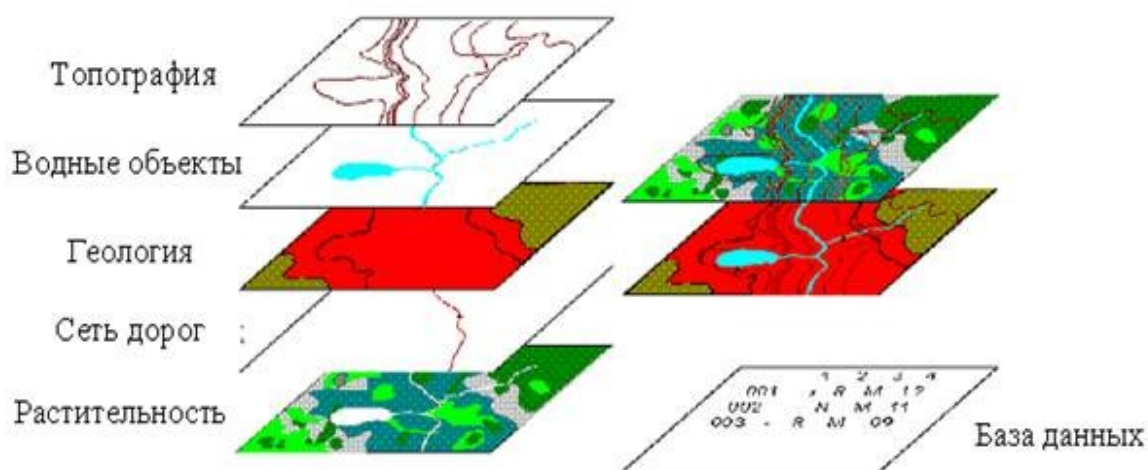


Рис.1. Картографические слои геоинформационных систем.

При размещении лесопромышленного предприятия необходимо так же учитывать рельеф местности. Леса Российской Федерации расположены как на равнинных территориях, так и в горной местности. При неправильном определении места строительства предприятия, может значительно увеличиться расстояние вывозки, увеличится себестоимость продукции. Актуальными будут так же слои: населенные пункты и транспортная инфраструктура [3]. Новое предприятие должно обеспечиваться трудовыми ресурсами и более целесообразно привлекать для этого местное население. Развитая транспортная инфраструктура позволит сократить инвестиции при строительстве лесопромышленного предприятия.

Задача размещения лесопромышленного предприятия является важной и актуальной. При решении данного вопроса необходимо учесть множество факторов, спрогнозировать развитие ситуации. Применение геоинформационных систем значительно расширит возможности проектировщика и позволит учесть наиболее важные факторы, влияющих на местоположения предприятия. Специфика лесопромышленной отрасли не позволяет использование общих методик, а требует особого подхода и индивидуальных решений.

Библиографический список

1. Географические информационные системы в отраслях лесного комплекса: учеб. пособие для студ. вузов / под ред. А.С.Алексеев. – СПб.: СПбГЛТА, 1999. – 132 с.
2. Геоинформатика на промышленном транспорте: учеб. пособие для студ. вузов / Н.А.Тюрин [и др]. СПб: СПбГЛТУ, 2016. - 104 с.
3. MAPGROUP [электронный ресурс] <http://mapgroup.com.ua>

Сведения об авторах

ФИО	Лотник Д.О.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	–
e-mail	denis.kronos25@gmail.com
ФИО	Антонова Т.С.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	4581-5931
e-mail	antonova.stl@mail.ru

Аннотация

Статья направлена на изучение использования геоинформационных систем в лесопромышленной отрасли. Особое внимание уделяется выбору оптимального расположения лесопромышленных комплексов.

Ключевые слова: ГИС, размещение лесопромышленного предприятия, топография местности, космоснимок

УДК 676.013.5

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.01.82

Обработка материалов дистанционного зондирования Земли для отчетов по использованию лесов

Моисеева К.С.

Введение. По данным Министерства природных ресурсов России, общий запас древесины в РФ составляет 82 млрд. кубометров, что составляет свыше четверти мировых запасов. Разнообразие и особенности природно-климатических зон, значительный ресурсный потенциал и возрастающая с каждым годом антропогенная нагрузка на окружающую среду требуют рационального хозяйствования и постоянного контроля. Как следствие, необходимо внедрение эффективных технологий мониторинга самых разнообразных объектов, процессов и явлений. За рубежом уже многие годы

в работе как государственных служб, так и коммерческих организаций применяются технологии космической съемки. Российский опыт в сфере работы со спутниковой съемкой менее масштабен, но с каждым годом становится все более востребованным.

Цели и задачи. В соответствии со Статьей 49 п. 3 Лесного Кодекса Российской Федерации «Отчет об использовании лесов» следует, что «граждане, юридические лица, осуществляющие заготовку древесины, за исключением лиц, осуществляющих заготовку древесины при использовании лесов в соответствии со статьями 43 - 46 настоящего Кодекса, в целях подтверждения соблюдения требований, указанных в части 3 статьи 16 настоящего Кодекса, прилагают к отчету об использовании лесов материалы дистанционного зондирования (в том числе аэрокосмической съемки, аэрофотосъемки), фото- и видеофиксации».

Дистанционное зондирование является перспективным методом мониторинга земель, осуществляемое авиационными и космическими средствами, оснащёнными различными видами съемочной аппаратуры. Данные дистанционного зондирования представляют собой космоснимки – изображения земной поверхности, сделанные с помощью оптической или радиолокационной аппаратуры, которая установлена на искусственных спутниках Земли. [1]

Космоснимки обладают рядом параметров:

- пространственное разрешение, определяющее минимальный размер различимых на снимке объектов;
- возможность съемки в панхроматическом (черно-белом) режиме или с использованием нескольких спектральных зон для формирования цветных изображений в натуральных цветах или псевдонатуральных, с использованием каналов в инфракрасном участке спектра;
- размер охватываемого участка местности на снимке. [2]

Целью работы является создание покрытия всей арендной базы АО «Группы «Илим» с помощью доступных материалов космической съемки спутников Sentinel 2 и Landsat-8.

Методика исследования. На сегодняшний день существуют интернет-ресурсы, на которых в открытом доступе представлены часто обновляющиеся материалы космической съемки.[3] Так, например, свободно доступны снимки с американского спутника Landsat-8 и семейства европейских спутников Sentinel 2. После процедуры регистрации пользователь может просматривать и скачивать снимки с возможностью ограничивать результаты поиска временными границами. Для последующей обработки необходимо использовать профессиональное программное

обеспечение с возможностью преобразования панхроматических снимков высокой точности в цветные изображения без потери качества с возможностями удаления различных дефектов, связанных, например, с погодными условиями, такими как дымка. После обработки и получения снимков в привычном человеческому глазу цвете, все подготовленные изображения выгружаются на электронную карту.

Результаты исследования. Для того чтобы скачать снимки со спутника Landsat-8 для начала необходимо задать маркерами необходимую территорию покрытия (рис. 1), а также задать необходимые условия поиска.

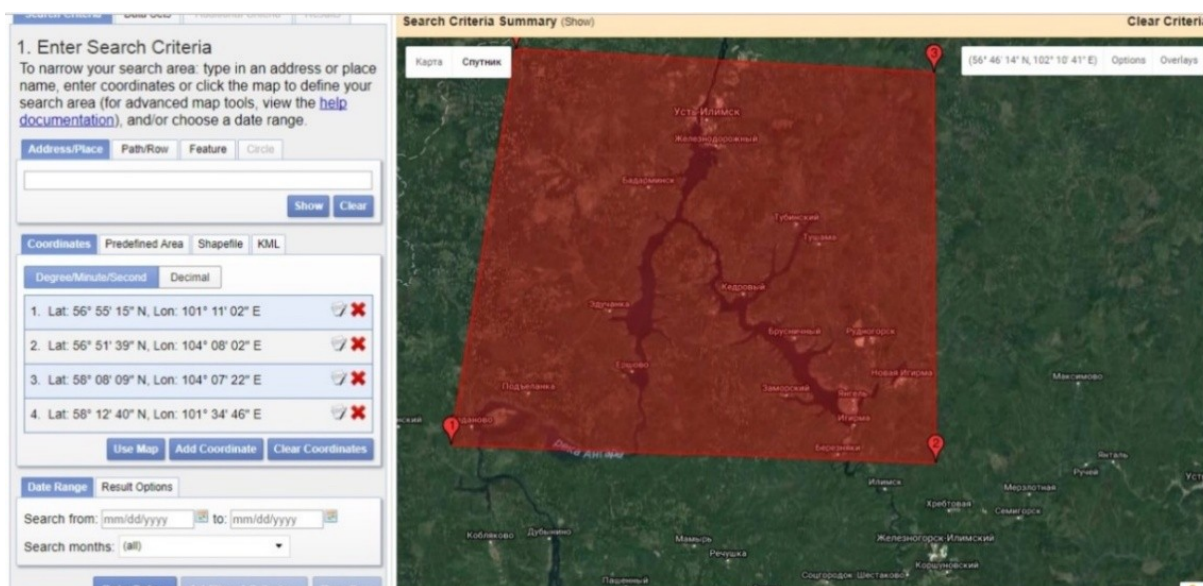


Рис. 1. Задание территории для поиска снимков со спутника Landsat-8

Далее, в колонке слева, будут представлены результаты поиска, которые можно просмотреть, наложив на исходную карту (рис. 2).

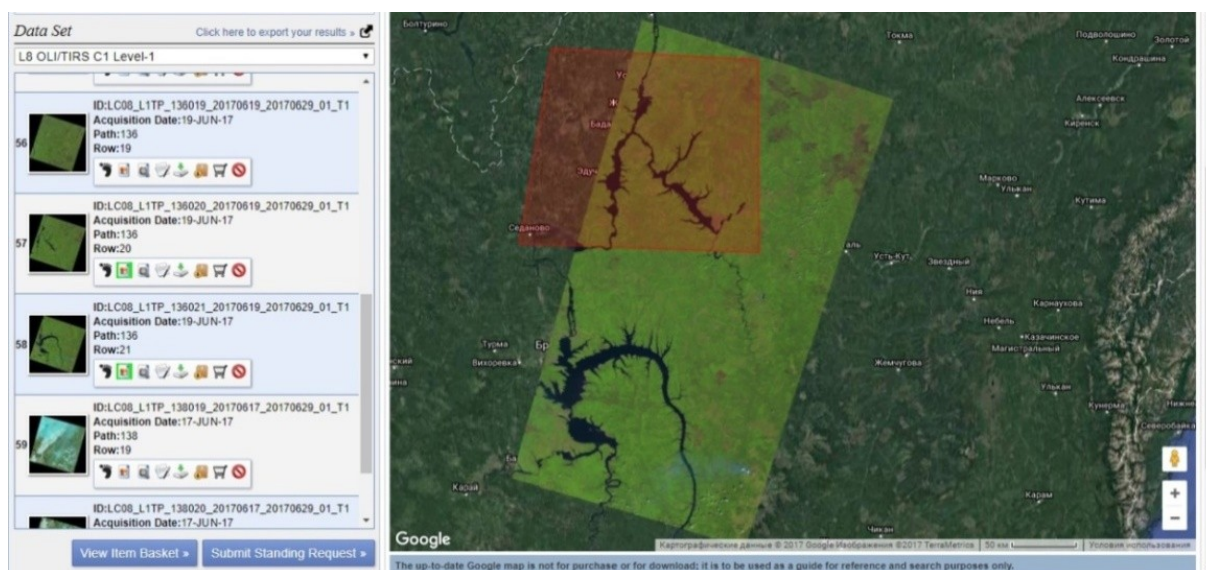


Рис. 2. Просмотр результатов поиска

Отобранные для дальнейшей работы снимки в зависимости от конечных целей можно скачать в различных форматах. Для последующей их интеграции в картографические материалы файлы необходимо сохранять в формате .tiff (рис. 3).

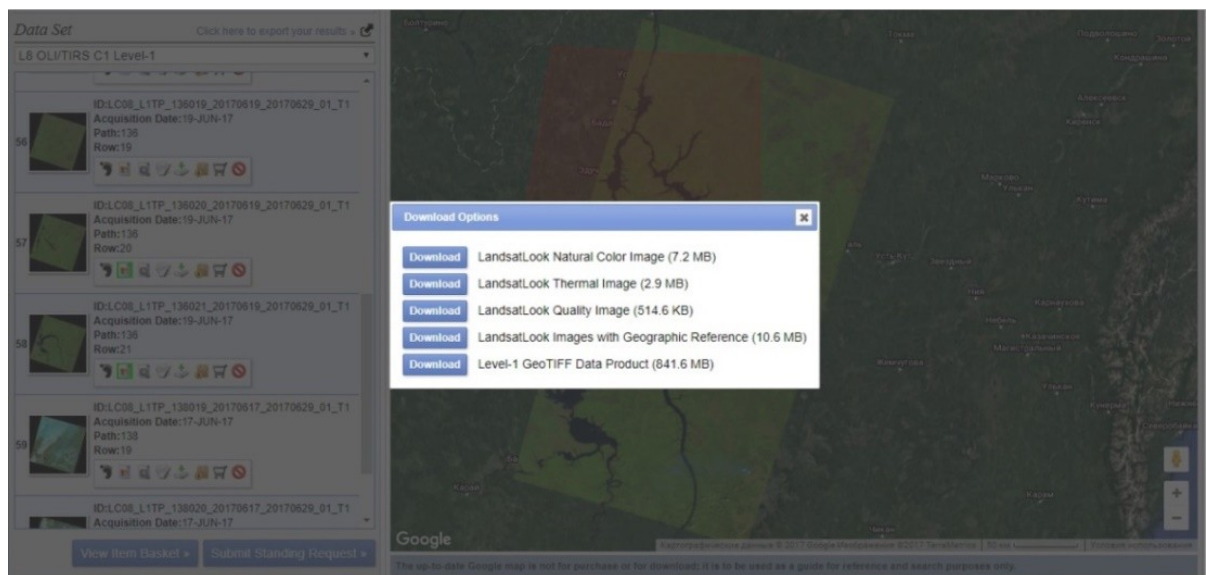


Рис. 3. Сохранение файлов результата поиска

Ход поиска снимков со спутника Sentinel-2 имеет аналогичный алгоритм: выделение территории поиска и просмотр результатов (рис. 4), сохранение файлов (рис.5). Отличительной особенностью снимков со спутника Sentinel-2 от снимков спутника Landsat-8 является их меньший размер.

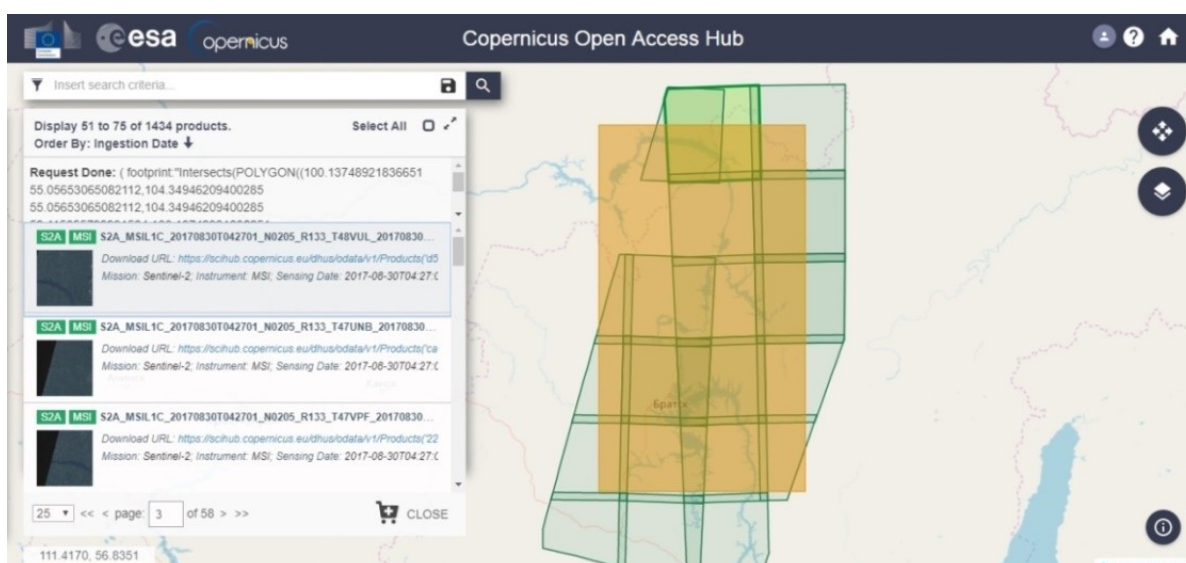


Рис. 4. Ограничение территории и просмотр снимков со спутника Sentinel-2

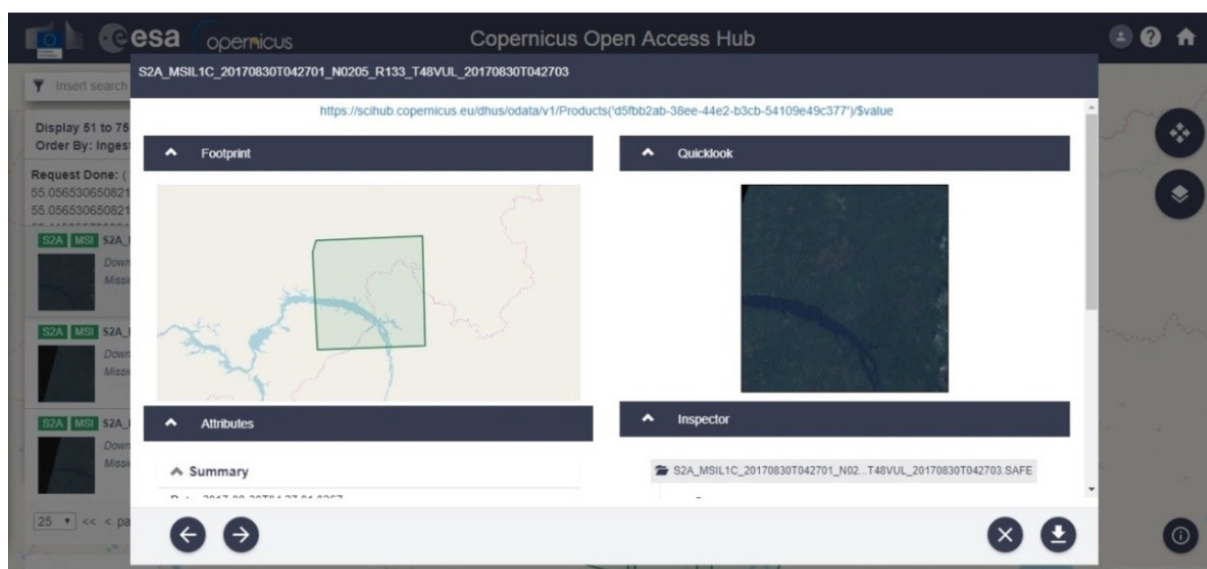


Рис. 5. Приблизительный просмотр снимка и его сохранение

Космоснимок скачивается архивом, в котором содержатся одиннадцать спектральных каналов, описанных в таблице ниже (табл. 1).

Таблица 1. Содержание каналов скаченного файла космоснимка

Номер	Название	Что показывает данный канал
1	CoastalAerosol	Мелководья, тонкие частицы пыли
2	Синий	Глубоководья, атмосфера
3	Зелёный	Растительность
4	Красный	Антропогенные объекты, почвы, растительность
5	Ближний инфракрасный (Near Infrared)	Береговые линии, растительность
6	ShortWaveInfrared_1	Проницаемость облачности, влажность почв и растительности
7	ShortWaveInfrared_2	Улучшенная проницаемость облачности, влажность почв и растительности
8	Панхроматическое изображение	Чёрно-белые снимки, чёткие детали
9	Перистые облака	Перистые облака
10	Тепловой 1 (Thermal Infrared 1)	Термальное картографирование, оценочная влажность почв
11	Тепловой 2 (Thermal Infrared 2)	Улучшенное термальное картографирование, оценочная влажность почв

Каналы 2, 3, 4 (синий, зелёный и красный) представляют видимую часть спектра. С помощью специализированного программного обеспечения снимки в палитре RGB комбинируют таким образом, чтобы изображение выглядело так, как его воспринимает человеческий глаз.[4]

Для последующей обработки компания АО «Группа «Илим» использует программное обеспечение компании «СКАНЭКС» – единственной в России и СНГ компании, осуществляющей непосредственный прием данных со спутников ДЗЗ на собственную сеть станций, обработку спутниковой информации по собственным технологиям, и обеспечивающая доступ к спутниковым снимкам и продуктам на их основе посредством разработанных компанией геопортальных сервисов.

Открыв программу Scanex, следует загрузить синий, зелёный и красный каналы (рис. 6).

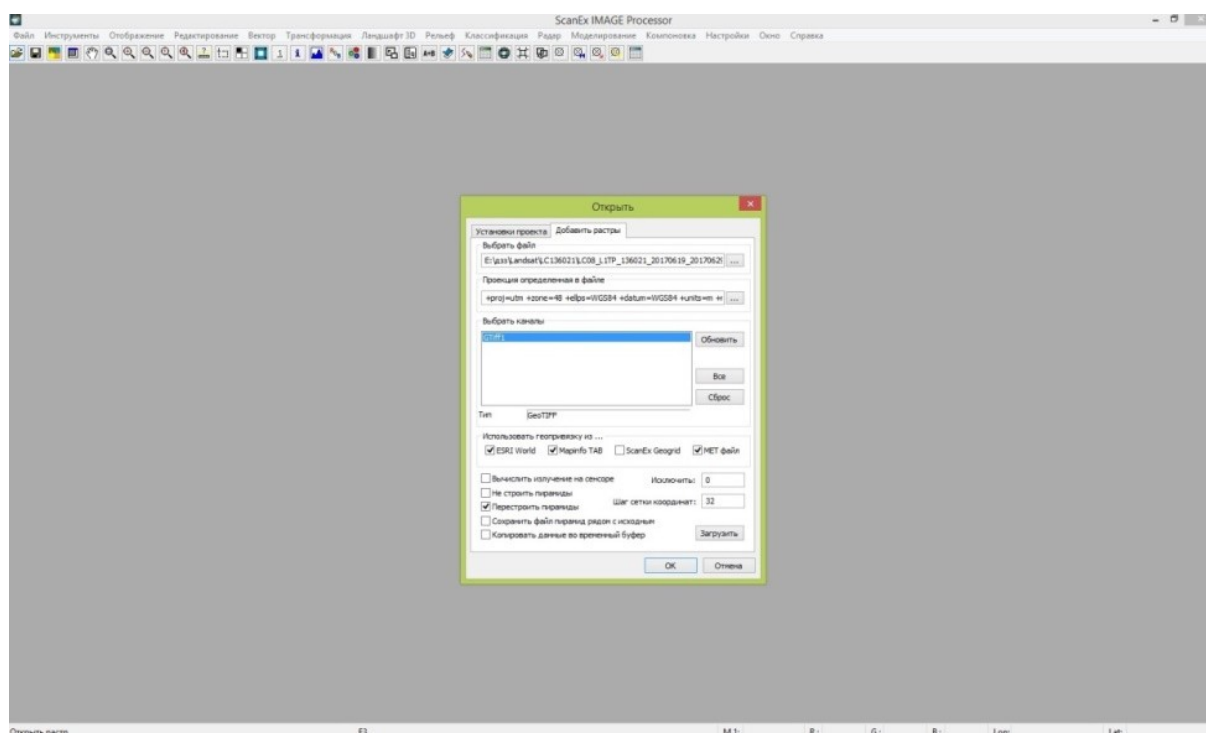


Рис. 6. Загрузка каналов в программу «SCANEX»

Открыв окно с загруженными каналами, можно заметить необходимость коррекции цвета (рис. 7).

Коррекция цвета производится в окне «Настройка отображения» (рис. 8). Для отображения цвета снимка в привычном для человеческого глаза виде необходимо соотнести каналы в последовательности 4-3-2, и при необходимости изменить шкалы гаммы, цвета и диапазона в каналах растра.

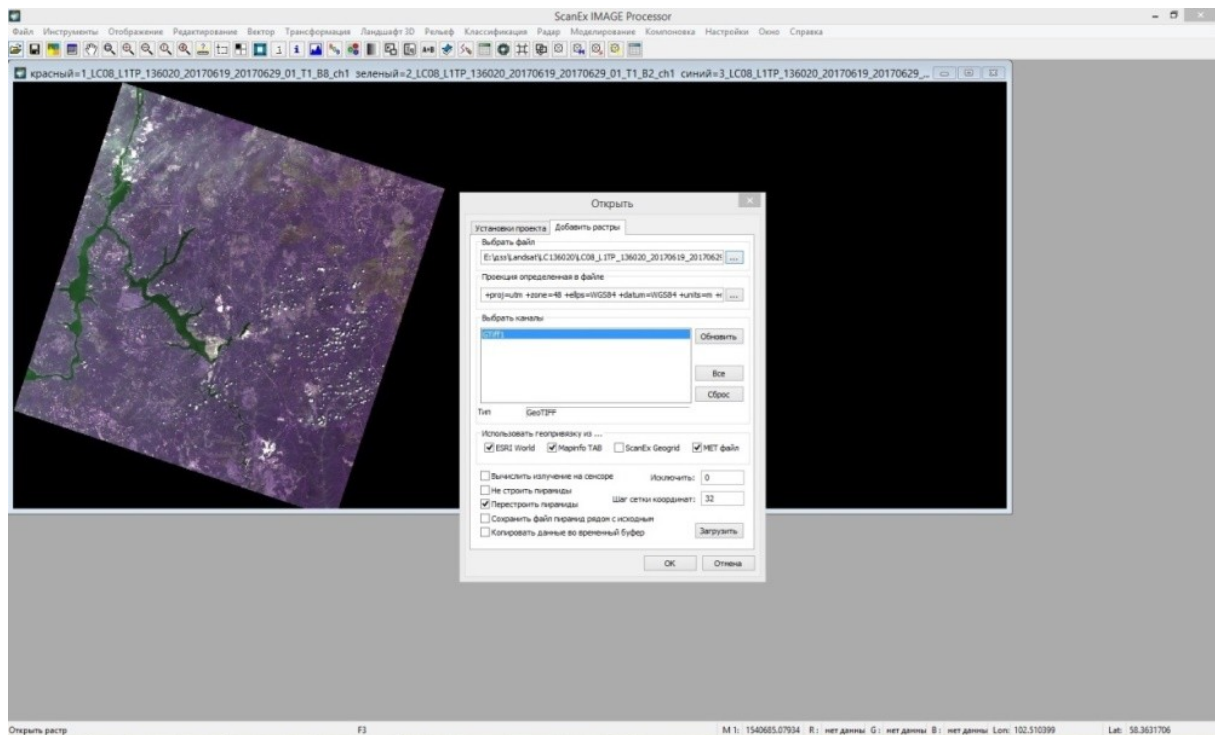


Рис. 7. Снимок при наложении загруженных каналов в произвольном порядке

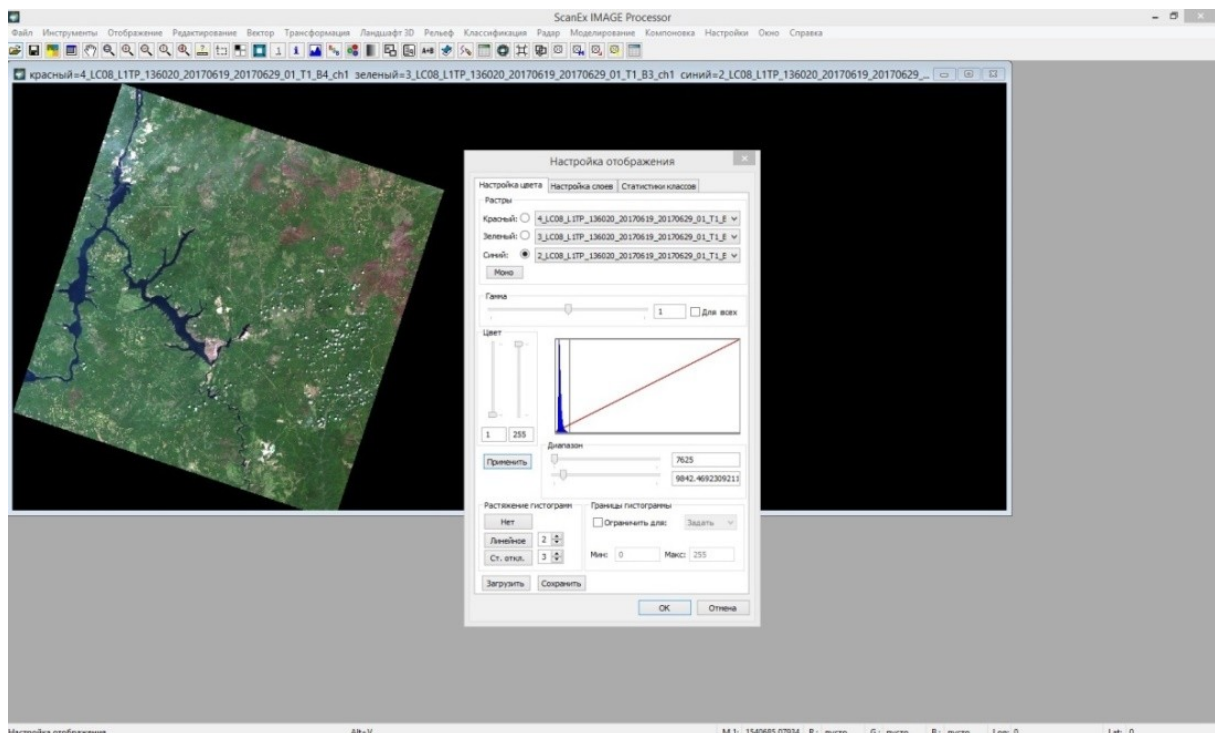


Рис. 8. Цветовая коррекция снимка

При работе с космоснимками Santinel-2 данных операций обработки достаточно, чтобы в дальнейшем выгрузить растры на карту. Для снимков, взятых с Landsat-8, следует произвести операцию «Резкое слияние (фьюжн)» (рис. 9) для создания новых каналов, а затем расставить их в последовательности в окне «Настройка отображений». В окне «Резкое

слияние (фьюжн)» в опции «Панхроматический растровый канал» выбрать канал 8, остальные загруженные каналы (красный, синий и зелёный) следует выбрать в опции «Мультиспектральные растровые каналы». Операция слияния занимает порядка 10 минут и требует большого количества ресурса оперативной памяти компьютера.

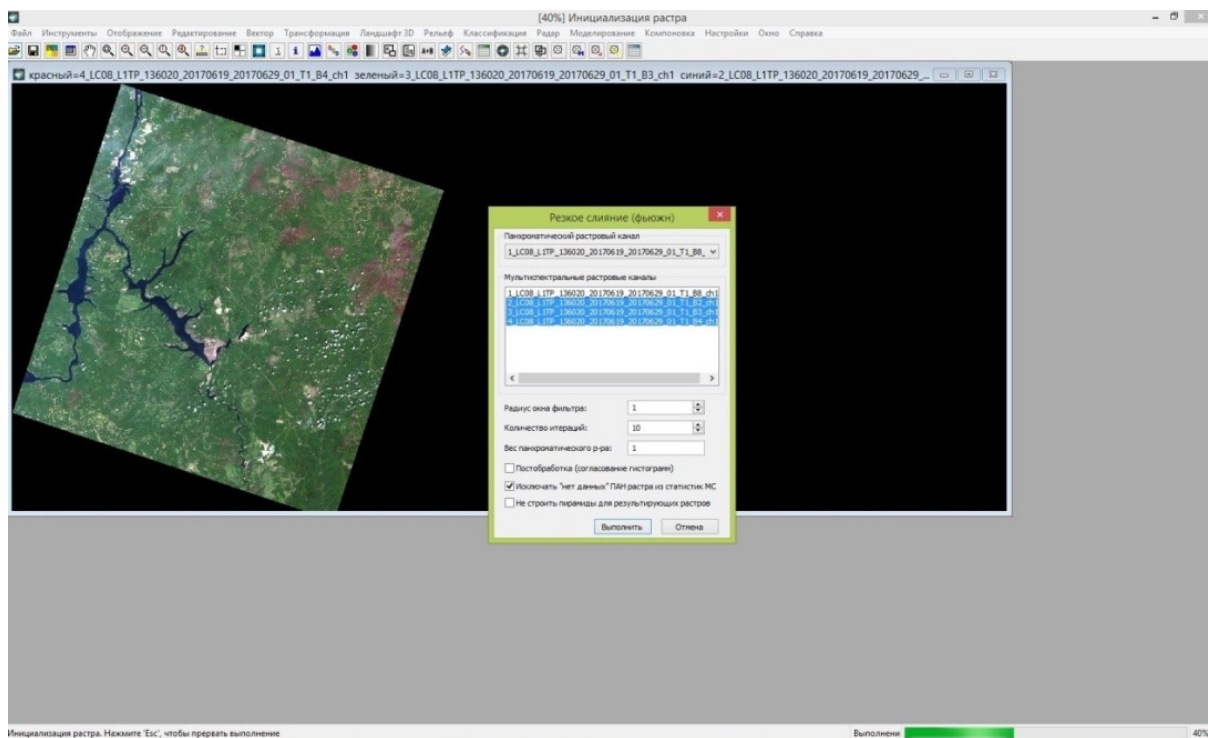


Рис. 9. Резкое слияние (фьюжн)

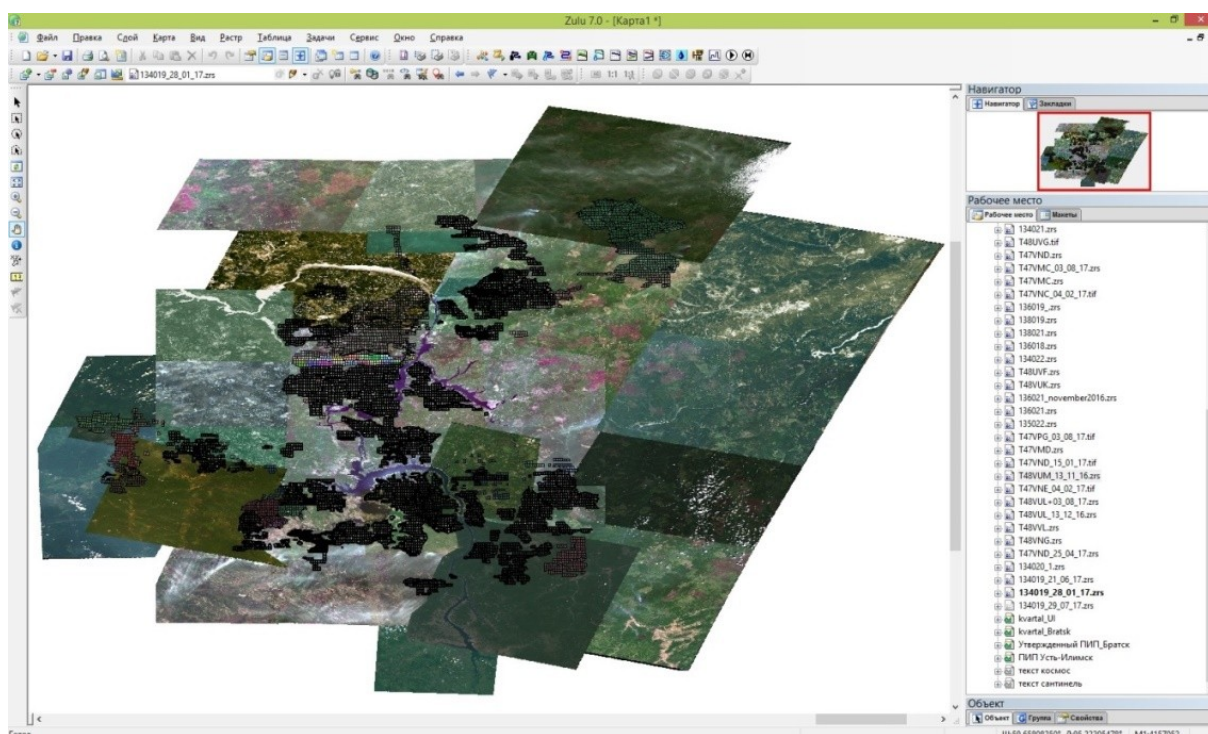


Рис. 10. Оформленное покрытие космоснимками арендной базы в Zulu ГИС

Далее все обработанные космоснимки выгружаются послойно на карту таким образом, чтобы покрыть необходимую территорию аренды (рис. 10).

По сформированному покрытию из космоснимков отслеживаются границы вырубок [5], границы квартальной сети и лесоустройства в целом. В геоинформационной системе «Группы «Илим» существует функция интеграции информации о лесных пожарах в реальном времени, что значительно ускоряет процесс устранения очагов возгорания, а также их последующего мониторинга.

Выводы. Дистанционное зондирование лесов является перспективным практическим применением новейших технологий, внедряемых в область лесного хозяйства, поскольку, помимо вышеперечисленных возможностей, повышение качества точности съемки сможет значительно упростить процесс таксации лесов [6], определяя состав насаждений с помощью компьютерной интерпретации комбинаций определенных признаков.

Целесообразно также применять методы дистанционного зондирования для охраны здоровья лесов, для чего специалист-лесопатолог должен уметь определять основные сигнатуры (т.е. черты для идентификации объекта), породы деревьев, а также признаки конкретных вредителей леса. [7]

Библиографический список

1. В.В. Козодеров, Т.В. Кондранин, Е.В. Дмитриев, В.Д. Егоров, В.В. Борзяк / Инновационная технология обработки многоспектральных космических изображений земной поверхности [Текст] // Исследование Земли из космоса. – 2008. – № 1. – С. 56-72. ГИСZulu: Руководство пользователя/ Политерм. – 2016. – 748 с.
2. Н.А. Тюрин, Основы лесопромышленной геоинформатики: методические указания для студентов специальности 250401 «Лесоинженерное дело», бакалавров и магистров по направлению 250400 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», бакалавров по направлению 190700 «Технология транспортных процессов» / Н.А. Тюрин, Л.Я. Громская, Т.С. Антонова, В. В. Артемьев. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014. – 91 с.
3. Н.А.Тюрин [и др.]. Геоинформатика на промышленном транспорте: учебное пособие для подготовки бакалавров по направлению 23.03.01 «Технология транспортных процессов» – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – 104 с.
4. David Meignan, Jean-Marc Frayret, Gilles Pesant “Interactive planning system for Forest Load Location” – CIRRELT – 2013-37.
5. Felix Seidel, Emily Fripp, Annie Adams, Ian Denty “Tracking Sustainability” – ITTO Technical Series No. 40 – 2012 – P.62

6. Kozoderov, V.V. Remote sensing of soils and vegetation: pattern recognition and forest stand structure assessment [Текст] / V.V. Kozoderov, E.V. Dmitriev // International Journal of Remote Sensing. – 2011. – 32. – P. 5699-5717.
7. William M. Ciesla "Remote Sensing in Forest Health Protection"

Сведения об авторах

ФИО	Моисеева К.С.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	8923-9806
e-mail	kseny-0705@yandex.ru

Аннотация

С ежегодным ростом антропогенной нагрузки на окружающую среду, становится все более актуально использование средств дистанционного зондирования для мониторинга лесопользования. Более того, в соответствии со Статьей 49 п. 3 Лесного Кодекса Российской Федерации «Отчет об использовании лесов» следует, что «граждане, юридические лица, осуществляющие заготовку древесины, за исключением лиц, осуществляющих заготовку древесины при использовании лесов в соответствии со статьями 43 - 46 настоящего Кодекса, в целях подтверждения соблюдения требований, указанных в части 3 статьи 16 настоящего Кодекса, прилагают к отчету об использовании лесов материалы дистанционного зондирования (в том числе аэрокосмической съемки, аэрофотосъемки), фото- и видеофиксации». Целью работы являлось создание покрытия всей арендной базы АО «Группы «Илим» с помощью доступных материалов космической съемки спутников Sentinel 2 и Landsat-8. Представлена подробная пошаговая инструкция работы с космоснимками, а также их последующее внедрение в картографические слои. Дистанционное зондирование лесов – это высокоэффективный метод мониторинга лесных ресурсов, с помощью которого возможна не только оценка использования лесов, но и наблюдение за лесными пожарами, а также, в будущем, создание таксационных описаний.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, космоснимки, отчет использования лесов, электронная карта, мониторинг лесов, спектральные каналы, панхроматические изображения, спектральные зоны.

Keywords: remote sensing of the Earth, satellite imagery, forest use report, electronic map, forest monitoring, spectral channels, panchromatic images, spectral zones

УДК 630.181.91

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 66.01.99

Сортирование щепы в системе подготовки древесного сырья к переработке

Орлов В.В., Кацадзе В.А., Бирман А.Р., Локштанов Б.М.

Введение.

Сортирование щепы имеет большое значение в различных системах подготовки древесного сырья для производства целлюлозы, древесной массы, плит и другой продукции.

Сортирование щепы зависит от качественных показателей древесины подвергаемой рубке на щепу. Стандартом [1] предъявляются различные требования к технологической щепе, направляемой на переработку для получения различных видов продукции. Щепа имеет различные марки удовлетворяющие производство различной продукции. Для сортирования щепы разработаны различные конструкции сортировок, позволяющие эффективно сортировать щепу в системах подготовки древесного сырья для переработки.

Цели и задачи.

Щепа, выработанная из лесосечных отходов, балансов, отходов обработки древесины является сырьем для получения тепловой энергии, строительных материалов целлюлозно-бумажной продукции, лесохимических и других производств.

Для того чтобы эффективно использовать щепу, к этому материалу предъявляют определенные требования. Причем к топливной щепе эти требования минимальны, а к технологической щепе, особенно для выработки целлюлозы и древесной массы, максимальны.

Щепа – это результат измельчения древесины рубительными машинами. Окончательные параметры щепы (ее размеры) образуются в результате сортирования. Если учесть, что древесина различается по породному составу, качеству, размерам, влажности, температуре, то процесс рубки древесины на щепу и ее сортирование взаимосвязаны и зависят от большего количества факторов [9, 10].

Сортирование щепы является итоговой стадией в системе подготовки древесины (щепы) к производству различной древесной продукции и

сглаживает те негативные объективные и субъективные факторы, которые проявляются в технологическом процессе подготовки древесного сырья к переработке. При этом может увеличиться количество отходов щепы (отходов сортирования).

В России в последнее время объем заготавливаемой стволовой древесины составляет 195-205 млн. пл.м³ в год. Из этого количества около 55 млн.м³ используют предприятия, перерабатывающие древесину на щепу. Около 15 млн. м³ в год отходов древесины от деревообработки и отходов сортирования щепы используется в виде топлива. Топливная щепа стала предметом экспорта в европейские страны, Китай и Японию, а также сырьем для производства пеллет.

К лесосечным отходам в России стали уделять больше внимания как к топливу, но, ввиду большего содержания в ней минеральных примесей и крупной фракции, процесс вовлечения этих отходов в топливный баланс сырья сдерживается. В настоящее время из 20 млн. пл. м³ лесосечных отходов в России используется только 2,0 млн. пл. м³ в год.

В данной статье рассмотрены вопросы улучшения качества технологической и топливной щепы путем использования новых систем подготовки древесного сырья к переработке, включая окорку древесины, рубку ее на щепу, сортирование щепы, а также использования новых технологий и оборудования по системам хранения и подачи щепы в производство.

Стандартом [1] и техническими условиями предусмотрены следующие виды технологической и топливной щепы.

- Ц-1, Ц-2, Ц-3 – для производства целлюлозы и древесной массы;
- ГП-1, ГП-2, ГП-3 – для гидролизного производства;
- ПС – для древесностружечных плит;
- ПВ – для древесноволокнистых плит;
- ТЩ – для топлива.

Наиболее высокие требования предъявляют к щепе марки Ц-1, так как эта щепа предназначена для производства высококачественной сульфитной и сульфатной целлюлозы и древесной массы высокого качества. Для щепы марок Ц-2 и Ц-3 требования ниже, чем для щепы марки Ц-1.

Высокие требования предъявляются не только к длине, толщине щепы, но и к присутствию в щепе коры, гнили, минеральных примесей. Высокие требования связаны с технологией варки щепы, ее пропиткой варочными реагентами для получения целлюлозы.

К маркам технологической щепы ПС и ПВ требования понижены, так как ее обработка связана с более простыми технологиями пропитки (горячей водой) механической обработки.

Наименьшие требования предъявляются к щепе марки ТЩ. Следует отметить, что в некоторых случаях из топливной щепы возможно получить технологическую щепу, подвергнув ее облагораживанию (сортированию, очистки, обработке). Топливную щепу, полученную из отходов лесозаготовок, можно в некоторых случаях использовать как добавку к щепе технологической (в размере не более 10%) для получения древесно-стружечных плит и даже сульфатной целлюлозы для производства мешочной бумаги.

Производство технологической щепы связано с качеством древесного сырья, с его подготовкой к процессу рубки, типом и конструкцией рубительных машин, типом и конструкцией сортировок. Кроме того, особенно на крупных предприятиях, большое влияние на производство щепы оказывает технология производства щепы, способы ее хранения и место сортирования щепы в системе подготовки древесного сырья. Качество древесного сырья и свойства древесины, предназначенной для выработки технологической щепы, очень разнообразны.

Щепу марки Ц-1 получают из балансов хвойных или лиственных пород 1-2 сорта [2, 3, 9], из отходов пиловочника (в основном из окоренного горбыля и реек), а так же из низкокачественной древесины, подвергнутой окорке и удалению гнили.

Щепу марки Ц-2 получают из балансов 2-3 сорта и другого древесного сырья, содержащего незначительное количество гнили. Щепу марки Ц-3 получают из балансов 3 сорта, а также из технологического низкокачественного сырья [4,5,6] подвергнутого окорке и удалению гнили.

Процесс производства щепы из круглых лесоматериалов на рубительных машинах представляет собой отруб части бревна в виде «шайбы», которая распадается на щепу. На этот процесс влияет физико-механические свойства древесины, которые зависят от ее влажности и температуры [7].

Различие в физико-механических свойствах хвойных и лиственных пород древесины отражается на качестве получаемой щепы и учитывается конструктивными параметрами ножей рубительных машин. Так при рубке березы получается щепы по толщине на 25-30% толще щепы при рубке ели.

Следует отметить, что при рубке мороженой древесины (при температуре ниже -15°C), щепы получается тоньше и она очень хрупкая, особенно у лиственницы. Для сортирования щепы созданы различные типы

сортировок: сортировки для сортирования щепы по длине (вдоль волокон) и сортировки для сортирования щепы по толщине (поперек волокон).

Сортировки для сортирования щепы по длине различают:

- барабанные, которые применяют для сортирования щепы при небольших объемах производства, а в последнее время используют для сортирования щепы, полученной из лесосечных отходов. Эти сортировки не требуют фундаментов, работают в спокойном режиме и эффективно сортируют щепу при малых объемах 10% загрузки барабана и обладают небольшой производительностью 10-15 пл.м³/час (30-45 нас.м³/час). Отверстия сит барабанных сортировок забиваются щепой и их приходится часто чистить от торчащих щепок;
- плоские сортировки разделяются на вибрационные и гирационные; у вибрационных сортировок угол наклона сит составляет 10-12°, а для гирационных 4-5°; наличие вертикальной составляющей у сита вибрационных сортировок приводит к забиванию щепой и их чаще надо очищать; производительность вибрационных сортировок 10-30 пл.м³/час (30-90 нас. м³) и они хорошо вписываются в системы производства щепы на лесопромышленных складах; гирационные сортировки выпускают с различными размерами сит (площадь сит достигает 9-12 м²), а производительность 120-600 нас.м³/час.

Большой проблемой является загрузка сортировок щепой и распределение щепы по всему ситу. Эта проблема решена в системе сортирования, включающая циклон или транспортер и сортировку СЦ-800 или СЦ-1000. Такие сортировки обычно устанавливают на целлюлозно-бумажных предприятиях при подаче щепы на варку в аппаратах непрерывного действия типа «Камюр».

- сортировки для сортирования щепы по толщине представляют собой набор валов с дисками, входящими друг в друга, расстояние между соседними дисками составляет 6-7 мм, что позволяет пропускать через зазор щепу толщиной 5-6 мм. Такие сортировки называют дисковыми, в отличие от валковых. Последние представляют собой валы с треугольными наростами. Зазор между соседними наростами позволяет пропускать через них нужную щепу, а более толстая щепка по поверхности валов сбрасывается; такие сортировки целесообразно использовать для сортирования мелкого отсева щепы от обычных плоских сортировок.

На лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятиях рубка древесины и кусковых древесных отходов и сортирование щепы обычно группируют в единый узел.

Следует отметить, что при сортировании щепы отсеивается крупная щепа (с верхнего сита) и отсев (с поддона). Крупную щепу необходимо измельчить, так как ее количество составляет 8-15% в зависимости от качества измельчаемой древесины и ее размеров: чем длиннее древесина и кусковые отходы и чем меньше сучьев и гнили, тем стабильнее идет процесс рубки и тем меньше крупной щепы (и отсева мелкой щепы). Для измельчения крупной щепы созданы рубительные машины-дезинтеграторы.

На целлюлозно-бумажных предприятиях, где организовано хранение больших объемов щепы, сразу после рубки балансов сортирование щепы производят непосредственно перед ее подачей в варочное производство. Поэтому широко применяют дезинтеграторы для измельчения крупной щепы в узлах сортирования щепы.

Качество щепы (фракционный состав) обычно определяют на лабораторном анализаторе щепы российского производства АЛГ-1М, имеющим сита с круглыми отверстиями. Например, к качеству осиновой щепы, направляемой на производство древесной массы на Светогорском ЦБК [8] предъявляются требования (см. табл.), которые определяются на импортном анализаторе, у которого имеются сита с круглыми отверстиями и щели шириной 8 мм.

Таблица 1. Основные характеристики щепы для производства БХТММ

Наименование показателей	Единицы измерений	Показатели щепы
1. Массовая доля остатков на ситах с диаметром отверстий 45 мм, не более с шириной щели 8 мм, не более с отверстиями диаметром 13 и 7 мм, не более с отверстиями диаметром 3 мм, не более на поддоне	%	1,5
	%	6,0
	%	88,0
	%	4,0
	%	0,5
2. Массовая доля коры, не более	%	0,5
3. Массовая доля гнили, не более	%	0,5
4. Влажность	%	45-55
5. Обугленные частицы и металл	%	не допускаются
6. Длина щепы	мм	24-28
7. Породный состав щепы		
	осиновый	%
еловый	%	100

Данные, полученные на анализаторе, могут являться основой для расчета количества отходов при сортировании щепы.

На анализаторе проводят фракционирование щепы после рубительной машины и щепы после промышленной сортировки. Полученные данные в процентах обозначают:

А – количество крупной щепы (на сите с диаметром отверстия 30 мм) после рубительной машины

В – количество нормальной щепы (на сите с диаметром отверстия 20 мм)

С – количество нормальной щепы (на сите с диаметром отверстия 10 мм)

Д – количество мелкой щепы (на сите с диаметром отверстия 5 мм)

Е – количество опилок на поддоне

Обозначения A_c , B_c , C_c , D_c и E_c используют после промышленной сортировки.

Если на предприятии крупную щепу А, мелкую щепу Д и «опилки» направляют в отходы, тогда коэффициент коррекции и фракции щепы пересчитывают по формуле:

$$Z' = KZ_c,$$

где К – коэффициент пересчета:

$$K = \frac{B + C + D}{B_c + C_c + D_c}.$$

Пересчет проводят каждой фракции, например:

$$B' = K \cdot B_c.$$

Правильность производственных расчетов проверяют по равенству:

$$P_{pc} = (A - A') + (E - E').$$

Если на предприятии организована рубка древесины на щепу в одном месте, а сортирование щепы и дезинтегрирование крупной щепы в другом месте, то расчеты отходов P_{pc} проводят по следующим формулам:

$$Z_{p+D} = Z + Z'^D,$$

где Z_{p+D} – фракции щепы B_{p+D} , C_{p+D} , D_{p+D} , E_{p+D} ;

Z – фракции щепы А, В, С, D и Е;

Z'^D – скорректированные значения фракций щепы A'^D , B'^D , C'^D , D'^D , E'^D .

Количество крупной фракции A_{p+D} определяют по формуле:

$$A_{p+D} = (A - A') + A'^D.$$

Скорректированное значение процентов фракций Z'^D определяют как:

$$Z'^D = Z_D \frac{A - A'}{100},$$

где Z_D – проценты фракций щепы A_D , B_D , C_D , D_D , E_D .

Проверку ведут по формуле:

$$A - A^I = A^I_D + B^I_D + C^I_D + E^I_D.$$

Процент отходов и потерь древесины в этом случае можно подсчитать по формуле:

$$P_{pc} = E_{p+D} - E^I.$$

Если на предприятии организовано сортирование щепы с рубкой крупной щепы на основной рубительной машине, тогда процент отходов можно рассчитать по формуле:

$$P_{pc} = E - E_c.$$

Следует учесть, что на анализаторе щепы должны быть установлены сита с размерами отверстий, соответствующим промышленным.

Отверстия верхних сит сортировок щепы выполняют в виде квадрата: 30×30, 45×45, а также ромбические, круглые, шестигранные. Чем больше сит на сортировке, тем эффективнее происходит процесс разделения щепы на фракции.

Очень важно, как выполнено нижнее сито. Если сито имеет отверстие 10×10 мм, то следует ожидать большие потери щепы в виде мелкой фракции. Если отверстие 5×5 мм, то оно быстро засмаливается и забивается щепой.

В последнее время большое внимание уделяется сортированию щепы по толщине (той фракции щепы, которая удовлетворяет требованиям по длине), и сокращению потерь щепы в виде отсева.

В первом случае нормальную фракцию щепы подвергают сортированию по толщине на дисковых сортировках, а выделенную «толстую» щепу измельчают на установках, применяемых в системах производства древесно-стружечных плит. Что касается отсева щепы, то применяют валковые сортировки, на которых отсев разделяют на опилки и нормальную щепу.

Заключение и выводы.

Количество отсева щепы при сортировании щепы на ЦБП составляет 2-10% в зависимости от качества балансов, из которых она получена. При производстве щепы из НКД на лесозаготовительных предприятиях количество отсева щепы составляет 10-17%. Установлено, что процесс сортирования щепы является основным и заключительным элементом в системе подготовки древесного сырья к производству целлюлозы, древесной массы, плит и другой продукции. Процесс сортирования щепы зависит от породы древесины, поступающей на рубку, ее влажности, температуры, конструкции рубительной машины и состояния ее ножевого аппарата. Кроме того, процесс сортирования щепы зависит от конструкции сортировки и системы подготовки древесного сырья к переработке. Рекомендуются к

использованию формулы для расчета отходов древесины (щепы) при различных системах сортирования щепы и измельчения ее крупной фракции. Даны рекомендации по организации эффективной системы сортирования щепы с наибольшим выходом качественной щепы, включающей сортирование щепы по стадиям: сортирование щепы по длине, измельчение крупной щепы, сортирование щепы по толщине, измельчение толстой щепы, сортирование мелкой щепы.

Библиографический список

1. ГОСТ 15815-83 Щепа технологическая Технические условия.
2. ГОСТ 9462-88 Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия.
3. ГОСТ 9463-88 Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия.
4. ТУ 13-0273685-402-89 Сырье древесное (балансы IV сорта).
5. ТУ 13-0273685-404-89 Дровяная древесина для технологических нужд. Технические условия.
6. ТУ 13-0273685-405-90 Сырье для целлюлозно-бумажной промышленности. Технические условия.
7. *Перлыгин Л.М.* Древесиноведение ГОСЛЕСБУМИЗДАТ М.1963.284с.
8. *Локштанов Б.М.* и др. Подготовка древесного сырья для производства БХТММ на Светогорском ЦБК. Современные проблемы лесозаготовительных производств, производства материалов и изделий из древесины: Пиломатериалы, фанера, плиты, деревянные дома заводского изготовления, столярно-строительные изделия.- СПб.:НП «НЦО МТД», 2009.том 2. с.168-174
9. *Бачеригов, И.В.* Совершенствование функционирования закрытых складов древесных сыпучих материалов : дис. ... канд. техн. наук / Бачеригов И.В. – Санкт-Петербург : СПбЛТУ, 2017. – 282 с.
10. *Бачеригов И.В., Локштанов Б.М.* Виды и свойства измельченной древесины, предназначенной для бункерного хранения // Resources and Technology. 2017. № 14 (1). С. 18–44.

Сведения об авторах

ФИО	Локштанов Борис Моисеевич
Организация	Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного
Адрес организации	194064, Тихорецкий пр., д. 3, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	4014-2820
e-mail	blokshtanov@mail.ru

ФИО Бирман А.Р.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 5125-4307
e-mail birman1947@mail.ru

ФИО Орлов В.В.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 7858–2792

ФИО Кацадзе В.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail tlzp@mail.ru

Аннотация

Рассмотрены процессы подготовки древесного сырья для производства целлюлозы, древесной массы, плит и другой продукции основанной на использовании щепы. Приведены свойства древесины, влияющие на процесс получения щепы и ее сортирование. Показаны различные сортировки щепы, используемые в системах подготовки древесного сырья для переработки. Приведены формулы для расчета количества отходов сортирования щепы.

Ключевые слова: древесина, щепка, сортировки щепы, отходы сортирования щепы

УДК 630.848

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 68.47.01

Пути улучшения качества продукции на деревообрабатывающем предприятии

**Соколова В.А., Кривоногова А.С., Иванов А.М.,
Марков В.А., Парфенопуло Г.К.**

Введение:

С каждым днем растут требования потребителей к продукции, развиваются технологии, меняются условия конкурентной борьбы. Поэтому успешная работа любой организации на рынке неосуществима без постоянного совершенствования ее деятельности, нацеленной на улучшение качества продукции.

Одним из важнейших факторов роста эффективности производства является улучшение качества выпускаемой продукции. Повышение качества выпускаемой продукции расценивается в настоящее время, как решающее условие её конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках. Качество во многом определяет престиж государства, служит основой для удовлетворения потребностей каждого человека и общества в целом, является важнейшей составляющей конкурентоспособности. Только на его основе предприятие может выжить в условиях конкуренции и получать необходимую прибыль, поэтому предоставляется вполне объективным, что деятельность по повышению и обеспечению качества в условиях рыночных отношений должна быть приоритетной.

Цели и задачи:

Главным направлением, обеспечивающим успех и определяющим достижение всех целей управления, в настоящее время для условий рыночной экономики является управление качеством. Целью данной работы является совершенствование технологических процессов на предприятии для улучшения качества выпускаемой продукции.

Методика исследования:

На кафедре Математических методов в управлении была проведена работа по анализу деятельности деревообрабатывающего предприятия с целью повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции за счет улучшения её качества.

Были решены следующие задачи:

1. разработаны рекомендации по совершенствованию конструкторской документации;
2. разработаны рекомендации по метрологическому обеспечению производства;

3. разработаны рекомендации по упорядочению производства;
4. разработаны рекомендации по работе с поставщиками;
5. разработаны рекомендаций по безопасности труда и экологичности;
6. рассчитаны эффективность разработанных мероприятий.

Технологический процесс - это последовательный ряд операций, для более качественной его работы необходимо провести ряд мероприятий.

При погрузке стружки перегораживается проезжая часть, чтобы это исключить необходимо изменить конструкцию стружкоотсоса.

В связи с разбросанностью технологических операций и с большими расстояниями между операциями необходимо упорядочить технологический процесс, сократить расстояния между операциями до их оптимального расстояния. Разделить визуально линии деревянных оконных блоков и дерево-алюминиевых. За счет этих мероприятий создадутся более благоприятные условия труда для операторов и сократятся их физические нагрузки.

В настоящее время конструкция ваймы позволяет качественно склеивать только изделия прямоугольной формы. Необходимо изменить конструкцию ваймы для склеивания конструкций сложного профиля.

Так как на стенде происходит простой операции остекления необходимо сформировать отдельный стенд для нестандартного остекления.

Анализ технологического процесса показал, что «узкий» участок на производстве – это участок отделки. Головное оборудование Uniteg, Univar загружено на 80%, следовательно, есть возможность увеличить производительность на 15%. За счет упорядочения станков в соответствии с технологическим процессом изготовления деревянных и дерево-алюминиевых оконных блоков площадь под участок отделки увеличится на 30%, что позволит спроектировать отдельные камеры для антисептирования, грунтования и покраски и обеспечит требуемые температурно-влажностные показатели.

Строительство второго этажа над камерой покраски позволит организовать место для выдержки покрашенных изделий.

Основной задачей производственного контроля является активное воздействие на производственный процесс во избежание потерь из-за брака и низкого качества продукции. Организация контроля основана на строгом соблюдении требований нормативно-технической документации. Важным этапом в организации и проведении производственного контроля является выбор методов и средств контроля [1,2,3].

При выборе средств измерений должно соблюдаться следующее условие:

$$\delta_{np} \leq \delta_{доп},$$

где δ_{np} – предельная погрешность измерения выбранным измерительным средством в заданных условиях измерения;

$\delta_{доп}$ – допускаемая погрешность измерения линейного размера, установленная ГОСТ 26214.

Рекомендуется следующий порядок проведения:

- контролируемый рамочный элемент устанавливается на опорную платформу стенда в вертикальном положении таким образом, чтобы вогнутая сторона (если вогнутость имеется) бруска для крепления полупетель располагалась на расстоянии $\Delta_0 = 5-10$ мм от базовой натянутой струны, закрепленной на стенде; в этом положении рамочный элемент жестко закрепляется на стенде в местах расположения петель; расстояние Δ_0 устанавливается с помощью двух одинаковых концевых мер длины (ГОСТ 9038);
- подвесная балка стенда, с закрепленными на ней на определенном расстоянии двумя натянутыми струнами, поворачивается вокруг оси базовой струны до положения, при котором расстояние от одной из струн до ближайшей точки (площадки) на пласти брусков рамочного элемента будет равно Δ_0 ; в этом положении фиксируется подвесная балка с натянутыми струнами, а плоскость, проходящая через три натянутые струны, становится прилегающей плоскостью, от которой отсчитывают отклонения от прямолинейности Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 и Δ_4 , в сечениях, соответственно, А-А, Б-Б и В-В.

Для измерения отклонений от прямолинейности предпочтительно использование бесконтактных измерительных средств (оптические отсчетные приборы, микроскопы и т.п.). Допускается также и использование контактных измерительных средств (концевые меры длины, щупы, штангенциркуль с глубиномером типа ШЦ-I и т.п.). Допускаемая погрешность измерения отклонений от прямолинейности должна составлять не более 20% установленного допуска формы.

По результатам измерений отклонений от прямолинейности в различных сечениях определяют отклонение от плоскостности рамочного элемента по следующей формуле:

$$\Delta_{пл} = \Delta_{max пр} - \Delta_0$$

где $\Delta_{max пр}$ – наибольшее из полученных в результате измерений отклонение от прямолинейности (Δ_1 или Δ_2 или Δ_3 или Δ_4).

Отклонения от прямолинейности кромок рамочных элементов оконных блоков, а также пластей и кромок брусковых деталей рекомендуется измерять методом натянутой струны по схеме, показанной на рис. 1-2. При

этом контролируемое изделие устанавливают на стол станда, натянутая струна которого расположена горизонтально.

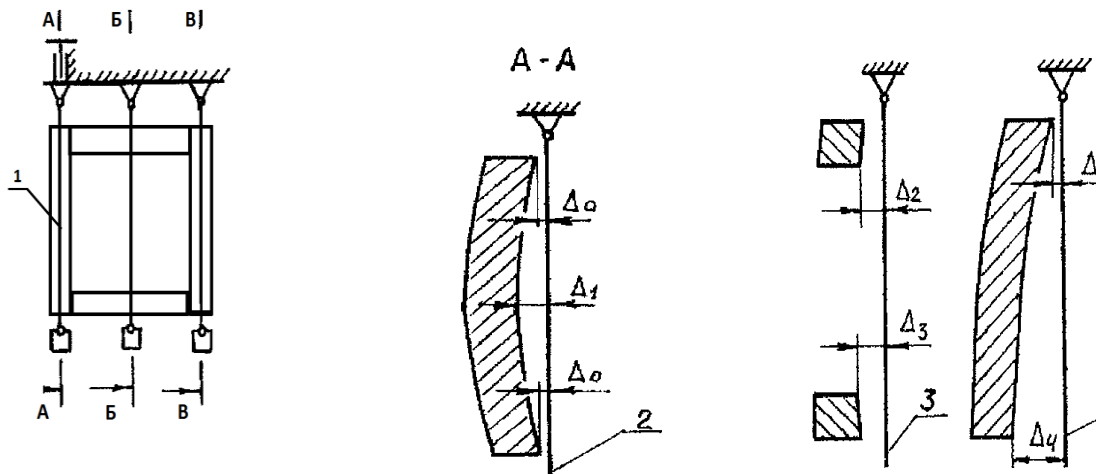


Рис 1. – Схема измерения отклонений от прямолинейности рамочного элемента:

1 – контролируемое изделие (рамочный элемент); 2 – струна базовая; 3,4 – струны измерительные

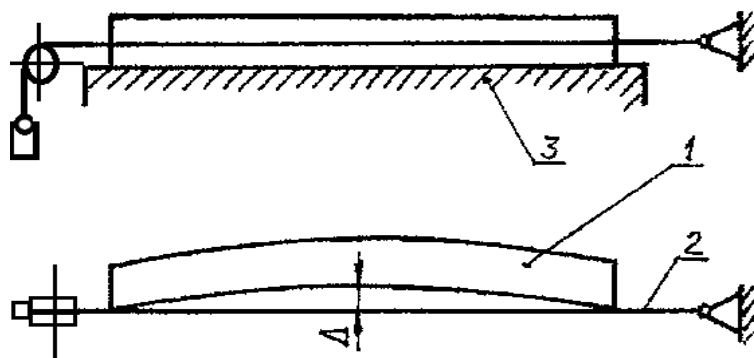


Рис. 2 – Схема измерения отклонения от прямолинейности брусковой детали:
1 – контролируемая деталь, 2 – струна, 3 – стол станда

Результаты исследования

В работе представлены мероприятия по совершенствованию плана предприятия, в него вошло упорядочение технологии производства, совершенствование участка отдела. Так как основной проблемой в производстве оконных блоков является не качественный клееный брус, проведенные мероприятия позволяют наладить качественную работу с поставщиком.

Проведенные мероприятия по совершенствованию конструкторской

документации позволили обоснованно установить допуски на линейные размеры оконного блока.

В связи с рекомендациями метрологического обеспечения были предложены средства измерения калибры и метод натянутой струны.

Библиографический список

1. Окрепилов В.В. Менеджмент качества. СПб.: Наука, 2003, 992 с.
2. Мишин В.М. Управление качеством: Учебник для студентов вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. - 463 с.
3. Шарипов С.В., Толстова Ю.В. Система менеджмента качества. - СПб.: Питер, 2004. - 192 с.

Сведения об авторах

ФИО Соколова Виктория Александровна
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 5116-5102
e-mail sokolova_vika@inbox.ru

ФИО Кривоногова Александра Станиславовна
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 8399-6121
e-mail kas.spb.lta@mail.ru

ФИО Марков В.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 1503-7932
e-mail

ФИО Парфенопуло Г.К.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический

Адрес организации университет имени С.М. Кирова
194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 1848-9386
e-mail parfenon73@mail.ru

ФИО Иванов Андрей Михайлович
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail andreyiv1997@mail.ru

Аннотация

Работа посвящена мероприятиям по совершенствованию плана предприятия, нацеленная на совершенствование ее деятельности для улучшения качества выпускаемой продукции.

Ключевые слова: управление качеством, эффективность производства, технологический процесс.

УДК 65.011.8

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 81.13.05

Использование SWOT-анализа для выработки стратегии развития предприятий лесного комплекса

Хрусталева И.В.

Введение.

Правильно и вовремя принятые стратегические решения оказывают решающее влияние на конкурентоспособность предприятия в целом и его продукции. Предприятия находятся в динамично развивающейся среде, и параметры внешней среды существенно меняются во времени. Факторы, характеризующие внешнюю и внутреннюю среду, структурируются. Структуризация является универсальной для любых предприятий. После синтеза факторов внешней и внутренней среды предлагается система решений. С помощью данной методики можно оценить состояние проблемной и управленческой ситуации на предприятии. Рекомендуется проводить SWOT-анализ деятельности предприятия раз в год.

Цели и задачи.

SWOT-анализ позволяет определить использование предприятием внутренних сильных сторон или отличительных преимуществ в своей стратегии [1]. Если предприятие не имеет отличительных преимуществ, то анализ позволяет выделить потенциально сильные стороны. SWOT-анализ отвечает на вопросы: являются ли слабости предприятия его уязвимыми местами в конкуренции или они не дают возможности использовать определенные благоприятные обстоятельства? Какие слабости требуют корректировки? Какие благоприятные возможности дают предприятию реальные шансы на успех при использовании ее квалификации и доступа к ресурсам? Какие угрозы должны наиболее беспокоить менеджера, и какие стратегические действия он должен предпринять для защиты?

Методика исследования.

Проведение SWOT-анализа сводится к заполнению «матрицы SWOT-анализа» [2]. В соответствующие ячейки матрицы заносятся сильные и слабые стороны предприятия, а также внешние возможности и угрозы.

Сильные стороны предприятия (Strengths) – то, в чем оно преуспело или какая-то особенность, предоставляющая дополнительные возможности.

Слабые стороны предприятия (Weaknesses) – это отсутствие чего-то важного для функционирования предприятия или то, что предприятию пока не удастся по сравнению с другими компаниями и ставит его в неблагоприятное положение.

Возможности (Opportunities) – это благоприятные обстоятельства, которые предприятие может использовать для получения преимущества.

Угрозы (Threats) – события, наступление которых может оказать неблагоприятное воздействие на предприятие.

Один и тот же фактор для разных предприятий может быть как угрозой, так и возможностью.

Выделяют три этапа проведения SWOT-анализа.

Первый этап SWOT-анализа – оценка собственных сил. Первый этап позволяет определить, каковы сильные стороны и недостатки предприятия. Для того чтобы определить сильные и слабые стороны предприятия, составляется перечень параметров, по которому будет оцениваться предприятие. По каждому параметру определяется, что является сильной стороной предприятия, а что – слабой. Из всего перечня выбирают наиболее важные сильные и слабые стороны предприятия и заносят их в матрицу SWOT-анализа. Для оценки предприятия пользуются следующим перечнем параметров: организация, производство, финансы, инновации, маркетинг.

Для более качественного анализа составляют промежуточные таблицы. В первый столбец записывается параметр оценки, а во второй и третий – те сильные и слабые стороны предприятия, которые существуют в этой области.

Таблица 1. Определение сильных и слабых сторон предприятия.

Параметры оценки	Сильные стороны	Слабые стороны
1. Организация	Высокий уровень квалификации руководящих сотрудников предприятия	Низкая заинтересованность рядовых сотрудников в развитии предприятия
2. Производство	1. Высокое качество выпускаемых товаров. 2. Проверенный и надежный поставщик комплектующих	1. Высокая степень износа оборудования – до 80% по отдельным группам. 2. Себестоимость продукции на 10% выше, чем у основных конкурентов.

После этого из всего списка сильных и слабых сторон предприятия выбирают наиболее важные и размещают их в соответствующие ячейки матрицы SWOT-анализа. Рекомендуется ограничиваться десятью сильными и таким же количеством слабых сторон, чтобы не возникало трудностей при дальнейшем анализе.

Второй этап SWOT-анализа – оценка рынка. Этот этап позволяет оценить ситуацию вне предприятия и понять, какие у предприятия есть возможности, а также каких угроз следует опасаться.

Методика определения рыночных возможностей и угроз аналогична методике определения сильных и слабых сторон предприятия: составляется перечень параметров, по которому будет оцениваться рыночная ситуация. По каждому параметру определяется, что является возможностью, а что – угрозой для предприятия. Из всего перечня выбираются наиболее важные возможности и угрозы и заносятся в матрицу SWOT-анализа.

При оценке рыночных возможностей и угроз принимается следующий список параметров: факторы спроса, конкуренции, сбыта, экономические факторы, политические и правовые факторы, научно-технические факторы, социально-демографические факторы, природные и экологические факторы, международные факторы.

Далее заполняется промежуточная таблица (табл.2): в первый столбец записывается параметр оценки, а во второй и третий – существующие возможности и угрозы, связанные с этим параметром.

Таблица 2. Определение рыночных возможностей и угроз

Параметр оценки	Возможности	Угрозы
1.Конкуренция	Повысились барьеры входа на рынок: с этого года необходимо получать лицензию на занятие данным видом деятельности	В этом году ожидается выход на рынок крупной иностранной компании-конкурента
2.Сбыт	На рынке появилась новая розничная сеть, которая в данный момент выбирает поставщиков	С этого года наш крупнейший оптовый покупатель определяет поставщиков по результатам тендера

После заполнения табл. 2, необходимо выбрать из всего списка возможностей и угроз наиболее важные. Для этого каждую возможность (или угрозу) нужно оценить по двум параметрам, задав два вопроса:

1. Насколько высока вероятность того, что это случится?
2. Насколько это может повлиять на предприятие?

Третий шаг - сопоставление сильных и слабых сторон предприятия с возможностями и угрозами рынка. Сопоставление сильных и слабых сторон с рыночными возможностями и угрозами позволяет ответить на следующие вопросы, касающиеся дальнейшего развития бизнеса:

1. Как можно воспользоваться открывающимися возможностями, используя сильные стороны предприятия?
2. Какие слабые стороны предприятия могут в этом помешать?
3. За счет каких сильных сторон можно нейтрализовать существующие угрозы?
4. Каких угроз, усугубленных слабыми сторонами предприятия, следует больше всего опасаться?

Для сопоставления возможностей предприятия условиям рынка применяется развернутая матрица SWOT. Слева выделяются два раздела (сильные и слабые стороны), в которые соответственно вносятся все выявленные на первом этапе анализа сильные и слабые стороны предприятия. В верхней части матрицы также выделяются два раздела

(возможности и угрозы), в которые вносятся все выявленные возможности и угрозы.

	Возможности	Угрозы
Сильные стороны	СИВ	СИУ
Слабые стороны	СЛВ	СЛУ

На пересечении разделов образуются четыре поля:

- «СИВ» (сила и возможности);
- «СИУ» (сила и угрозы);
- «СЛВ» (слабость и возможность);
- «СЛУ» (слабость и угрозы).

На каждом из данных полей необходимо рассмотреть все возможные парные комбинации и выделить те, которые должны быть учтены при разработке стратегии поведения предприятия.

В отношении тех пар, которые были выбраны с поля «СИВ», следует разрабатывать стратегию по использованию сильных сторон предприятия для того, чтобы получить отдачу от возможностей, которые появились во внешней среде.

Для тех пар, которые оказались на поле «СЛВ», стратегия должна быть построена таким образом, чтобы за счет появившихся возможностей попытаться преодолеть имеющиеся на предприятии слабости.

Если пара находится на поле «СИУ», то стратегия должна предполагать использование силы предприятия для устранения угроз.

Для пар, находящихся на поле «СЛУ», предприятие должно выработать такую стратегию, которая позволила бы ему как избавиться от слабостей, так и попытаться предотвратить нависшую над ним угрозу.

Для успешного применения методологии SWOT важно уметь не только вскрыть угрозы и возможности, но и попытаться оценить их с точки зрения того, сколь важным для предприятия является учет в стратегии его поведения каждой из выявленных угроз и возможностей.

Заключение.

Применение SWOT-анализа позволяет систематизировать всю имеющуюся информацию и принимать взвешенные решения, касающиеся развития бизнеса. С помощью данной методики можно оценить состояние проблемной и управленческой ситуации на предприятии. SWOT-анализ – это одна из важнейших диагностических процедур. Метод является универсальным. Может быть адаптирован к объекту исследования любого уровня. Можно свободно выбирать анализируемые элементы. SWOT-анализ

может использоваться для оперативной оценки и для стратегического планирования на длительный период.

Библиографический список

1. Арутюнова Д.В. Стратегический менеджмент /Д.В.Арутюнова. - Таганрог: Издательство ТТИ ЮФУ, 2010. - 122 с.
2. Казакевич Т.А. Организация и планирование деятельности предприятий: учебное пособие для ВУЗов /Т.А.Казакевич. – М.: Издательство Юрайт, 2018. - 185 с.

Сведения об авторах

ФИО	Хрусталева И.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	8636-3860
e-mail	innessachrustaliova@gmail.com

Аннотация

SWOT-анализ – это одна из важнейших диагностических процедур. Его построение базируется на методологии системно-целевого подхода. Основное внимание акцентируется на измерении параметров внешней и внутренней среды в пространстве, во времени и с учетом информационного потенциала. Проводится структуризация факторов внешней и внутренней среды, являющаяся универсальной для любого предприятия. В результате синтеза факторов внешней и внутренней среды предлагается система решений. Применение SWOT-анализа позволяет систематизировать всю имеющуюся информацию и принимать взвешенные решения, касающиеся развития предприятия.

Ключевые слова: анализ, сильные стороны, слабости, возможности, угрозы, внешняя среда, внутренняя среда.

УДК 65.011

Разделы рубрикатора ГРНТИ 82.33.15

Разработка модели оптимизации для решения задач максимального выхода готовой продукции лесопильного предприятия

Ладиков И.С., Соколова В.А., Байрамов Хазрет, Курбанбаев Анвар

Введение.

Широкое использование склеивания в деревообрабатывающей промышленности и при производстве клеёных деталей и конструкций из массивной древесины, обусловлено возможностью полнее использовать низкосортные пиломатериалы, повышать формоустойчивость, жёсткость, придавать готовой продукции требуемую форму, изготавливать детали крупных размеров и сечений, получать прочные конструкции при малой объёмной массе, устранять анизотропию прочностных и упругих свойств древесины [1-2].

Производство клееных изделий из массивной древесины связано с немалыми затратами, поэтому весьма актуальной является задача поиска оптимального выхода на каждом этапе технологического процесса. При этом наиболее перспективным является направление использования современных автоматизированных систем оптимизации при раскросе пиломатериалов, с использованием передовых алгоритмов определение оптимальных решений, с целью более полного целенаправленного использования древесины.

В Лесотехническом университете была проведена работа по анализу продольного раскроя необрезных пиломатериалов при производстве клееного бруса. Даны решения автоматизации впередистаночного оборудования линии обрезки пиломатериалов. Разработанные в работе алгоритм оптимизации раскроя могут быть использованы в рамках комплексной автоматизации технологического процесса производства клееных изделий из древесины [3-4].

Цели и задачи.

Целью проекта является разработка алгоритма оптимизации при раскросе пиломатериалов с учётом максимально возможного выхода, на базе математического аппарата и алгоритма поиска решения задач целочисленного программирования с дальнейшей реализацией модели в MS Excel.

В работе рассматривались два типа задач оптимизации:

1. Задача поиска оптимального постава пил для получения максимального процентного выхода досок при раскросе.
2. Задача выбора группы пил из назначенного постава многопильного обрезного станка для получения наибольшего процентного выхода досок при раскросе.

Основные задачи работы состоят в следующем:

1. Анализ технологического процесса производства клееных изделий из массивной древесины и выявления технологических факторов, влияющих на производство и выход готовой продукции.

2. Разработка функциональной схемы автоматизированной линии системы измерения и автоматической подачи доски в многопильный обрезной станок.

3. Разработка модели оптимизации распиловки досок многопильным станком.

4. Реализация программной модели алгоритма оптимизации.

Методика исследования.

В работе использовались методы решения задач целочисленного программирования на основе метода ветвей и границ, метод построения и анализа алгоритма оптимизации.

Практическое заключение состоит в том, что полученные результаты могут быть использованы на практике. Предложенный алгоритм и модель оптимизации позволяют повысить производительность оборудования, увеличить выход готовой продукции и снизить влияние “Человеческого фактора” при определении параметров технологического процесса.

Оптимальное решение – это наилучшее решение, по какому-либо критерию. В общем виде задачу можно записать следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{ЦФ} \quad F = f(x_j) \rightarrow \max(\min, \text{const}) \\
 \quad \quad g_1(x_j) \leq (=; \geq) b_1 \\
 \dots \\
 \text{ОГР} \quad g_i(x_j) \leq (=; \geq) b_i \\
 \dots \\
 \text{ГРУ} \quad g_m(x_j) \leq (=; \geq) b_m \\
 \quad \quad d_j \leq x_j \leq D_j; i = 1, m; j = 1, n
 \end{array} \right\} \quad (1)$$

Систему (3.1) принято записывать более компактно:

$$\begin{array}{l}
 F = f(x_j) \rightarrow \max \\
 g_i(x_j) \leq b_i \\
 d_j \leq x_j \leq D_j \\
 i = 1, m; j = 1, n
 \end{array} \quad (2)$$

В модель (1), как и в (2), входят три составляющие:

1. ЦФ - целевая функция или критерий оптимизации, показывает, в каком смысле решение должно быть оптимальным, т.е. наилучшим. При этом возможны 3 вида назначения целевой функции:

- Максимизация;

- Минимизация;
- Назначение заданного значения.

2. ОГР - ограничения устанавливают зависимость между переменными. Могут быть как односторонними, например:

$$g_i(x_j) \leq b_i, \quad (3)$$

так и двойными

$$a_i \leq g_i(x_j) \leq b_i \quad (4)$$

При решении задачи оптимизации с помощью Excel такое двустороннее ограничение записывается в виде односторонних.

3. ГРУ - граничные условия показывают, в каких пределах могут быть значения искомых переменных в оптимальном решении.

Решение задачи, удовлетворяющее всем ограничениям и граничным условиям, называется допустимым. Если математическая модель задачи оптимизации, составлена правильно, то задача будет иметь целый ряд допустимых решений. Поясним это положение. Важной характеристикой задачи оптимизации является размерность, определяемая числом переменных n и числом ограничений m . Непременное требование для задач оптимизации является условие $n > m$, можно рассматривать как задачу оптимизации, имеющую одно допустимое решение, и решать ее как обычную задачу оптимизации, назначая в качестве ЦФ любую переменную.

Задача оптимизации имеет решение, если она удовлетворяет двум требованиям

- Есть реальная возможность иметь более одного решения, т.е. существуют допустимые решения
- Имеется критерий, показывающий в каком смысле принимаемое решение должно быть оптимальным, т.е. наилучшим из допустимых.

В работе подробно была рассмотрена технология продольного раскроя необрезных пиломатериалов в контексте производства клееного бруса. Были получены алгоритм поиска оптимального постава пил для получения максимального выхода обрезных досок при раскрое, алгоритм выбора групп пил в назначенном поставе для наиболее оптимального раскроя необрезной доски.

Заключение и выводы.

Одним из вариантов дальнейшего развития данного направления задач оптимизации является развитие системы автоматизированного сканирования пласти доски, что позволит автоматизировать операции учета картины дефектов пласти необрезной доски, учета ценностных зон досок и назначения ценностных коэффициентов, а это в свою очередь позволит использовать в

качестве критерия оптимизации не максимальный выход по площади, а максимальный ценностный выход.

В дальнейшем разработанные в работе алгоритмы оптимизации раскрытия могут быть использованы в рамках комплексной автоматизации технологического процесса производства клееных изделий из древесины.

Библиографический список

1. Онегин В.И., Цой Ю.И. Технология отделки древесины. Метод. Указания по выполнению лабораторных работ. – СПб: РиолТА, 2003. – 44с.
2. Онегин В.И., Герасюта С.М., Цой Ю.И. “Процесс испарения водорастворимых лаков” (межвузовский сборник научных трудов “Технология и оборудование деревообрабатывающих производств”) СПб, СПбГЛТА, 1999, с. 66-69.
3. Онегин В.И., Цой Ю.И. Водно-дисперсионные лакокрасочные материалы для прозрачной отделки древесины. Деревообрабатывающая промышленность. – 2002.-№4-с.16
4. Москалева В.Е. Строение древесины и его изменение при физических и механических воздействиях. М.: Издательство АН СССР, 1957. – 165 с.

Сведения об авторах

ФИО Ладиков И.С.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код нет
e-mail mtu49@mail.ru

ФИО Соколова В.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 5116-5102
e-mail sokolova_vika@inbox.ru

ФИО Байрамов Хазрет
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-

организации Петербург, Россия
SPIN-код нет
e-mail mmu49@mail.ru

ФИО Курбанбаев Анвар
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
организации Петербург, Россия
SPIN-код нет
e-mail mmu49@mail.ru

Аннотация

Целью данной публикации является разработка алгоритма оптимизации при раскрое пиломатериалов с учётом максимально возможного выхода, на базе математического аппарата и алгоритма поиска решения задач целочисленного программирования с дальнейшей реализацией модели в MS Excel.

В данной публикации рассматривались два типа задач оптимизации:

1. Задача поиска оптимального поставка пил для получения максимального процентного выхода досок при раскрое.
2. Задача выбора группы пил из назначенного поставка многопильного обрезного станка для получения наибольшего процентного выхода досок при раскрое.

Ключевые слова: клеёные детали, пиломатериалы, доски, древесина
УДК 674-413

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.29.21

2. ЛЕСОСЕЧНЫЕ РАБОТЫ

Использование малых универсальных машин для лесохозяйственных работ

Березний Н.А.

Введение. В начальный период конструкторские разработки по лесохозяйственным машинам основывались на теоретических положениях, существующих в сельскохозяйственном машиностроении. Основоположником науки о сельскохозяйственных машинах является академик В.П. Горячкин – первый в мире ученый, который пришел к теоретическому и экспериментальному обоснованию концепции сельскохозяйственных машин и их рабочих органов, определил вопросы и дал законченные решения многих теоретических и прикладных задач.

Методика исследования. За метод исследования взят метод описания универсальной малой машины.

При проведении первых приемов рубок ухода, удалении семенников в лесах естественного возобновления, санитарных рубках и разработке буреломов, наряду с традиционным средством трелевки, применяют малые универсальные трактора (рис. 1 и 2). Характеристиками таких агрегатов являются: эксплуатационная масса 300-500 кг (без прицепа), рейсовая нагрузка 1,0-1,5 т, мощность одно- или двухцилиндровых бензиновых четырехтактных двигателей 3,7-12,0 кВт. Ее движением управляет идущий впереди рабочий. Среднегодовая продолжительность использования гусеничной минимашин составляет 150 дней [1].

При работе в биотопах и торфяниках «железный конь» работает без каких-либо повреждений. Высокое качество работы, также находит свое отражение в экстремальной маневренности и огромных функциональных возможностях [2]. Доступ дорог и пересеченная местность больше не являются проблемой.

Тяжелые материалы могут быть привлечены к работе без особых усилий. Варианты оборудования, как крана с телескопической стрелой с ковшом экскаватора или шнеком, погрузочной люлькой, двигатель лебедки, различные прицепы и надстройки варианты не оставляют желать ничего лучшего для профессионала.

Дополнительный выдвижной прицеп (рис. 3) может быть загружен примерно за 10 мин с 1 м³ древесины.



Рисунок 1 – Малый универсальный трактор «железный конь».



Рисунок 2 – Малая универсальная машина OX14.



Рисунок 3 – Маневренность на крутом и мягком грунте.

ОХ14 является универсальной машиной, которая может быть использована для рытья канавы (рис. 4).



Рисунок 4 – Использование ОХ14 для рытья канавы.

Около 60 % предприятий, эксплуатирующих эти машины, применяют метод заготовки леса, заключающийся в разработке части какого-либо участка с подтаскиванием в тот же рабочий день сортиментов к волоку и укладкой их в штабель. В 25 случаях из 100 подтаскивание ведут лишь по

окончании разработки всего участка (например, в буреломных насаждениях). В обоих случаях валка и первичная обработка отделены от операции подтаскивания [3].

Порядок проведения первых приемов рубок с заготовкой леса комбинированным способом представлен на рис. 5. Достоинство комбинированного способа состоит в смене вида работ, производимых рабочим, использовании роликовой опоры при разделке деревьев у пня и выгрузке сортиментов у волока и постоянной завершенности технологических операций, выполняемых минимашинной с поваленными деревьями [4].

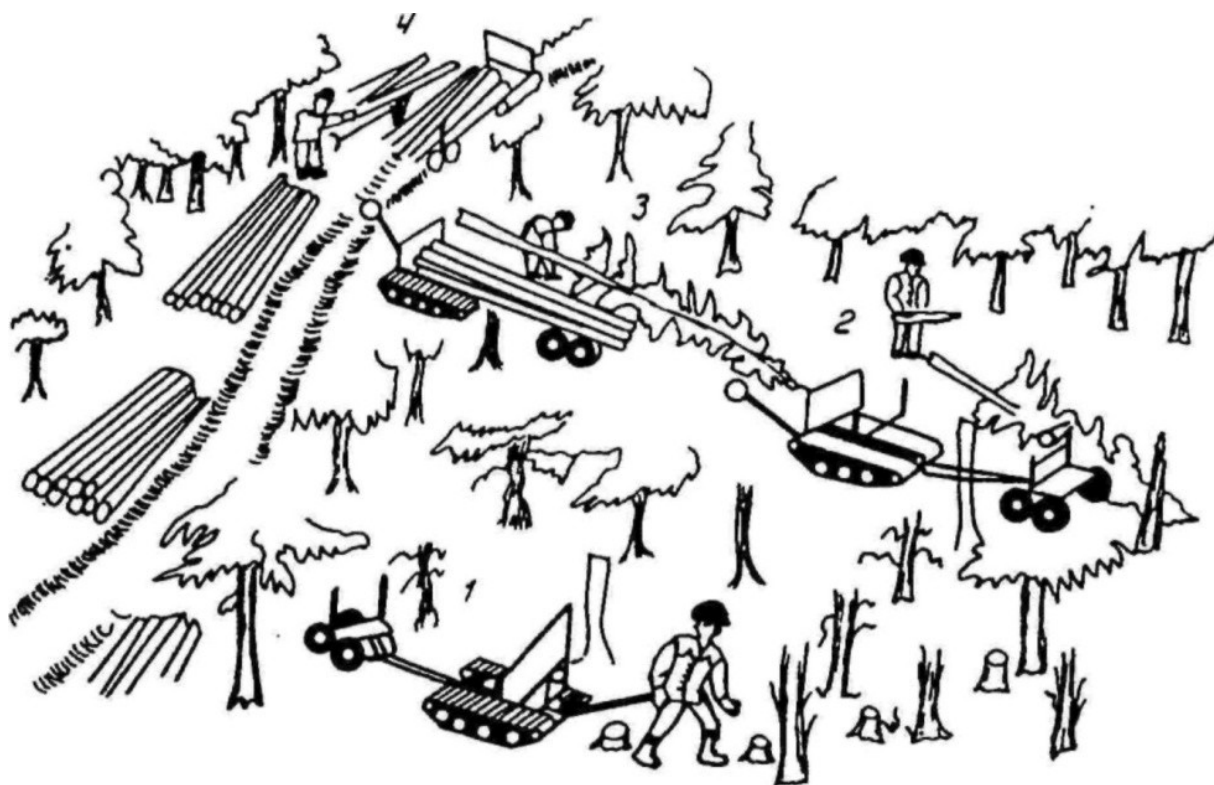


Рисунок 5 – Порядок проведения рубок ухода с помощью малой универсальной машины.

В табл. 1 приведен средний объем подвозимых к волоку пачек и производительность на подтаскивании при заготовке сортиментов различными способами. Сопоставление показывает преимущества комбинированного способа.

Таблица 1 – Средний объем подвозимых к волоку пачек и производительность на подтаскивании при заготовке сортиментов различными способами.

Способ заготовки	Среднее расстояние подтаскивания, м	Средний объем пачки при подтаскивании, м	Производительность на подтаскивании сортиментов к волоку, м ³ /ч
Комбинированный	58	0,79	2,3
Разработка участка леса с последующим подтаскиванием к волоку:			
по частям	98	0,67	1,2
всего участка	123	0,51	1,2

Малая механизация лесозаготовок на рубках ухода находит основное применение при выполнении лесохозяйственных работ.

Библиографический список

1. Сюнев, В.С. Обоснование выбора систем машин для рубок ухода [Текст] : автореф. дис. ... д-ра. техн. наук : 05.21.01 / В.С. Сюнев. – Воронеж, 2000. – 20 с.
2. Герасимов, Ю.Ю. Экологическая оптимизация технологических процессов и машин для лесозаготовок [Текст] / Ю.Ю. Герасимов, В.С. Сюнев. – Йоэнсуу : Изд-во ун-та Йоэнсуу, 1998. – 178 с.
3. Вавилкин, А.Г. Механизация лесозаготовок в Швеции [Текст] / А.Г. Вавилкин. – Москва : ВНИПИЭИлеспром, 1994. – 2 с.
4. Климов, О.Г. О соответствии техники и технологии [Текст] / О.Г. Климов // Лесн. хоз-во. – 2002. – № 4. – С. 11.

Сведения об авторах

ФИО Березний Николай Анатольевич
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 2469-7665
e-mail deadmen1777@yandex.ru

Аннотация

При проведении первых приемов рубок ухода, удалении семенников в лесах естественного возобновления, санитарных рубках и разработке буреломов наряду с традиционным средством трелевки применяют малые универсальные трактора.

Ключевые слова: лесосечные работы, малые универсальные машины.

УДК 630*232.337

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 66.15.01; 66.15.19; 66.15.21

Освоение лесосек со слабонесущими грунтами путем использования канатных установок

**Бирман А.Р., Свойкин Ф.В., Королько Н.С., Угрюмов С.А.,
Вохмянин Н.А., Соколова В.А., Кривоногова А.С.**

Введение.

В настоящее время объем лесонасаждений, пригодных к промышленному освоению, находящихся в Северо-Западном федеральном округе, составляет около 4 млн. м³. Сюда относятся леса спелые (возрастом 51...70 лет) и перестойные (возрастом более 71 года), различного породного состава со значительным запасом на 1 га площади. Основная часть лесонасаждений расположена на территориях со сложной проходимостью – с переувлажненными почвами, на заболоченных участках и участках со сложным рельефом местности. Отсутствие развитой сети лесных дорог, специфика климата и преувлажненность грунтов в данном регионе препятствуют эффективному использованию традиционно применяемых на лесозаготовках систем трелевочных машин на базе тяжелых тракторов со снаряженной массой от 8 до 30 тонн [1, 2]. Поэтому фактическое освоение расчетной лесосеки не превышает 40% [3]. Не освоенный перестойный лес с течением времени отмирает и является причиной распространения болезней и вредителей.

Традиционно максимальные объемы заготовки леса в Северо-Западном федеральном округе осуществлялись в зимний период года, когда почвы промерзали на глубину, достаточную для проезда тяжелой техники. Однако в последние годы значительно повысилась среднемесячная зимняя температура, въезд транспорта стал затруднен, объемы лесозаготовки значительно уменьшились.

Значительную часть лесного фонда Северо-Западного федерального округа составляют защитные леса, их площади в последние годы возрастают [4]. В защитных лесах не производится промышленная заготовка леса, в них

осуществляется сохранение средообразующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных функций. В то же время полного запрета заготовки в таких лесах нет, таким образом защитные леса можно рассматривать, как условно эксплуатационные. В защитных лесах необходимо периодически производить рубки ухода, которые имеют высокую интенсивность, а выбираемый при этом запас составляет до 100...110 м³/га при общем запасе до 300 м³/га [5].

Основной проблемой в лесах Северо-Западного федерального округа является вывозка и транспортировка древесины, поскольку традиционно применяемая тяжелая трелевочная техника не способна преодолевать естественные препятствия. При аварийных ситуациях, связанных с остановкой или поломкой машин на переувлажненных и заболоченных территориях, представленных на рисунке 1, повышаются затраты на обслуживание и ремонт техники, снижаются темпы лесозаготовки в связи с простоем поврежденных машин, поэтому часто приходится сжигать или оставлять заготовленную древесину для естественного перегнивания в лесу [6].



Рис. 1. Работа тяжелой техники в условиях заболоченных и переувлажненных лесосек

Цели и задачи.

Исходя из вышеизложенного, по нашему мнению, актуальным является широкое внедрение вывозки леса в Северо-Западном федеральном округе и в иных труднодоступных регионах с применением канатных трелевочных установок.

В сравнении с традиционной тракторной трелевкой леса канатные трелевочные установки обладают рядом преимуществ [7] при их эксплуатации на труднодоступных переувлажненных лесосеках, а именно:

- применение канатных установок позволяет существенно уменьшить финансовые затраты на строительство и эксплуатацию лесных дорог;
- канатные установки можно использовать в любых погодных условиях и на любых несущих грунтах;
- уменьшается объем лесных отходов, остающихся на лесосеке;
- уменьшаются энергозатраты на эксплуатацию установок.
- обеспечивается сохранение грунтов и лесной среды.

В настоящее время выпускается широкий модельный ряд канатных трелевочных установок различных зарубежных фирм – Madill (Канада), Tajfun (Словения), Larix, (Чехия), хорошо зарекомендовавших себя при работе на лесосеках.

Однако использование канатных установок на труднопроходимых и заболоченных лесосеках, имеет ряд специфических проблем, а именно:

- низкая рентабельность производства сортиментов на заболоченных лесосеках;
- низкая устойчивость опор и, как следствие, необходимость установки дополнительных опор или, выполнение дополнительных технологических операций по креплению несущего каната к устойчивым деревьям;
- увеличение списочного числа бригады;
- низкая производительность канатных трелевочных установок (5...9 м³/ч) по сравнению с колесными сортиментоподборщиками (15...20 м³/ч).

Следовательно, для эффективного освоения труднопроходимых для традиционных видов техники и технологий лесосек необходимо внедрение новых технических решений, обеспечивающих устранение вышеизложенных проблем при использовании канатных трелевочных установок.

Результаты исследования.

Кафедрой технологических процессов и машин лесного комплекса разработана конструкция мобильной канатно-рельсовой трелевочной

установки, позволяющей эффективно осуществлять перемещение заготовленной древесины на территориях с переувлажненными и заболоченными почвогрунтами.

Транспортировка мобильной канатно-рельсовой трелевочной установки осуществляется в бункере, установленном на автомобиле повышенной проходимости.

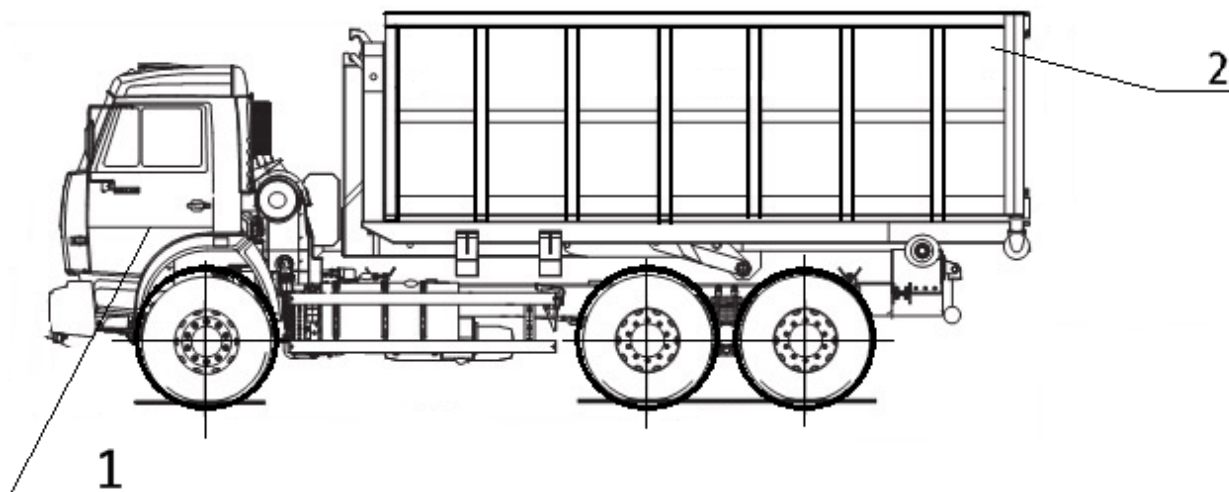


Рис. 2. Мобильная канатно-рельсовая трелевочная установка
1 – Тягач; 2 – Бункер.

В бункере находится комплект технологического оборудования, обеспечивающего трелевку древесины из лесосек с грунтами малой несущей способности (рисунок 3).

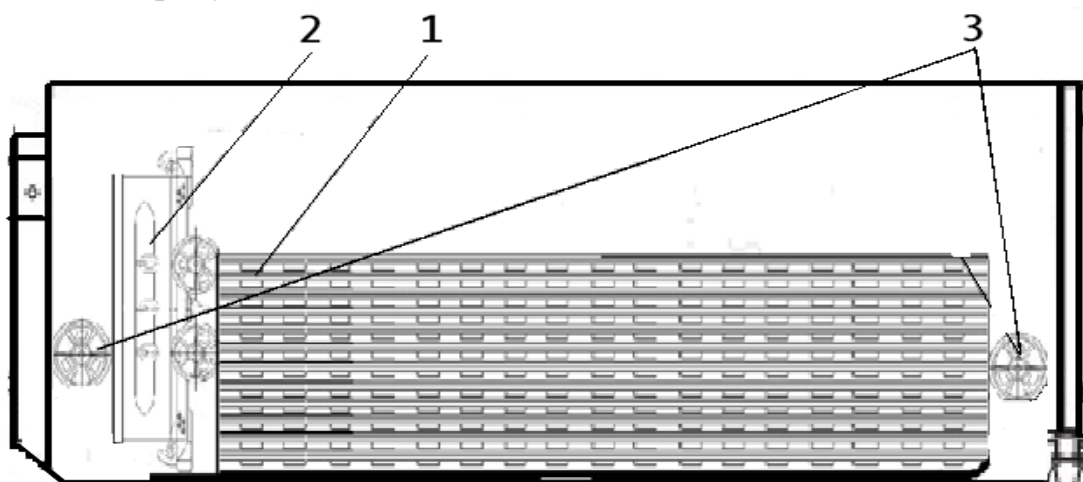


Рис. 3. Содержимое бункера мобильной канатно-рельсовой трелевочной установки:

1 – рельсы; 2 – каретка (транспортное положение); 3 – лебедки ЛМ-2

Работа мобильной канатно-рельсовой трелевочной установки осуществляется следующим образом. Автомобиль подъезжает и останавливается на границе труднопроходимого участка местности. Затем с помощью переносной автоматической лебедки ЛМ-2 осуществляется спуск

бункера на землю и выдвижение пачки рельс. После выдвижения пачки рельс из бункера лебедка ЛМ–2 извлекается из бункера и устанавливается на укрепленную подставку на поверхности земли. При этом лебедку тросом скрепляют с деревом или опорой, находящимися в конце трассы трелевки на расстоянии до 100 метров от бункера (рисунок 4).

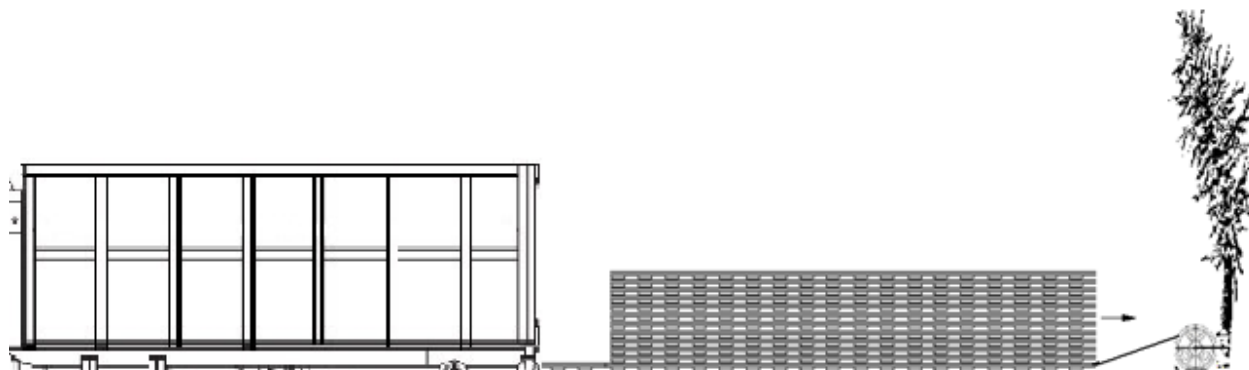


Рис. 4. Подготовка мобильной канатно-рельсовой трелевочной установки к работе

Далее происходит растаскивание модулей рельс лебедкой с образованием рельсового пути, на который устанавливают подвижную каретку с лебедкой для подтягивания деревьев или хлыстов. Эта лебедка посредством тросов перемещает спиленные деревья или хлысты к каретке, которая в свою очередь перемещает их к бункеру. Возле бункера на ровной площадке может осуществляться дальнейшая обработка заготовленного леса – очистка от сучьев раскряжевка и иные технологические операции, после выполнения которых осуществляется погрузка на лесовоз с применением гидроманипулятора (рисунок 5).

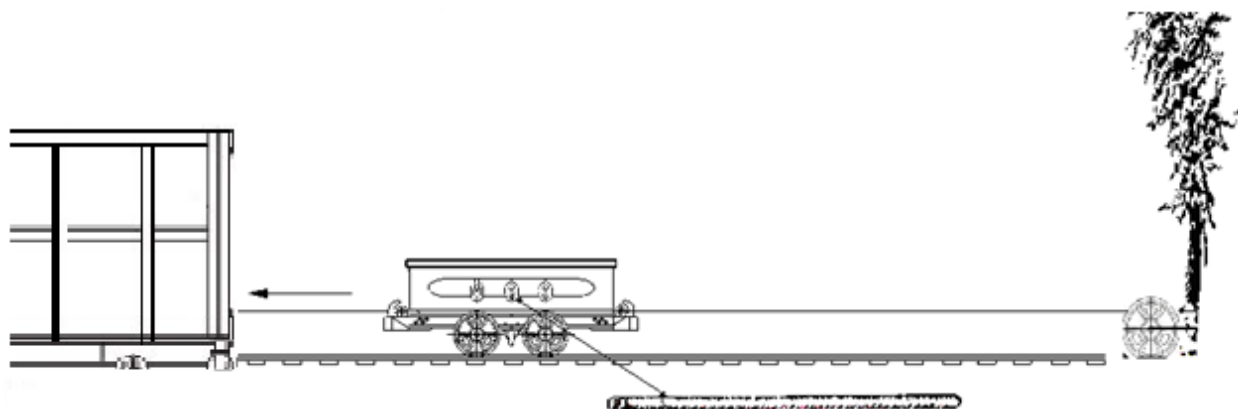


Рис. 5. Работа мобильной канатно-рельсовой трелевочной установки

По завершении работы осуществляется сбор технологического оборудования в бункер в последовательности, обратной процессу разборки.

Выводы.

Рассмотренный способ применения мобильной канатно-рельсовой трелевочной установки имеет преимущество по сравнению с традиционно применяемыми колесными и гусеничными трелевочными машинами и традиционными канатными установками на грунтах с пониженной несущей способностью. Их применение позволяет повысить производительность трелевки и объемы перемещаемого древесного сырья и облегчить условия труда на лесозаготовках.

Библиографический список

1. *Свойкин Ф.В.* Прогнозирование периода лесосечных работ на летних лесосеках Республики Коми // Актуальные проблемы развития лесного комплекса. 2013. – с.31–35.
2. *Анисимов Г.М., Кочнев А.М.* Основные направления повышения эксплуатационной эффективности гусеничных трелевочных тракторов. – СПб.: СПбГПУ, 2007. 455 с.
3. *Корпачев В.П., Пережилин А.И., Андрияс А.А.* Использование лесных ресурсов в России // Хвойные бореальной зоны. 2016. Т. 34. № 1-2. С. 56-60.
4. *Чеботарева Т.А.* Современные проблемы лесозаготовки и варианты их устранения // Вестник евразийской науки. 2018. Т. 10. № 1. С. 34-41.
5. *Григорьева О.И., Григорьев М.Ф.* Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований рубок ухода в сосновых насаждениях // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т. 5. № 10 (36). С. 148-152.
6. *Капустин В.В.* Условия эксплуатации и возможности повышения надёжности лесозаготовительных машин // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2017. № 50. С. 6-8.
7. *Григорьев И.В., Свойкин Ф.В., Григорьева О.И.* Транспортная система для сбора и трелевки древесины в условиях заболоченных лесосек // Транспортные и транспортно-технологические системы. 2016. С. 93-97.

Сведения об авторах

ФИО	Бирман Алексей Романович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	9424-7866
e-mail	birman1947@mail.ru
ФИО	Свойкин Федор Владимирович

Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	6298-4641
e-mail	svoykin_fv@mail.com
ФИО	Королько Н.С.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	9424-7866
e-mail	kns89lta@mail.ru
ФИО	Угрюмов Сергей Алексеевич
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	9424-7866
e-mail	ugr-s@yandex.ru
ФИО	Вохмянин Николай Александрович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	9424-7866
e-mail	7520910@gmail.com
ФИО	Соколова Виктория Александровна
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	5116-5102
e-mail	sokolova_vika@inbox.ru
ФИО	Кривоногова Александра Станиславона
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия

SPIN-код

8399-6121

e-mail

krivonogova.aleksandra@lta-landscape.com

Аннотация

Предложено техническое решение для разработки труднодоступных переувлажненных лесосек применительно к условиям Северо-Западного федерального округа РФ, основанное на использовании преимуществ канатной трелевки древесины каретками по легкому рельсовому пути. Представлены конструктивные особенности мобильной канатно-рельсовой трелевочной установки, обеспечивающей повышение производительности трелевки и объемов перемещаемого древесного сырья на лесозаготовках.

Ключевые слова: трелевка, переувлажненные труднодоступные лесосеки, мобильная канатно-рельсовая трелевочная установка, производительность, лебедка, рельсы.

УДК 625.8:630

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 66.15.19

Расчет коэффициента динамичности воздействия движителя лесной машины на снег

Тарадин Г.С., Котенев Е.В.

Введение

Давление движителя – одна из важнейших характеристик воздействия лесной машины на опорную поверхность, используемая при расчете глубины колеи h и тягово-сцепных свойств движителя [1] – [8]. Получены и апробированы решения уравнений, связывающих давление единичного движителя лесной машины q и деформации грунта h , как однородного [4], [9], так и неоднородного [1], [10], [11]. В работе предложен [12] подход к расчету показателей взаимодействия машин с упрочняющимися опорными поверхностями. Сравнительно меньше исследованы вопросы циклического воздействия движителя на грунт, возникающего, например, при последовательных проходах колес машины по следу. По мере возрастания числа циклов нагружения N возрастает и суммарная деформация грунта h_N . Для учета этого явления был предложен следующий подход [13]: рассматривается однократное воздействие штампа-движителя на опорную поверхность, но при расчете осадки (глубины колеи) h используется значение эквивалентного давления движителя p , которое находится как произведение фактического давления q и повышающего поправочного коэффициента k_d .

Идея строится на допущении о том, что при давлении p деформация h будет приближенно соответствовать суммарной деформации h_N при N -кратном воздействии давления q . Коэффициент k_d также называется коэффициентом динамичности нагрузки, он учитывает длительность воздействия машины на опорную поверхность и зависит от реологической модели опорной поверхности [13]. Как правило, для вычисления коэффициента k_d пользуются моделью грунта Максвелла [13], [14]. Однако, далеко не все типы грунта и, в частности, снег, корректно моделируются телом Максвелла [11].

Цель нашей работы – получить выражение коэффициента динамичности воздействия движителя на снег.

Вычислим коэффициент k_d как соотношение мгновенной деформации опорной поверхности ε_0 и ее действительного значения ε , определяемое с учетом времени воздействия и реологической модели опорной поверхности:

$$k_d = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \quad (1)$$

Значение ε_0 определим по формуле мгновенной деформации тела Гука [15]:

$$\varepsilon_0 = \frac{\sigma}{E}, \quad (2)$$

где σ – нормальное напряжение в массиве грунта, вызванное воздействием движителя, E – модуль деформации опорной поверхности.

Согласно [16] поведение снега при уплотнении описывается реологической моделью Гогенемзера-Прагера. Тогда значение ε найдем из решения дифференциального уравнения [15]:

$$\sigma + \frac{\eta}{E + E_0} \frac{d\sigma}{dt} = \frac{EE_0}{E + E_0} \varepsilon + \frac{E\eta}{E + E_0} \frac{d\varepsilon}{dt}, \quad (3)$$

где η – вязкость снега, E_0 – модуль длительной деформации, t – время воздействия.

При $\sigma = \text{const}$ и $\varepsilon(0) = \varepsilon_0$ получим решение уравнения (3):

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \frac{\sigma}{E_0} \left(1 - \exp\left(-\frac{E_0}{\eta} t\right) \right). \quad (4)$$

Тогда коэффициент k_d по формуле (1):

$$k_d = 1 + \frac{E}{E_0} \left(1 - \exp\left(-\frac{E_0}{\eta} t\right) \right). \quad (5)$$

Суммарное время воздействия машины на грунт определим по уравнению [8]:

$$t = N \frac{L}{v}, \quad (6)$$

где L – длина пятна контакта движителя со снегом, v – скорость поступательного движения машины, N – число последовательных проходов движителя по следу.

Ориентируясь на [14], примем зависимость η [МПа·с] от ρ [г/см³]:

$$\eta = \frac{1}{\rho}. \quad (7)$$

Согласно [13], соотношение η и E_σ следующее:

$$\frac{\eta}{E_\sigma} = \frac{1}{2\varphi}. \quad (8)$$

Тогда E_σ [МПа] определим в зависимости от ρ [г/см³], φ [°] по формуле:

$$E_\sigma = \frac{2\varphi}{\rho}. \quad (9)$$

С учетом формул (7), (9), (10) коэффициент k_d зависит от ρ , t , результаты расчета по уравнению (5) проиллюстрированы на рисунке 1.

Результаты расчетов показывают, что при расчете показателей воздействия движителя на рыхлый снег давление движителя p следует принимать на 5-7 % выше фактического q , при расчете воздействия на снег средней плотности давление p выше q на 15-20 %. Уточненное расчетное значения давления p может использоваться при реализации математических моделей взаимодействия движителей лесных машин [2], [4], [7] – [9], [12] со снегом, в том числе, базирующихся на результатах оперативного контроля свойств опорной поверхности по [3], [6], [17] – [20].

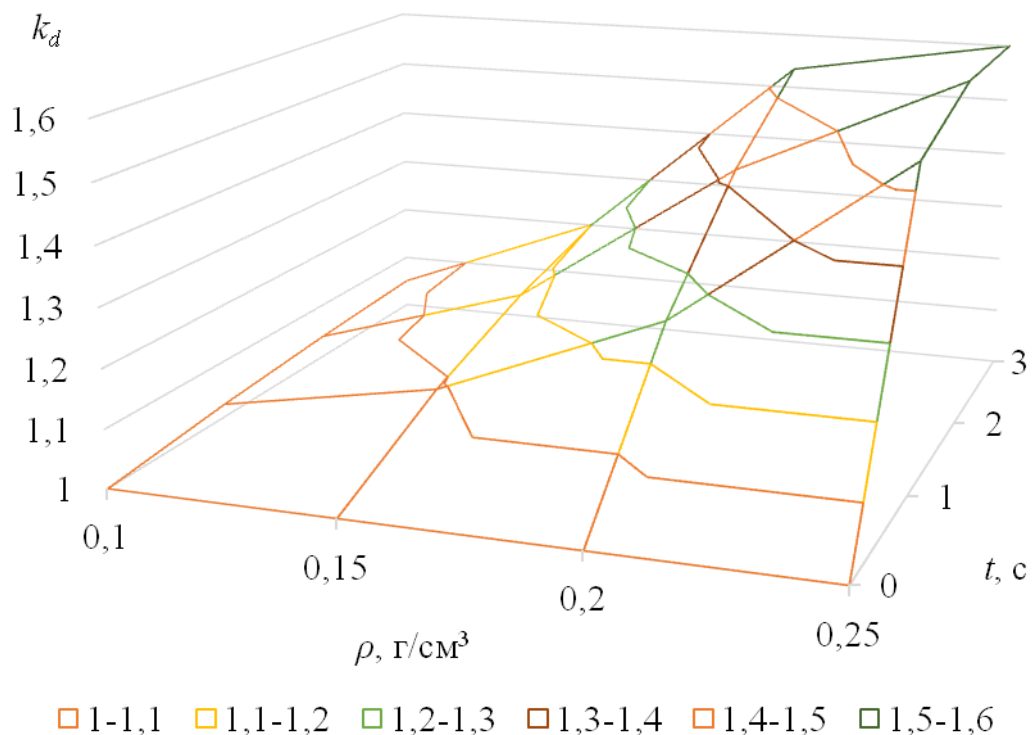


Рисунок 1 – Зависимость повышающего коэффициента к давлению движителя от плотности снега и длительности воздействия

Библиографический список

1. Никифорова А.И., Хитров Е.Г., Пельмский А.А., Григорьева О.И. Определение осадки при движении лесозаготовительной машины по двуслойному основанию. Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2014. № 2 (139). С. 87-91.
2. Григорьев И.В., Макуев В.А., Никифорова А.И., Хитров Е.Г., Устинов В.В., Калинин С.Ю. Исследование коэффициента сопротивления передвижению колесных лесных машин. Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2014. Т. 18. № S2. С. 36-41.
3. Рудов С.Е., Хитров Е.Г., Рудов М.Е., Устинов В.В. Расчет тяговых и сцепных свойств колесного скиддера с использованием данных зарубежных коллег. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 1 (12). С. 223-228.
4. Хитров Е.Г., Бартенев И.М. Расчет глубины колеи колесного движителя лесных тракторов на склонах. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 4 (24). С. 233-239.
5. Хитров Е.Г., Бартенев И.М. Влияние угла поперечного наклона поверхности качения на тягово-сцепные свойства колесного движителя. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 4 (24). С. 225-232.
6. Хитров Е.Г., Хахина А.М., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Никифорова А.И. Расчет тягово-сцепных свойств колесных лесных машин с использованием WES-метода. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 196-202.

7. *Хитров Е.Г., Хахина А.М., Дмитриева М.Н., Песков В.Б., Григорьева О.И.* Уточненная модель для оценки тягово-сцепных свойств колесного движителя лесной машины. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. № 217. С. 108-119.
8. *Ivanov V., Stepanishcheva M., Khitrov E., Iliushenko D.* Theoretical model for evaluation of tractive performance of forestry machine's wheel. В сборнике: International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 18. 2018. С. 997-1004.
9. *Kochnev A., Khitrov E.* Theoretical models for rut depth evaluation after a forestry machine's wheel passover. В сборнике: International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 18. 2018. С. 1005-1012.
10. *Казаков Д.П., Песков В.Б., Хитров Е.Г., Андронов А.В.* Решение задачи о вдавливании штампа в неоднородное полупространство неограниченной толщины. В сборнике: Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы третьей международной научно-технической конференции. Под редакцией В.М. Гедьо. 2018. С. 174-177.
11. *Хитров Е.Г., Песков В.Б., Казаков Д.П., Божбов В.Е., Степанищева М.В.* Метод решения задачи о вдавливании штампа-двигателя в неоднородный массив грунта. Системы. Методы. Технологии. 2018. № 2 (38). С. 116-121.
12. *Khitrov E.G., Andronov A.V.* Mathematical model of interaction between forest machine's rover and strengthening soil. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1177 (2019) 012032. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1177/1/012032>
13. *Агейкин Я. С.* Проходимость автомобилей. М.: Машиностроение, 1981. 232 с.
14. *Григорьев И.В., Никифорова А.И., Пельмский А.А., Хитров Е.Г., Хахина А.М.* Экспериментальное определение времени релаксации напряжений лесного грунта. Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2013. № 8 (137). С. 77-80.
15. *Бленд Д.Р.* Теория линейной вязкоупругости. М.: Мир, 1965, 390 с.
16. *Егоров А. Л.* Обоснование рабочих параметров снегоуборочной машины с уплотняющим рабочим органом. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2004. – 32с.
17. *Хитров Е.Г., Хахина А.М., Орденко Л.В.* Пенетрационные испытания и методика оперативного контроля свойств лесного почвогрунта. В книге: Леса России: политика, промышленность, наука, образование материалы научно-технической конференции. Под. ред. В.М. Гедьо. 2016. С. 169-172.
18. *Хитров Е.Г., Хахина А.М., Лухминский В.А., Казаков Д.П.* Исследование связи конусного индекса и модуля деформации различных типов грунтов. Resources and Technology, том 14 (2017), номер 4, 1 - 16 С.
19. *Ражук Г.С., Хитров Е.Г.* Оперативный контроль состояния почвогрунта лесосеки. В сборнике: Актуальные проблемы развития лесного комплекса

Материалы Международной научно-технической конференции. Вологодский государственный университет; Ответственный редактор С.М. Хамитова. 2018. С. 110-112.

20. Хитров Е.Г., Котенев Е.В., Андронов А.В., Тарадин Г.С., Божбов В.Е. Теоретический расчет несущей способности связного грунта по конусному индексу и механическим свойствам. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. № 226. С. 111-123.

Сведения об авторах

ФИО Тарадин Григорий Сергеевич
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код –
e-mail grisha190@mail.ru

ФИО Котенев Евгений Викторович
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код –
e-mail kotenew@bk.ru

Аннотация

В статье получено выражение коэффициента динамичности воздействия движителя лесной машины на снег. Уравнение получено на основе сопоставления деформации тела, реология которого описывается моделью Гогенемзера-Прагера и тела Гука. Результаты расчетов показывают, что при расчете показателей воздействия движителя на рыхлый снег давление движителя следует принимать на 5-7 % выше фактического, при расчете воздействия на снег средней плотности давление следует принять выше фактического на 15-20 %. Уточненные расчетные значения давления p может использоваться при реализации математических моделей взаимодействия движителей лесных машин со снегом, в том числе, базирующихся на результатах оперативного контроля свойств опорной поверхности.

Ключевые слова: заснеженная опорная поверхность, движитель лесной машины, циклическая нагрузка, модель Гогенемзера-Прагера; snow-covered surface, forest machine drive, cyclic load, Hohenemser-Prager model

УДК 630*3

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.15.19

Расчет синтетического несущего каната трелевочной установки

Хитров Е.Г., Лихачев И.П., Боровский В.В.

Введение

Для трелевки древесины в сложных условиях, например, в горах или на заболоченных лесосеках, используют канатные трелевочные установки. Несущие канаты установок, как правило, стальные. Погонный вес их составляет 50-150 Н/м [1], что создает дополнительные нагрузки на опорные канатных установок. В последние годы промышленность предлагает все больше марок канатов, выполненных из легких синтетических материалов [2], [3]. *Цель нашей работы* – исследовать математическую модель несущего каната трелевочной установки, выполненного из синтетического материала, определить траекторию пачки лесоматериалов и сравнить результаты расчета с показателями стального несущего каната.

Будем рассматривать несущий канат как тяжелую растяжимую гибкую нить, жестко закрепленную на концах. Теория гибкой нити изложена в работах многих отечественных и зарубежных ученых, в нашей статье будем опираться на работу [4].

Расчетная схема к решению задачи представлена на рисунке 1. Точки *A* и *B* соответствуют вершинам мачт трелевочной установки, несущий канат нагружен равномерной нагрузкой *q* (погонный вес каната) и сосредоточенной силой *G* в точке *x*₀ (каретка с пачкой лесоматериалов). Длина пролета канатной установки *l*, разность высот вершин мачт – *h*.

Уравнение ординаты гибкой нити на участках левее и правее точки воздействия нагрузки *G* следующие:

$$y_1 = \frac{q}{H} \left(\frac{x^2}{2} - \delta_1 x \right), \quad (1)$$

$$y_2 = \frac{q}{H} \left(\frac{x^2}{2} - \delta_2 x \right) + \frac{Gx_0}{H}, \quad (2)$$

где обозначено:

$$\delta_1 = \frac{l}{2} - a \frac{h}{l} + \kappa(l - x_0), \quad (3)$$

$$\delta_2 = \frac{l}{2} - a \frac{h}{l} - \kappa x_0, \quad (4)$$

$$\kappa = \frac{G}{ql}, \quad (5)$$

$$a = \frac{H(1 + \alpha^* H)}{q_0}, \quad (6)$$

где H – горизонтальная составляющая натяжения нити, q_0 – погонный вес нерастянутой нити, α^* – податливость нити при растяжении:

$$\alpha^* = \frac{1}{EF}, \quad (7)$$

где E – модуль упругости нити при растяжении, F – площадь поперечного сечения нити.

В уравнениях (1), (2), помимо значений l, h, q_0, G, x_0, E, F , являющихся исходными данными, присутствуют величины q, H . Для их определения воспользуемся уравнением длины гибкой нити L , растянутой под собственным весом и весом сосредоточенной нагрузки:

$$L = l + \frac{l}{6a^2} (l^2 - 3\kappa x_0 + 3\kappa x_0 (\delta_1 + \delta_2) - 3\delta_2 (l - \delta_2)) \quad (8)$$

$$L = (1 + \alpha^* H) L_0 \quad (9)$$

$$q = \frac{q_0}{1 + \alpha H} \quad (10)$$

где L_0 – длина нерастянутой гибкой нити, в нашей задаче примем:

$$L_0 = \sqrt{l^2 + h^2} \quad (11)$$

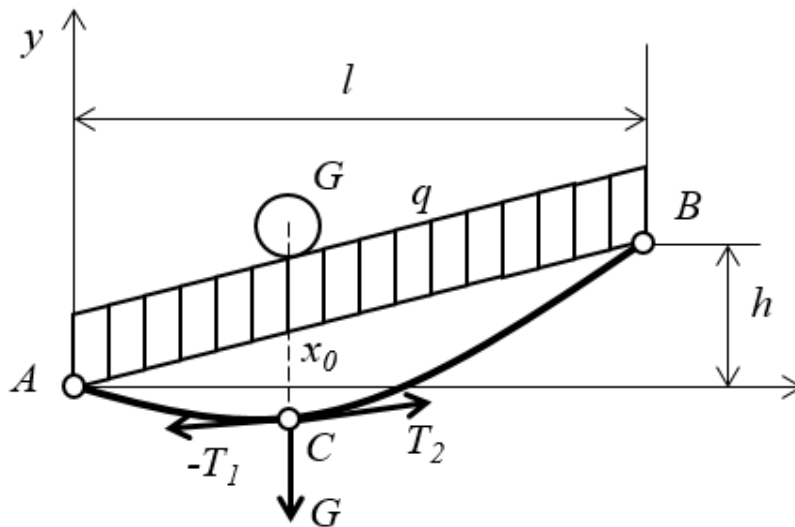


Рисунок 1 – Схема к расчету несущего каната трелевочной установки

Объединим уравнения (8) – (11) в систему, из решения которой, с учетом (3) – (7), найдем H при заданных l, h, q_0, G, x_0, E, F . Далее рассчитаем a и q по (6) - (8), а затем $\delta_1, \delta_2, \kappa$ по формулам (3) – (5). Форму гибкой нити под воздействием нагрузки найдем по уравнениям (1), (2).

Натяжение ветвей каната T_1 и T_2 рассчитаем по формулам:

$$T_1 = \frac{H}{\frac{dy_1}{dx}} \quad (12)$$

$$T_2 = \frac{H}{\frac{dy_2}{dx}} \quad (13)$$

Угол наклона несущего каната определим по формуле:

$$\gamma = \text{arctg} \frac{dy_2}{dx} \quad (14)$$

Для расчета примем: $d = 32$ мм, для синтетического каната $q_0 = 0,622 \cdot 10^{-3}$ кН/м, $EF = 17,92 \cdot 10^3$ кН; для стального каната $q_0 = 0,056$ кН/м, $EF = 60,3 \cdot 10^3$ кН. Прочие параметры: $l = 65$ м, $h = 20$ м, $G = 1,5$ кН.

Результаты расчета траектории груза при перемещении в пределах пролета представлены на рисунке 2.

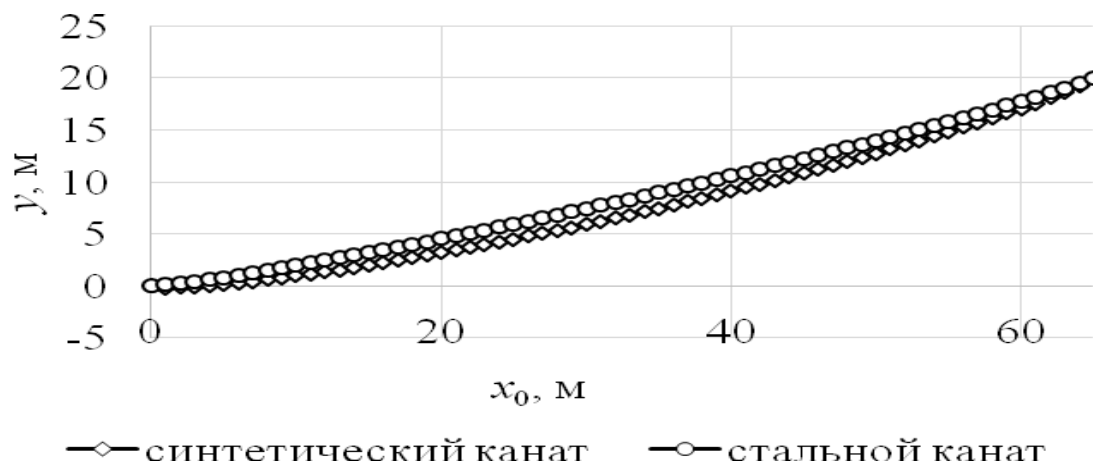


Рисунок 2 – Траектория каретки с грузом при перемещении по пролету канатной установки

Как показывают результаты расчета, траектория груза при использовании синтетического несущего каната близка к траектории груза, перемещающегося по традиционному стальному несущему канату. На рисунке 2 представлены результаты расчета угла наклона траектории груза, эти сведения необходимы при выполнении тягового расчета канатной установки.

Как видно из рисунка 2, угол наклона для синтетического каната также сопоставим с углом наклона стального несущего каната. На рисунке 3 проиллюстрировано изменение горизонтальной составляющей натяжения несущего каната по мере перемещения каретки с пачкой лесоматериалов в пределах пролета трелевочной установки, на рисунке 4 представлены графики изменения суммарного натяжения правой ветви несущего каната.

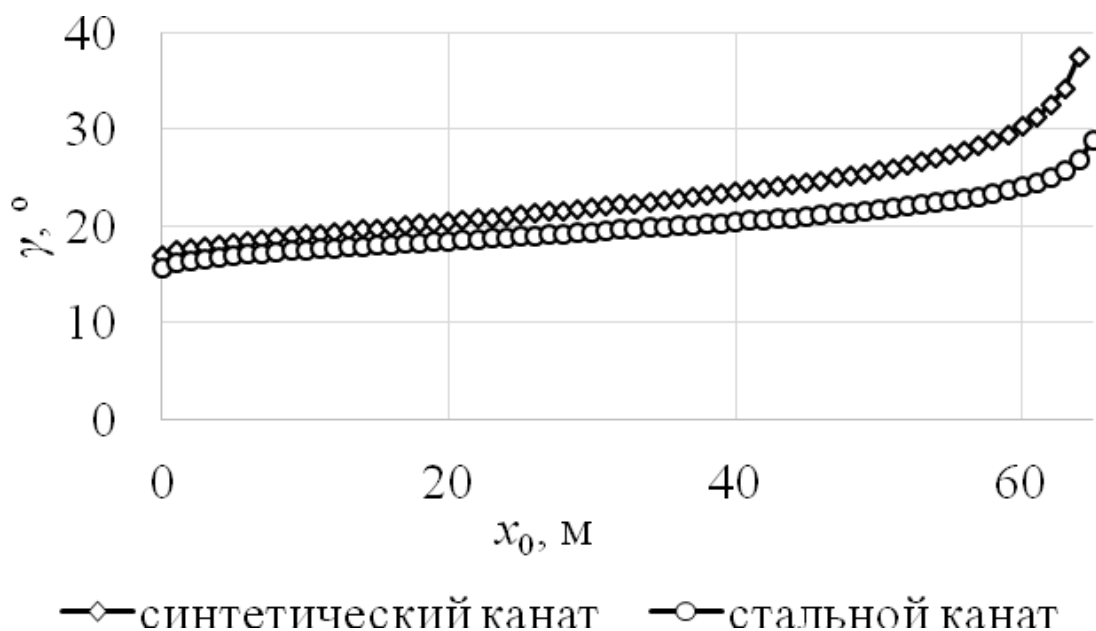


Рисунок 2 – Угол наклона траектории каретки с грузом при перемещении по пролету канатной установки

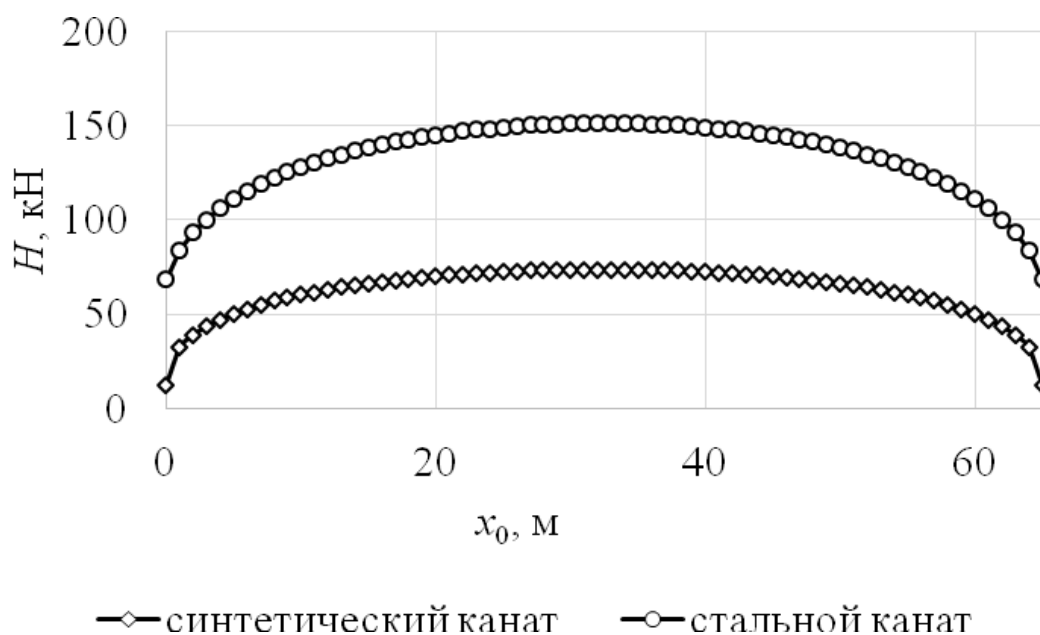


Рисунок 3 – Горизонтальная составляющая натяжения несущего каната при перемещении груза по пролету канатной установки

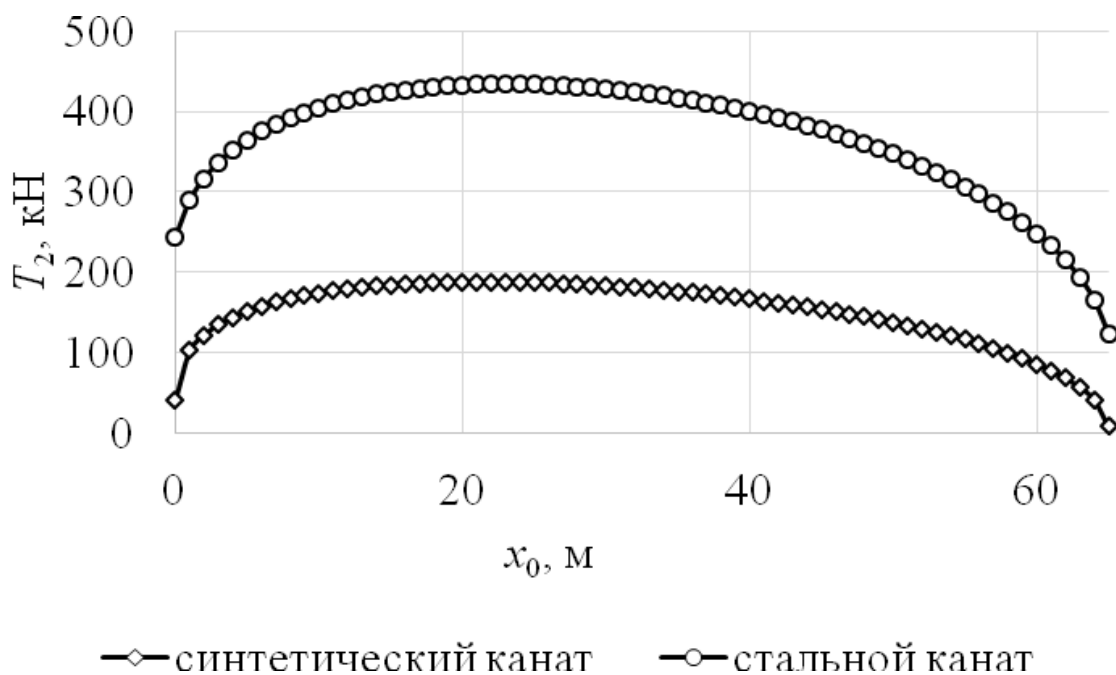


Рисунок 4 – Натяжение правой ветви несущего каната при перемещении груза по пролету канатной установки

Сопоставление результатов расчетов показывает, что для синтетического каната горизонтальная составляющая натяжения, а также суммарное натяжение каната на 50-60 % ниже, чем для стального (при равных диаметрах несущего каната).

Таким образом, при использовании синтетических материалов в трелевочных установках позволяет снизить нагрузки на опоры трелевочной установки ориентировочно в 2 раза, при этом траектория каретки с лесоматериалам практически соответствует траектории, рассчитанной для стального несущего каната.

Снижение натяжения каната обеспечит уменьшение частот вынужденных поперечных и продольных колебаний несущего каната [4], что благоприятно скажется на надежности, производительности и силовых параметрах канатной трелевочной установки. Количественная оценка колебаний несущего каната является предметом дальнейших исследований.

Библиографический список

1. ГОСТ 3077-80. Канат двойной свивки типа ЛК-О конструкции 6x19(1+9+9)+1 о.с. Сортамент (с Изменениями N 1, 2)
2. Абузов А.В. Теоретическое обоснование параметров канатных лесотранспортных систем на базе аэростатических и пневматических

конструкций: автореферат дис. ... доктора технических наук по специальности 05.21.01. Екатеринбург, 2015. 42 с.

3. Каталог синтетических тросов Samson [Электронный ресурс], режим доступа: <http://www.samsonropecatalogs.com/home/100239.pdf>, дата обращения: 8.05.2019.
4. Меркин Д. Р. Введение в механику гибкой нити. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980. 240 с.

Сведения об авторах

ФИО Хитров Егор Германович
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail yegorkhitrov@gmail.com

ФИО Лихачев Игорь Петрович
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail

ФИО Боровский Владимир Викторович
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail

Аннотация

Цель нашей работы – исследовать математическую модель несущего каната трелевочной установки, выполненного из синтетического материала, определить траекторию пачки лесоматериалов и сравнить результаты расчета с показателями стального несущего каната. Расчет выполнен для несущего каната диаметром 32 мм. Как показывают результаты расчета, траектория груза при использовании синтетического несущего каната близка к

траектории груза, перемещающегося по традиционному стальному несущему канату, так же как и угол ее наклона. Сопоставление результатов расчетов показывает, что для синтетического каната горизонтальная составляющая натяжения, а также суммарное натяжение каната на 50-60 % ниже, чем для стального. Таким образом, при использовании синтетических материалов в трелевочных установках позволяет снизить нагрузки на опоры трелевочной установки ориентировочно в 2 раза, при этом траектория каретки с лесоматериалам практически соответствует траектории, рассчитанной для стального несущего каната.

Ключевые слова: трелевочные установки, несущий канат, натяжение, траектория груза; skidding, carrying rope, tension, trajectory of the load;

УДК 630*3

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.15.19

Подбор допустимого давления движителя колесных лесных машин в зависимости от грунтовых условий

Хитров Е.Г., Фролов И.И.

Введение

Среднее давление на грунт p является важнейшей характеристикой воздействия движителя колесной машины на опорную поверхность. Давление на грунт определяется глубиной колеи h , образующейся при проходе машины, от которой, в свою очередь, зависит сопротивление грунта движению машины F_r . Величина давления движителя на грунт определяет нормальное напряжение σ в нем, от этого зависит касательное напряжение τ по пятну контакта движителя с опорной поверхностью, следовательно, сила сцепления движителя с поверхностью F_T и коэффициент буксования S . В совокупности сопротивление движению и коэффициент буксования определяют рабочую скорость машины v . Разность коэффициентов сцепления μ и сопротивления φ_r – коэффициент тяги φ_p , является характеристикой проходимости машины P , кроме того, с его помощью определяется высота одиночного препятствия z , которое может преодолеть колесный движитель.

Цель работы – исследовать взаимосвязи давления колесного движителя на грунт с показателями его проходимости.

Результаты исследования

В качестве входных параметров почвогрунта примем: модуль общей деформации E , удельное сцепление грунта C , угол внутреннего трения φ , удельный вес γ , модуль сдвига G , толщину деформируемого слоя грунта H .

Почвогрунт разделим на три категории по физико-механическим свойствам, значения которых представлены в таблице 1 [1].

Для расчета тягово-цепных свойств колесного движителя вначале необходимо определить глубину колеи h , образующейся при проходе трактора по лесному грунту, для этого используем трансцендентное уравнение [1], полученное на основе [2]:

$$h = \frac{JpaBp_s}{(p_s - p)\sqrt{E(E - Jp)}} \operatorname{arctg} \left(\frac{E(H - h)}{aB\sqrt{E(E - Jp)}} \right), \quad (1)$$

где J – параметр, учитывающий соотношение длины и ширины пятна контакта движителя трактора с грунтом, a – параметр, учитывающих толщину мягкого слоя грунта, H – толщина мягкого слоя грунта, B – ширина движителя трактора, p – давление движителя трактора на грунт (среднее), E – модуль общей деформации грунта, p_s – несущая способность грунта.

Таблица 1 – Физико-механические свойства лесного почвогрунта по категориям [1]

Параметр	Категория		
	I (прочный)	II (средней прочности)	III (слабонесущий)
E , МПа	3	1	0,4
C , МПа	0,025	0,011	0,0053
φ , °	16,7	13,7	11,6
γ , МН/м ³	0,0096	0,0084	0,0075
H , м	0,28	0,47	0,73
G , МПа	0,28	0,24	0,22

Параметры J , a найдем по формулам [2]:

$$J = \frac{0,03 + \frac{L}{B}}{0,6 + 0,43 \frac{L}{B}}, \quad (2)$$

$$a = 0,64 \frac{B + H}{H}, \quad (3)$$

где L – длина пятна контакта с грунтом.

Для колесного трактора [1]:

$$L = \frac{d}{2}, \quad (4)$$

где d – диаметр колеса.

Несущая способность грунта рассчитывается по формулам [3]:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_s = p_{s0} \alpha_z \\ p_{s0} = 0,5 K_1 N_1 \gamma B + N_2 \gamma h + K_3 N_3 C \\ K_1 = \frac{L}{L + 0,4B}; K_3 = \frac{L + B}{L + 0,5B} \\ N_1 = \frac{1 - S^4}{S^5}; N_2 = \frac{1}{S^2}; N_3 = \frac{2(1 + S^2)}{S^3}; S = \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \\ \alpha_z = 1 + \frac{H^* h}{2H \cdot (H - h - 0,25H^*)}; H^* = \frac{\sqrt{2}}{2} \exp \left[\left(\frac{\pi}{4} + \frac{3\varphi}{4} \right) \tan \frac{3\varphi}{4} \right] B \cos \frac{3\varphi}{4} \operatorname{tg} \varphi \end{array} \right. \quad (5)$$

где p_{s0} – несущая способность грунта при неограниченной толщине мягкого слоя, α_z – коэффициент учета толщины мягкого слоя грунта, K_1, K_3 – коэффициенты учета соотношения длины и ширины пятна контакта движителя с грунтом, N_1, N_2, N_3 – коэффициенты учета угла внутреннего трения грунта, C – удельное сцепление грунта, γ – удельный вес грунта, S, H^* – вспомогательные обозначения.

Сила сопротивления грунта движению трактора находится по формуле [2]:

$$F_r = B \int_0^h p dh. \quad (6)$$

Сила сцепления движителя с грунтом находится по формуле [4], [5]:

$$F_T = \frac{BG^2 L (p \operatorname{tg} \varphi + C)}{(G - C)^2} - S \cdot \frac{BCGL^2}{2t_2 (G - C)} - \frac{1}{S} \cdot \frac{(p \operatorname{tg} \varphi + C)^2 BG^2 t_2}{(G - C)^3} \ln \left(1 + S \frac{L(G - C)}{t_2 (p \operatorname{tg} \varphi + C)} \right), \quad (7)$$

где S – коэффициент буксования, t_2 – шаг грунтозацепов.

Коэффициент сопротивления движению трактора рассчитаем по формуле [2]:

$$\varphi_r = \frac{F_r}{BL} + \varphi_{r0}, \quad (8)$$

где φ_{r0} – поправка, учитывающая потери мощности, вызванные гистерезисом шины, липкостью грунта и другими факторами, не связанными непосредственно с колееобразованием.

Коэффициент сцепления трактора с грунтом найдем по формуле [2]:

$$\mu = \frac{F_T}{BL}, \quad (9)$$

причем при определении F_T коэффициент буксования S является переменной величиной.

Коэффициент тяги определим по формуле [2]:

$$\varphi_p = \varphi_r - \mu. \quad (10)$$

Отрицательное значение коэффициента тяги свидетельствует о потере опорной проходимости движителя.

Высоту порогового одиночного препятствия, которое может преодолеть движитель, при $\varphi_p > 0$, найдем по формуле [2]:

$$z = \frac{d}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \varphi_p^2}} \right). \quad (11)$$

Рабочую скорость колесного движителя определим по формуле [4]:

$$v = \frac{N\eta}{\varphi_r G_w n}, \quad (12)$$

где N – мощность двигателя машины, η – КПД трансмиссии, G_w – приведенная нагрузка на единичный движитель (колесо), n – число колес машины.

Комплексный критерий проходимости оценим по уравнению [4]:

$$P = \frac{\varphi_p \varphi_r^{\text{Э}} v}{\varphi_p^{\text{Э}} \varphi_r v^{\text{Э}}}, \quad (13)$$

где индекс «Э» означает показатель, определенный в эталонных условиях (в эталонных условиях $P = 1$, чем ближе значение P к нулю, тем ниже оценка проходимости машины).

При принятых исходных данных диапазон давления разбивается на интервалы с заданным шагом Δp . При каждом значении давления p численно решается система уравнений (1) – (4). В итоге получаем таблицу соответствия давления p и глубины колеи h . По таблице с помощью метода трапеций находим приближенное значение интеграла по формуле (6), далее рассчитываем коэффициент сопротивления φ_r по формуле (8). Затем для каждого значения p численно определяем максимум функции (7) и соответствующее ему значение коэффициента буксования S . Коэффициент сцепления находим по формуле (9). Коэффициент тяги рассчитываем по формуле (10), далее определяем высоту порогового препятствия по уравнению (11). Рабочая скорость машины находится по выражению (12). С помощью формулы (13) получаем комплексную оценку проходимости движителя.

Для расчета в нашем исследовании примем следующие исходные данные: ширина колеса $B = 0,7$ м, диаметр колеса $d = 1,6$ м, шаг

грунтозацепов $t_2 = 0,14$ м, давление движителя $p = 0,01 \dots 0,1$ МПа, шаг по давлению $\Delta p = 0,01$ МПа, коэффициент на потери энергии, не связанные с колеобразованием $\varphi_{r0} = 0,03$, мощность двигателя $N = 0,15$ МВт, коэффициент полезного действия трансмиссии $\eta = 0,97$. Для эталонных условий: скорость машины $v^{\ominus} = 6$ м/с, коэффициент сопротивления движению $\varphi_r^{\ominus} = 0,03$, коэффициент тяги $\varphi_p^{\ominus} = 0,97$. Результаты расчета представлены на рисунках 1 – 8.

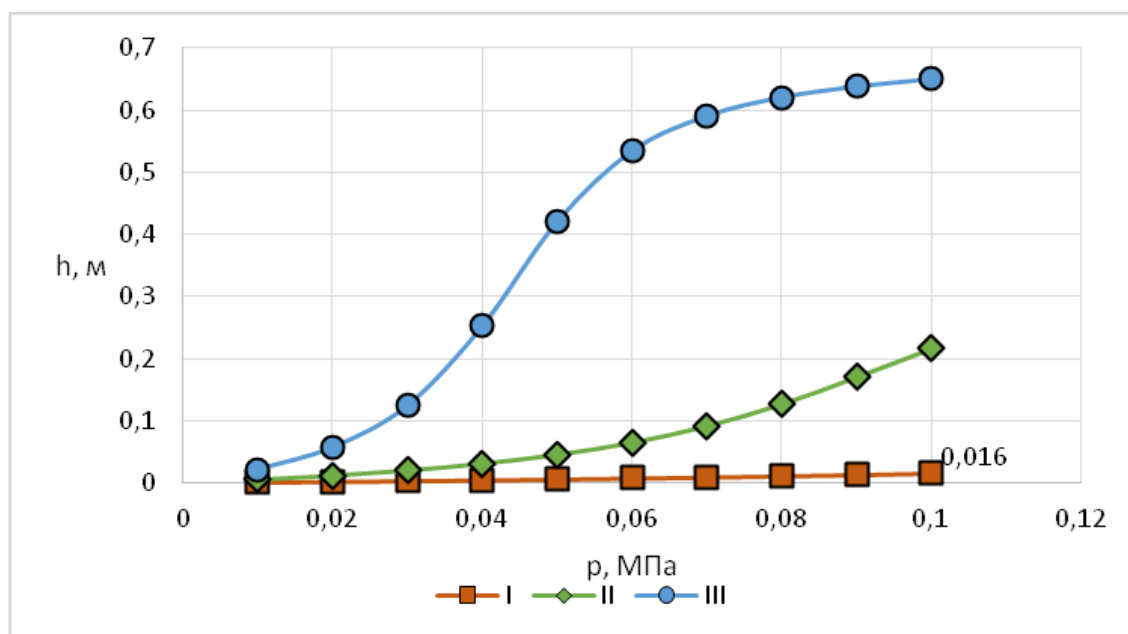


Рисунок 1 – Глубина колеи в зависимости от давления колесного движителя и категории почвогрунта

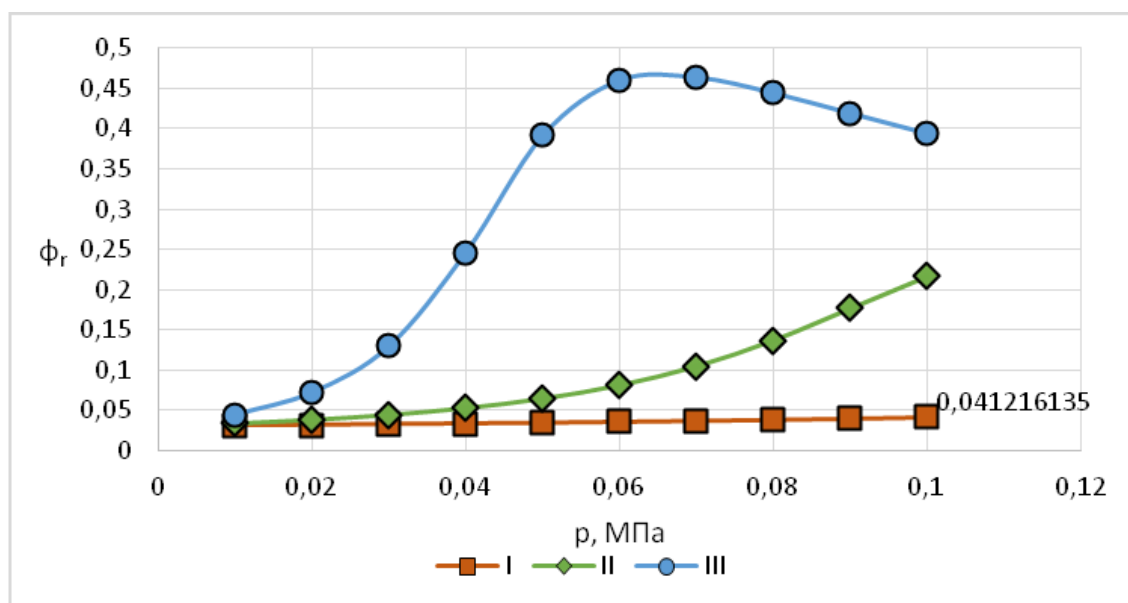


Рисунок 2 – Коэффициент сопротивления движению в зависимости от давления колесного движителя и категории почвогрунта

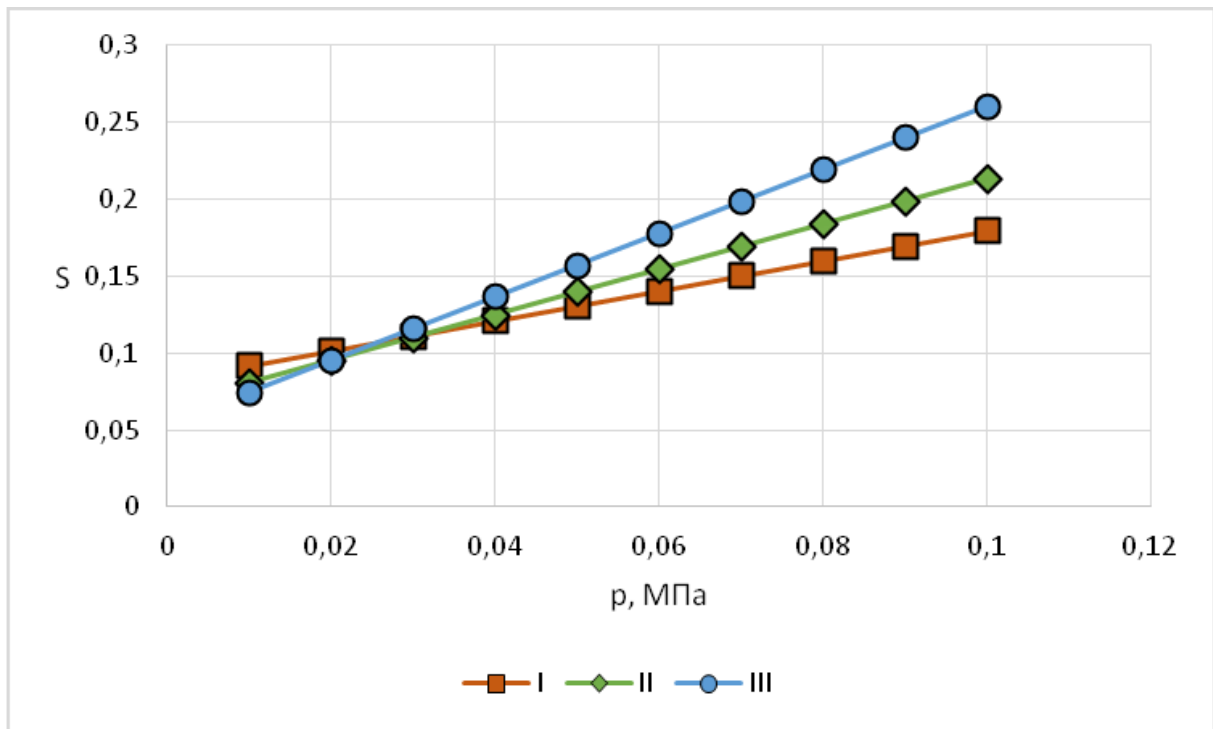


Рисунок 3 – Коэффициент буксования, при котором обеспечивается максимальное сцепление, в зависимости от давления колесного движителя и категории почвогрунта

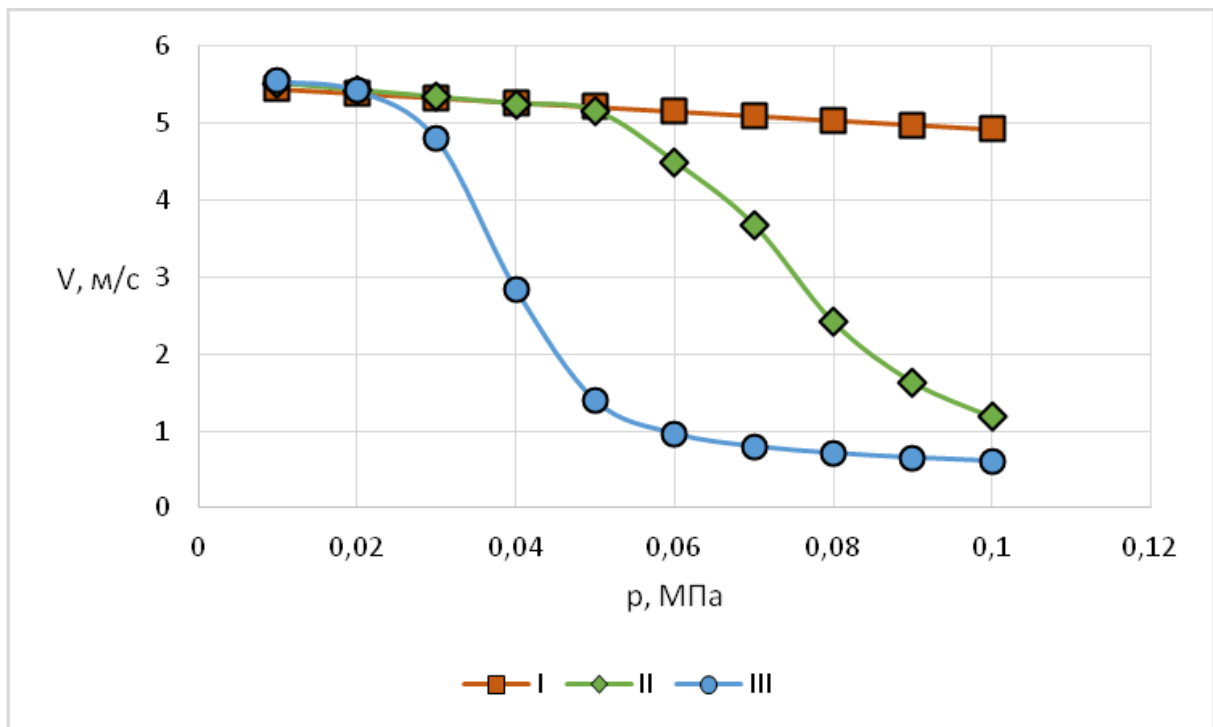


Рисунок 4 – Максимальная скорость машины в зависимости от давления колесного движителя и категории почвогрунта

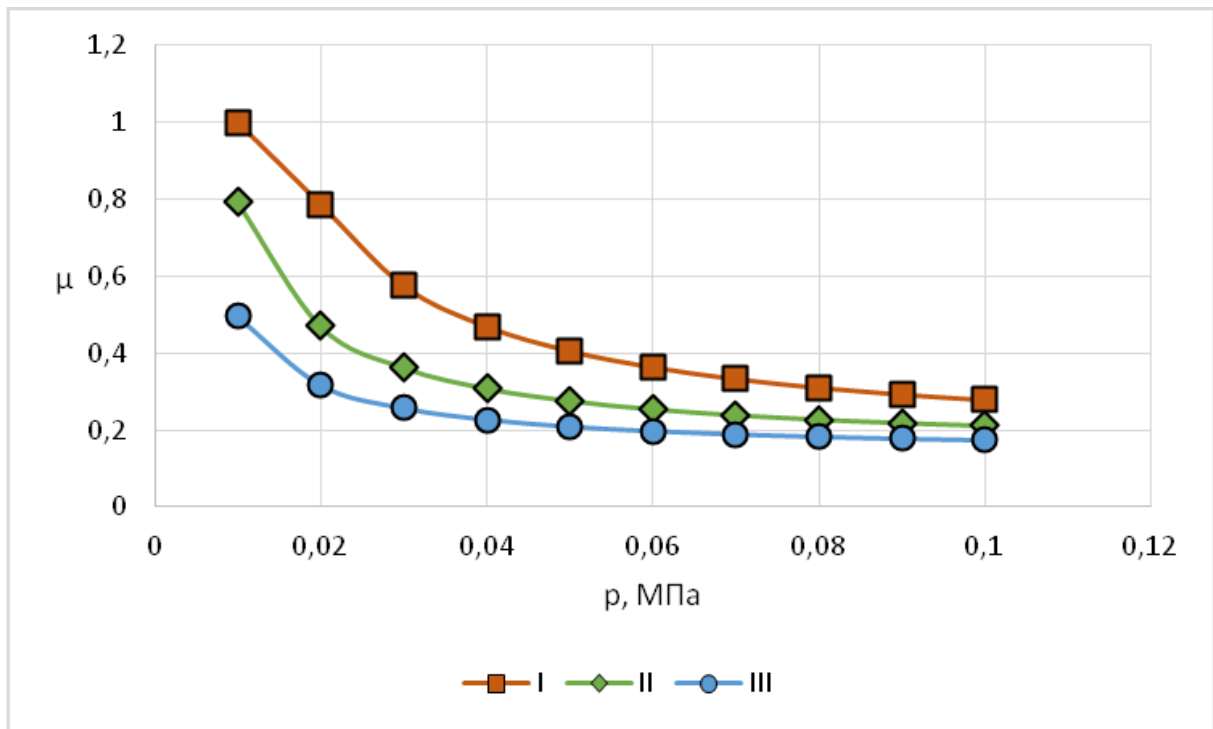


Рисунок 5 – Коэффициент сцепления в зависимости от давления колесного движителя и категории почвогрунта

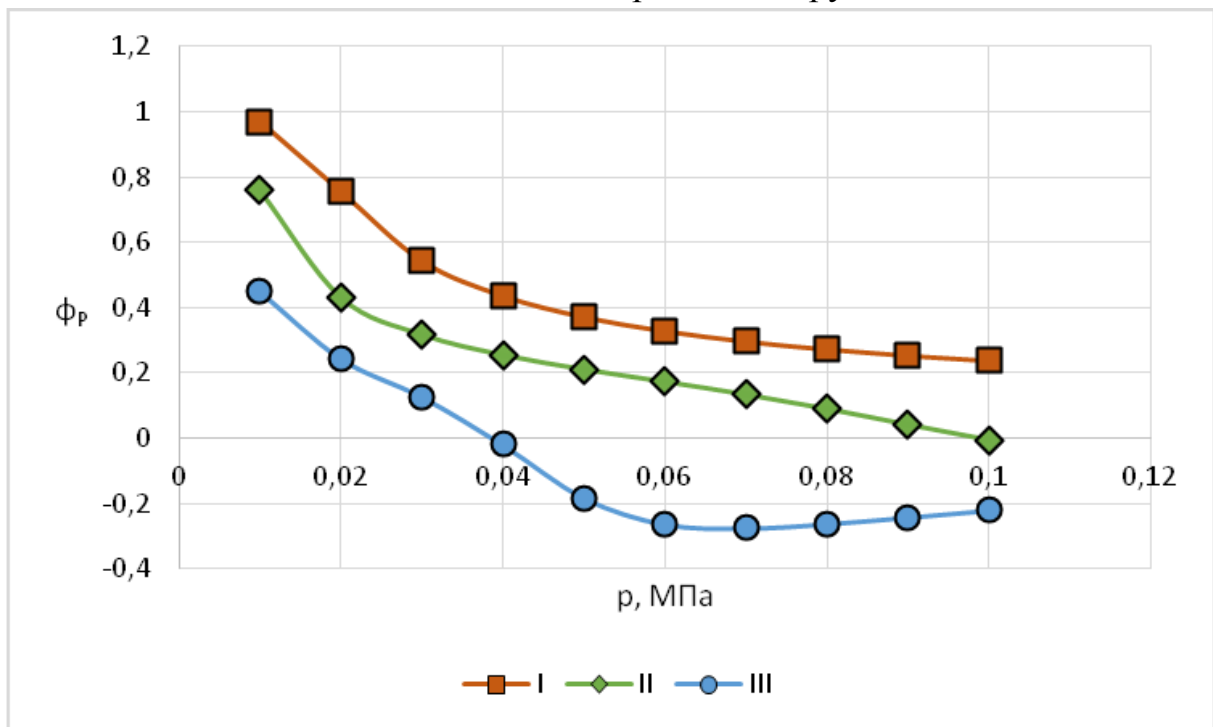


Рисунок 6 – Коэффициент тяги в зависимости от давления колесного движителя и категории почвогрунта

Коэффициент буксования, при котором обеспечивается максимальное сцепление движителя с грунтом, практически линейно зависит от среднего давления движителя на грунт, его значение изменяется от 0,1 при давлении

0,02 МПа (машина массой 9 т) до 0,18-0,21 при давлении 0,1 МПа (машина массой 45 т).

Для количественной оценки проходимости движителя получены графики комплексного параметра проходимости, позволяющие сравнить запас коэффициента тяги движителя в конкретных условиях по сравнению с эталонными условиям – рисунок 1.7.

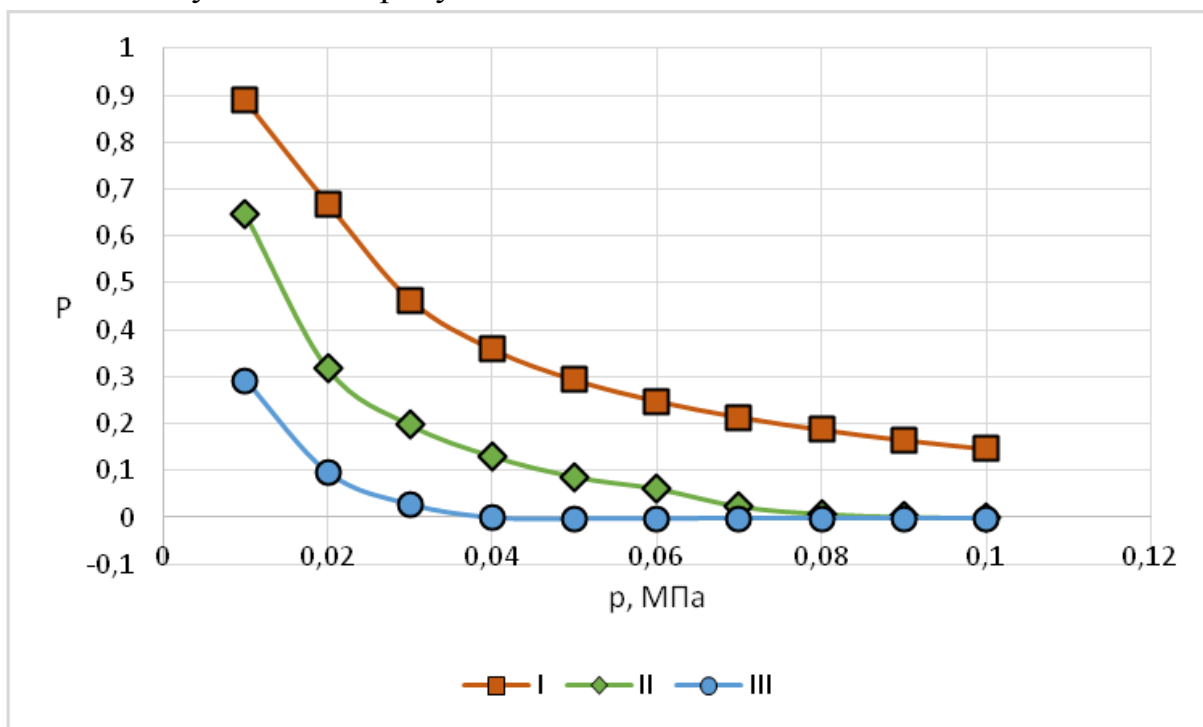


Рисунок 7 – Комплексный параметр проходимости в зависимости от давления колесного движителя и категории почвогрунта

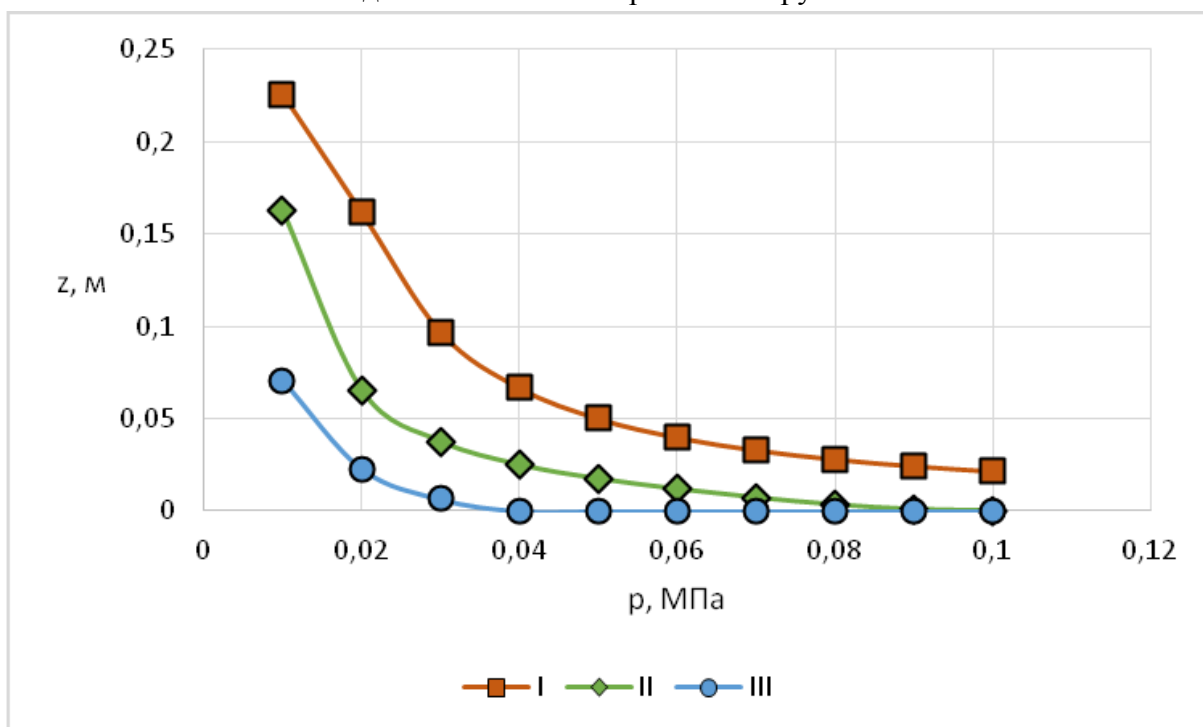


Рисунок 8 – Высота порогового одиночного препятствия, преодолеваемого движителем, в зависимости от давления колесного движителя и категории почвогрунта

Высота единичного порогового препятствия, которое способен преодолеть колесный движитель, резко снижается по мере увеличения среднего давления движителя на грунт. По этой причине на захламленных лесосеках рекомендуется оснащать колесную технику съемными средствами повышения проходимости, такими как моногусеницы.

Анализ результатов расчета позволяет сделать следующие выводы и рекомендации по подбору колесного движителя (на примере колесного форвардера 8x8, при другой конфигурации движителя следует пересчитать допустимую массу машины пропорционально изменению соотношения числа колес):

1. Для соблюдения требования экологичности движителя, заключающегося в том, что глубина колеи после прохода движителя должна быть менее 0,1 м, давление колесного движителя при работе на почвогрунтах средней прочности II категории должно быть не выше 0,07 МПа (масса машины с грузом до 31 т), на слабонесущих почвогрунтах III категории – не выше 0,025 МПа (масса машины с грузом до 11 т). На прочных почвогрунтах I категории ограничение давления по глубине колеи не актуально.
2. На почвогрунтах II категории для обеспечения проходимости давление следует ограничить величиной 0,095 МПа (масса машины с грузом до 42 т) (коэффициент буксования при этом составит 0,2, глубина колеи 0,18 м, рабочая скорость машины 1,5 м/с). Для обеспечения опорной проходимости колесного движителя среднее давление при работе на почвогрунтах III категории следует ограничить величиной 0,04 МПа (масса машины с грузом до 18 т) (коэффициент буксования при этом составит 0,136, глубина колеи 0,253 м, рабочая скорость машины 2,8 м/с). На почвогрунтах первой категории давление по проходимости не ограничено.

Библиографический список

1. *Хитров Е.Г., Хахина А.М., Дмитриева М.Н., Песков В.Б., Григорьева О.И.* Уточненная модель для оценки тягово-сцепных свойств колесного движителя лесной машины. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. № 217. С. 108-119.
2. *Агейкин Я.С.* Проходимость автомобилей. М.: Машиностроение, 1981. 232 с.
3. *Ларин В.В.* Методы прогнозирования и повышения опорной проходимости многоосных колесных машин на местности: дисс. ... докт. технич. наук: 05.05.03. Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Москва, 2007.

4. *Лухминский В.А.* Совершенствование моделей и методов прогнозирования проходимости гусеничных лесных машин: дисс. ... канд. технич. наук, 05.21.01. Место защиты: Архангельск, С(А)ФУ. 2018.
5. *Песков В.Б.* Совершенствование моделей для оценки колеобразования и уплотнения почвогрунтов под воздействием движителей колесных лесных машин: дисс. ... канд. технич. наук, 05.21.01. Место защиты: Архангельск, С(А)ФУ. 2018.

Сведения об авторах

ФИО	Хитров Егор Германович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	yegorkhitrov@gmail.com

ФИО	Фролов Илья Игоревич
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	

Аннотация

Цель работы – исследовать взаимосвязи давления колесного движителя на грунт с показателями его проходимости. Для соблюдения требования экологичности движителя, заключающегося в том, что глубина колеи после прохода движителя должна быть менее 0,1 м, давление колесного движителя при работе на почвогрунтах средней прочности II категории должно быть не выше 0,07 МПа (масса форвардера 8x8 с грузом до 31 т), на слабонесущих почвогрунтах III категории – не выше 0,025 МПа (масса форвардера 8x8 с грузом до 11 т). На прочных почвогрунтах I категории ограничение давления по глубине колеи не актуально. На почвогрунтах II категории для обеспечения проходимости давление следует ограничить величиной 0,095 МПа (масса форвардера 8x8 с грузом до 42 т) (коэффициент буксования при этом составит 0,2, глубина колеи 0,18 м, рабочая скорость машины 1,5 м/с). Для обеспечения опорной проходимости колесного движителя среднее

давление при работе на почвогрунтах III категории следует ограничить величиной 0,04 МПа (масса форвардера 8x8 с грузом до 18 т) (коэффициент буксования при этом составит 0,136, глубина колеи 0,253 м, рабочая скорость машины 2,8 м/с). На почвогрунтах первой категории давление по проходимости не ограничено.

Ключевые слова: колесные лесные машины, глубина колеи, коэффициент сопротивления движению, коэффициент сцепления, коэффициент тяги; wheeled forestry vehicles, rut depth, rolling resistance coefficient, net thrust coefficient, drawbar pull.

УДК 630*3

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.15.19

Оценка тягово-сцепных свойств малогабаритных трелевочных тракторов

Хитров Е.Г., Боровский П.С.

Введение

При работе на слабонесущих грунтах для трелевки использую малогабаритные трелевочные трактора с колесным и гусеничным движителем. Вес таких машин составляет ориентировочно 4-6 т, объем трелеваемой пачки лесоматериалов не превышает 2 м³. Геометрические параметры движителя и соотношение сторон пятна контакта с грунтом у таких машин отличается от более тяжелой техники, на которую, в основном, ориентированы исследования по проходимости и колееобразованию лесных машин. Их современных исследований, относящихся к вопросам определения тягово-сцепных свойств малогабаритных лесных машин, отметим работу [1]. В [1] разработаны математические модели, прогнозирующие глубину колеи и тягово-сцепные свойства малогабаритного колесного движителя в условиях работы на заболоченном грунте, рассмотрено взаимодействие движителя с дерновым покровом, лежащим на деформируемом основании неограниченной толщины.

Цель нашего исследования – дальнейшее развитие теоретического описания взаимодействия движителей малогабаритных лесных машин с грунтами, исследование производительности и показателей взаимодействия колесных и гусеничных движителей со слабонесущими лесными почвогрунтами.

Результаты исследования

Рассчитаем тягово-сцепные свойства двух малогабаритных тракторов – универсального гусеничного трелевочного трактора ЛМТ-6 и универсального колесного трелевочного трактора ЛМТ-3.

«Универсальный малогабаритный гусеничный трелевочный трактор ЛМТ-6 предназначен для сбора и трелевки деревьев, хлыстов и сортиментов на рубках главного пользования и рубках ухода за лесом» [2]. Общий вид трактора представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Универсальный малогабаритный гусеничный трелевочный трактор ЛМТ-6 [2]

«Трактор ЛМТ-6 эксплуатируется на грунтах с низкой несущей способностью при рубках леса, разработке просек при строительстве дорог, линий связи и электропередач, нефтегазопроводов, очистке территорий от кустарника, при проведении работ лесопаркового хозяйства» [2]. Технические характеристики трактора представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики универсального малогабаритного гусеничного трелевочного трактора ЛМТ-6 [2]

Параметр	Значение
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	18,7 (25)
Скорость передвижения, км/ч	до 9,0
Тяговое усилие лебедки, кН	16
Габаритные размеры, мм	
- длина	3 100
- ширина	1 925
- высота	2 350
Масса конструктивная, кг	2 610



Рисунок 2 - Универсальный малогабаритный колесный трелевочный трактор ЛМТ-3 [2]

«Универсальный малогабаритный колесный трелевочный трактор ЛМТ-3 с предназначен для проведения рубок главного и промежуточного пользования леса, разработки просек при строительстве дорог, линий связи и электропередач, трасс нефте- и газопроводов, очистке территорий от лесной растительности, в условиях техногенного загрязнения лесов и в зонах стихийных бедствий» [2]. Общий вид трактора представлен на рисунке 2. Технические характеристики трактора представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики универсального малогабаритного колесного трелевочного трактора ЛМТ-3 [2]

Показатель	Значение
Колесная формула	4x4
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	18,7 (25)
Скорость передвижения, км/ч	до 25,0
Тяговое усилие лебедки, кН	20
Габаритные размеры, мм	
- длина	5450
- ширина	2215
- высота	2350
Масса (с отвалом и трелевочным оборудованием), кг	3400

Для расчета тягово-сцепных свойств тракторов вначале необходимо определить глубину колеи h , образующейся при проходе трактора по лесному грунту, для этого используем уравнение [3], полученное на основе [4]:

$$h = \frac{JpaBp_s}{(p_s - p)\sqrt{E(E - Jp)}} \operatorname{arctg} \left(\frac{E(H - h)}{aB\sqrt{E(E - Jp)}} \right), \quad (1)$$

где J – параметр, учитывающий соотношение длины и ширины пятна контакта движителя трактора с грунтом, a – параметр, учитывающих толщину мягкого слоя грунта, H – толщина мягкого слоя грунта, B – ширина движителя трактора, p – давление движителя трактора на грунт (среднее), E – модуль общей деформации грунта, p_s – несущая способность грунта.

Параметры J , a найдем по формулам [4]:

$$J = \frac{0,03 + \frac{L}{B}}{0,6 + 0,43 \frac{L}{B}}, \quad (2)$$

$$a = 0,64 \frac{B + H}{H}, \quad (3)$$

где L – длина пятна контакта с грунтом.

Для колесного трактора [3]:

$$L = \frac{d}{2}, \quad (4)$$

где d – диаметр колеса.

Для гусеничного трактора длина пятна контакта приблизительно равна длине опорной поверхности гусеницы.

Несущая способность грунта рассчитывается по формулам [5]:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_s = p_{s0} \alpha_z \\ p_{s0} = 0,5 K_1 N_1 \gamma B + N_2 \gamma h + K_3 N_3 C \\ K_1 = \frac{L}{L + 0,4B}; K_3 = \frac{L + B}{L + 0,5B} \\ N_1 = \frac{1 - S^4}{S^5}; N_2 = \frac{1}{S^2}; N_3 = \frac{2(1 + S^2)}{S^3}; S = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) \\ \alpha_z = 1 + \frac{H^* h}{2H \cdot (H - h - 0,25H^*)}; H^* = \frac{\sqrt{2}}{2} \exp\left[\left(\frac{\pi}{4} + \frac{3\varphi}{4}\right) \tan \frac{3\varphi}{4}\right] B \cos \frac{3\varphi}{4} \operatorname{tg} \varphi \end{array} \right. \quad (5)$$

где p_{s0} – несущая способность грунта при неограниченной толщине мягкого слоя, α_z – коэффициент учета толщины мягкого слоя грунта, K_1, K_3 – коэффициенты учета соотношения длины и ширины пятна контакта движителя с грунтом, N_1, N_2, N_3 – коэффициенты учета угла внутреннего трения грунта, C – удельное сцепление грунта, γ – удельный вес грунта, S, H^* – вспомогательные обозначения.

Сила сопротивления грунта движению трактора находится по формуле [4]:

$$F_r = B \int_0^h p dh. \quad (6)$$

Сила сцепления движителя с грунтом находится по формуле [3]:

$$F_T = \frac{BG^2 L(p \operatorname{tg} \varphi + C)}{(G - C)^2} - S \cdot \frac{BCGL^2}{2t_2(G - C)} - \frac{1}{S} \cdot \frac{(p \operatorname{tg} \varphi + C)^2 BG^2 t_2}{(G - C)^3} \ln \left(1 + S \frac{L(G - C)}{t_2(p \operatorname{tg} \varphi + C)} \right), \quad (7)$$

где S – коэффициент буксования, t_2 – шаг грунтозацепов.

Коэффициент сопротивления движению трактора рассчитаем по формуле [4]:

$$\varphi_r = \frac{F_r}{BL}. \quad (8)$$

Коэффициент сцепления трактора с грунтом найдем по формуле [4]:

$$\mu = \frac{F_T}{BL}, \quad (9)$$

причем при определении F_T коэффициент буксования S является переменной величиной.

При расчете приняты следующие характеристики слабонесущего грунта [3]: модуль общей деформации $E = 0,4$ МПа, удельное сцепление грунта $C =$

0,005 МПа, угол внутреннего трения грунта $\varphi = 12^\circ$, удельный вес грунта $\gamma = 0,0075 \text{ МН/м}^3$, толщина мягкого слоя $H = 0,73 \text{ м}$, модуль сдвига $G = 0,22 \text{ МПа}$. Параметры движителя следующие: ширина колеса либо гусеницы малогабаритного трактора $B = 0,3 \text{ м}$, длина опорной поверхности гусеницы $L = 3 \text{ м}$, диаметр колеса $d = 1,2 \text{ м}$. Максимальное давление движителя на грунт ограничили величиной $p_{\max} = 0,045 \text{ МПа}$.

Порядок расчета следующий. Для решения задачи использована программа Maple 2017. При принятых исходных данных диапазон давления разбивается на интервалы с заданным шагом (0,0045 МПа). При каждом значении давления p численно решается система уравнений (1) – (4) (команда `fsolve`). В итоге получаем таблицу соответствия давления p и глубины колеи h . По таблице с помощью метода трапеций находим приближенное значение интеграла по формуле (6), далее рассчитываем коэффициент сопротивления φ_r по формуле (8). Затем для каждого значения p определяем максимум функции (7) при помощи команды `Maximize` пакета встроенных команд Optimization и соответствующее ему значение коэффициента буксования S . Коэффициент сцепления находим по формуле (9).

Результаты расчета тягово-сцепных свойств тракторов представлены на рисунках 3 и 4 и в таблице 3.

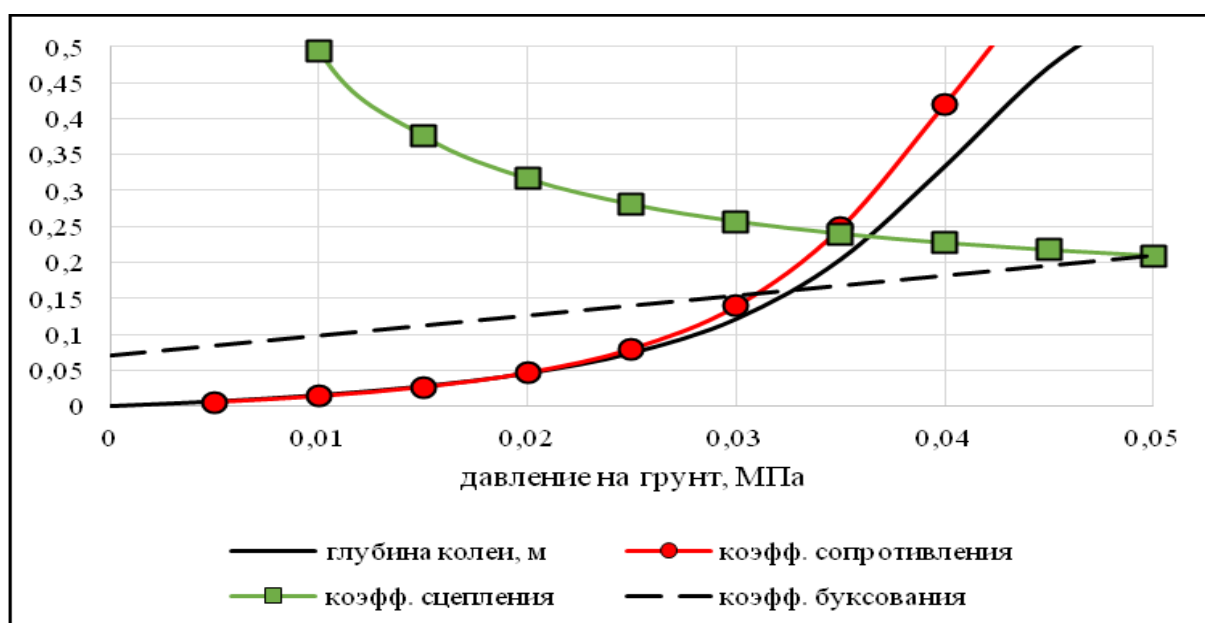


Рисунок 3 – Тягово-сцепные свойства малогабаритного колесного трелевочного трактора

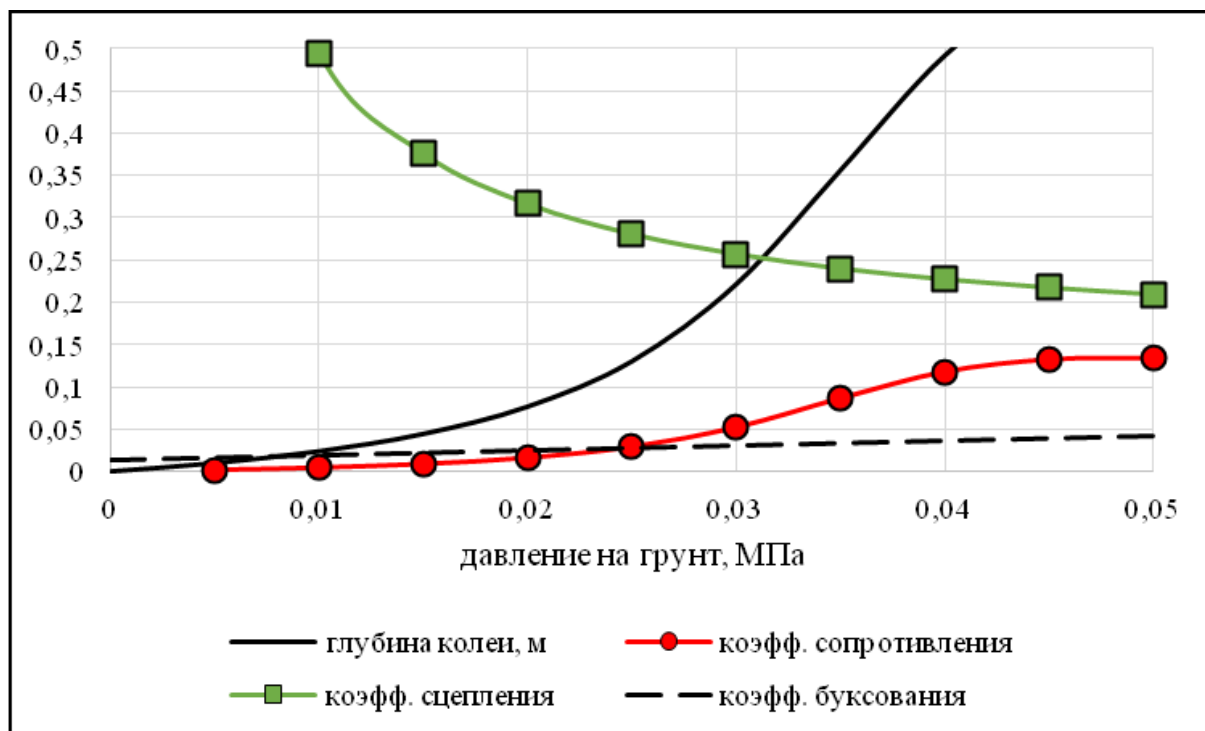


Рисунок 4 – Тягово-сцепные свойства малогабаритного гусеничного трелевочного трактора

По таблицам 1,2 при принятых исходных данных установим, что среднее давление малогабаритного гусеничного трактора МЛТ-6 на грунт составляет $p = 0,015$ МПа, малогабаритного колесного трактора ЛМТ-3 - $p = 0,02$ МПа. Численные результаты расчета тягово-сцепных свойств для двух рассмотренных моделей тракторов сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Тягово-сцепные свойства малогабаритных тракторов ЛМТ-3 и ЛМТ-6 при работе на слабонесущем лесном грунте

Модель трактора	h глубина колеи, м	φ_r коэфф. сопротивления	μ коэфф. сцепления	S коэфф. буксования
ЛМТ-3	0,046	0,047	0,316	0,127
ЛМТ-6	0,045	0,009	0,376	0,023

Результаты расчета производительности трелевочных тракторов ЛМТ-3 и ЛМТ-6 представлены в таблице 4 (методика подробно изложена в [6], исходные данные, относящиеся к тракторам, представлены в таблицах 1-3).

По результатам расчета установлено, что колесный трелевочный трактор ЛМТ-3 при работе на слабонесущих грунтах способен обеспечить производительность при трелевке хлыстов в пределах 43 м^3 в смену, при этом хлысты следует трелевать за вершины. Производительность гусеничного малогабаритного трактора несколько ниже, и составляет 39 м^3 в

смену при трелевке хлыстов за вершины. Для обеих моделей тракторов производительность при трелевке за комли снижается ориентировочно на 5 м³ в смену.

Библиографический список

1. *Дмитриева М.Н.* Моделирование взаимодействия колесного движителя малогабаритных лесных машин со слабонесущим грунтом: дисс. ... канд. технич. наук, 05.21.01. Место защиты: Архангельск, С(А)ФУ. 2018. 129 С.
2. Мир ЛЗМ [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.mir-lzm.ru/skidder/lmt_3.html. Дата обращения: 25 мая 2019 г.
3. *Хитров Е.Г., Хахина А.М., Дмитриева М.Н., Песков В.Б., Григорьева О.И.* Уточненная модель для оценки тягово-сцепных свойств колесного движителя лесной машины. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. № 217. С. 108-119.
4. *Агейкин Я.С.* Проходимость автомобилей. М.: Машиностроение, 1981. 232 с.
5. *Ларин В.В.* Методы прогнозирования и повышения опорной проходимости многоосных колесных машин на местности: дисс. ... докт. технич. наук: 05.05.03. Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Москва, 2007.
6. *Кочегаров В.Г., Бит Ю.А., Меньшиков В.Н.* Технология и машины лесосечных работ: Учебник для вузов. М.: Лесная промышленность, 1990. 392 с.

Таблица 4 – Результаты расчета производительности тракторов ЛМТ-3 и ЛМТ-6

Параметр	Обознач.	Разм.	ЛМТ-3	ЛМТ-3	ЛМТ-6	ЛМТ-3
Скорость трактора на II передаче	v_{II}	м/с	1,48	1,48	1,48	1,48
Скорость трактора на III передаче	v_{III}	м/с	1,87	1,87	1,87	1,87
Допустимая нагрузка на коник	q	кН	9	9	7	7
Тяговое усилие лебедки	$F_{л}$	кН	20	21	16	16
Способ трелевки	-	-	за вершины	за комли	за вершины	за комли
Кoeff. распределения веса трелюемой пачки между трактором и волоком	k	-	0,41	0,73	0,41	0,73
Среднее расстояние трелевки	l_{cp}	м	250	250	250	250
Число часов в смене	t	-	8	8	8	8
Средн. расст. подачи собирающего каната	l	м	20	20	20	20
Средний объем хлыста	V_x	м ³	0,15	0,15	0,15	0,15
Вес пачки по силе тяги	Q_1	кН	25,70	48,84	28,89	60,26
Вес пачки по сцеплению	Q_{11}	кН	24,21	48,84	28,89	60,26
Вес пачки по грузоподъемности	Q_2	кН	21,72	12,40	16,89	9,64
Вес пачки по тяговому усилию лебедки	Q_3	кН	20,92	21,96	16,73	16,73
Расчетный вес пачки	Q	кН	20,92	12,40	16,73	9,64
Средневзвешенная плотность древесины	ρ	кг/м ³	859,00	859,00	859,00	859,00
Объем древесины в трелюемой пачке	$V_{п}$	м ³	1,70	1,01	1,36	0,79
Средняя скорость движения трактора	v_{cp}	м/с	1,68	1,68	1,68	1,68
Время движения в раб. и холостом напр.	t_1+t_3	с	149,25	149,25	149,25	149,25
Время формирования пачки	t_2	с	590,97	438,24	515,98	388,85
Время отцепки пачки	t_4	с	128,04	90,55	109,63	78,43
Время цикла трелевки пачки	$T_{ц}$	с	868,27	678,04	774,86	616,54
Часовая производительность трелевки	$\Pi_{ч}$	м ³ /ч	6,01	4,56	5,38	3,90
Сменная производительность трелевки	$\Pi_{см}$	м ³ /см	43,25	32,82	38,77	28,08

Сведения об авторах

ФИО Хитров Егор Германович
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail yegorkhitrov@gmail.com

ФИО Боровский Павел Сергеевич
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail

Аннотация

Цель работы – дальнейшее развитие теоретического описания взаимодействия движителей малогабаритных лесных машин с грунтами, исследование производительности и показателей взаимодействия колесных и гусеничных движителей со слабонесущими лесными почвогрунтами. По результатам расчета установлено, что колесный трелевочный трактор ЛМТ-3 при работе на слабонесущих грунтах способен обеспечить производительность при трелевке хлыстов в пределах 43 м^3 в смену, при этом хлысты следует трелевать за вершины. Производительность гусеничного малогабаритного трактора несколько ниже, и составляет 39 м^3 в смену при трелевке хлыстов за вершины. Для обеих моделей тракторов производительность при трелевке за комли снижается ориентировочно на 5 м^3 в смену.

Ключевые слова: малогабаритные лесные машины, глубина колеи, коэффициент сопротивления движению, коэффициент сцепления, производительность; small-sized forestry vehicles, rut depth, rolling resistance coefficient, net thrust coefficient, productivity.

УДК 630*3

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.15.19

Влияние параметров лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата на часовой расход топлива дизеля при транспортном режиме

Дурманов М.Я., Куликов В.Н., Михайлов О.А.

Введение. Минимизация энергии, необходимой для выполнения технологических операций, снижает количество требуемого топлива и эксплуатационные затраты машинно-тракторного агрегата (МТА) [1,2], что в конечном итоге удешевляет стоимость лесохозяйственных и лесовосстановительных работ. Неэффективный расход топлива существенно ухудшает показатели эксплуатационной эффективности МТА, что характерно и для транспортного режима, хотя его продолжительность невелика [3-5].

Причину повышенного расхода топлива дизеля, функционирующего на неустановившихся режимах, можно выявить, проанализировав передаточную функцию часового расхода топлива по возмущающему воздействию [2]

$$G_{31}(s) = E_1 \cdot U_{11}(s) \cdot \{s \cdot [M_{нo} + 2I_{п} \cdot s \cdot U_{11}(s)] + D_1 \left[\frac{a_1}{P_{мн}} \cdot \frac{2s - \gamma}{s + \gamma} \cdot G_{61}(s) + 2b_1 s \cdot U_{11}(s) \right]\}, \quad (1)$$

где $|U_{11}(j\omega)|$ - передаточная функция частоты вращения коленчатого вала энергосиловой установки МТА; $I_{п}$ - приведенный к коленчатому валу момент инерции дизеля и МТА; a_1, b_1 - коэффициенты, получаемые экспериментальным путем для каждого типа двигателей; $P_{мн}$ - давление масла в главной масляной магистрали (ГММ) при номинальной частоте вращения; $\gamma = 10^{-3} \omega_{н}$; $\omega_{н}$ - номинальная угловая скорость вращения коленчатого вала. $|G_{61}(j\omega)|$ - передаточная функция давления масла в ГММ; η_i - индикаторный КПД двигателя; H_u - низшая теплотворная способность топлива; $V_{ц}$ - рабочий объем одного цилиндра двигателя; $i_{д}, \tau_{д}$ - количество цилиндров и тактность двигателя, соответственно;

$$E_1 = \frac{3,6\pi}{30\eta_i H_u} \qquad D_1 = \frac{V_{ц} i_{д}}{\pi \tau_{д}}$$

Передаточная функция частоты вращения коленчатого вала энергосиловой установки МТА по возмущающему воздействию (при фиксированном положении органа $h(t)$, задающего величину цикловой подачи топлива: $h_0 = \text{const}$) [1,2]:

$$|U_{11}(j\omega)| = \frac{\kappa_{д1}(T_2^2 s^2 + 2T_2 \xi_1 s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_3^2 s^2 + 2T_3 \xi_2 s + 1)(T_4 s + 1)}, \quad (2)$$

где $k_{д1}$ - коэффициент передачи частоты вращения; T_1, T_2, T_3, T_4 - постоянные времени; ξ_1, ξ_2 - коэффициенты затухания.

Для двигателя СМД-20Т.04: $k_{д1} = 1,80$; $T_1 = 1,073$ с; $T_2 = 0,531$ с; $T_3 = 0,398$ с; $T_4 = 0,354$ с; $\xi_1 = 0,300$; $\xi_2 = 0,250$ [1,2].

Заметим, что для МТА с учетом его массы m приведенный к коленчатому валу момент инерции $I_{п}$ и постоянная времени T_1 имеют вид

$$I_{п} = I_{д} + \frac{mR^2}{i_T^2}; \quad T_1 = \frac{\pi}{30} I_{п} \frac{n_H^2}{N_H}, \quad (3)$$

где $I_{д}$ - момент инерции двигателя; N_H - номинальная мощность двигателя.

Передачная функция давления масла в ГММ двигателя [1,2]:

$$|G_{61}(j\omega)| = k_{м1} s \cdot U_{11}(j\omega), \quad (4)$$

где $k_{м1}$ - коэффициент передачи давления масла в ГММ: $k_{м1} = 1,20$.

Входные воздействия для МТА со стороны вырубki - неровности микрорельефа и неоднородность почвы, являющиеся причиной колебаний сил сопротивления $F_c(t)$ на ведущих звездочках.

Первое слагаемое передаточной функции (1) характеризует расход топлива на преодоление регулярной составляющей нагрузки, а второе – инерционной нагрузки и носит дифференцирующий характер. Это означает, незначительное приращение нагрузки или частоты вращения вызывает резкое приращение часового расхода топлива. Третье слагаемое характеризует расход топлива на механические потери в парах трения двигателя и также носит дифференцирующий характер, то есть, незначительным приращениям нагрузки, частоты вращения или давления масла в главной масляной магистрали соответствуют существенные приращения момента механических потерь, как следствие, – повышенный расход топлива. При колебательном характере нагрузки (или частоты вращения) приращение величины подачи топлива опережает приращение нагрузки. Это означает, что максимальному приращению величины подачи топлива соответствует минимальное приращение момента нагрузки и наоборот. Установленная закономерность является одной из причин неэффективного расхода топлива при неустановившихся режимах [2].

Цели и задачи. Задача заключается в исследовании влияния эксплуатационных и конструктивных параметров МТА на часовой расход топлива дизеля на неустановившихся режимах функционирования. Целью исследования является разработка и практическое использование различных методик оценки расхода топлива МТА, актуальных на этапе проектирования

трактора и служащих повышению качества проектных и конструкторских работ, совершенствованию конструкции МТА [3-8].

Методика исследования. Для решения поставленной задачи разработана модель функционирования лесохозяйственного МТА на транспортном режиме.

Основными внешними воздействиями в модели являются: профиль поверхности вырубki, задаваемый корреляционной функцией и спектральной плотностью; скорость движения МТА. Моделируется неустановившейся характер сил сопротивления движению МТА, описываемый эргодическим стационарным случайным процессом, для всего спектра частот входного момента нагрузки. В статье рассматривается транспортный режим функционирования трактора ЛХТ-100 с плугом ПКЛ-70. Методика вычислений описана ниже.

Выражение для часового расхода топлива дизеля МТА в транспортном режиме имеет две составляющих – регулярную B_0^T и переменную $B^T(\omega, \nu_0)$, записанные в операторном виде (при $s = j\omega$) [2]:

$$B_0^T = E_1 n_0 \left[\frac{R}{i_T \eta_M} A_1^T + D_1 (a_1 + b_1 n_0) \right]; \quad (5)$$

$$B^T(\omega, \nu_0) = E_1 M_H^a \omega \cdot |U_{11}(j\omega, \nu_0)| \cdot \left\{ \frac{R}{i_T \eta_M} [A_1^T + 2A_4 \omega \cdot |U_{11}(j\omega, \nu_0)| + \right. \\ \left. + 2f_{\text{тк}} |\Theta_B^T(j\omega, \nu_0)|] + D_1 \cdot \left[\frac{a_1}{P_{\text{мн}}} \sqrt{\frac{4\omega^2 + \gamma^2}{\omega^2 + \gamma^2}} \cdot |G_{61}(j\omega, \nu_0)| + \right. \right. \\ \left. \left. + 2b_1 \omega \cdot |U_{11}(j\omega, \nu_0)| \right] \right\}; \quad (6)$$

$$\text{где } A_1^T = mg(\sin \alpha + f_{\text{тк}} \cos \alpha); \quad A_4 = \frac{\pi R}{30i_T} m,$$

где $n_0 = 0,8n_n$; n_i - номинальная частота вращения коленчатого вала дизеля; R - радиус ведущих звездочек; i_T - передаточное число трансмиссии; η_M - механический КПД, $\eta_M = \eta_T \cdot \eta_{\text{дв}}$; η_T , $\eta_{\text{дв}}$ - КПД трансмиссии и двигателя, соответственно; M_H^a - амплитудное значение входного возмущающего воздействия: $M_H^a = 0,15M_{\text{ен}}$; $M_{\text{ен}}$ - номинальный эффективный крутящий момент; ω - угловая скорость вращения коленчатого вала; m - масса МТА, $m = m_T + m_{\text{пл}}$; m_T - масса трактора; $m_{\text{пл}}$ - масса плуга; α - угол подъема участка пути; $f_{\text{тк}}, f_{\text{тс}}$ - коэффициенты трения качения двигателя и трения скольжения плуга о дно и стенку борозды, соответственно; $k_{\text{п}}$ - удельное сопротивление почвы; a, b - глубина обработки почвы и ширина захвата плуга;

ξ - коэффициент динамичности; $|\Theta_B^T(j\omega)|$ - передаточная функция колебаний остова МТА в продольно-вертикальной плоскости в транспортном режиме.

Передаточная функция колебаний остова МТА в продольно-вертикальной плоскости в транспортном режиме получена теоретически [2,3,9]

$$|\Theta_B^T(j\omega)| = \frac{c_1 z_H \omega^2 \sqrt{m_\Sigma''^2 (c_1 - m_\Sigma' \omega^2)^2 + (m_\Sigma'' \beta_1 \omega)^2}}{\sqrt{[m_\Delta^2 \omega^4 - (c_1 m_\Sigma + \beta_1^2) \omega^2 + c_1^2]^2 + [\beta_1 \omega (2c_1 - m_\Sigma \omega^2)]^2}}, \quad (7)$$

где z_H – высота микронеровностей; c_1 – жесткость подрессоривания опор;

$$m_\Sigma' = m_{10} + m_{20}$$

$$m_\Sigma'' = m_0 k_1 + m_2 k_2$$

$$m_\Sigma = m_1 + m_2$$

$$m_{10} = m_1 + m_0$$

$$m_{20} = m_2 + m_0$$

$$k_1 = \sqrt{\left(\frac{m_1}{m_0}\right)^2 + 1 - \frac{2m_1}{m_0} \cos 0,39}$$

$$k_2 = \sqrt{\left(\frac{m_0}{m_2}\right)^2 + 1 - \frac{2m_0}{m_2} \cos 0,39}$$

$$\beta_1 = 2\nu_T \sqrt{c_1 m}$$

$$m_1 = \frac{I_c + (m_{\text{тн}} + m_{\text{пл}}) l_2^2}{l^2}$$

$$m_2 = \frac{I_c + (m_{\text{тн}} + m_{\text{пл}}) l_1^2}{l^2}$$

$$m_0 = \frac{I_c - (m_{\text{тн}} + m_{\text{пл}}) l_1 l_2}{l^2}$$

$$m_\Delta^2 = m_1 m_2 - m_0^2 \mu_\Delta$$

$$\mu_\Delta = 1 - \frac{m_0^2}{m_1 m_2}$$

$\nu_T = 0,1$; $m_{\text{тн}}$ – подрессоренная масса трактора с плугом, $m_{\text{тн}} = 8400$ кг; $l_1 = 0,65$ м; $l_2 = 1,10$ м; $l = l_1 + l_2 = 1,75$ м (рис. 1); I_c – момент инерции системы: $I_c = 26154$ кг·м².

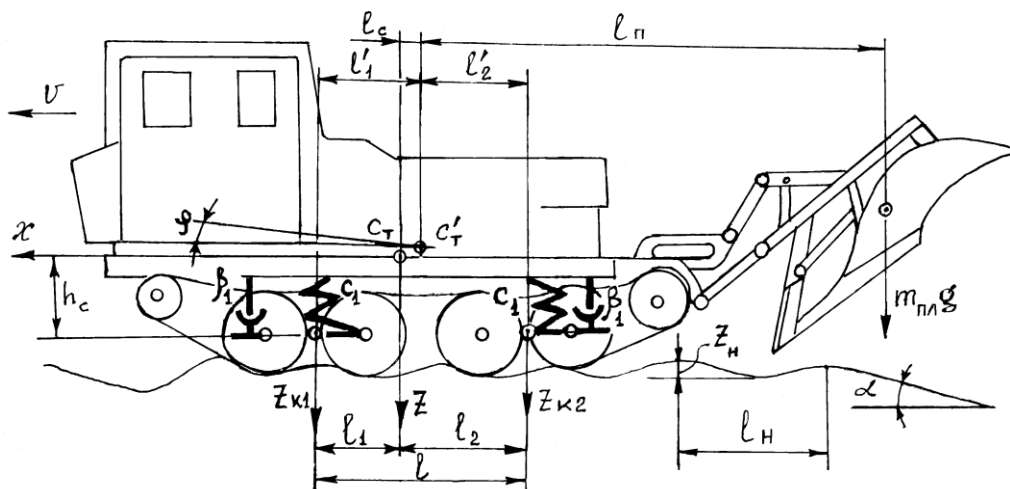


Рис. 1. Расчетная схема МТА в транспортном режиме на базе трактора ЛХТ-100 с плугом ПКЛ-70-4 [3]

Подставляя в (6) значения $|U_{11}(j\omega)|$ из (2), $|\Theta_b^T(j\omega)|$ из (7), $|G_{61}(j\omega)|$ из (4) определяем поверхность состояния частотных характеристик (ЧХ) часового расхода топлива дизеля МТА в транспортном режиме (рис. 2). Численные значения часового расхода топлива определяются подстановкой в (5) и (6) следующих исходных данных: $v_0=1,575$ л; $i_a=4$; $\tau_a=2$; $a_1=0,45$; $b_1=0,97 \cdot 10^{-3}$; $\eta_i=0,40$; $H_u=41300$ кДж/кг; $P_{ii}=0,6$ МПа; $n_i=1900$ мин⁻¹; $N_{ai}=88$ кВт; $I_a=2,40$ кг·м²; $M_{ai}=480$ Н·м; $\gamma=0,188$ с⁻¹; $F_c^a=0,15 M_{ai}$; $\eta_i=0,68$; $R=0,238$ м; $m_0=10400$ кг; $m_{ie}=520$ кг; $a=0,15$ м; $b=0,70$ м; $f_{\delta\epsilon}=0,15$; $z_0=0,06$ м; $\alpha=5^\circ$ [2].

Выполняя сечения в продольно-вертикальной плоскости (рис. 3) при любом фиксированном значении регулярной скорости v_0 движения МТА и по всему диапазону частот ω колебаний нагрузки на ведущих звездочках можно вычислить регулярную составляющую B_0^T и динамическую составляющую часового расхода топлива $B^T(\omega)$ в транспортном режиме.

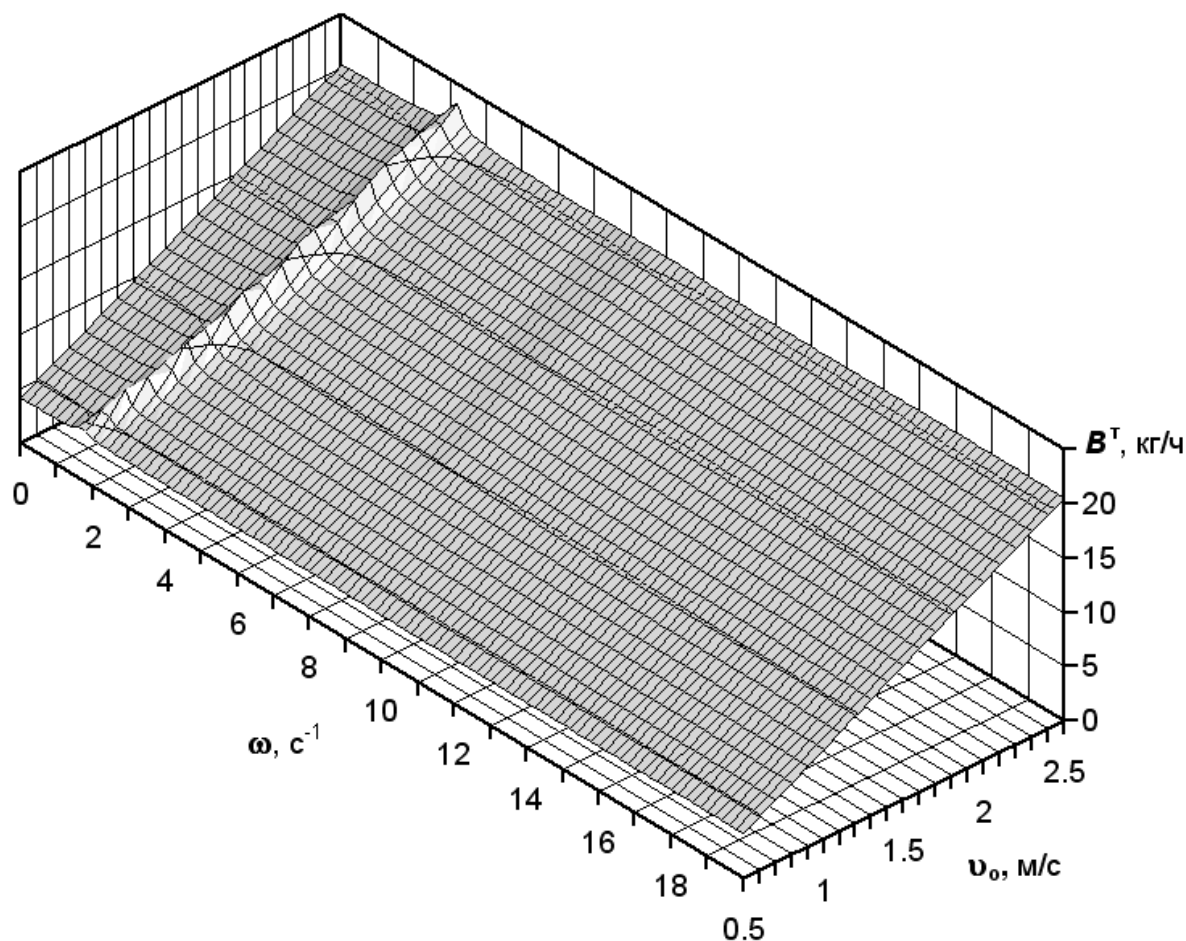
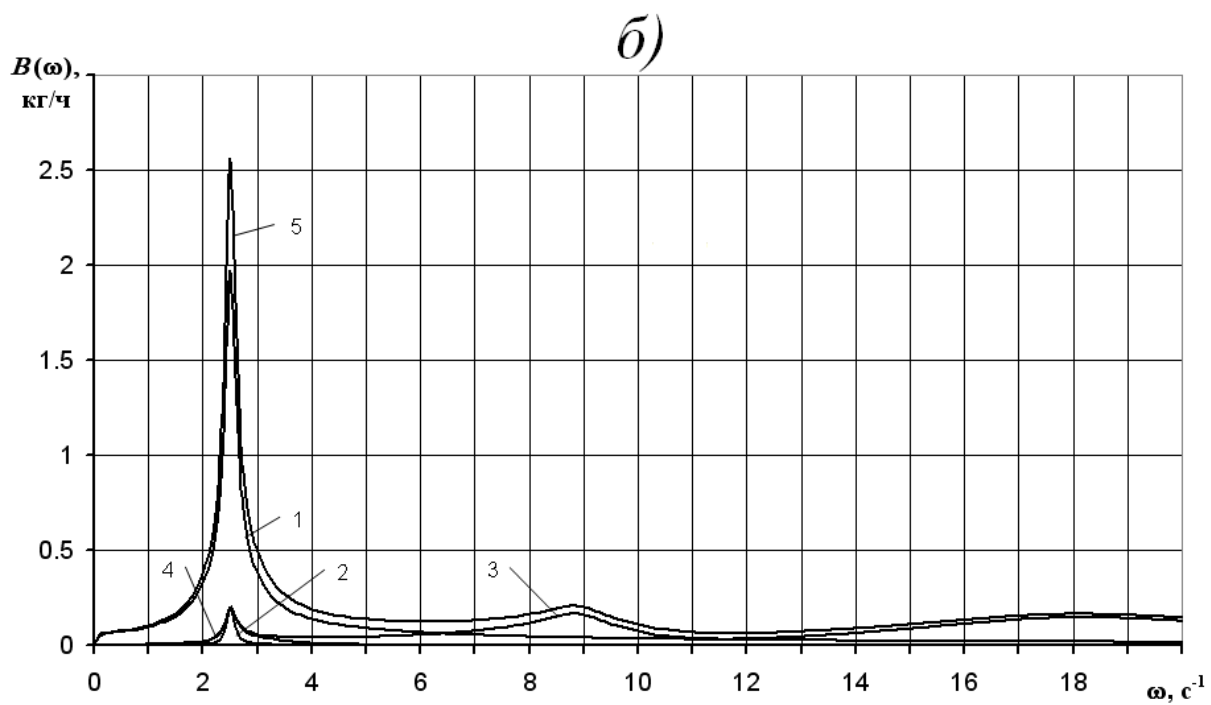
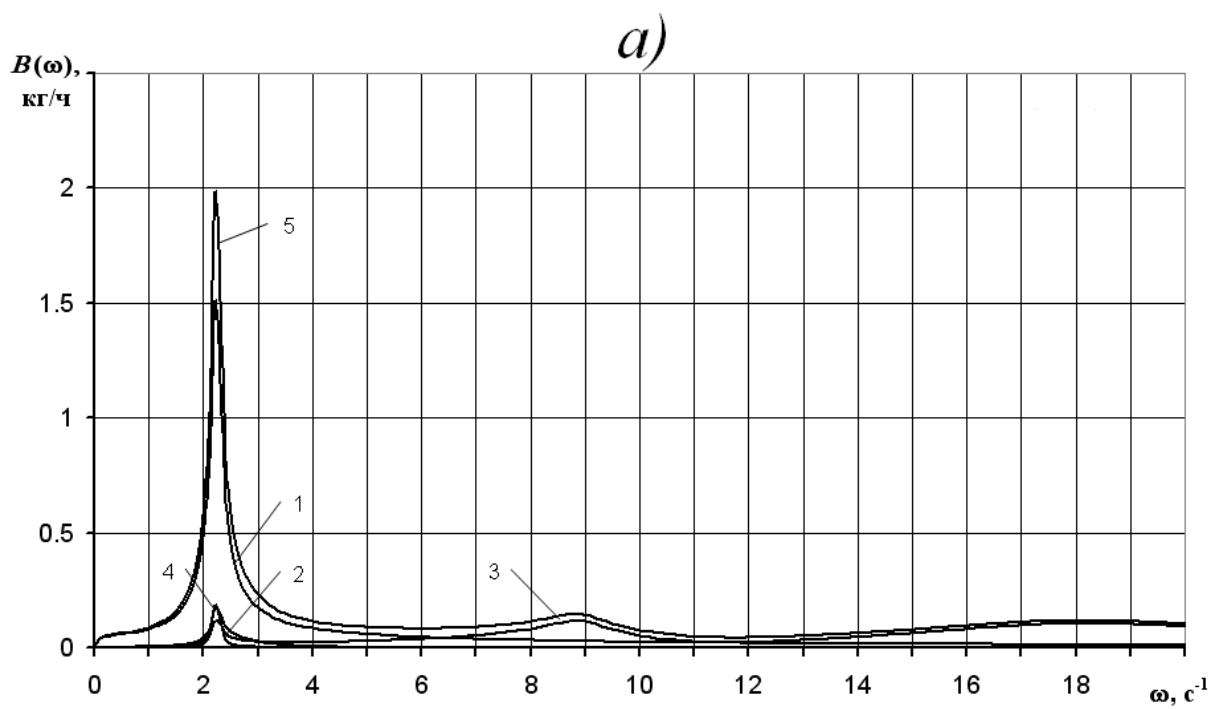


Рис. 2. Поверхность состояния ЧХ часового расхода топлива дизеля МТА на базе трактора ЛХТ-100 с плугом ПКЛ-70 при транспортном режиме в зависимости от скорости движения, при штатной жесткости подвеса $c_1=1400$ кН/м



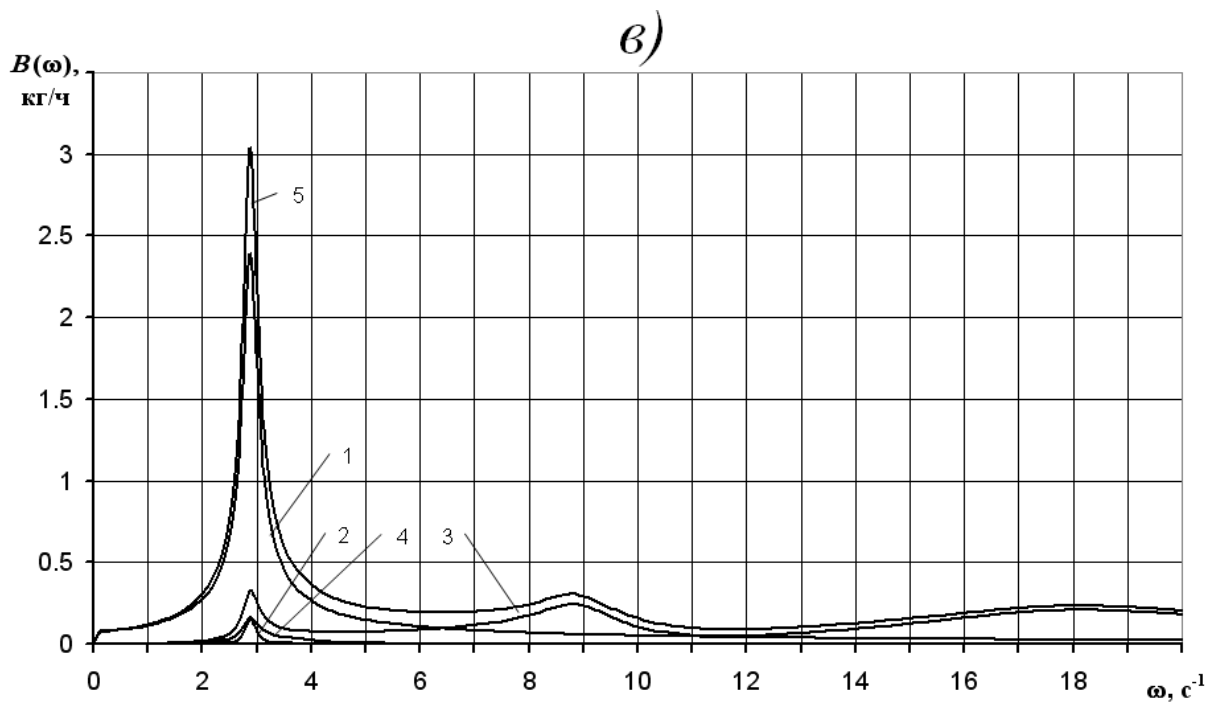


Рис. 3. ЧХ часового расхода топлива по компонентам в транспортном режиме МТА на базе трактора ЛХТ-100 с плугом ПКЛ-70 при жесткости подвеса $c_1=1400$ кН/м: **а** – при скорости движения $v_0=0,86$ м/с (II передача); **б** – при скорости движения $v_0=1,15$ м/с (III передача); **в** – при скорости движения $v_0=1,78$ м/с (IV передача); 1 – сопротивление движению МТА на подъеме; 2 – инерционные силы МТА; 3 – колебания трактора в продольно-вертикальной плоскости; 4 – механические потери в парах трения двигателя; 5 - суммарный расход на динамические нагрузки.

По формуле (6) вычислены потери часового расхода топлива на динамические нагрузки по каждой компоненте в спектре частот $0...20$ s^{-1} , а также суммарные – для различных значений $c_1=1800; 1400; 1000$ кН/м:

1 – от сопротивления на подъеме под углом $\alpha=5^\circ$

$$B_1^T(\omega) = \frac{E_1 R \cdot M_H^a}{i_T \eta_M \omega_{CH}} A_1^T \cdot \int_{\omega=0}^{\omega=20} \omega \cdot |U_{11}(j\omega)| d\omega, \quad (8)$$

2 – от инерционных сил МТА

$$B_2^T(\omega) = \frac{2E_1 R \cdot M_H^a}{i_T \eta_M \omega_{CH}} A_4 \cdot \int_{\omega=0}^{\omega=20} \omega^2 |U_{11}^2(j\omega)| d\omega \quad (9)$$

3 – от колебаний МТА в продольно-вертикальной плоскости

$$B_3^T(\omega) = \frac{2E_1 R \cdot f_{TK} \cdot M_H^a}{i_T \eta_M \omega_{CH}} \cdot \int_{\omega=0}^{\omega=20} \omega \cdot |U_{11}(j\omega)| \cdot |\Theta_B^T(j\omega)| d\omega \quad (10)$$

4 – от механических потерь в парах трения двигателя

$$B_4^T(\omega) = \frac{E_1 D_1 \cdot M_n^a}{\omega_{\text{сн}}} \cdot \int_{\omega=0}^{\omega=20} \omega \cdot |U_{11}(j\omega)| \left[\frac{a_1}{P_{\text{мн}}} \sqrt{\frac{4\omega^2 + \gamma^2}{\omega^2 + \gamma^2}} \cdot |G_{61}(j\omega)| + 2b_1 \omega \cdot |U_{11}(j\omega)| \right] d\omega; \quad (11)$$

5 – суммарные потери часового расхода топлива на динамические нагрузки

$$B^T(\omega) = \frac{M_n^a}{\omega_{\text{сн}}} \cdot \int_{\omega=0}^{\omega=20} |G_{31}^T(j\omega)| d\omega \quad (12)$$

где $G_{31}^T(j\omega)$ – передаточная функция часового расхода топлива в транспортном режиме [2].

Фактический часовой расход топлива B_ϕ^T в транспортном режиме, с учетом затрат на динамические нагрузки, для различных значений $c_1 = 1800; 1400; 1000$ кН/м, определится суммой

$$B_\phi^T = B_0^T + B^T(\omega) \quad (13)$$

Результаты вычислений регулярной составляющей B_0^T и фактического часового расхода топлива B_ϕ^T сведены в таблицу.

Таблица - Результаты расчета часового расхода топлива МТА на базе трактора ЛХТ-100 с плугом ПКЛ-70 в транспортном режиме

Скорость движения МТА v_0 , м/с	Регулярная составляющая B_0^T , кг/ч	Суммарные динамические составляющие $B^T(\omega)$, кг/ч при различной жесткости c_1 , кН/м			Компоненты динамической составляющей $B_i^T(\omega)$, кг/ч при жесткости $c_1 = 1400$ кН/м			
		1000	1400	1800	1 ^d	2 ^d	3 ^d	4 ^d
0,86 ^a	6,983	1,135	1,174	1,163	0,616	0,025	0,483	0,050
1,15 ^b	9,337	1,414	1,461	1,447	0,771	0,023	0,615	0,052
1,78 ^c	14,453	1,765	1,821	1,802	0,959	0,020	0,795	0,047

^a $\omega_{\text{сн}} = 2,23 \text{ с}^{-1}$ – II передача ($i_T = 44,226$);

^b $\omega_{\text{сн}} = 2,51 \text{ с}^{-1}$ – III передача ($i_T = 32,854$);

^c $\omega_{\text{сн}} = 2,88 \text{ с}^{-1}$ – IV передача ($i_T = 21,271$);

^d Компоненты: 1 – сопротивление движению МТА на подъеме; 2 – инерционные силы МТА; 3 – колебания трактора в продольно-вертикальной плоскости; 4 – механические потери в парах трения двигателя.

Заключение и выводы. Не смотря на малую продолжительность транспортного режима лесохозяйственного МТА, он является сравнительно

энергозатратным и характеризуется высокими показателями часового расхода топлива.

В транспортном режиме частотная характеристика часового расхода топлива МТА на динамические нагрузки реализуется с двумя экстремумами (рис. 3, кривые 5). Наибольший расход происходит в диапазоне собственных частот колебаний частоты вращения коленчатого вала двигателя $\omega_{нi} = 2,23...2,88 \text{ с}^{-1}$. По компонентам динамической составляющей наибольшие значения расхода топлива имеют компоненты сопротивления движению МТА на подъеме и колебаний трактора в продольно-вертикальной плоскости (рис. 3, кривые 1, 3).

Скорость движения v_0 оказывает существенное влияние как на величину регулярной составляющей часового расхода топлива $B_0^{\dot{}}$, так и на компоненты динамической составляющей $B_i^{\dot{}}(\omega)$ (таблица), поэтому выбор передаточного ряда трансмиссии и коробки перемены передач на стадии проектирования должен обеспечивать эффективные тяговые и скоростные режимы МТА.

Для повышения топливной экономичности дизелей МТА, в конструкцию топливного насоса высокого давления (ТНВД) которых входит рейка топливного насоса (РТН), необходимо использовать корректирующее устройство [1,2].

Библиографический список

1. *Антипин В.П.* Энергозатраты машинно-тракторного агрегата. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 324 с.
2. *Антипин В.П.* Производительность, энергозатраты и ресурс машинно-тракторного агрегата / *В. П. Антипин, М. Я. Дурманов, Г. В. Каршев* – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 484 с.
3. *Власов Е.Н., Михайлов О.А., Дурманов М.Я., Епифанова А.Ю.* Затраты энергии на реализацию касательной силы трактора ЛХТ-100 в транспортном режиме / Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 213.- СПб.: СПбГЛТУ, 2015.- С. 138-147.
4. *Спирidonов С.В., Дурманов М.Я., Михайлов О.А.* Энергозатраты на реализацию касательной силы лесохозяйственного МТА в транспортном режиме / II-ая международная НТК «Леса России: политика, промышленность, наука, образование»; СПбГЛТУ им. С.М. Кирова 24-26.05.17 г. том № 3, С. 43-46.
5. *Дурманов М.Я., Спирidonов С.В., Михайлов О.А.* Оценка часового расхода топлива лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата на стадии проектирования / Леса России: политика, промышленность, наука, образование / материалы третьей международной научно-технической конференции. Том 2 / Под. ред. В.М. Гедьо. - СПб.: СПбГЛТУ, 2018. – С.164-167.

6. Власов Е.Н., Михайлов О.А., Дурманов М.Я., Епифанова А.Ю. Определение количества энергии, затрачиваемой на реализацию касательной силы трактора ЛХТ-100 в пахотном режиме / Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 212.- СПб.: СПбГЛТУ, 2015.- С. 104-112.
7. Antipin V.P., Durmanov M.Y., Mikhaylov O.A. (2019) Choosing Transmission Gearset for Agricultural Aggregates Based on Energy Consumption. In: Radionov A., Kravchenko O., Guzeev V., Rozhdestvenskiy Y. (eds) Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, pp 1591-1600. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95630-5_170
8. Durmanov M.Y., Martynov B.G., Spiridonov S.V. (2019) Energy and Fuel Consumption of Agricultural Aggregate. In: Radionov A., Kravchenko O., Guzeev V., Rozhdestvenskiy Y. (eds) Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, pp 1601-1612. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95630-5_171
9. Варава В.И. и др. Энергозатраты трактора ТБ-1. Лесной журнал, №5, 2007.– С. 45-53.

Сведения об авторах

ФИО Дурманов М.Я.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 3809-9956
e-mail Durmanov130266@rambler.ru

ФИО Куликов В.Н.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail ov-fami@mail.ru

ФИО Михайлов О.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия

SPIN-код 4681-4898
e-mail kerro07@mail.ru

Аннотация

Важным фактором эксплуатационной эффективности является часовой расход топлива дизеля лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата (МТА), определяющий стоимость лесохозяйственных и лесовосстановительных работ. Не смотря на малую продолжительность транспортного режима лесохозяйственного МТА, он является сравнительно энергозатратным и характеризуется высокими показателями часового расхода топлива. В работе исследуется влияние параметров МТА на часовой расход топлива дизеля в транспортном режиме. В качестве эксплуатационного параметра выбрана скорость движения МТА, а в качестве конструктивного - жесткость подвеса. Для транспортного режима определен часовой расход топлива дизеля на динамические нагрузки по компонентам: от сопротивления на подъеме; от инерционных сил МТА; от колебаний подвеса МТА в продольно-вертикальной плоскости; от механических потерь в парах трения двигателя, а также его суммарная величина для различных значений жесткости подвеса. Максимальные значения суммарной динамической составляющей часового расхода топлива в транспортном режиме наблюдаются на частотах, близких к $2,5 \text{ с}^{-1}$, - собственной, энергозатратной частоте колебаний частоты вращения коленчатого вала двигателя СМД-20Т.04.

Практическое использование предлагаемой методики оценки эксплуатационной эффективности МТА в транспортном режиме, особенно актуальное на этапе проектирования трактора, необходимо для повышения качества проектных и конструкторских работ, совершенствования конструкции лесохозяйственных МТА.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, часовой расход топлива, дизель, транспортный режим, скорость движения, жесткость подвеса, частотные характеристики

Keywords: Machine and tractor unit, Hourly fuel consumption, Diesel engine, Transport mode, Travel speed, Suspension stiffness, Frequency characteristics

УДК 630*375.4

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 55.01.77; 55.42.03; 55.57.29; 68.01.77; 68.29.15; 68.85.29

3. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ЛЕСА

Инъектирование слабых грунтов на основе побочных продуктов промышленности в лесном дорожном строительстве

Вальдер М.А., Артемьев В.В.

Введение.

Стоимость и объем производимой продукции в лесной отрасли существенно зависит от состояния лесной дорожной инфраструктуры. Для расширения эксплуатируемой лесосырьевой базы необходимо строительство лесных дорог. Строительство существующей лесной сети основывалось на минимальных расстояниях вывозки с минимальными затратами на строительства дорог, что достигалось строительством дорог на грунтах со стабильной несущей способностью. Исчерпав «доступные» зоны вырубки, встает вопрос освоения лесосырьевой базы со строительством дорог на слабых грунтах – пылеватых, обводненных, заторфованных.

Повышение прочности таких грунтов основано на внедрение вяжущих материалов. Самыми распространенными вяжущими материалами является битум и цемент, но их применение в строительстве лесных дорог незначительное, из-за сравнительно большой стоимости. С экономической точки зрения эффективно использовать местные отходы промышленности, имеющие вяжущие свойства.

Подбор метода укрепления и вяжущего материала экономически эффективного для строительства лесных дорог является актуальной.

Методика укрепления.

Инъекционные методы в дорожном строительстве используются для повышения прочности и водонепроницаемости неустойчивых водонасыщенных дисперсных (пески, супеси) со значительными водопритоками (плавунами), для повышения несущей способности, стабильности устойчивости грунтовых массивов. Метод укрепления грунтов выбирается на этапе проектирования основываясь на инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, требований экологии и технико-экономического сравнения вариантов укрепления грунта.

Метод укрепления грунтов по типу используемых инъекционных материалов подразделяются на:

– цементацию - укрепление грунта путем инъекции в грунт растворов на основе цементных вяжущих,

– силикатизацию - укрепление грунта путем инъекции в грунт растворов на основе силиката натрия (жидкого стекла) и отвердителей в виде слабых растворов кислот или щелочей

– смолизацию - укрепление грунта путем инъекции в грунт растворов полимерных смол и отвердителей в виде слабых растворов кислот.

Наиболее широко распространяется цементация грунта, но ее применение в строительстве лесных дорог незначительное, из-за сравнительно большой стоимости. Состав работ по струйной цементации грунтов включает бурение направляющих скважин и установку на проектной глубине монитора (буровой став) в скважину, который предназначен для нагнетания под высоким давлением раствора, размыва грунта и перемешивания разрыхленного грунта с твердеющим раствором. Далее происходит приготовление инъекционного раствора, подъем монитора с одновременной подачей инъекционного раствора через сопла (форсунки), размыв в грунте полостей и заполнение их грунтоцементным материалом, извлечение рабочего органа и перемещение агрегата на новую точку.

При струйной цементации грунтов давление нагнетания раствора зависит от характеристик обрабатываемых грунтов и проектных размеров грунтоцементных свай. Как правило, давление нагнетания инъекционного раствора должно находиться в пределах от 40 МПа до 80 МПа. Нагнетание раствора при струйной цементации грунта проводится триплексными насосами высокого давления по нагнетательным армированным шлангам, соединенным с буровым ставом [1].

Наиболее эффективная обработка несвязных грунтов достигается при относительно больших расходах инъекционного раствора, а в связных грунтах (плотные, суглинки, глины) - при относительно высоких давлениях нагнетания раствора.

Расход инъекционного раствора при струйной цементации грунта регулировать по выносу раствора с грунтовой пульпой из скважины. Нормальный процесс цементации сопровождается незначительным выносом раствора от 30 до 40 % от инъектируемого объема раствора, при чрезмерном его выносе расход уменьшать, при отсутствии выноса - увеличивать.

С экономической точки зрения эффективно использовать раствор на базе отходы промышленности, улучшенными различными добавками.

Применение в лесном дорожном строительстве.

Для лесных районов северо-восточной части Ленинградской области в дорожном строительстве возможно использование отходов глиноземного производства Бокситогорского – красный бокситовый шлам и Пикалевского заводов - нефелиновый шлам. Нефелиновый шлам текущего производства

представляет собой пескообразный сыпучий материал с модулем крупности 1-2,2 мм, лежалый шлам представляет собой монолитный материал с прочностью при сжатии до 6 МПа, для применения в строительстве лежалый шлам необходимо разрыхлить и раздробить.

Нефелиновый шлам является высокоактивным среди белитосодержащих материалов, т.к. содержит свыше 55% вяжущего компонента – белита. При хранении до одного года потери при прокаливании составляют до 10%, а при длительном хранении (свыше 1-го года) более 10% [2].

Нефелиновый шлам как вяжущий материал отличается повышенной эффективностью, так как в нем благоприятно сочетаются конструкционные, теплоизоляционные и дренирующие свойства, что обеспечивает ему высокую конкурентоспособность при принятии оптимальных проектно-технологических решений. Большое содержание белита придает шламу свойства готовой медленноотвердеющей композиции, пригодной для внедрения в грунты со слабой несущей способностью.

Для удешевления и использования инъекционного метода стабилизации грунтов в лесном дорожном строительстве, предлагается использование нефелинового шлама в качестве добавки к цементирующей составляющей.

Основными плюсами данного материала в качестве примеси к цементирующему веществу являются:

- хранение на открытой площадке без укрытия и под укрытием не влияет на его минералогический состав;
- пригодность для струйного внедрения в грунтовый массив;
- повышение прочности в течение длительного времени, даёт возможность восстанавливаться после значительной сезонной нагрузки;
- способностью шлама к самостоятельному твердению и набору прочности материала.

Экономическая эффективность использования шлама имеет свои территориальные рамки применения. Но возможность строительства лесных дорог в близлежащих районах хранения обеспечит возможность покрытия дорожной сетью значимую часть территории.

Заключение и выводы.

Метод инъектирования требует использование узкопрофильного оборудования, которое на данный момент дорогостоящие. Но при этом, использование мобильного навесного и поддержанного оборудования дает данный метод целесообразным с экономической точки зрения.

Определение оптимального состава цементирующей смеси инъектируемой в грунт с использованием нефелинового шлама является актуальной.

Библиографический список

1. СП 291.1325800.2017 Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования. М.: Госстрой. 2017. 36 с.
2. Методические рекомендации по устройству дорожных оснований и переходных покрытий с применением белитового шлама в нефтегазоносных районах Западной Сибири. М.: СОЮЗДОРНИИ, 1985 г.

Сведения об авторах

ФИО Вальдер Марина Аркадьевна
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код отсутствует
e-mail martishatr@yandex.ru

ФИО Артемьев Владислав Владимирович
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 2826-8170
e-mail artemev.vladislav@gmail.com

Аннотация

Для расширения эксплуатируемой лесосырьевой базы необходимо строительство лесных дорог. Исчерпав «доступные» зоны вырубki, встает вопрос освоения лесосырьевой базы со строительством дорог на слабых грунтах – пылеватых, обводненных, заторфованных.

Повышение прочности таких грунтов основано на внедрение вяжущих материалов. С экономической точки зрения эффективно использовать местные отходы промышленности, имеющие вяжущие свойства. Подбор метода укрепления и вяжущего материала экономически эффективного для строительства лесных дорог является актуальной.

Инъекционные методы в дорожном строительстве используются для повышения прочности и водонепроницаемости неустойчивых водонасыщенных дисперсных (пески, супеси) со значительными водопритоками (плавунами), для

повышения несущей способности, стабильности устойчивости грунтовых массивов.

Наиболее широко распространяется цементация грунта, но ее применение в строительстве лесных дорог незначительное, из-за сравнительно большой стоимости.

Для удешевления и использования инъекционного метода стабилизации грунтов в лесном дорожном строительстве, предлагается использование нефелинового шлама в качестве добавки к цементирующей составляющей.

Экономическая эффективность использование шлама имеет свои территориальные рамки применения. Но возможность строительства лесных дорог в близлежащих районах хранения обеспечит возможность покрытия дорожной сетью значимую часть территории.

Ключевые слова: укрепление грунтов, инъектирование, цементация, лесные дороги, дорожное строительство, нефелиновый шлам.

УДК 630.383

Раздел рубрикатора ГРНТИ: 66.17.15

Модель оптимизации структуры лесной транспортной сети с учетом противопожарной функции лесных дорог

Громов И.А., Тюрин Н.А.

Введение.

Охрана лесов от пожаров является одним из важнейших направлений лесного хозяйства, поскольку пренебрежение этим может повлечь к тяжким последствиям. Поэтому необходимость мониторинга, своевременного обнаружения и тушения лесных пожаров не вызывает сомнений. С этой целью территория страны делится на зоны наземной, авиационной и космической охраны лесов. Очевидно, что сеть противопожарных лесных дорог имеет большое значение именно для зоны наземной охраны, поэтому в дальнейшем будет рассматриваться именно данная зона.

Противопожарные лесные дороги относятся к лесохозяйственным дорогам. Они должны обеспечивать две основные задачи: патрулирование с целью своевременного обнаружения возникновения лесного пожара и обеспечение доступа сил и средств к месту тушения. При освоении лесов на базе комплексного подхода их проектирование целесообразно увязывать с проектированием других лесных дорог, развивая таким образом единую лесотранспортную сеть, состоящую из лесовозно-лесохозяйственных дорог. Такие дороги можно разделить на лесные магистрали, ветки и усы, включая ветки и усы круглогодого действия.

Оптимизация структуры подобной сети с учетом ее противопожарных функций требует соответствующей методики проектирования. Подход к проектированию лесотранспортных сетей многоцелевого лесопользования ранее рассматривался в [1, 2]. Однако для учёта специфики противопожарной функции дорог требуется создание соответствующей математической модели.

Модель оптимизации структуры лесной транспортной сети.

Представленная в настоящей статье математическая модель учитывает противопожарную функцию лесных дорог и связанные с ней отношения, а также затраты на возведение, содержание и ремонт лесных дорог. В основу модели положено представление об иерархической структуре лесотранспортной сети, при которой к дорогам общего пользования примыкают лесные магистрали, к магистралям ветки, к веткам усы. В случае возникновения и обнаружения лесного пожара происходит реагирование сил пожаротушения, которые выдвигаются от ближайшей пожарно-химической станции (ПХС) к месту тушения. При этом они передвигаются по дорогам общего пользования, лесным магистралям, веткам, усам и квартальным просекам.

Площадь лесного пожара зависит от скорости его распространения и времени действия пожара. Время действия пожара зависит от нескольких факторов, одним из которых является время доставки сил и средств пожаротушения к очагу лесного пожара. Оно зависит от расстояния между ближайшей ПХС и местом возникновения лесного пожара, а значит и от густоты транспортной сети.

Целевой функцией модели является совокупность суммарных удельных затрат на создание, содержание и ремонт транспортной сети и удельных экологических затрат на 100 га. Последние выражают ущерб лесам от лесных пожаров. Целевая функция имеет вид:

$$S_{общ} = S_{стр.ЛТС} + S_{с.р.ЛТС} + S_{эк.} \quad (1)$$

где $S_{общ}$ – суммарные удельные затраты на создание, содержание и ремонт транспортной сети и удельные экологические затраты, руб.; $S_{стр.ЛТС}$ – удельные затраты на создание лесотранспортной сети; $S_{с.р.ЛТС}$ – удельные затраты на содержание и ремонт лесотранспортной сети, руб.; $S_{эк.}$ – удельные экологические затраты (ущерб лесам от пожаров), руб.

Критерием оптимизации является минимум целевой функции:

$$S_{общ} \rightarrow \min \quad (2)$$

Удельные экологические затраты зависят от потенциального запаса поврежденной огнём древесины и стоимости её одного обезличенного кубометра.

$$S_{эж} = \frac{(M_n \cdot P) \times 100}{F_{общ}} \quad (3)$$

где M_n – потенциальный запас поврежденной огнём древесины, м³; P – стоимость одного обезличенного кубометра древесины, руб; $F_{общ}$ – площадь лесного участка (здесь понятие «лесной участок» приводится в соответствии с Лесным кодексом РФ [3]), га.

Потенциальный запас повреждённой огнём древесины определяется как произведение потенциальной площади лесов, которая может быть пройдена лесным пожаром с момента возгорания до момента прибытия сил и средств к месту тушения на средний запас древесины на одном гектаре.

$$M_n = F \cdot M_{ср} \quad (4)$$

где F – потенциальная площадь лесов, которая может быть пройдена лесным пожаром с момента возгорания до момента прибытия сил и средств к месту тушения, га; $M_{ср}$ – средний запас древесины на одном гектаре, руб.

Если приближённо принять площадь лесного пожара за окружность, то потенциальную площадь лесов, которая может быть пройдена лесным пожаром, может быть определена по формуле:

$$F = \frac{R_{ср}^2 \times \pi}{10000} \quad (5)$$

где $R_{ср}$ – средний радиус лесного пожара, м

Средний радиус лесного пожара равен произведению средней скорости распространения лесного пожара на время его действия от момента возгорания до момента прибытия сил и средств пожаротушения.

$$R_{ср} = v_{ср} \cdot t_{дп} \quad (6)$$

где $v_{ср}$ – средняя скорость распространения лесного пожара, м/ч; $t_{дп}$ – время действия лесного пожара, ч

Время действия лесного пожара от момента загорания до момента прибытия сил и средств пожаротушения определяется по формуле:

$$t_{дп} = \sum_{i=1}^7 t_i = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 \quad (7)$$

где t_1 – период времени от возникновения пожара до его обнаружения, ч; t_2 – время реагирования сил пожаротушения, ч; t_3 – время на доставку сил и средств пожаротушения по дорогам общего пользования, ч; t_4 – время на доставку сил и средств пожаротушения по лесной магистрали, ч; t_5 – время на доставку сил и средств пожаротушения по ветке, ч; t_6 – время на доставку сил и средств пожаротушения по усам, ч; t_7 – время на доставку сил и средств пожаротушения по квартальным просекам вне лесных дорог, ч.

Время на доставку сил и средств пожаротушения по дорогам различных категорий и кварталным просекам определяется по нижеследующим формулам.

$$t_3 = \frac{l_i}{v_i}, i = 3, 4, 5, 6, 7 \quad (8)$$

где l_i – расстояние перемещения сил и средств пожаротушения от ПХС до места тушения пожара по автомобильной дороге или пути соответствующей категории (3 – дорога общего пользования, 4 – лесная магистраль, 5 – ветка, 6 – ус, 7 – кварталная просека), км; v_i – скорость перемещения сил и средств пожаротушения по автомобильной дороге или пути соответствующей категории (3 – дорога общего пользования, 4 – лесная магистраль, 5 – ветка, 6 – ус, 7 – кварталная просека), км/ч.

Расстояние перемещения сил и средств пожаротушения по дорогам различных категорий и кварталным просекам определяется по формулам:

$$l_i = \frac{d_i}{2} \quad (9)$$

где d_i – ширина грузосборочной зоны автомобильной дороги или пути соответствующей категории (3 – дорога общего пользования, 4 – лесная магистраль, 5 – ветка, 6 – ус, 7 – кварталная просека), км.

Суммарные затраты на создание, содержание и ремонт транспортной сети определяется по известным зависимостям, например, представленным в [1, 2].

Заключение.

Представленная математическая модель может быть использована для проведения машинного эксперимента по выявлению степени влияния противопожарной функции лесотранспортной сети на её параметры, а именно на ширину грузосборочных зон дорог и густоту транспортной сети, а также для оптимизации структуры и размещения лесотранспортной сети.

Библиографический список

1. *Громов, И.А.* Методика проектирования лесной транспортной сети в условиях многоцелевого использования лесов / *И.А. Громов, Н.А. Тюрин* // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. Вып. 216. С. 43-57.
2. *Громов, И.А.* Особенности создания цифровой модели местности для проектирования транспортной сети многоцелевого лесопользования / *И.А. Громов, Н.А. Тюрин* // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. Вып. 219. С. 133-143.
3. Лесной кодекс Российской Федерации : Федер. закон от 04 дек. 2006 г. № 200-ФЗ // СПС «КонсультантПлюс». (дата обращения : 04.02.2019)

Сведения об авторах

ФИО Тюрин Н.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 8998-5234
e-mail tnalif@mail.ru

ФИО Громов И.А.
Организация Лисинский лесной колледж
Адрес организации 187023, ул. Кравчинского, д. 4, пос. Лисино-Корпус, Тосненский район, Ленинградская область, Россия
SPIN-код 1770-6449
e-mail Gromov.Ivan.2012@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрена математическая модель оптимизации структуры лесной транспортной сети с учетом противопожарной функции лесных дорог. Представленная математическая модель может быть использована для проведения машинного эксперимента по выявлению степени влияния противопожарной функции, выполняемой лесными дорогами, на ширину грузосборных зон дорог и густоту транспортной сети, а также непосредственно для оптимизации структуры и размещения лесотранспортной сети.

Ключевые слова: проектирование, математическая модель, оптимизация, лесные дороги, транспортная сеть, лесные пожары, охрана лесов, многоцелевое использование лесов

УДК 630.383.9, 630.432.19

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.17.15, 68.47.41

Теоретические предпосылки капсулирования осадка промывных вод ГУП «Водоканал СПб»

Зубова О.В., Силецкий В.В.

Введение.

Повышение физико-механических характеристик и рентабельности лесной дороги являются на сегодняшний день одними из главных задач стоящих перед лесозаготовителями.

С каждым годом себестоимость лесной продукции повышается, что уменьшает доходы лесоперерабатывающих предприятий, это негативно сказывается на качестве и объёмах переработки древесины.

Данная проблема вызвана тем, что лесные ресурсы в непосредственной близости к автомагистралям и населенным пунктам исчерпали себя. Лесозаготовку нужно вести в труднодоступных местах – это приводит к колоссальным затратам на доставку дорожно строительного материала и на строительство лесных дорог.

Строительство прочных, долговечных и экономичных лесных дорог является приоритетной задачей лесозаготовительного комплекса. Одним из эффективных решений является использование отходов промышленности для возведения земляного полотна и морозозащитных слоев.

Использование отходов промышленности снизит стоимость лесной дороги так, как отход имеет низкую цену или не имеет ее вовсе. Так же, при взаимодействии отходов с грунтами и минеральными вяжущими, может быть получен дорожно-строительный материал, имеющий высокую несущую способность, а так же повышенную морозостойкость.

Получение и использование данного материала может решить основные задачи лесного дорожного строительства такие как: повышение физико-механических характеристик, а так же долговечности и рентабельность лесной дороги.

Состояние вопроса.

Долговечность и устойчивость дорожных конструкций в значительной степени определяются устойчивостью земляного полотна в периоды сезонного промерзания и оттаивания. Одним из наиболее опасных видов деформаций земляного полотна в районах с сезонным промерзанием и неблагоприятными условиями увлажнения является неравномерное пучение связных грунтов, которое может привести к разрушению дорожной одежды [1].

Эффективным решением проблем могут являться мероприятия по защите дорожных конструкций от негативного воздействия мороза и воды при помощи устройства морозозащитных слоев из грунтов, не склонных к вспучиванию при промерзании, таких как: песок, щебень гравий и т.д. Однако использование дорогостоящих материалов в строительстве морозозащитных слоев повысит стоимость и в значительной степени снизит ее рентабельность.

Теоретическое обоснование применения нефелинового шлама при капсулировании осадков промывных вод.

В исследованиях дорожных смесей на основе грунтов лесной зоны и нефелинового шлама с добавками минеральных вяжущих [2, 3, 4] использован отход промышленности нефелиновый шлам в смеси с грунтами лесной зоны и

минеральными вяжущими. Материал, полученный из данной смеси – шламогрунт – обладает низким водопоглощением, а также повышенной морозостойкостью. Физико-механические характеристики материала соответствуют маркам прочности М20-М90 по ГОСТ 23558–94, таким образом, материал обладает достаточной прочностью для использования в лесном дорожном строительстве.

Нефелиновый шлам является медленно твердеющим вяжущим, использование данного отхода в смеси с осадками промывных вод, укрепленных комплексными вяжущими, может дать положительный результат в виде материала с высокими физико-механическими характеристиками, обладающего низким водопоглощением, а также повышенной морозостойкостью, при этом, за счет использования нефелинового шлама в смеси, материал, возможно, будет обладать тиксотропными свойствами, т.е. способностью к частичному восстановлению структуры после ее разрушения.

Одной из основных задач, решение которой необходимо для оценки эффективности использования отходов промышленности и грунтов для устройства теплоизолирующих слоев, является изучение их теплофизических свойств, обуславливающих влияние укрепленных грунтов и отходов промышленности на водно-тепловой режим земляного полотна. Теплофизические свойства укрепленных материалов определяются их теплоемкостью, коэффициентами теплопроводности и температуропроводности. Указанные теплофизические характеристики входят в теплотехнические расчеты, связанные с обеспечением морозоустойчивости дорожных конструкций.

Одним из основных факторов, существенно влияющих на теплопроводность укрепленных грунтов и промышленных отходов, является влажность. Использование нефелинового шлама в смеси осадками промывных вод предположительно повысит гидрофобность материала – это приведет к значительному понижению теплопроводности материала. Т.е, полученный материал возможно будет использовать при строительстве теплоизолирующих слоев.

Цикл получения осадка промывных вод: после добавления коагулянтов происходит сгущение, в зависимости от прохождения осадка длится от 5 до 10 часов. Надосадочная жидкость перекачивается в головной узел очистных сооружений, а сгущенный осадок проходит либо просушку, либо заморозку. По прохождению всех процедур обезвоживания, влажность осадков составляет более 50%, объём остается большим. Обезвоженный осадок промывных вод относится к 4 классу опасности. Капсулирование осадка и дальнейшее его использование в лесном дорожном строительстве может решить ряд таких

проблем: как утилизация загрязненного отхода и повышение экологической безопасности региона.

Связывание осадка промывных вод нефелиновым шламом и минеральными вяжущими дает возможность использовать его в земляном полотне, а также для строительства теплоизолирующих и морозозащитных слоев.

Осадок промывных вод выступает в виде заполнителя, в то время как нефелиновый шлам в роли медленноотвердеющего вяжущего, цемент выступает в виде активатора нефелинового шлама для ускорения структурообразования материала.

Вывод.

Материал, полученный при укреплении осадка промывных вод нефелиновым шламом и минеральными вяжущими, теоретически будет обладать повышенными физико-механическими характеристиками, высокой морозостойкостью и низкой теплопроводностью. Использование данного материала в земляном полотне, а также в морозозащитных и теплоизолирующих слоях повысит срок службы дороги. Так же благодаря строительству слоёв защиты межремонтный период увеличится. Стоимости исходных материалов для смеси крайне малы, так как используемые материалы являются отходом промышленности и основные затраты заключаются в транспортировке отходов к месту строительства лесной дороги. Учитывая вышеизложенные факты, мы получим долговечную и рентабельную лесную дорогу.

Библиографический список

1. *Безрук, В.М.* Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве [Текст] / Проф., д-р геол.-минерал. наук *В.М. Безрук.* - Москва : Транспорт, 1971. - 246 с. : ил.; 22 см. Грунты – Укрепление.
2. *О.В. Зубова, В.В. Силецкий, А.П. Козлов, К.В. Кузнецов* // Исследования дорожных смесей на основе грунтов лесной зоны и нефелинового шлама с добавками минеральных вяжущих. с. 187-200.
3. *Зубова О.В.* Использование в лесном дорожном строительстве зологрунтовых смесей, обработанных вяжущими материалами//Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук /*О.В. Зубова*-СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2015-179с.
4. *Зубова О.В., Пигарев В.Е., Мячиков Е.Я.* Исследование дорожно-строительного материала для лесных дорог с использованием осадка промывных вод ГУП —Водоканал СПб, укрепленного вяжущими.

Сведения об авторах

ФИО Зубова О.В.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 6997-4065
e-mail Ok_z19@mail.ru

ФИО Силецкий В.В.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 4495-0838
e-mail lol.spairo@yandex.ru

Аннотация

В данной статье рассматривается возможность применения отходов промышленности в лесном дорожном строительстве, а именно нефелинового шлама в смеси с осадками промывных вод ГУП «Водоканал СПб» укрепленного минеральными вяжущим. Было рассмотрено состояние вопроса, а так же приведено теоретическое обоснование применения нефелинового шлама. Теоретическое взаимодействие нефелинового шлама с осадками промывных вод может дать материал с повышенной морозостойкостью и высокими физико-механическими показателями. По данной теме будет проведено экспериментальное исследование с целью подтверждения результатов.

Ключевые слова: нефелимовый шлам, вяжущие вещества, отходы

УДК 630.383

Раздел рубрикатора ГРНТИ: 66.17.15

Изменение свойств материала на основе золы и вяжущих для строительства лесных дорог

Зубова О.В., Силецкий В.В.

Введение.

Плохое состояние дорог пагубно сказывается на техническом состоянии лесовозных автопоездов. Ремонт и содержание лесных дорог является приоритетным вопросом в лесном секторе. Капитальный ремонт лесных автодорог должен проводиться не реже чем 1 раз в 5 лет, но в связи с сложившейся экономической ситуацией на сегодняшний день в Российской Федерации, ремонт и содержание лесных дорог практически не выполняется.

В связи с тем, что ситуация в ближайшее время с большой вероятностью не изменится, необходимо рассмотреть возможность более износостойких и долговечных материалов для строительства лесных дорог.

По исследованиям О.В. Зубовой [1,3,4], получен положительный результат применения золопесчаных смесей, укрепленных комплексным вяжущим. В качестве заполнителя в данной смеси была использована зола от сжигания осадков сточных вод ГУП «Водоканал». После получения высоких физико-механических показателей данных материалов, было проведено исследование по длительности структурообразования.

При проведении исследования структурообразования во времени золопесчаной смеси, укрепленной комплексными вяжущими, образцы выдерживались в воздушно-влажной среде, в эксикаторе 1,2 и 3 года, с последующим замачиванием на 48 часов. Результаты испытаний, полученные в ходе эксперимента представлены в таблице 1 и на рисунках 1-2.

Таблица 1.

Результаты экспериментального исследования золопесчаных смесей, укрепленных вяжущими

Соотнош. песка и золы	Цемент%	Битум, %	Дата изг.	Дата испыт.	Водонас. W, %	R _{сж} , МПа водонас.	Возраст
70:30	6	6	24.06.15	24.06.16	1,30	17,49	1 год
	6	6	24.06.15	24.06.17	0,89	18,52	2 года
	6	6	24.06.15	24.06.18	0,57	19,33	3 года
	6	9	24.06.15	24.06.16	0,72	12,64	1 год
	6	9	24.06.15	24.06.17	0,76	14,89	2 года
	6	9	24.06.15	24.06.18	0,95	17,89	3 года
	6	12	24.06.15	24.06.16	0,43	11,84	1 год
	6	12	24.06.15	24.06.17	0,40	14,32	2 года
	6	12	24.06.15	24.06.18	0,37	16,25	3 года

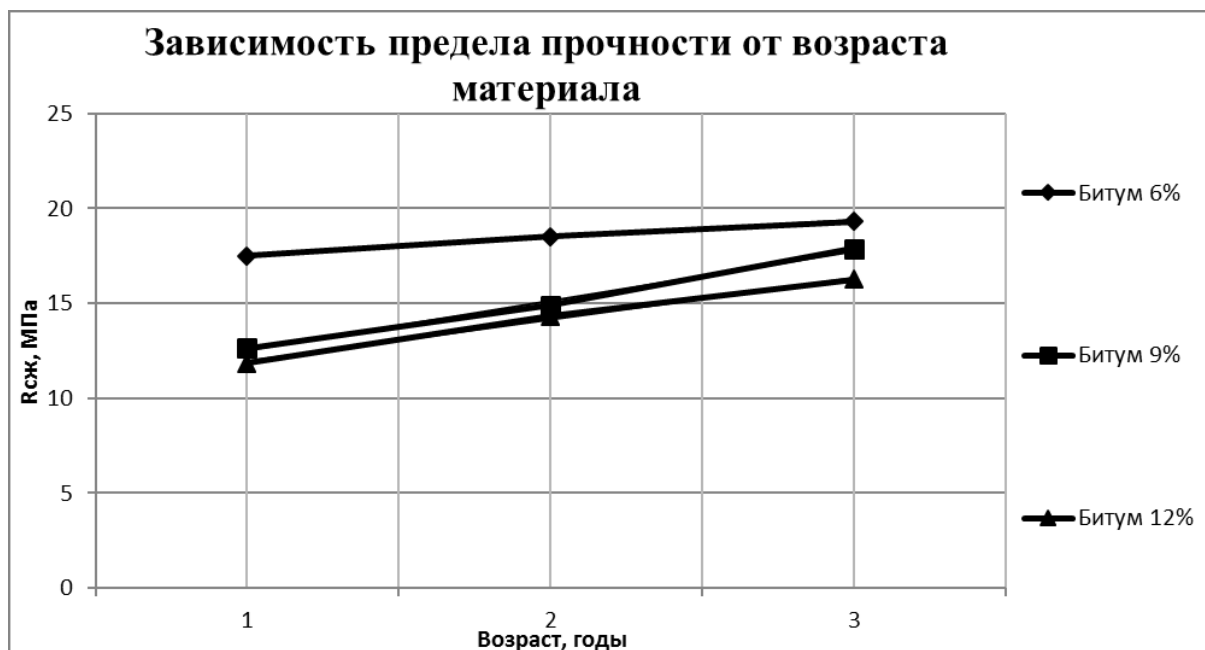


Рис.1. График зависимости предела прочности при сжатии золопесчаных образцов, укрепленных цементом и битумом, от возраста материала.

Уравнение регрессии при дозировке битума 6% имеет вид:

$$R_{сж} = 0,92t + 16,607; R^2 = 0,9953$$

Уравнение регрессии при дозировке битума 9% имеет вид:

$$R_{сж} = 2,625t + 9,89; R^2 = 0,9932$$

Уравнение регрессии при дозировке битума 12% имеет вид:

$$R_{сж} = 2,205t + 9,7267; R^2 = 0,9948$$



Рис.2. График зависимости водопоглощения золопесчаной смеси, укрепленной вяжущими, от возраста материала.

Уравнение регрессии при дозировке битума 6% имеет вид:

$$W = 0,045t^2 - 0,545t + 1,8; R^2 = 1$$

Уравнение регрессии при дозировке битума 9% имеет вид:

$$W = 0,075t^2 - 0,185t + 0,83; R^2 = 1$$

Уравнение регрессии при дозировке битума 12% имеет вид:

$$W = 0,01t^2 + 0,19t + 0,23; R^2 = 1$$

Анализ исследования физико-механических свойств образцов из золопесчаной смеси укрепленной комплексными вяжущими.

1. На рис. 1. представлены зависимости предела прочности при сжатии водонасыщенных образцов от времени структурообразования. Анализируя данный график можно сделать вывод, что золопесчаная смесь, укрепленная органическим и минеральным вяжущими, Наблюдается постоянный прирост прочности в течение всего времени эксперимента. Полученный материал обладает прочностью от 17,49 до 19,33 МПа в зависимости от сроков структурообразования, Оптимальная дозировка для данного материала: битум-6%, цемент-6%, зола 30%, песок 70%.

2. На рис. 2. представлена зависимость водопоглощения от времени структурообразования образцов. При оптимальной дозировке битума-6%, водопоглощение снижается в зависимости от времени хранения образцов в эксикаторе.

3. При больших дозировках битума, с течением длительного времени материал теряет свои конденсационные свойства, становится более жестким за счет старения пленок битума, о чем свидетельствует повышение водопоглощения. Отвердевшие пленки битума переходят в кристаллизационную структуру, о чем косвенно свидетельствует нарастание прочности с течением времени.

4. Полученный материал при оптимальных дозировках по своим физико-механическим характеристикам – предел прочности при сжатии от 17,49 до 19,33 МПа и водопоглощения от 0,57 до 1,3% соответствует маркам прочности М100 и выше в соответствии с ГОСТ 23558-94 [2].

Библиографический список

1. *Зубова О.В.* Использование в лесном дорожном строительстве зологрунтовых смесей, обработанных вяжущими материалами//Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук /О.В. Зубова-СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2015-179с.

2. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия (с изменениями № 1, 2).
3. *Зубова О.В., Бесараб Г.А., Суворова Н.А.* Экологические аспекты применения в лесном дорожном строительстве зологрунтовых смесей, обработанных вяжущими материалами// Леса России в XXI веке: сб. науч. Тр. По итогам Междунар. науч.-техн. интернет-конф. 2015. С. 66-69.
4. *О.В. Зубова, В.В. Силецкий, А.П. Козлов, К.В. Кузнецов* // Исследования дорожных смесей на основе грунтов лесной зоны и нефелинового шлама с добавками минеральных вяжущих. с. 187-200.

Сведения об авторах

ФИО	Зубова О.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	6997-4065
e-mail	Ok_z19@mail.ru

ФИО	Силецкий В.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	4495-0838
e-mail	lol.spairo@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрено исследование структурообразования золопесчаной смеси укрепленной комплексными вяжущими в течение длительного времени. В представленном исследовании доказано, что при большом содержании битума в материале его структура со временем «стареет», переходит из конденсационной в кристаллизационную с потерей водостойкости. При этом материал с меньшим содержанием битума показал нарастание прочности за весь период исследования, что говорит о его долговечности в полотне дороги и увеличении межремонтных периодов.

Ключевые слова: зола, осадок сточных вод, вяжущие вещества, отходы
УДК 630.383

Раздел рубрикатора ГРНТИ: 66.17.15

Планирование вывозки заготовленной древесины и развития лесотранспортной сети при освоении лесного фонда с использованием климатической информации

Коваленко Т.В.

Введение.

Опыт предыдущих лет показывает, что проектирование производственно-достаточной транспортной сети остается важнейшей проблемой, стоящей перед как вновь проектируемыми, так и существующими предприятиями лесного комплекса. Последние годы можно охарактеризовать как периоды с аномальными климатическими параметрами. Жаркое лето, поздняя зима с обильным снежным покровом продемонстрировали, что лесозаготовители могут стать заложниками неразвитой транспортной сети, если они не будут обладать инструментом, позволяющим прогнозировать состояние лесных дорог. Таким инструментом может стать система учета климатических факторов при освоении лесосечного фонда предприятия.

Цель работы.

Использование скорости движения лесовозного автопоезда как ключевого параметра системы учета климатических факторов при планировании вывозки заготовленной древесины и развития лесотранспортной сети.

Методы исследования.

Математический анализ. Корреляционный и регрессионный анализ.

Результаты и выводы.

Скорость движения лесовоза [1, 2] может выступать как ключевой индикатор состояния автодороги и использоваться в качестве критерия в системах оптимизации лесотранспортных процессов при освоении арендных лесных массивов.

Для учета изменений условий движения лесовоза в различные сезоны года [3] можно воспользоваться следующей зависимостью:

$$P_{сез} = \frac{(K_{pc}^3 - K_{pc}^{сез}) \cdot D_{сез} \cdot K_u}{365}, \quad (1)$$

где K_{pc}^3 – коэффициент обеспеченности расчетной скорости на эталонном участке дороги в эталонных метеоусловиях; $K_{pc}^{сез}$ – коэффициент обеспеченности расчетной скорости на эталонном участке дороги, в среднем для сезона; $D_{сез}$ – продолжительность сезона, сут.; K_u – коэффициент учета неравномерности вывозки в течение года.

Коэффициент обеспечения расчетной скорости [4], в свою очередь, может быть рассчитан по следующей формуле:

$$K_{pc} = \frac{V_{\phi}^{макс}}{V_{расч}^{\delta}}, \quad (2)$$

где $V_{\phi}^{макс}$ – максимальная фактическая скорость движения автомобиля;
 $V_{расч}^{\delta}$ – базовая расчетная скорость движения для данной категории дороги.

Таким образом, приняв за базовые расчетные скорости для лесовозных магистралей $V_{расч}^{\delta} = 40$ км/ч и для веток $V_{расч}^{\delta} = 30$ км/ч [3], получим:

$$K_{pc}^{маг} = \frac{V_{\phi}^{макс}}{40} \quad (3)$$

$$K_{pc}^в = \frac{V_{\phi}^{макс}}{30} \quad (4)$$

В благоприятных условиях (при отсутствии осадков, гололеда, метелей) дорога должна обеспечивать значение $K_{pc} = 1,00$. В малоблагоприятных условиях (осадки) в весенне-осенний период и зимой $K_{pc} = 0,50-0,75$; при неблагоприятных же дорожных условиях – $K_{pc} < 0,50$

Для комплексной оценки влияния различных климатических факторов следует использоваться среднегодовым коэффициентом обеспеченности расчетной скорости [3]. Для этого, взяв за основу данные климатических справочников, необходимо получить вероятности появления метеорологических явлений. Расчетная зависимость для определения среднегодовой коэффициент обеспеченности расчетной скорости в этом случае выглядит следующим образом:

$$\bar{K}_{cc} = \int_x K_{pc}(x) \cdot A_T \cdot P(x) dx, \quad (5)$$

где $K_{pc}(x)$ – коэффициент обеспеченности расчетной скорости по метеофактору x ; A_T – оператор времени действия метеофактора; $P(x)$ – вероятность действия метеофактора x .

Наибольшему влиянию климатических факторов подвержены лесные дороги с переходным типом покрытия, а так же технологические пути (усы) [5, 6]. В период повышенного увлажнения такие дороги, особенно с грунтовым покрытием, подвержены колееобразованию. Для учета взаимосвязи между глубиной колеи и скоростью движения автомобиля [7], можно воспользоваться следующей зависимостью:

$$v = \frac{270}{D} \times \frac{N\sqrt{D}}{\sqrt{h}}, \quad (6)$$

где D – диаметр колеса автомобиля; N – мощность двигателя, л.с.; h – глубина колеи, см.

Следовательно, показатель скорости целесообразно применять для оценки степени проходимости лесных дорог в реальном времени. Установив зависимость между скоростным режимом лесной дороги и климатическими факторами, мы получаем возможность оперативно реагировать на негативное влияние климата, своевременно ограничив движение. С другой стороны, появляется возможность предсказывать возможное состояние транспортной сети, имея на руках накопленный массив скоростных данных (как для легких, так и для тяжелых автопоездов, с учетом дорожных конструкций, по которым производится вывозка) и климатические параметры региона, через установление возможных критических периодов, когда существует опасность разрушения дороги лесовозными автопоездами.

В основу предлагаемой методики было положено исследование данных путевых листов лесовозных автопоездов, эксплуатировавшихся в ОАО ЛПК Кипелово (Вологодская область). В качестве источника метеоданных были использованы записи местной метеостанции (атмосферное давление, влажность воздуха, количество осадков, скорость ветра, средняя суточная температура воздуха) и основные климатические параметры по Вологодской области (альbedo, средняя температура почвы) [8, 9].

С помощью корреляционного анализа были выбраны факторы, оказывающие наиболее сильное влияние на среднюю скорость движения. К таковым относятся: временной фактор, категория дороги, альbedo поверхности, средняя температура почвы и средняя температура воздуха.

Основываясь на результатах проведенного анализа, можно сделать следующие выводы о влиянии указанных климатических факторов на среднюю скорость движения [10]:

На следующем этапе исследований были получены уравнения, описывающее влияние климатических факторов.

- для лесовозов с повышенной проходимостью:

$$V_1 = 0,162814 \cdot a + 35,8485/k_d + 0,0443855 \cdot t_{\text{п}}^2 - 0,025966 \cdot t_{\text{в}}^2 \quad (7)$$

- для магистральных лесовозов:

$$V_2 = 0,192589 \cdot a + 26,5996/k_d + 0,0409256 \cdot t_{\text{п}}^2 - 0,0412448 \cdot t_{\text{в}}^2 \quad (8)$$

где a – альbedo поверхности, %; k_d – коэффициент, учитывающий категорию дороги (1,0 – магистрали; 2,0 – ветки летние; 3,0 – ветки зимние); $t_{\text{п}}$ – средняя температура почвы, °С; $t_{\text{в}}$ – средняя температура воздуха, °С.

Положив в основу уравнения (7), (8) и справочные среднемесячные значения альbedo, средней температуры воздуха и почвы для исходного района

Вологодской области, был построен график (рис. 4), отображающий изменение средней скорости лесовозных автопоездов 1-й и 2-й групп в течение года. На графике отчётливо наблюдается разрыв между скоростью движения по магистрали и веткам, а также снижение средней скорости автопоездов в период осенне-весенней распутицы и максимум скорости в летний период, что, очевидно, связано с состоянием дорог в летний и зимний периоды года.

Библиографический список

1. *Васильев А.П.* Состояние дорог и безопасность движения в сложных погодных условиях. – М.: Транспорт, 1976. – 224 с.
2. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог: ОДН 218.0.006-2002// Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор) Минтранса России. – М.: Информавтодор, 2002. – 138 с.
3. Справочная энциклопедия дорожника. Т.2: Ремонт и содержание дорог. / Под ред. *А.П. Васильева.* – М.: Транспорт, 2004. – 507 с.
4. СНиП 2.05.07-91. Промышленный транспорт.
5. *Тюрин Н.А.* Проектирование лесосечно-транспортных процессов с учетом влияния климата//Сухопутный транспорт леса: Сб. науч. тр. – СПб.: ЛТА, 1994. Стр. 53-57.
6. *Коваленко Т.В.* Учет климатических факторов при организации лесотранспортных процессов в лесозаготовительном предприятии.// Сухопутный транспорт леса: Материалы научно-технической конференции. – СПб.: СПбГЛТА, 2009. Стр. 105-111.
7. *Бируля А.К.* Эксплуатация автомобильных дорог. – М.: Автотрансиздат, 1956. – 326 с.
8. Справочник по климату СССР. Выпуск 1. Архангельская и Вологодская области. Карельская и Коми АССР. Часть 1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. Л.: Гидрометиздат, 1965. – 97 с.
9. Справочник по климату СССР. Выпуск 1. Архангельская и Вологодская области. Карельская и Коми АССР. Часть 2. Температура воздуха и почвы. Л.: Гидрометиздат, 1968. – 361 с.
10. Ключевая роль транспорта в современном мире: монография / [авт.кол.: *Блохин А.Л., Боряк К.Ф., Коваленко Т.В. и др.*]. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2013 – 163 с.

Сведения об авторах

ФИО	Коваленко Т.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	2565-3233
E-mail	kovalenko.stl@spbftu.ru

Аннотация

В статье предлагается методика учета влияния климатических факторов при организации и планировании лесотранспортных процессов через среднюю скорость движения лесовозных автопоездов. Приводятся результаты исследований и математические зависимости, позволяющие учитывать климатические параметры района местоположения предприятия.

In article the technique of taking note of climatic factors is offered at the organization and planning of forest transport processes through the average speed of movement of forest trucks. Results of researches and the mathematical dependences, allowing to consider climatic parameters of the region of location of the enterprise are given.

Ключевые слова: климат, планирование, лесные дороги, лесовозный автопоезд.

Keywords: climate, planning, forest roads, forest trucks.

УДК 630*371

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 66.17.15

Повышение управления лесопромышленным производством на принципах логистики

Петросян В.В, Борозна А.А.

Введение.

Среди богатств, которыми обладает Россия, лес – самый значимый природный ресурс, который способен к самовозобновлению и обеспечению процветания страны и благосостояния населения.

Лесопромышленный комплекс России – важный сектор экономики, объединяющий несколько видов промышленности, в том числе лесную, целлюлозно-бумажную и деревообрабатывающую. Деятельность лесопромышленного комплекса базируется на крупнейшей в мире лесосырьевой базе. Более 20% мировых запасов лесных ресурсов приходится на долю России, леса занимают более 800 млн. га. Ежегодный прирост древесины составляет примерно 900 млн. м³.

Несмотря на то, что экономический потенциал лесного сектора в России оценивается в 100 млрд. долларов США, в настоящее время используется не более чем на 7-10%. Причины сложившейся ситуации:

- 1) низкий уровень дохода с 1 га эксплуатируемых лесов (в странах Европы этот показатель в 10-15 раз выше);
- 2) низкая интенсивность использования лесных ресурсов.

Лесопромышленный комплекс Северо-Западного региона обладает огромным сырьевым потенциалом, значительной концентрацией трудовых ресурсов, удобным географическим положением и производственными мощностями. Экономические условия, сложившиеся на данный момент, определяют глубокую переработку древесного сырья наиболее рентабельной в лесной отрасли. Поэтому предприятия региона выпускают более 60% общероссийского производства лесобумажной продукции. [3]

Но существует ряд факторов, которые ограничивают развитие лесозаготовок в лесоперерабатывающей промышленности, а именно:

1) уровень централизованных капиталовложений претерпевает резкий упадок;

2) разобщенность лесохозяйственных, лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий, как экономическая, так и технологическая;

3) основные производственные фонды сильно изношены;

4) недостаточный учет специфических особенностей предприятия;

5) лесные отношения не отрегулированы;

6) нет четкой и долговременной национальной лесной политики.

Предпочтение для освоения отдается тем районам, где наиболее развита транспортная инфраструктура, где сосредоточена большая часть лесоперерабатывающих предприятий и потребителей лесопродукции. Также в эту категорию включены приграничные районы, в связи с тем, что они ориентированы на экспорт лесной продукции.

Для того чтобы организовать и управлять лесными грузопотоками следует применить комплексный логистический подход при анализе рынка потребителей, рынка лесного фонда и транспортной инфраструктуры. Следует создать системное описание транспортно-технологического процесса региона, а также разработать алгоритмы его оптимального планирования, принимая во внимание особенности функционирования транспортной сети и формирования лесных грузопотоков [2].

Логистика – это планирование, контроль и управление транспортировкой, складированием и другими материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе доведения сырья и материалов до производственного предприятия, внутривозвратской переработкой сырья, материалов и полуфабрикатов, доведением готовой продукции до потребителя в соответствии с его интересами и требованиями, а также передачей, хранением и обработкой соответствующей информации.

Для практической реализации решений необходимы не только знания, полученные наукой, но и конкретные действия в области управления

материальными потоками. Поэтому логистику можно рассматривать как хозяйственную деятельность, реализованную в сферах производства и обращения. Взаимосвязь и взаимозависимость лесопромышленного производства с ведением лесного хозяйства является отличительной особенностью лесопромышленной логистики [1].

Логистическая система лесопромышленного предприятия включает в себя три взаимосвязанные логистические подсистемы:

- лесосечно-транспортное производство;
- внутрипроизводственный процесс по первичной переработке древесины с учетом минимизации всех затрат при максимально возможном использовании древесной массы;
- подсистема сбыта готовой продукции.

Заключение.

Для того чтобы лесопромышленное предприятие занимало устойчивую позицию в условиях столь жесткой конкуренции, необходима четко отлаженная логистическая система управления движения материальных потоков от места произрастания древесины до потребителя лесопродукции. На всех этапах движения должно быть реализовано своевременное финансирование и информационное обеспечение.

Создание лесопромышленной логистики как научно-практического хозяйствования заключается в эффективном управлении материальными, информационными и финансовыми потоками в сферах производства и обращения лесопродукции.

Целью работы является решение научной проблемы планирования транспортных грузопотоков от лесозаготовительных к деревоперерабатывающим предприятиям в условиях различных видов перевозимой продукции и типов транспортных средств, наличия перегрузочных пунктов и учетом сезонности грузоперевозок, целью которых является получение максимального экономического эффекта.

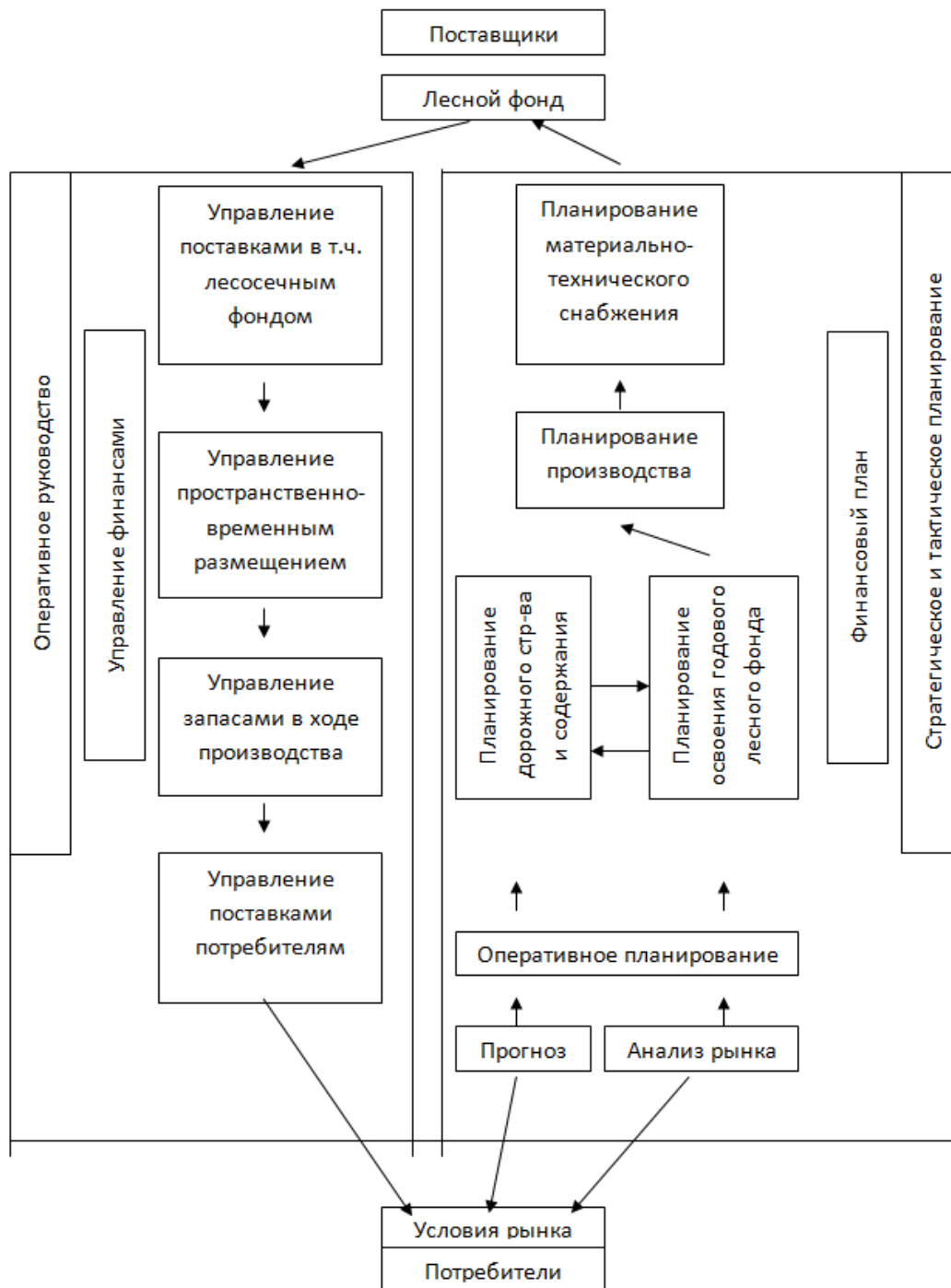


Рис. 1. Оперативно-функциональная схема логистико-информационной системы управления лесопромышленным предприятием.

Библиографический список

1. Олофинский В.Б., Дмитриева И.Н., Григорьев Г.В. Транспортная инфраструктура.
2. Салминен Э.О., Бессараб Г.А., Борозна А.А., Грехов Г.Ф., Тюрин Н.А. Лесные дороги Справочник. Изд-во ЛАНЬ, 2011 г.;
3. Транспорт леса. В 2 т. Т.2. Учебник/ Овчинников М.М., Полищук В.П., Григорьев Г.В. – М.: Изд. центр «Академия», 2009 г.

Сведения об авторах

ФИО Петросян В.В.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код отсутствует
e-mail vikk96@mail.ru

ФИО Борозна А.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код отсутствует
e-mail 3349280@mail.ru

Аннотация

Приведен обзор применения комплексного логистического подхода при анализе рынка потребителей, рынка лесного фонда и транспортной инфраструктуры. Рассмотрены принципы устойчивой позиции в условиях конкуренции, при которой важна четко отлаженная логистическая система управления движения материаллопотоков от места произрастания древесины до потребителя лесопродукции.

Ключевые слова: сырьевой потенциал, трудовые ресурсы, транспортно-технологический процесс, лесопромышленная логистика.

УДК 005

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.17.15

Оптимизация размещения трассы лесной автомобильной дороги

Теселкин А.В.

Введение.

Условия формирования и развития сети лесных дорог зависят от многих факторов, то есть требований, определяющих правила выбора средств достижения целей и показателей для сравнения вариантов проектных решений. Различные определяющие факторы, способные повлиять на размещение трассы лесных дорог, сравниваются и учитываются в процессе последовательного

приближения при помощи пространственного анализа в геоинформационных системах (см. далее - ГИС).

Факторы выделяют в следующие группы: природные, специфические, социально-экономические, экологические. Выбор факторов – наиболее важный этап предпроектного анализа, который выполняется с учетом природно-производственных условий.

В настоящее время многокритериальная оценка лесных массивов недостаточно распространена. Все данные представляются на отдельных картах, отсутствуют суммарные представления, по которым можно не только оценить местоположение, но и произвести качественный анализ – его выполнение возможно только на основе географического подхода с использованием информационных технологий.

Именно поэтому проблема оптимизации размещения трасс лесных автомобильных дорог является актуальной.

Цель исследования.

Применение данных геоинформационных систем на лесном транспорте для автоматизации процесса определения маршрута размещения трассы лесной автомобильной дороги.

Сведения о состоянии тематики.

В геоинформационных системах основными являются две модели представления данных: векторная и растровая. При анализе транспортных сетей принято использовать векторную систему, т.к. это позволяет представлять данные в виде графа. В случаях, когда при построении маршрута трассы необходимо принимать во внимание большое количество факторов, традиционно используется растровая система. При этом удобно использовать так называемую «алгебру карт». Её сущность заключается в том, что созданными растровыми поверхностями по разным отдельным факторам можно производить основные арифметические операции, такие как сложение, вычитание, умножение и деление. Это дает возможность путем последовательного выполнения арифметических операций получить итоговую карту, которая учитывает представленные параметры. В итоге исследователь получает результирующий вариант с учетом нескольких критериев одновременно.

Существующие подходы геоанализа лесных массивов базируются на основных показателях: либо это запас на гектар, либо удаленность от лесного терминала. Естественно, некоторые факторы могут быть приоритетнее остальных. В этом случае имеет смысл использовать метод экспертных оценок (ранжирование факторов): каждому фактору присваиваются баллы, которые затем сводятся в единую табличную базу и производится расчет веса факторов.

В процессе обработки исходных данных используется атрибутивная база данных лесхоза или лесничества, созданная в виде стандартной лесотаксационной базы данных, выполненной таксаторами, и полное картографирование ГИС данной территории. Из структуры атрибутивной базы данных выбираются основные таксационные показатели, по которым впоследствии будет производиться комплексная оценка выделенных лесных участков в границах лесничества с использованием ГИС.

В лесозаготовительной промышленности природные факторы имеют исключительное значение. Так как лесозаготовительная промышленность – это добывающая отрасль, занимающаяся разработкой лесосырьевых ресурсов, то характеристики лесов, мест их произрастания и условий воспроизводства оказывают на экономические показатели лесозаготовительных предприятий сильное влияние. Природно-производственные факторы включают в себя характеристики лесов, заключенные в таксационные описания: запас сыра растущей древесины на 1 га, тип леса, тип лесорастительных условий, бонитет, класс товарности, количество подроста, категория защитности и др. [3]

Методика и анализ исследования.

При моделировании и оптимизации трасс лесных дорог для долгосрочного планирования предлагается, на начальном этапе - создание интегральной карты, которая будет учитывать максимально возможное количество факторов, а далее – создание оптимального маршрута трассы на основе стоимостной карты.

Для примера можно исследовать следующие факторы, влияющие на прокладку трассы дороги: 1) уклон местности, 2) тип леса, 3) корневой запас древесины на один гектар.

При определении маршрута трассы линейного объекта необходимо помнить, что разнообразие климатических и гидрологических условий на обширной территории России не позволяет проектировать дорожные конструкции по единым правилам. В связи с этим вся территория страны разделена на пять дорожно-климатических зон и ряд подзон: I – вечномерзлых грунтов; II – избыточного увлажнения; III – значительного увлажнения в отдельные периоды года; IV – недостаточного увлажнения и V – засушливая.

Лесные дороги строятся в основном во II и частично в I и III зонах. Кроме того, согласно действующей инструкции ВСН 01-82 [1], в пределах каждой зоны различают три гидрологических типа местности. По условиям увлажнения верхней толщи грунтов различают три типа местности: 1-й – сухие участки; 2-й – сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года; 3-й – мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением.

Классификация типов местности по характеру и степени увлажнения, была соотнесена к лесной типологической классификации по В.Н. Сукачеву и представлена в таблице 1.

Таблица 1. – Соотношение дорожной классификации грунтов по увлажнению и типологической классификации лесов

Тип местности	Характеристика типа местности	Группы типов леса	Типы леса
1	Сухие места без избыточного увлажнения	Лишайниковая, брусничники, кисличники	СК, БМ, ВР, БР, КС, ТД, ЛЛ
2	Сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды года	Черничники, долгомошная	ЧС, ЧВ, ДЛ
3	Мокрые места с постоянным избыточным увлажнением	Сфагновая, травяно-болотная, приручейная и др..	Б, ОС, ТС, С, Х, ТТ, П, ЧВО, ДЛО, БО, ОСО, СО, ХО, ТТО, ПО

Соотношение дорожной классификации грунтов по увлажнению и типологической классификации лесов было взято за основу при разделении лесного фонда на **3 зоны**: *лето, лето или зима, зима*. Такая классификация позволяет отнести сухие лесные участки к зоне преимущественного летнего освоения с прокладкой к ним дорог круглогодичного действия. Мокрые лесные участки выделяются в зимнюю зону заготовки и вывозки с возможностью прокладки к ним лесных сезонных (зимних) дорог. Сырые лесные участки могут быть отнесены как к зоне зимней, так и к зоне летней заготовки при агрегировании сезонного картографического районирования и трассирования лесных дорог с учетом обеспечения равномерности вывозки по сезонам года.

Для точного определения типа местности в зависимости от типа леса и типа лесорастительных условий, проводят простое ранжирование, чтобы отнести каждый выдел к той или иной зоне. Для этого все таксационные выдела распределяются на следующие группы, которые различаются на основе однотипных признаков, или факторов:

1. *сухие*, куда вошли выдела, в которых СК, БМ, ВР, БР, КС, ТД, ЛЛ тип леса;

2. *сырые* – ЧС, ЧВ, ДЛ тип леса;

3. *мокрые* – Б, ОС, ТС, С, Х, ТТ, П, ЧВО, ДЛО, БО, ОСО, СО, ХО, ТТО, ПО тип леса;

4. *вода*, куда вошли выдела, где категория земель болото и другие земли, занятые водой (озера, реки, ручьи, каналы и т.п.);

5. другие категории земель.

Ранг 1 получает первая группа, ранг 2 – вторая, ранг 3 – третья и четвертая, ранг 5 – пятая группа. При этом также использовался метод непосредственной оценки, который состоит в том, что диапазон изменения какой-либо качественной переменной разбивается на несколько интервалов, каждому из которых присваивается определенная оценка (балл), например от 0 до 4.

Далее рассчитывается весовой коэффициент для каждой группы, как отношение оценки группы к сумме оценки по всем группам. Таким образом, каждому выделу присвоен весовой коэффициент, в зависимости от того, к какой группе он относится. Рассчитанные таким образом нормированные оценки (весовой коэффициент) можно распределить на 3 зоны сезонности транспортного освоения: **зона I (лето)** – весовой коэффициент 0,4; **зона II (лето или зима)** – весовой коэффициент 0,3; **зона III (зима)** – весовой коэффициент 0,2-0,1 (таблица 2).

Для кварталов выполняется обобщение и агрегирование с учетом приведения повыделенного сезонного зонирования к квартальному с расчетом коэффициента сезонности для каждого квартала по формуле:

$$K_{\text{сез}}^{\text{кв}} = \sum_{i=1}^n \frac{S_{\text{в}i}}{S_{\text{кв}}} \cdot k_{\text{вес}}^{\text{в}i}, \quad (i=1 \dots n, n - \text{номер выделов}) \quad (1)$$

где $K_{\text{сез}}^{\text{кв}}$ – коэффициент сезонности квартала, $S_{\text{в}i}$ – площадь i -го выдела, га; $S_{\text{кв}}$ – площадь квартала, га; $k_{\text{вес}}^{\text{в}i}$ – весовой коэффициент i -го выдела, полученный при сезонном ранжировании выделов (таблица 2).

Таблица 2. – Ранжирование таксационных выделов на группы

Зона	Группа (ранг)	Оценка, балл	Весовой коэффициент
I	1	4	0,4
II	2	3	0,3
III	3	2	0,2
	4	1	0,1
	5	0	0
Всего	–	10	–

Теперь можем создать тематические карты поверхностей на основе весовых коэффициентов.

При использовании таких тематических карт значительно упрощается выбор сезона эксплуатации для эффективного планирования и организации лесозаготовительных работ, а также обоснование типа проектируемых дорог (зимние или круглогодовые) при их размещении в транспортно неосвоенных арендных лесах.

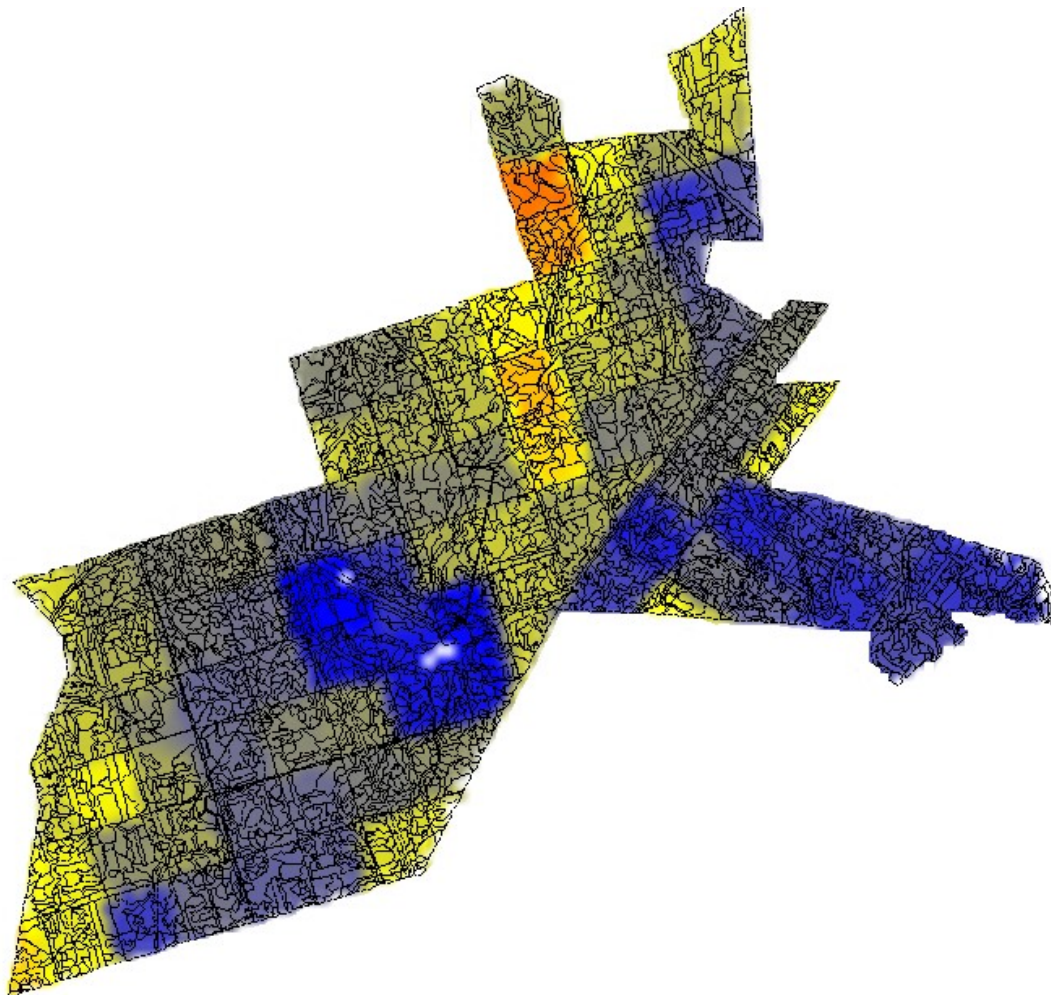


Рис. 1 - Тематическая карта поверхности типов местности в зависимости от типа леса

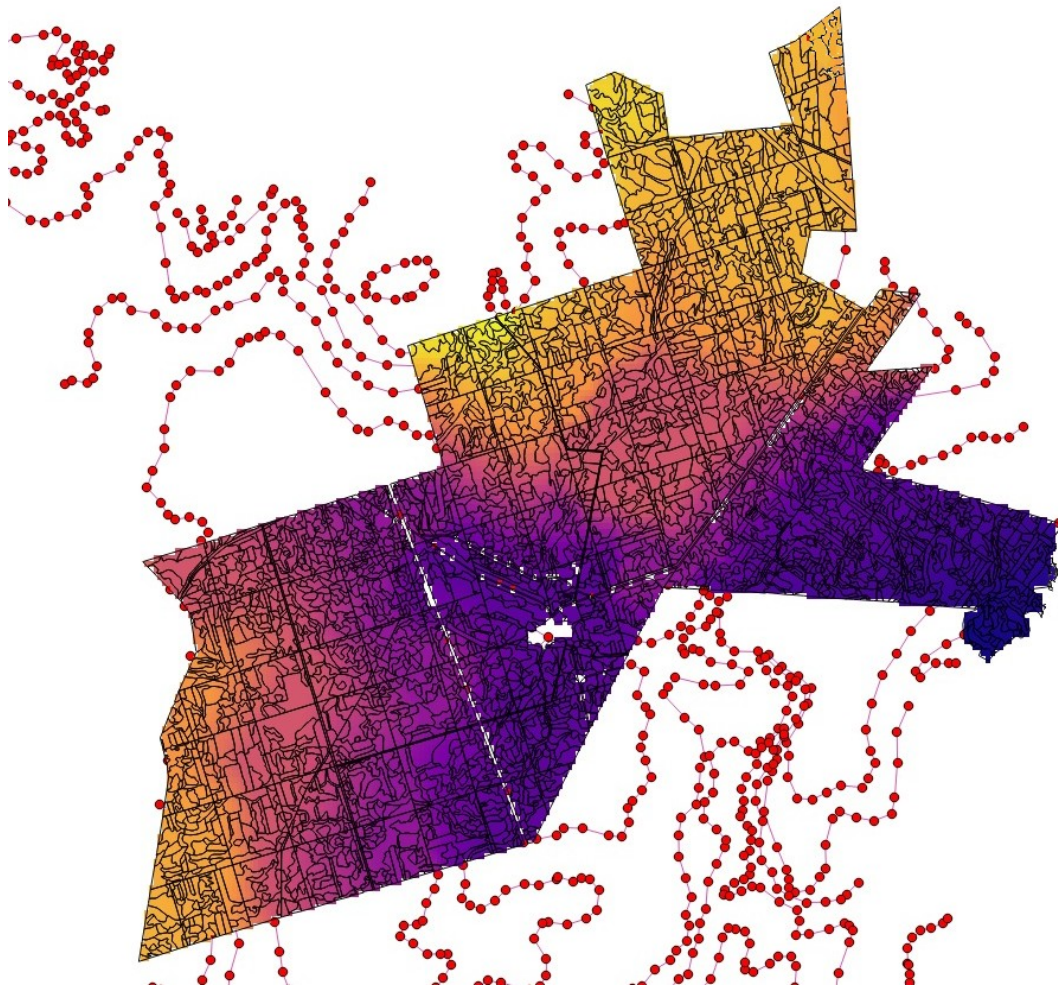


Рис. 2 - Тематическая карта поверхности показателя крутизны склона

Следующим значительным ограничением проектирования трассы лесной дороги является рельеф местности. В процессе таксации лесов осуществляется их отнесение к горным или равнинным. К горным лесам относятся все леса, расположенные в пределах горных систем и отдельных горных массивов с колебаниями относительных высот местности более 100 метров и средним уклоном поверхности от подножья до вершины горных хребтов или до границы безлесных пространств более 5 градусов (независимо от того, что отдельные участки склона могут иметь крутизну менее 5 градусов), а также на горных плато и плоскогорьях независимо от величины уклона местности [2].

Положение каждого лесотаксационного выдела характеризуется экспозицией и крутизной склона. По крутизне склоны разделяются на:

- а) пологие – до 10 градусов;
- б) покатые – 11 - 20 градусов;
- в) крутые – 21 - 30 градусов;
- г) очень крутые - свыше 30 градусов.

Крутизна склонов определяется от подошвы до вершины, если отдельные участки склона не отличаются по крутизне более чем на 10 градусов. На

рисунке наглядно продемонстрированы темно-синие участки с пологими склонами и оранжевые участки с крутыми склонами.

В соответствии с принципами проектирования оптимальной сети лесных дорог проложение оси трассы дорог выполняется по критерию запасов. Для этого площадь массива необходимо разбить на отдельные зоны по показателю концентрации запасов, используя данные лесоустройства. Разбивка чаще производится на три группы: 1 - низкопродуктивные насаждения, 120 м³/га и ниже; 2 – среднепродуктивные, 120 до 180 м³/га; 3 - высокопродуктивные (более 180 м³/га). Такое усреднение показателя концентрации запасов сырья призвано облегчать работу по размещению лесных дорог.



Рис. 3 - Тематическая карта поверхности показателя запаса на гектар

После создания тематических карт можно получить общую картографическую основу для проектирования. С помощью «Алгебры карт» и инструмента «Калькулятор растров» выполняется расчет на основе существующих значений растровых пикселей. Суммарная единая представленная в виде растра карта характеризует каждый пиксель, т.е. значимость фактора (параметра) может оценить каждый пиксель созданной карты.

Результат арифметической операции – новая таблица поверхности со значениями GR (грид-темами) в ячейках. Прежде всего она позволяет преобразовывать любое векторное изображение в растровый формат грид-темы, а затем использовать все доступные аналитические возможности растрового-анализа: создание поверхностей по этим темам, буферизацию пространственных объектов, расчет близости точек пространства к тем или иным объектам.

Заключительный этап – принятие оптимального решения по размещению новых лесных автомобильных дорог с учётом существующих дорог общего пользования, гидрографии и предложенной методики. Для этого используют инструмент геоинформационных систем «Ломаная линия», со следующими условиями прокладки: направление трассы дороги на местности необходимо выбирать таким образом, чтобы воздействие природных условий оказывало минимальное отрицательное влияние на её строительство и последующую эксплуатацию, обеспечивая оптимальную суммарную длину дорожной сети и пробег автомобилей. При проектировании дороги указываются начальная, конечная и промежуточные точки, через которые планируется её прокладывание.

Выводы.

Используя возможности географических информационных систем в области пространственного анализа, можно получить более точную и обновленную информацию, а также получить новые данные, не доступные прежде. Получение новой, более точной и релевантной информации помогает глубже оценить причины выбора расположения трассы лесной автомобильной дороги и найти наилучшее решение.

Библиографический список

1. Инструкция по проектированию лесозаготовительных предприятий ВСН 01-82 Текст. / Утверждена приказом по Минлесбумпрому СССР от 10 августа 1982 г. №236
2. Лесоустроительная инструкция Текст. / Утв. приказом Федерального Агентства лесного хозяйства от 12 декабря 2011 г. № 516. Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 6 марта 2012 года № 23413.
3. *Громская Л.Я., Симоненков М.В.* Современное состояние моделирования и оптимизации лесных дорог // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 5. С. 108–122. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.5.108

Сведения об авторах

ФИО	Теселкин Антон Вадимович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	отсутствует
e-mail	teselkin95@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена оптимизации размещения трассы лесной автомобильной дороги и транспортного освоения лесных участков при помощи геоинформационных систем.

Условия формирования и развития сети лесных дорог зависят от многих факторов, то есть требований, определяющих правила выбора средств достижения целей и показателей для сравнения вариантов проектных решений. Различные определяющие факторы, которые могут повлиять на размещение трассы лесных дорог, сравниваются и учитываются в процессе последовательного приближения с помощью пространственного анализа в ГИС.

При моделировании и оптимизации размещения трасс лесных дорог для долгосрочного планирования на начальном этапе предлагается создание интегральной карты, которая будет учитывать максимально возможное количество факторов, а затем – создание оптимального маршрута трассы на основе стоимостной карты.

Ключевые слова: лесные дороги, лесозаготовка, лесная транспортная инфраструктура, проектирование лесных дорог, оптимизация размещения трассы, геоинформационные системы, растровый анализ, ранжирование, поверхность, стоимостная карта.

УДК 630.383

Раздел рубрикатора ГРНТИ: 66.17.15

Исследование структуры лесной транспортной сети при интенсивной модели лесопользования

Тюрин Н.А., Громская Л.Я., Тюрина М.С.

Введение

Объем лесопользования в целом по стране поддерживался за счет вырубки все новых и новых массивов первичных диких лесов. При отсутствии

качественного лесовосстановления и ухода за лесами следование такой практике привело к истощению сырьевых баз и падению эффективности лесного сектора [1], [2]. В основе сложившегося системного кризиса лежит следование экстенсивной модели лесопользования. Она основана на пионерном освоении новых массивов спелых лесов, требует относительно небольших вложений, но дает очень низкую отдачу в долгосрочной перспективе и приводит к ухудшению лесного фонда. Альтернативой экстенсивной модели является интенсивная модель лесопользования. Она основана на систематическом уходе за растущим лесом, что позволяет поддерживать древостой на максимуме прироста и кардинально улучшать качество и товарную структуру лесов.

Цели и задачи

В технологическом процессе лесопользования ведущее место занимает лесная транспортная сеть. Переход на интенсивную модель лесопользования влечет за собой и некоторые особенности ее транспортной инфраструктуры в отличие от экстенсивной модели. Экстенсивная модель лесопользования предполагает ежегодного строительства новых лесовозных дорог, обеспечивающих эффективное проведение лесозаготовок. В освоенных лесных массивах после вывозки заготовленного леса лесовозные дороги остаются без содержания и ремонтов и достаточно быстро теряют работоспособность. Интенсивная модель предполагает после пионерного освоения лесов проведения систематических лесохозяйственных мероприятий лесовосстановления с использованием лесной транспортной сети лесовозных дорог, которые должны быть обеспечены надлежащим содержанием и ремонтом. Содержание и ремонт всей транспортной сети арендуемого лесного массива безусловно увеличивают затраты на транспорт по сравнению с экстенсивной моделью, но уменьшаются капитальные затраты на строительство дорог, поскольку они уже построены. Очевидно, что интенсивная модель лесопользования будет внедряться на ранее освоенных лесных массивах с уже созданной сетью лесовозных автомобильных дорог требующих только их дополнительного строительства или реконструкции при переходе с одной модели лесопользования на другую. В этой связи актуальными являются сравнительные исследования оптимальной структуры лесных дорог экстенсивной и интенсивной модели.

Методика исследования

Транспортная сеть, предназначенная для транспортного обеспечения интенсивной модели лесопользования, должна преимущественно состоять из лесных автомобильных дорог постоянного действия, к которым относятся лесные магистрали, ветки и усы постоянного действия.

Каждая автомобильная дорога обладает буферной, грузосборочной зоной в пределах которой дорога обеспечивается выполнение всех лесохозяйственных и лесозаготовительных операций. В пределах грузосборочной зоны лесные ресурсы целесообразнее доставлять к данной дороге для последующей вывозки. Ширина грузосборочных зон дорог определяется для каждой категории дорог отдельно и является предметом оптимизации. Можно выделить следующие показатели ширины грузосборочных зон: ширину грузосборочной зоны дороги общего пользования, ширину грузосборочной зоны лесной магистрали, ширину грузосборочной зоны ветки, ширину грузосборочной зоны уса, ширину грузосборочной зоны магистрального и пасечного волока.

На кафедре Промышленного транспорта леса создана автоматизированная система оптимизации структуры лесной транспортной сети. Критерием оптимизации является минимум целевой функции, которая имеет вид:

$$S_{\text{общ.}} = S_{\text{стр.т.с.}} + S_{\text{ср.т.с.}} + S_{\text{з.в.д.}} + S_{\text{воспр.л.}} \rightarrow \min , \quad (1)$$

где $S_{\text{стр.т.с.}}$ – суммарные удельные затраты на строительство транспортной сети, руб/га; $S_{\text{ср.т.с.}}$ – суммарные удельные затраты на содержание и ремонт транспортной сети, руб/га; $S_{\text{з.в.д.}}$ – суммарные удельные затраты на заготовку и вывозку древесины, руб/га; $S_{\text{воспр.л.}}$ – суммарные удельные затраты на воспроизводство лесов, руб/га.

Суммарные удельные затраты на строительство транспортной сети определяются по формуле:

$$S_{\text{стр.т.с.}} = S_{\text{стр.доп.}} + S_{\text{стр.м.}} + S_{\text{стр.в.}} + S_{\text{стр.ус.}} + S_{\text{стр.м.в.}} + S_{\text{стр.п.в.}} , \quad (2)$$

где $S_{\text{стр.доп.}}$ – удельные затраты на строительство дороги общего пользования, руб/га; $S_{\text{стр.м.}}$ – удельные затраты на строительство лесной магистрали, руб/га; $S_{\text{стр.в.}}$ – удельные затраты на строительство ветки, руб/га; $S_{\text{стр.ус.}}$ – удельные затраты на строительство уса, руб/га; $S_{\text{стр.м.в.}}$ – удельные затраты на устройство магистрального волока, руб/га; $S_{\text{стр.п.в.}}$ – удельные затраты на устройство пасечного волока, руб/га.

Суммарные удельные затраты на содержание и ремонт транспортной сети определяются по формуле:

$$S_{\text{ср.т.с.}} = S_{\text{ср.маг.}} + S_{\text{ср.в.}} + S_{\text{ср.ус.}} + S_{\text{ср.м.в.}} + S_{\text{ср.п.в.}} , \quad (3)$$

где $S_{\text{ср.маг.}}$ – удельные затраты на содержание и ремонт лесной магистрали, руб/га; $S_{\text{ср.в.}}$ – удельные затраты на содержание и ремонт ветки, руб/га; $S_{\text{ср.ус.}}$ – удельные затраты на содержание и ремонт уса, руб/га; $S_{\text{ср.м.в.}}$ – удельные затраты на содержание и ремонт магистрального волока, руб/га; $S_{\text{ср.п.в.}}$ – удельные затраты на содержание и ремонт пасечного волока, руб/га.

Суммарные удельные затраты на заготовку и вывозку древесины ресурсов определяются по формуле:

$$S_{з.в.д.} = S_{з.др.} + S_{в.др.}, \quad (4)$$

где $S_{з.др.}$ – удельные затраты на заготовку древесины, руб/га; $S_{в.др.}$ – удельные затраты на вывозку древесины, руб/га.

Суммарные удельные затраты на воспроизводство лесов определяются по формуле:

$$S_{воспр.л.} = S_{подг.п.} + S_{пос.л.к.} + S_{агр.ух.} + S_{р.у.м.}, \quad (5)$$

где $S_{подг.п.}$ – удельные затраты на подготовку почвы под создание лесных культур, руб/га; $S_{пос.л.к.}$ – удельные затраты на посадку лесных культур, руб/га; $S_{агр.ух.}$ – удельные затраты на проведение агротехнических уходов за лесными культурами, руб/га; $S_{р.у.м.}$ – удельные затраты на осуществление рубок ухода в молодняках, руб/га.

Оптимизируемыми параметрами являются: ширина грузосборочных зон дорог общего пользования; ширина грузосборочных зон лесных магистралей; ширина грузосборочных зон веток; ширина грузосборочных зон усов; ширина грузосборочных зон магистральных волоков и ширина грузосборочных зон пасечных волоков. Эти параметры позволяют определить общую протяженность дорог общего пользования, лесных магистралей, веток и усов для полного транспортного освоения всего арендуемого лесного массива.

Результаты исследований

На основании приведенной выше математической модели, с использованием подсистемы «поиск решения» MS Excel, был выполнен поиск оптимальных параметров ширины грузосборочных зон дорог при экстенсивной и интенсивной модели лесопользования для быстрорастущих пород древесины, пригодных для плантационного выращивания, табл.1.

Расчеты выполнены из условия обеспечения постоянного, неистощительного лесопользования в объеме 2 мил. м куб древесины в год, с коэффициентом залесенности арендуемой территории 0,7. Результаты расчетов приведены в табл.2.

Результаты расчетов показывают значительное снижение площади аренды при переходе от экстенсивной модели на интенсивную модель см.рис. 1.

Таблица 1. – Характеристики быстрорастущих пород древесины, пригодных для плантационного выращивания в условиях Северо-Запада России

Порода древесины	Возраст рубки, лет	Средний запас, м ³ / га	Оборот рубки, лет	Прирост, м ³ /га в год
Интенсивная модель лесопользования				
Ива прутьевидная	4-10	100-150	4	25
Тополь	5-8	80-120	8	16
Осина триплоидная	20-30	150-300	20	7,5
Ольха черная	15-30	120-250	15	8
Береза бородавчатая	15-30	180-280	15	12
Сосна скрученная	25-50	150-180 (балансы; 350-400 (пиловочник)	25	6
Экстенсивная модель лесопользования				
Сосна	100-120	200	100	2

Таблица 2. – Оптимальная транспортная сеть полного транспортного освоения лесов

Порода	Требуемая площадь аренды, га	Требуется автодорог для полного транспортного освоения арендных лесов:				
		дороги общего пользования, км	лесные магистрали, км	ветки, км	усы, км	всего автодорог, км
Экстенсивная модель лесопользования						
Сосна	1428571	382	1524	2147	7919	11972
Интенсивная модель лесопользования						
Ива прутьевидная	114286	24	95	134	500	753
Тополь	178571	40	162	228	844	1274
Осина триплоидная	380952	91	365	514	1902	2872
Ольха черная	357142	79	316	446	1653	2494
Береза бородавчатая	238095	61	243	344	1269	1917
Сосна скрученная	476190	114	456	642	2367	3579

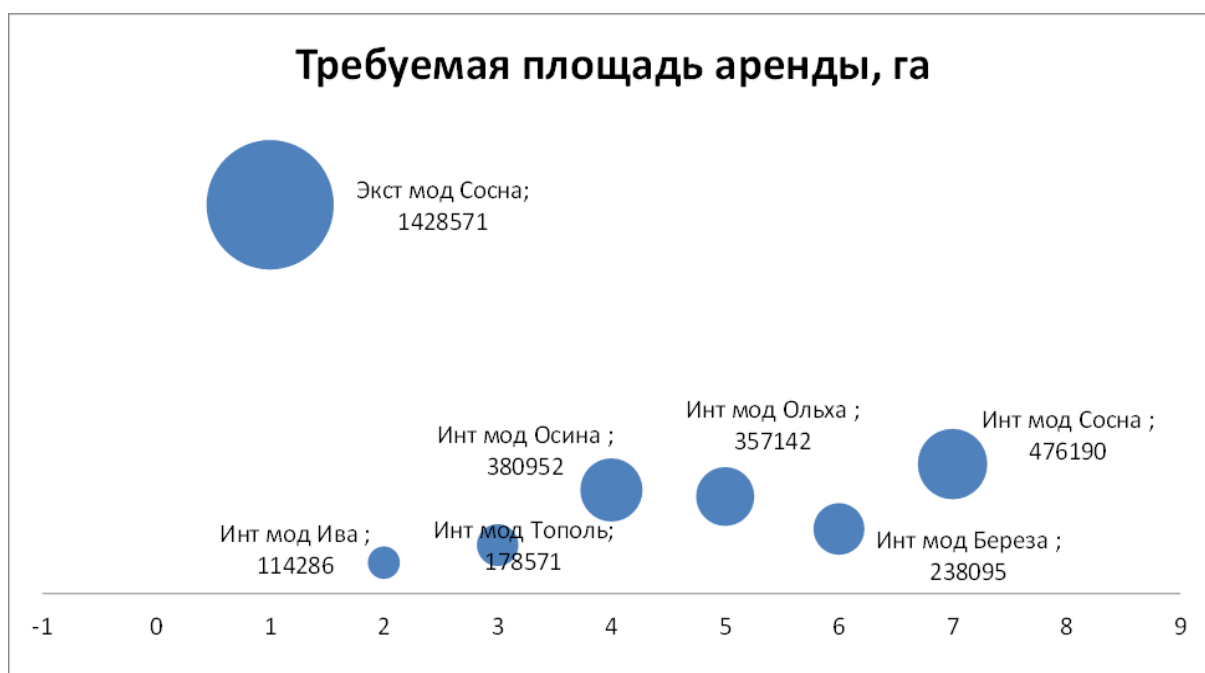


Рис. 1. Требуемая площадь размещения арендных лесов на два мил. м³ ежегодной заготовки древесины

Так, при использовании плантационной породы сосна скрученная, арендуемая площадь при интенсивной модели уменьшается в три раза, а среднее расстояние вывозки в два раза; при иных быстрорастущих породах древесины это снижение еще более существенно. Снижение площади аренды позволит решить экологическую проблему отказа от дальнейшего использования первичных диких лесов, приблизить источники древесины к существующим центрам переработки, значительно уменьшить транспортные расходы.

Транспортная сеть, предназначенная для транспортного обеспечения интенсивной модели лесопользования, должна преимущественно состоять из лесных автомобильных дорог постоянного действия, к которым относятся лесные магистрали, ветки и усы постоянного действия. При отсутствии дорог общего пользования они должны быть заменены дополнительными лесными магистралями. Уменьшение площади аренды при переходе на интенсивную модель безусловно значительно снижает и потребность в протяженности лесных дорог для полного транспортного освоения рис. 2.

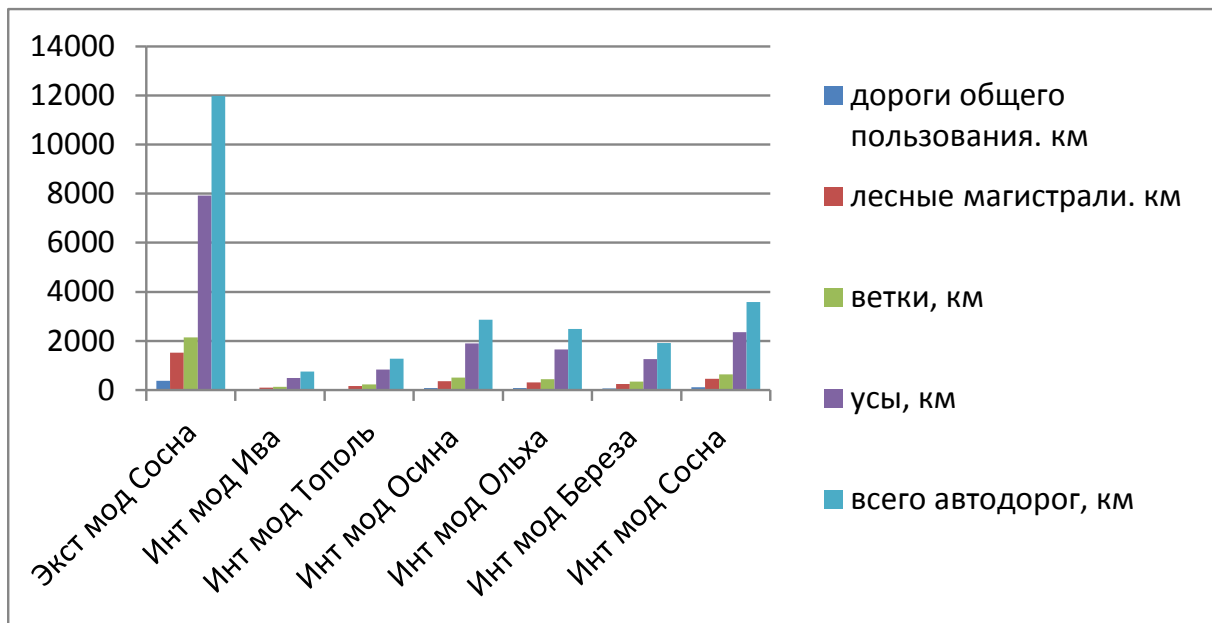


Рис.2. Протяженность автодорог по категориям для полного транспортного освоения арендуемых лесов

Следует отметить, что общая требуемая протяженность автомобильных дорог общего пользования, лесных магистралей, веток и усов на единицу площади при экстенсивной и интенсивной модели остается достаточно близкой, равной 7...8 км/1000 га. Связано это с тем, что обе модели требуют такую густоту транспортной сети, которая обеспечивала бы доступ лесосечных и лесохозяйственных машин к каждому дереву. Основное отличие заключается в том, что при экстенсивной модели ремонтируют и содержат лишь те дороги, по которым обеспечивается вывозка древесины (примерно треть всей протяженности дорог в лесном массиве), но постоянно строятся новые. Интенсивная модель требует содержания и ремонта всей протяженности дорог для транспортного обеспечения лесохозяйственных мероприятий лесовоспроизводства и лесопользования, но не требует строительства новых дорог.

Выводы

Переход на интенсивную модель, быстрорастущие породы, плантационное лесовыращивание позволят уменьшить арендуемую площадь и соответствующие ей расходы на содержание и ремонт всей транспортной сети, а по достижении полного транспортного освоения и необходимости в новом дорожном строительстве.

Библиографический список

1. Громская Л.Я., Тюрин Н.А. Автомобильные дороги лесозаготовительных предприятия. Структура и методика размещения: - Saarbmcken. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. 2012. - 175 с.
2. Тюрин Н.А., Громская Д.Я., Антонова Т.С. Проектирование лесотранспортной инфраструктуры: учебное пособие для вузов. - СПб.: СПбГЛТУ. 2013. - 112 с.

Сведения об авторах

ФИО Тюрин Н.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 8998-5234
e-mail tnalif@mail.ru

ФИО Громская Л.Я.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 9636-3982
e-mail gromskaya.stl@gmail.com

ФИО Тюрина М.С.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 6582-0730
e-mail turinamaria2017@yandex.ru

Аннотация

Исследованы особенности структуры лесной транспортной сети при интенсивной и экстенсивной модели лесопользования. Приведена площадь арендуемых лесов и протяженность лесных дорог для полного их транспортного освоения.

Ключевые слова: экстенсивная модель лесопользования, интенсивная модель лесопользования, структура транспортной сети, плотность дорог.

УДК 630.384.4

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.17.15.

Пути восстановления деятельности предприятий лесоперерабатывающей отрасли Пермского края

Дмитриева И.Н., Чулков Л.В.

Введение.

Конкурентноспособный отечественный рынок целлюлозы в России был практически утрачен в период с 1990 до 2000 года, когда объем ее выработки снизился на 25%. Прекратили существование 7 ЦБК Дальнего Востока, 3 ЦБК Северо-запада РФ, 3 ЦБК Калининградской области и еще ряд комбинатов центральной России. Все они являлись градообразующими предприятиями.

Главными причинами уничтожения ЦБК в тот период называют отсутствие средств на закупку современного оборудования и очистных сооружений, истощенность лесов, расположенных вблизи комбинатов, слабо развитую сеть автодорог и падение объемов поставки древесины в связи с передачей государством заготовки в руки частных предпринимателей, и, как следствие роста цен на сырье.

Для оценки влияния указанных факторов в работе были использованы материалы, собранные по сведениям Лесного плана Пермского края [1], и Красновишерского района, где ранее на реке Вишера располагался Красновишерский ЦБЗ, когда-то лучший в нашей стране.

В таблице 1 приведены сведения по площадям и запасам лесов, в таблице 2 по товарной структуре эксплуатационных лесов, в таблице 3 по лесозаготовителям древесины, в таблице 4 - по производимой в крае лесопродукции.

Из приведенных сведений можно сделать заключение о том, что располагая на территории высокими запасами хвойной древесины высокого качества, лесопромышленный комплекс показывает основным видом своей продукции круглый лес в объемах 66% в 2008 году и 68% в 2018 году от общего объема лесопродукции. Это означает, что теряются рабочие места, падают отчисления в бюджеты региона и страны.

Следовательно, актуальными для региона стоят вопросы восстановления предприятий глубокой переработки древесины, организации поставок сырья с транспортной составляющей, которая бы кратно не превышала стоимость заготовленной древесины, а для города Красновишерска с высоким уровнем безработицы - создание рабочих мест на возвращенном к жизни комбинате.

Таблица 1. Площади и запасы лесов Пермского края.

Характеристика		Единицы измерения	показатель
Доля площади края, покрытая лесами		%	69
Общая площадь лесов		млн. га	12.3
Доля эксплуатационных лесов			10.24
Лесистость в зависимости от района		%	31.4-92.5
Доля хвойных насаждений			61
Доля резервных лесов			0
Общее количество участковых лесничеств			174
Площади лесов по породам	сосновые	Тыс.га	1463
	еловые		5321
	лиственничные		3.5
	кедровые		14.2
Ежегодный прирост древесины		млн м ³	28

Таблица 2. Товарная структура эксплуатационных лесов Пермского края, %

Порода	Доля в запасе	Деловая древесина	Дрова		Ликвидная	Отходы
			технологические	топливные		
сосна	11.6	84	3		90	10
ель, пихта	46.2					
береза	31.7	63.3	12.2	12.2	87.8	12.2
осина	6.2	44	23	18	85	15
липа	3.1					
мягколиственная	41.4	57.8	15.3	13.9	87	13
итого	100	71.6	8.8	8.2	88.6	11.4

Таблица 3. Сведения о лесозаготовителях древесины на территории Пермского края.

Заготовители	Выделено для заготовки, млн. м ³	Доля в %	Выполнено в %
Арендаторы лесных участков	10.8	85	60.5
Граждане по договорам купли-продажи лесных насаждений	1.5	11.8	88
Учреждения ГУФСИН РФ по Пермскому краю	0.3	2.3	100
Организации для выполнения работ по гос. контрактам по охране, защите и воспроизводству лесов	0.2	1.6	100

Таблица 4. Производство основных видов продукции в лесопромышленном комплексе

Вид продукции	Единицы измерения	Год		Динамика роста, %	Доля в объеме производства, %	
		2008	2018		2008	2018
Круглый лес	тыс.м ³	2920	3508	120	66	68
пиломатериалы		761	618	81	17	12
фанера		167	236	141	4	5
Бумага и картон	тыс. тонн	562	760	135	13	15
всего		4410	5122	117	100	100

Цели и задачи.

При расчетной лесосеке Красновишерского района, где был расположен ЦБК, в 1,6 млн. м³ ее освоение не превышает 30%. Эксплуатационные запасы ликвидной древесины составляют 63,1 млн.м³.

Долгие годы река Вишера была единственным транспортным путем для доставки на комбинат древесины. Сплав древесины проводился самым дешевым из известных водных способов транспортировки за счет течения реки и сплава отдельных бревен, молевым сплавом. Этот способ сплава запретили на ряде рек еще в 1980 году, но комбинат пользовался им до 1990 года. Технологии подготовки древесины к сплаву нарушались. Т.к. предприятие входило в систему ГУЛАГ, и его строили и обслуживали заключенные, то для выполнения плана поставок лесоматериалов на комбинат завышали объемы пуска древесины в сплав. В меженный период силами заключенных подбирали обсохшую на берегах древесину. Работ по сбору затонувшей древесины в зоне рейда приплава комбината в период работы комбината не проводилось, к городу по-прежнему ведут одна дорога и водный путь - река Вишера.

Зона рейда приплава комбината, куда приплывала древесина и задерживалась запанью для последующей выгрузки на берег, являлась главным местом ее потерь. Поэтому с целью восстановления транспортной магистрали - реки Вишера для поставок сырья водным путем на возвращаемый к работе комбинат, необходимо оценить объемы затонувшей древесины, выбрать технологию проведения работ, подобрать технику и выполнить расчеты по времени проведения работ и потребному числу необходимой техники.

Результаты и обсуждение исследований.

Из отчетов ЦНИИ лесосплава по разным оценкам специалистов следует, что объем затонувшей древесины, лежащей на дне водоемов и рек РФ составляет от 20 до 40 млн. м³, на реках Европейской части РФ, где проводился молевой лесосплав, объем затонувшей древесины превышает 10 млн м³.

На сегодняшний день разработано много методик поиска и оценки объемов залегающей на дне рек и водоемов древесины. К ним относятся такие, как: прощупывание дна реки грейфером или багром, траление, водолазный (например, в зоне водозабора ГЭС), гидролокации, эхолкации. Эти методы не всегда эффективны и почти всегда требуют значительных материальных затрат.

Также разработаны методы, использующие аппарат математической статистики на основе отчетной документации лесосплавных предприятий и оценок экспертов.

На их основании, с использованием архивных материалов по Красновишерскому ЦБК [2] получены результаты, приведенные в таблице 5.

Зона проведения сплава пролегла вверх по течению от Красновишерска до 100 км, рейд приплава располагался в 500 метровой водной акватории в зоне расположения комбината. За 60 лет проведения сплава на дне реки может находиться от 300 до 320 тыс.м³ древесины.

Таблица 5. Объем затонувшей древесины за годы проведения молевого сплава на Вишере

Характеристика		Обработка сведений	
		тыс.м ³	%
Объем затонувшей древесины		300	100
Состав древесины	деловая	10	3.4
	дрова	290	97
Породный состав	хвойная	295	98.3
	лиственная	5	1.7
Древесина, замытая наносами		270	90

Для проведения работ по подъему топляка традиционно применяется два метода: траншейный и папильонажный. Их основное отличие заключается в продольном или поперечном движении топлякоподъемной техники по обрабатываемой акватории рейда с применением оборудования, приведенного в таблице 6. Для проведения работ выбран отечественный недорогой в обслуживании агрегат ЛС-41А. [3]

В таблице 7 представлены результаты выполненных расчетов по расчистке дна акватории реки Вишера в зоне рейда приплава ЦБК.

Согласно расчетам планируемые работы по расчистке дна акватории рейда приплава на реке Вишера можно выполнить в период низких горизонтов воды за одну навигацию двумя бригадами в двухсменном режиме работы при шестидневном режиме работы.

Таблица 6. Комплекс топлякоподъемного оборудования.

Операции	Название оборудования	Оборудование	
		тип	количество
Подготовительные работы	буксирный катер	проект 1606-АТ	2
	катер	КС-100А	1
Подъем затонувшей древесины	Топлякоподъемный агрегат	ЛС-41А	4
Транспортировка поднятых со дна лесоматериалов	плашкоут	ЛС-117	10
	баржа	ПР-81210	2
	Буксирный катер	проект 1606-АД	2
Выгрузка на берег лесоматериалов	Топлякоподъемный агрегат	ЛС-41А	2

Объем поднятой со дна древесины согласно расчетам составляет 60 тыс.м³. Выполненные работы обеспечат безопасное проведения плотов или судов малого каботажа для поставок сырья на комбинат, что позволит получать сырье с низкими транспортными накладными расходами и обеспечить низкую себестоимость продукции.

Таблица 7. Расчет потребного количества техники для проведения работ

Характеристики		Единицы измерения	Величина
Площадь проведения работ		тыс.м ²	200
Объем затонувшей древесины	кубатура	тыс. м ³	60
	штук бревен	тыс. штук	250
Плотность залегания топляка		м ³ /м ²	0.15
Потребное число траншей для проведения работ		штук	6
Время межennaleго уровня воды 2 м		суток	40-45
Краткие итоги расчета			
Работа агрегата в одной точке	Число забросов грейфера	раз	30
	Время заброса грейфера	минут	2
	Протяженность зоны	м	16
	Время работы в зоне	час	1
Время перехода в новую точку и закрепления в ней	0.5		
Число точек за смену		штук	5
Время обработки траншеи		смен	25
Общее время проведения работ			150
Число агрегатов для проведения		штук	2
Режим работы	Смен в сутки		2
	Дней в неделю		6
Всего забросов грейфера			22500

Заключение и выводы.

1. Лесопромышленный комплекс Пермского края по товарной структуре эксплуатационных лесов имеет высокие показатели по запасам хвойных лесов 58% с высоким качеством деловой древесины. Освоение лесов на 85% производится арендаторами, которые выполняют заготовки на 60% от выделенных объемов

2. В доли продукции региона преобладает продажа круглого леса с тенденцией роста с 66% в 2008 году и 68% в 2018 от общего объема лесопродукции. Это означает существенное недополучение доходов в бюджет региона и страны и потерю рабочих мест при высоком уровне безработицы в регионе.

3. Одним из вариантов улучшения ситуации в лесоперерабатывающей отрасли может явиться восстановление деятельности градообразующего предприятия – Красновишерского ЦБК, одним из условий чего является адекватная цена на поставляемое сырье. Это можно обеспечить путем восстановления движения по реке Вишера лесопродукции водным способом: в судах малого каботажного, в плотках, для чего необходимо провести расчистку дна от затонувшей древесины.

4. Работы по расчистке дна можно провести в межледный период на горизонтах воды 2м за одну навигацию двумя бригадами в двухсменном режиме работы при шестидневном режиме работы в объеме 60 тыс.м³ древесины. Это позволит организовать поставку сырья на комбинат с низкими транспортными накладными расходами, чем обеспечить в дальнейшем комбинату низкую себестоимость продукции.

Библиографический список

1. Лесной план Пермского края [Электронный ресурс] // [http://prioda.permkrai.ru/timberraw](http://priroda.permkrai.ru/timberraw)
2. История Красновишерского бумажного комбината [Электронный ресурс] // <http://krasnovishersk.permarea.ru>
3. Транспорт леса. В 2 т. Т. 2. Лесосплав и судовые перевозки : учебник для студ. высш. учеб. заведений / М.М. Овчинников, В.П. Полищук, Г.В. Григорьев. – М. : Издательский центр «Академия», 2009. – 208 с..

Сведения об авторах

ФИО Дмитриева И.Н.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург,

организации Россия
SPIN-код 5509-6592
e-mail in2907@mail.ru

ФИО Чулков Л.В.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург,
организации Россия
SPIN-код нет
e-mail lionchulkov@gmail.com

Аннотация

В статье собран и проанализирован материал по причинам закрытия ЦБК в период 1990-2000 годов, объемам лесных ресурсов, допустимому объему изъятия и фактическому объему лесозаготовок на Пермского края.

Оценена негативная динамика производство основных видов продукции в лесопромышленном комплексе края, указывающая на рост торговли круглыми лесоматериалами, что приводит к потере рабочих мест и снижению отчислений в бюджеты.

С целью восстановления перерабатывающей отрасли края и возобновления деятельности ЦБК рассмотрен вопрос расчистки дна акватории рейда приплава комбината для восстановления поставок сырья самым дешевым из известных способов - водным путем.

Ключевые слова: водный транспорт леса, утоп древесины, рейд приплава, подъем топляка

УДК 656.6

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.17.17

Выбор эффективных технологий земляных работ и использование парка машин в лесном дорожном строительстве

Мохамед Ахмед Халед, Тюрин Н.А., Антонова Т.С.

Введение.

Современное лесное дорожное строительство характеризуется высокой степенью механизированного исполнения отдельных видов работ. Особую актуальность и значимость для лесной отрасли имеют вопросы и проблемы повышения эффективности работы машин для производства наиболее энергоемких земляных работ [1]. Производственные мощности организаций

лесного дорожного строительства формировались в основном без учета реальной потребности в производственных мощностях и часто образцами подержанной зарубежной техники. Сложившаяся структура парка машин, каждая из которых способны выполнять только одну – две операции производственного цикла, приводит к тому, что для выполнения всей совокупности работ по созданию земляного полотна необходимо формирование комплекта машин, способных их реализовать. Это обстоятельство в условиях острой взаимосвязи дорожно-строительных операций вызывает не полную загрузку машин с высокой производительностью и значительные потери рабочего времени. Сокращение простоев на основе рациональной комплектации комплексных потоков и организации земляных работ является резервом повышения производительности дорожно-строительных машин и повышения эффективности строительства лесных дорог.

Цели и задачи.

Пусть задан имеющийся в строительной организации состав дорожно-строительных машин: бульдозеры ДЗ-171 – 4 шт., прицепные скреперы ДЗ-74 с трактором К-702 -3 шт., экскаваторы ЭО-3223 -3 шт., катки ДУ-37 – 1 шт., автогрейдеры ДЗ-122 - 1 шт., автомобили-самосвалы КамАЗ 6115 – 5 шт.

Директивный срок земляных работ на объекте задан и составляет $T_0=918$ ч. Разновидности земляных работ на объекте, их объемы и нормативы известны и представлены в исходной матрице, табл.1. Заполненными в матрице являются клетки технически осуществимых способов работ, полученные путем оптимизации графика распределения земляных масс строящейся лесовозной дороги.

Требуется распределить дорожные машины по объектам строительства по критерию минимума приведенных расходов с учетом возможности аренды отсутствующих в строительной организации машин и окончания строительных работ в запланированные сроки.

Методика исследования и анализ результатов.

Поставленная цель определения способов производства земляных работ сводится к совместному решению следующих задач: распределения парка машин по объектам работ, распределение объемов на объекте по эффективным способам работ; определение необходимости аренды дорожно-строительных машин для окончания работ в директивные сроки.

В описанной постановке задача может быть сформулирована следующим образом: минимизировать приведенные затраты на организацию дорожно-строительных работ.

Таблица 1. Матрица исходных данных

Объекты земляных работ по трассе дороги	Машины комплекта				Объем земляных работ, м ³
	ДЗ-171, ДУ-37, ДЗ-122	ДЗ-74 +К-702 ДЗ-171, ДУ-37, ДЗ-122	Экскаватор ЭО-3223 ДУ-37, ДЗ-122	Экскаватор ЭО-3223 Автосамосвал КамАЗ-65115 ДЗ-171, ДУ-37, ДЗ-122	
Возведение насыпи из выемки с перемещением до 100 м	105,27 66,37 15,10 X ₁ 4,00	77,38 17,78 2,38 X ₂ 15,10 4,00	–	–	2475
Возведение насыпи из выемки с перемещением от 100 до 250 м	–	119,87 33,23 2,38 X ₃ 15,10 4,00	–	184,20 33,04 50,14 X ₄ 15,73 15,10 4,00	4445
Возведение насыпи из карьера с перемещением до 1900 м	–	587,23 203,18 2,38 X ₅ 15,10 4,00	–	318,31 33,04 133,96 X ₆ 15,73 15,10 4,00	51350
Возведение насыпи из боковых резервов с перемещением до 30 м	52,10 22,06 15,10 X ₇ 4,00	–	66,62 22,77 15,10 X ₈ 4,00	–	61250

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{q=1}^n \sum_{j=1}^k C_{iqj}^r t_{iqj} X_{qi} + \sum_{j=1}^k (C_j^p X_j^r + \sum_{j=1}^{k-1} C_j^p X_j^d) \rightarrow \min \quad (1)$$

При ограничениях

$$\sum_{i=1}^m t_{iqj} X_{qi} + X_j^r - X_j^d = N_j T_{oj}; \quad (q = 1, n; j = 1 \dots k) \quad (2)$$

$$\sum_{q=1}^n X_{qi} = Q_i; \quad (i = 1, m) \quad (3)$$

$$X_{qi} \geq 0; \quad X_j^r \geq 0; \quad X_j^d \geq 0; \quad (4)$$

где x_{qi} - объем работ в м³ выполняемых q-ой системой машин на i-ом объекте;

x_j^r - недоиспользованный фонд времени (резерв) j-ой машины в машино-часах;

x_j^d - недостаток (дефицит) фонда времени машины j в машино-часах.

C_{iqj}^r - приведенные часовые затраты при работе j-ой машины в q-ом комплекте на i-ом объекте, руб/маш-ч;

C_j^p - приведенные часовые затраты при простое j-ой машины, руб/маш-ч;

t_{jq} - норма времени на единицу производства земляных работ j-ой машины в q-ом комплекте при работе на i-ом объекте, маш-час;

T_{oj} - полезный фонд рабочего времени машины j в период планируемого директивного срока маш-час;

N_j - количество машин j-ого типа в строительной организации, шт.

В уравнении целевой функции (1) первое слагаемое - суммарные приведенные затраты непосредственно на выполнение дорожно-строительных работ. Второе слагаемое - дополнительные затраты (штраф) за неполное использование (простои) машин типа j в комплекте (X_j^r) и за дефицит фонда рабочего времени машины j в комплекте (X_j^d), что влечет за собой вынужденный простой остальных машин k-1, входящих в комплект.

Смысл ограничения (2) состоит в том, что общее время работы и простоя любой машины на всех объектах равно общему фонду ее рабочего времени. Ограничение (3) обеспечивает выполнение всех видов работ в указанные нормативные сроки.

Определение приведенных затрат по каждому комплекту машин (правый верхний угол матрицы исходных данных табл.1) определен на основании государственных элементных сметных норм ГЭСН 81-02-01 на земляные работы в маш-час/1000м³[2] и приведенных затрат по каждой машине (см.табл.2).

Например, для верхней левой клетки матрицы (см.табл.1) приведенные затраты определяются следующим образом

$$C_{11} = (66,37 * 1200 + 15,1 * 1300 + 4,00 * 1500) / 1000 = 105,27 \text{ руб/м. куб.}$$

Суммарные приведенные затраты в соответствии с целевой функцией (1) определяться из выражения

$$C = 105,27 X_1 + 77,38 X_2 + 119,87 X_3 + 184,20 X_4 + 587,23 X_5 + 318,31 X_6 + 52,10 X_7 + 66,52 X_8 + 969,34 X_9 + 2296,82 X_{10} + 1187,83 X_{11} + 1360,0 X_{12} + 922,58 X_{13} + 990,57 X_{14} - 6757,79 X_{15} - 2282,49 X_{16} - 4242,49 X_{17} - 4070,32 X_{18} - 5179,31 X_{19} - 4188 X_{20} - \min$$

Таблица 2. Приведенные затраты и фонд рабочего времени по дорожно-строительным машинам

Марка машины	Фонд рабочего времени, маш-час.	Приведенные затраты, руб./маш-час.	
		В работе	В простое
Бульдозеры ДЗ-171	809	1200	969
Скреперы ДЗ-74	818	2750	2297
Экскаватор ЭО-3223	818	1800	1188
Катки ДУ-37	831	1300	922
Автогрейдеры ДЗ-122	808	1500	990
Автосамосвалы КамАЗ-65115	826	1600	1360

Ограничения модели по ресурсам на всю номенклатуру дорожных машин в соответствии с (2) составят

Бульдозеры ДЗ-171:

$$66,37 X_1 + 2,38 X_2 + 2,38 X_3 + 15,73 X_4 + 2,38 X_5 + 15,73 X_6 + 22,06 X_7 + X_9 - X_{15} = 3236,44$$

Скреперы ДЗ-74:

$$17,78 X_2 + 33,23 X_3 + 203,18 X_5 + X_{10} - X_{16} = 2454,88$$

Экскаваторы ЭО-3223:

$$33,04 X_4 + 33,04 X_6 + 22,77 X_8 + X_{11} - X_{17} = 2454,88$$

Катки ДУ-37:

$$15,10 X_1 + 15,10 X_2 + 15,10 X_3 + 15,10 X_4 + 15,10 X_5 + 15,10 X_6 + 15,10 X_7 + 15,10 X_8 + X_{13} - X_{19} = 831,15$$

Автогрейдеры ДЗ-122:

$$4,00 X_1 + 4,00 X_2 + 4,00 X_3 + 4,00 X_4 + 4,00 X_5 + 4,00 X_6 + 4,00 X_7 + 4,00 X_8 + X_{14} - X_{20} = 808,19$$

Автомобили –самосвалы КамАЗ 65115:

$$50,14 X_4 = 133,96 X_6 + X_{12} - X_{18} = 4132,80$$

Ограничения модели по объемам земляных работ на объектах в соответствии с (3) составят

$$X_1 + X_2 = 2475$$

$$X_3 + X_4 = 4445$$

$$X_5 + X_6 = 51350$$

$$X_7 + X_8 = 61250$$

В результате решения поставленной задачи на ЭВМ получены данные, представленные в табл. 3

Матрица результатов решения

Объекты работ по трассе дороги	Машины комплекта				Объем работ м ³
	ДЗ-171, ДУ-37, ДЗ-122	ДЗ-74 +К-702 ДЗ-171, ДУ-37, ДЗ-122	Экскаватор ЭО-3223 ДУ-37, ДЗ-122	Экскаватор ЭО-3223 Автосамосвал КамАЗ-65115 ДЗ-171, ДУ-37, ДЗ-122	
Возведение насыпи из выемки, $l=100$	$X_1=2475$	$X_2=0$	–	–	2475
Возведение насыпи из выемки, $l=250$	–	$X_3=4445$	–	$X_4=0$	4445
Возведение насыпи из карьера $l=1900$	–	$X_5=11355$	–	$X_6=39995$	51350
Возведение насыпи из боковых резервов $l=30$	$X_7=61250$	–	$X_8=0$	–	61250

Указанное решение получено при возможности приобретения или аренды любых дорожно-строительных машин. Приведенные затраты по целевой функции составляют 23383681,18 руб. Оптимальное количество бульдозеров -3 шт, скреперов ДЗ-74 – 3 шт, экскаваторов ЭО-3223 – 2 шт, автомобилей самосвалов КамАЗ-65115 – 7 шт, катков -3 шт, автогрейдеров- 1 шт. Требуется арендовать два катка ДУ-37 дефицит фонда рабочего времени которых составляет $X_{19} = 974$ маш-ч. и два автосамосвала, дефицит фонда рабочего времени которых составляет $X_{18} = 1225$ маш-ч. При этом высвобождается и может быть использован на других работах или сданы в аренду другим организациям 1 бульдозер ДЗ-171, не использованный фонд рабочего времени

которого составляет $X_9=1054$ маш- ч. и один экскаватор ЭО-3223, не использованный фонд рабочего времени которого составляет $X_{11}=1133$ маш-ч.

Выводы. Рекомендации по расчету эффективных технологий земляных работ в предлагаемой постановке, способствуют повышению качества решений, принимаемых в процессе планирования и управления лесным дорожно-строительным производством, эффективному использованию всех имеющихся на предприятии дорожно-строительных машин и механизмов.

Библиографический список

1. Подольский В.П. и др. Строительство автомобильных дорог. Земляное полотно / В.П. Подольский, А.В. Глагольев, П.И. Поспелов. - М: Академия, 2013. - 432 с.
2. ГЭСН 81-02-01-2017. Сборник 1: Земляные работы (редакция 2017 г.). Государственные элементные сметные нормы на строительные и специальные строительные работа. - М, 2017.

Сведения об авторах

ФИО Тюрин Н.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 8998-5234
e-mail tnalif@mail.ru

ФИО Мохамед Ахмед Халед.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 4521-3185
e-mail ahmedkhaled_egy@hotmail.com

ФИО Антонова Татьяна Степановна
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 4581-5931
e-mail antonova.stl@mail.ru

Аннотация

Предложена методика выбора эффективных технологий земляных работ и использования парка машин в лесном дорожном строительстве. Методика является достаточно универсальной и может быть использована на этапе создания проектов производства работ дорожно-строительной организации.

Ключевые слова: земляные работы, оптимизация использования дорожных машин, приведенные расходы, аренда машин.

УДК 625.7

Разделы рубрикатора ГРНТИ 67.17.23

Лесопродукция из отходов лесопереработки, транспортируемая в биг-бегах

Дмитриева И.Н., Чернякова А.А

Введение.

Перед лесоперерабатывающей отраслью страны поставлена задача отправлять за рубеж в основном продукцию лесопереработки, а не круглый лес, как это происходило в последние 25 лет. Это позволит увеличить число рабочих мест на предприятиях в отрасли и, как следствие, повысит отчисления в бюджеты всех уровней. Развитие лесопромышленного комплекса является приоритетной задачей в социально-экономическом развитии страны, а контейнеризация лесных грузов может стать толчком в развитии экспортных поставок переработанной древесины.

Значительная часть внешнеторгового грузооборота между странами происходит по морю, где главным способом доставки груза являются перевозки в крупнотоннажных морских контейнерах (1TEU и 2TEU) наиболее экономичных вариантах доставки грузов на большие расстояния. Уровень контейнеризации международных грузов составляет 55-60%, а темпы ежегодного роста контейнеризации выше темпов роста мировой торговли. Характеристики контейнеров приведены в таблице 1.

Перевозка груза контейнером имеет ряд преимуществ, среди которых можно выделить:

- возможность загрузить груз в контейнер один раз без последующих перегрузок, обеспечив целостность груза и возможность его доставки от дверей производителя до дверей покупателя,
- отсутствие перегрузок товара при смене транспортного средства, т.е. экономия средств при комбинациях различных видов транспорта,
- быстрота выполнения операций перегрузки за счет универсальности оборудования

– высокий уровень безопасности груза за счет прочной конструкции и достаточной герметичности контейнера[1].

Таблица 1. Характеристики морского контейнера

Характеристика контейнера		Единицы измерения	Тип контейнера		
			1 TEU	2 TEU	
Длина	внешняя	мм	6096	12192	
	внутренняя		5935	12022	
Ширина	внешняя		2370	2438	
	внутренняя		2335	2343	
	двери		2335	2343	
Высота	внешняя		2591	2591	
	внутренняя		2383	2280	
	двери		2292	2280	
Максимальное брутто			т	24.00	30.48
Вес пустого контейнера				2.08	3.90
Максимальная загрузка		21.80		26.58	
Максимальный объем заполнения		м ³	33.9	67.7	

Цели и задачи

Исследование варианта транспортировки лесной продукции с использованием контейнерных перевозок представляется актуальной практической задачей.

Остановимся только на одном виде лесопроductии, которую получают из отходов лесопиления, и которая пользуется заметным спросом на мировом рынке. Это топливные гранулы или иначе пеллеты.

Пеллеты - это биотопливо, получаемое из древесных отходов, представляет собой цилиндрические гранулы стандартного размера и является экологически чистым топливом с низким содержанием золы. Гранулы имеют влажность в 4 раза ниже, а плотность в 1.5 раза выше обычной древесины, при их сгорании выделяется в 1.5 раза больше тепла и они менее подвержены самовоспламенению, имеют высокую насыпную плотность, позволяющую легко транспортировать продукт на большие расстояния. Характеристики пеллет [2] собраны и приведены в таблице 2

Для упаковки и транспортировки пеллет можно использовать мягкую тару, так называемые биг-бэги, универсальную тару для поставки продукции любых отраслей производства. Появление и активное использование мягких контейнеров произошло благодаря достижениям химической промышленности, создавшей прочные, легкие и дешевые искусственные материалы.

Таблица 2. Характеристики пеллет из древесины

Характеристика		Единицы измерения	Величина
Длина		мм	5-40
Плотность		кг/м ³	1200-1400
Насыпная плотность			600
Зольность группы	премиум	%	0.37
	индустриальные		5
Энергия сгорания		кДж/кг	17 216
Влажность не более		%	12
Механическая прочность			96

Биг-бэг можно изготовить со множеством дополнительных характеристик, его стропы выполнены из толстой полипропиленовой ленты шириной 5-6 см, вшитой в боковые стенки биг-бэга [3]. При производстве полипропиленовой нити, предназначенной для изготовления биг-бэгов, в состав добавляют 2-3% УФ стабилизаторов, которые значительно продлевают срок эксплуатации контейнера, который может быть одноразовым и многоразовым. Характеристики биг-бэга приведены в таблице 3.

Таблица 3 Характеристики биг-бэга

Характеристика		Единицы измерения	Величина
Длина		см	75-120
Ширина			60-120
Вес		кг	0.8-1.1
Число слоев ткани		-	1-3
Прочность слоя ткани		г/м ²	140-220
Фактор безопасности, учитывает перегрузку от разрешенной		-	5 - 8
Грузоподъемность		кг	500-2000
Стропы	разрывная нагрузка	т	2
	длина	см	25-30
	число	-	1-4

Результаты и обсуждение исследований. На основании сведений, собранных в таблицах 1-3, были выполнены расчеты заполнения обоих типов морских контейнеров топливными гранулами в биг-бэгах различных размеров, которые сведены в таблицу 4.

Таблица 4. Сравнение характеристик заполнения контейнеров биг-бэгами с пеллетами

Характеристика		Биг-бэг, размерами в м				
		0.75*0.75*0.75	0.9*0.9*0.9	1.0*1.0*1.0	1.1*1.1*1.1	
Объем, м ³		0.42	0.73	1.0	1.33	
Вес биг-бэга с пеллетами, кг		253	438	600	799	
Число биг-бэгов в контейнере	по объему	1TEU	80	46	33	25
		2TEU	161	92	67	50
	по весу	1TEU	86	49	36	27
		2TEU	105	60	44	33
число биг-бэгов в контейнере по объему биг-бэга		1TEU	105	24	20	20
		2TEU	144	52	48	40
допустимое число биг-бэгов		1TEU	80	24	20	20
		2TEU	104	52	44	33
Преимущество контейнера 1TEU перед 2TEU			1.54	0.92	0.90	1.21
Вес пустых биг-бэгов, кг		1TEU	64	20	20	22
		2TEU	84	47	44	33
Вес биг-бэгов в контейнере, кг		1TEU	20240+64	10512+20	12000+20	15980+33
		2TEU	26312+84	22776+47	24000+44	26367+33
Весовой коэффициент заполнения		1TEU	93.1	49.1	55.1	73.4
		2TEU	99.3	85.8	90.4	99.3

Заполнение контейнеров было рассчитано по характеристикам веса пеллет в биг-бэге и его собственного веса и геометрии укладки биг-бэга в ряды контейнера. Из сопоставления весовых характеристик заполнения контейнеров двух типов можно сделать заключение о том, что контейнер 1TEU обеспечил для всех четырех размеров биг-бэгов лучшие показатели по сравнению с контейнером 2TEU. При этом контейнер 2TEU для всех четырех размеров практически полностью использовал свои грузовые характеристики.

По геометрическим показателям контейнеров и числу биг-бэгов в них можно сделать заключение, что использование контейнера 1TEU также предпочтительнее.

Из геометрических характеристик биг-бэгов, размещаемых в контейнере 1TEU наибольший весовой коэффициент заполнения получен для минимального размера биг-бэга 75*75*75, который также можно рекомендовать для организации перевозки

Заключение и выводы.

1. Доля контейнерных перевозок грузов занимает более половины мирового объема торговли и ежегодно увеличивается, следовательно, при отправке лесопродукции этот способ следует рассматривать как приоритетный.

2. Исходя из задачи отправлять за рубеж в основном продукцию лесопереработки, следует обратить внимание на использование отходов для получения качественной и востребованной продукции, например топливных гранул - пеллет.

3. Для перевозки топливных гранул целесообразно использовать современную легкую и прочную тару-биг-бэг, позволяющую расфасовывать продукцию в упаковку требуемого веса и объема. При выборе размера упаковочной тары можно воспользоваться результатами выполненных в статье расчетов, которые показывают самый высокий весовой КПД у биг-бэга размером 75*75*75, из четырех использованных в расчетах.

4. При выборе типа контейнера можно воспользоваться результатами выполненного расчета, показывающего преимущество контейнера 1 TEU перед контейнером двойного объема 2 TEU для отправки топливных гранул.

Библиографический список

1. Обзор рынка контейнерных перевозок [Электронный ресурс] //: Black Sea Shipping Service Ltd , URL: <http://bsss-group.ru>
2. ГОСТ Р 54220-2010 Биотопливо твердое. Технические характеристики и классы топлива. Часть 1. Общие требования. [Электронный ресурс] // https://standartgost.ru/g/ГОСТ_P_54220-2010
3. Компания Тарра [Электронный ресурс] // сайт компании, URL: <https://tarra.ru>

Сведения об авторах

ФИО	Дмитриева И.Н.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	5509-6592
e-mail	in2907@mail.ru

ФИО	Чернякова А.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург,

организации Россия
SPIN-код нет
e-mail Chern1997@mail.ru

Аннотация

В статье собран и проанализирован материал по использованию современной тары биг-бэгов для отправки продукции, получаемой из отходов лесопереработки - топливных гранул (пеллет) в контейнерах.

С этой целью собраны сведения по характеристикам морских контейнеров, характеристикам пеллет и упаковочной тары биг-бэг.

Выполнены расчеты, позволяющие рекомендовать использование контейнера 1TEU и биг-бэга с размерами 75*75*75 как оптимальных по весовым и геометрическим характеристикам контейнера.

Ключевые слова: контейнер, лесопродукция, отходы древесины, топливные гранулы, пеллеты, биг-бэг

УДК 629.02

Разделы рубрикатора ГРНТИ 73.01.05

Роль транспортной системы "Енисей - Северный Морской Путь" для развития лесопромышленного комплекса Сибири

Дмитриева И.Н., Эполетов Д.В.

Введение.

В настоящее время начались работы над реализацией проекта транспортной системы «Енисей - Северный Морской Путь», которая повысит роль водного транспорта Сибири в общей транспортной системе страны. Транспортная система проходит по территории Ангаро-Енисейского региона (АЕР), на долю которого приходится 50% энергоресурсов, 65% запасов угля, 80% никелевых, 70% медных, 90% свинцовых и 75% цинковых руд, 45% хвойных лесонасаждений РФ, для освоения которых необходимо развитие транспортной системы региона.

В транспортной системе Ангаро-Енисейского региона (АЕР), площадью 3.3 млн. км², водный транспорт занимает особое место, являясь единственным средством для перевозки грузов в районах Крайнего Севера и населенных пунктах вблизи малых рек, где не развиты автомобильные и железные дороги. Также водные пути связывают Транссиб и Северный Морской Путь (СМП) и способны пропускать по Енисею морские суда на значительные расстояния от устья реки. Водотранспортная система «Енисей-СМП» будет функционировать в виде трех линий, работающих одновременно и дополняющих друг друга [1]

Первая группа - речная, вновь будет осуществлять связь между южными и северными районами Красноярского края по Енисею и его притокам. Основное грузовое направление движения грузов - северное. Здесь будут идти перевозки с передачей грузов в низовых пунктах Енисея на морской транспорт в портах Игарка и Дудинка.

Вторая группа - морская, возьмет на себя морские перевозки грузов из портов Лесосибирск, Игарка и Дудинка по СМП в оба направления: на Европу и Азию.

Третья группа - смешанная, должна связать предприятия зоны среднего и нижнего течения Енисея с водными бассейнами РФ и портами стран Европы.

В таблице 1. приведены сведения по трем главным грузообразующим составляющим транспортной системы «Енисей–СМП», которые поставят к 2020 году 25 млн. тонн грузов, а в режиме продленной или круглогодичной навигации, дополнительно еще 16 млн.т. грузов. [2]. На схеме рисунка 1.1. показаны границы АЕР и его связь с СМП.

Таблица 1. Грузообразующий потенциал развития системы за период 2005-2020 годы

Потенциал комплекса, млн. т	год			
	2005	2010	2015	2020
лесопромышленный	0.9	1.3	1.5	1.7
горно-металлургический	2.4	2.7	4.4	5.2
нефтегазовый	12.6	13.5	16.2	18.1
Всего	15.9	17.5	22.1	25.0

Цели и задачи.

Предполагается увеличение лесопромышленного грузопотока с преобладанием морского транспорта, в том числе по СМП. Этим маршрутом лесные грузы из АЕР проследуют в северные страны, в страны бассейна Средиземного моря, на Кубу и в Африку.

В годы максимального экспорта из бассейна Енисея к СМП отправлялось до 1.2млн. тонн лесопродукции, при этом 300–350тыс.тонн приходилось на Игарку и 850–900 тыс.тонн экспортировал лесопромышленный комплекс Лесосибирска и Красноярска.

Одной из важных составляющих территориальной реструктуризации лесопромышленного комплекса РФ стало принятие решения о запрете вывоза древесины на экспорт в круглом виде из Сибири с одновременным наращиванием в регионе мощностей по глубокой переработке древесного сырья.

После распада СССР у России оказались ограниченные возможности развития судоходства на Балтийском и Черном морях, что привело к переоценке важности для нее СМП. И Енисей, благодаря своему географическому положению, направлению течения и условиям судоходства, реально может стать важнейшим звеном СМП. Связав СМП с глубинной материковой частью Средней Сибири, река Енисей позволит России создать качественно новый выход сибирских регионов на мировой рынок и сформировать бункеровочные, метео-, авиасервисные базы обслуживания трассы СМП [1]

Поэтому перед СМП выдвинута задача укрепить место страны в мировой транспортной системе через восстановление активной деятельности и освоение массовых перевозок грузов по нему, введение новых типов грузовых судов и элементов логистической системы международного стандарта во все звенья цепи транспортного процесса, сохранив за СМП статус национальной единой транспортной коммуникации под юрисдикцией РФ в пределах полярных владений бывшего СССР на основании Федерального закона «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации».

Эта задача будет решаться путем создания транспортного узла системы «Енисей–СМП» вблизи от грузообразующих зон глубинных частей Сибири и через изменение отношения перевозчиков к переходу СМП на уровень международной межокеанической транспортной системы. Для этого необходимо изменить статус СМП до ранга Северного восточного прохода, изменить уровень сервисного обслуживания до международного стандарта, сделать привлекательными тарифы, особенно ледокольной проводки, т.к. международные трассы с высоким сервисным обслуживанием привлекательнее для грузополучателей и грузоотправителей по сравнению с трассами национального ранга.

Для создания транспортного узла системы «Енисей–СМП» необходимо наличие федеральной поддержки, которая станет гарантом достижения уровней развития комплекса. Под возрождением понимается не просто восстановление максимального объема перевозок, который имел место в середине 80-х годов, а превращение СМП в постоянно действующую магистраль, с участием отечественных и иностранных Транснациональных компаний на современной технико-технологической основе.

СМП в статусе международной транзитной магистрали должен стать «воротами» на мировой рынок, обеспечивая значительный приток валюты в казну страны. Подтверждением этому стало более интенсивное транзитное судоходство, за последние три года увеличившееся в 10 раз. По оценкам

экспертов, потенциальный объем транзитных перевозок в восточном направлении может составить 6 млн. тонн, а в западном – 3 млн. тонн.

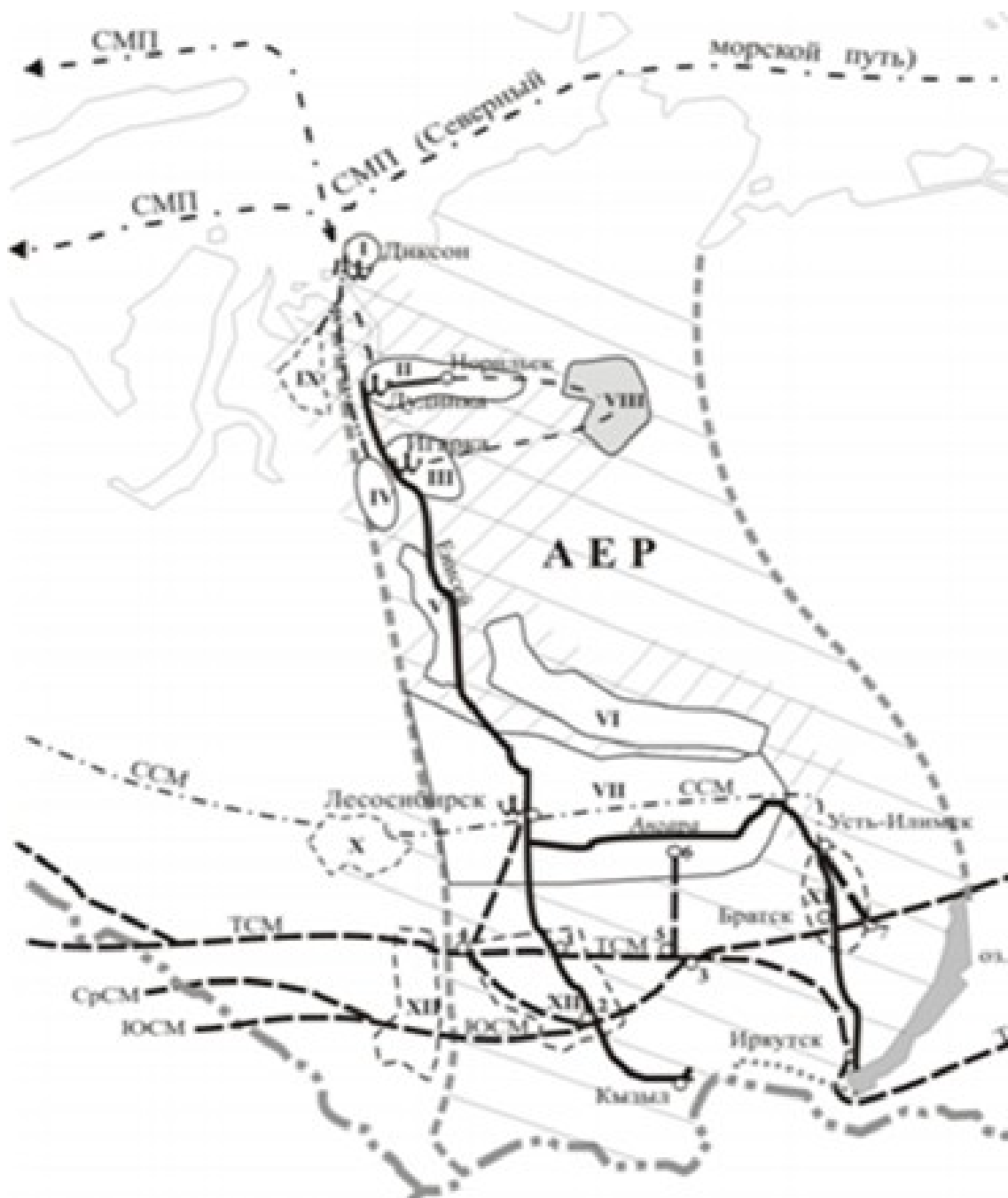


Рис.1. Схема АЕР и СМП с главными градообразующими портами: Дудинка, Лесосибирск и Красноярск

Для лесопромышленного комплекса Сибири транспортная система «Енисей - СМП» обеспечит увеличение числа рабочих мест на лесозаготовке, лесотранспорте и лесопереработке, даст импульс к восстановлению и развитию технологий водного транспорта леса, как наименее энергоемкого способа доставки лесных грузов на большие расстояния при отсутствии надежных

транспортных связей с целью снижения доли транспортных издержек в конечной цене продукции.

Результаты и обсуждение исследований.

Для реализации поставленных задач на Енисее и его притоках работает 126 лицензированных судовладельцев. Плотность населения региона составляет 2 чел./км². Ниже, в таблице 2 приведены краткие гидрологические характеристики реки Енисей, общая протяженность транспортного пути по реке превышает 4 тыс.км. Обеспеченность территории внутренними водными путями в 6,2 раза выше по сравнению с железной дорогой. На территории вдоль Енисея расположено всего 13 городов. Лесозаготовкой в них занимается 81 предприятие, а лесопереработкой - 79. Основным перевозчиком по Енисею является ОАО «Енисейское речное пароходство», на судах которого перевозится 90% грузов из общего количества перевозки в АЕР [4].

Таблица 2. Река Енисей в цифрах

Характеристика		Единицы измерения	Значение
площадь водосбора		тыс. км ²	2580
расход воды		км ³	600
длина реки	от места слияния Большого и Малого Енисея	км	3487
	от истока до устья		4123
Общая длина притоков			300 000
Судоходность от устья			1 000
ширина реки	Дивногорск		0.5
	Нижняя Тунгуска		2.5
	Усть- Порт		5
глубина реки	Дудинка	м	25
	максимальная		70
	в Енисейской губе		49
	в месте впадения Ангары		9
число крупных притоков		штук	5
Число притоков			500
Число городов			13

Когда в 1985 году в нашей стране началась перестройка, от непродуманных действий особенно сильно пострадал лесосплав. Из пяти

действовавших сплавных контор Красноярского края выжила только Енисейская сплавная контора (ЕСК), основанная в 1934 году. Она расположена в поселке Стрелка на слиянии рек Ангара и Енисей, который является стратегическим транспортным узлом АЕР. Через Стрелку проходит древесина всех ангарских заготовительных предприятий [2].

С середины 50-х годов ЕСК начав развиваться, уже через 10 лет стала самым крупным предприятием Сибири по организации и координации лесосплавных работ. До 80-х годов прошлого века предприятие занимало 2 место в стране по объему лесосплава после Керчевского рейда на Каме.

В разные годы ЕСК сплавила лес до 6 млн. м³ древесины, осуществляя технологические процессы перевозки леса в судах, формирования транзитных плотокараванов потребителям Крайнего Севера и обеспечения древесиной деревообрабатывающих предприятий региона.

В настоящее время, сохранив свое историческое название, ЕСК оказывает услуги лесоэкспортным предприятиям по проводке плотов, производит отгрузку круглого леса в Красноярск, оказывает услуги Норильскому ГМК по формированию транзитных плотокараванов, ведет заготовку древесины, производит лесопroduкцию и выполняет паромные перевозки через Енисей. ЕСК входит в состав стабильно работающих предприятий лесного комплекса Красноярского края, осуществляя буксировку древесины в навигацию в объеме 2млн. м³, формирование плотов -100тыс.м³. и поставку шпалопroduкции - более 100тыс. штук. Буксировка плотовых составов по Енисею допустима при силе ветра не превышающем 5 баллов и производится только при наличии вспомогательной тяги. Допустимый объем плотов составляет 1.5 тыс.м³. Движение судов, не связанных с буксировкой плотов, на участке плотового сплава запрещается.

Таким образом, сегодня на Енисей вернулся плотовой лесосплав по причине низкой себестоимости водной доставки лесоматериалов в пункты переработки круглого леса, иначе отечественная лесопroduкция не может конкурировать с аналогами на мировом рынке. Одновременно с возвращением плотового лесосплава целесообразно восстановить движение плотов до порта Игарка, расположенного на берегу Игарской протоки Енисея. Город-порт расположен в 685 км от устья и является самым южным портопунктом на Енисее, куда могут заходить океанские суда. Основная специализация Игарского порта – перевалка лесо- и пиломатериалов для отправки на экспорт. В 1980-х годах порт обрабатывал более 1,25 млн. м³ пиломатериалов. Мощности морского порта позволяли обслуживать одновременно 25 крупнотоннажных кораблей. В постсоветское время, как и везде на Севере, морской порт пришёл в упадок [3].

В порту Игарки долгие годы размещался Лесопильноперевалочный комбинат, где работали 4 деревообрабатывающих цеха. На комбинате перерабатывали и отгружали экспортного пиломатериала более 1.25млн. м³ в год, большей частью пакетированного, и отгружались на экспорт более 300 тыс. м³ продукции глубокой переработки древесины. За продукцией комбината в порт приходило до сотни морских судов за навигацию. По объему поставок древесины порт занимал второе место в стране после Архангельского.

Лесоматериалы на ЛПК доставлялись плотами по Енисею. В настоящий момент производство практически свернуто. Если восстановить комбинат и организовать поставку на него плотов с лесоматериалами, то лесопромышленный комплекс Сибири получит возможность влиться в транспортную систему «Енисей - СМП» со значительной прибылью для региона и страны.

Заключение и выводы

Глобальный проект превращения СМП в международную межокеаническую транспортную систему требует от транспортной системы «Енисей - Северный Морской Путь» изыскать пути увеличения грузопотоков.

Деятельность транспортной системы «Енисей - Северный Морской Путь», предполагается развернуть по трем линиям – речной, морской и смешанной для всех основных типов перевозимых грузов для уменьшения доли транспортной составляющей, что позволит обеспечить ценовую привлекательность продукции региона.

В грузообразующем потенциале системы АЕР лесопромышленный потенциал региона занимает четвертое место и имеет возможности к увеличению объемов своей продукции. Для этого необходимо не только увеличить объемы лесозаготовки, но и восстановить деятельность сплавных контор в помощь единственной действующей ЕСК

Также необходимо восстановить работу лесоперерабатывающего комплекса в стратегически важном порту Игарка, который для движения плотов с сырьем является крайней северной, а для загружаемых лесопродукцией морских судов крайне южной точкой.

Перечисленные мероприятия, кроме увеличения грузопотока по СМП, позволят увеличить число рабочих мест на предприятиях региона и отчисления финансов в бюджеты всех уровней.

Библиографический список

1. ФГБУ Администрация Северного Морского Пути [Электронный ресурс] // информационный портал, Режим доступа URL: <http://www.nsra.ru>, свободный (Дата обращения: 20.05.2019).

2. АО "Енисейская сплавная контора" [Электронный ресурс] // судоходная компания, Режим доступа URL: <http://enspk.ru>, свободный (Дата обращения: 22.05.2019).
3. Игарка заполярная [Электронный ресурс] // Информационный ресурс, Режим доступа URL: <http://www.igarka.ru>, свободный (Дата обращения: 24.05.2019).
4. Все реки // информационный сайт о реках России, Режим доступа URL: <http://vsereki.ru>, свободный (Дата обращения: 20.05.2019).

Сведения об авторах

ФИО	Дмитриева И.Н.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	5509-6592
e-mail	in2907@mail.ru

ФИО	Эполетов Д.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	нет
e-mail	d.epoletov@yandex.ru

Аннотация

В статье собран и проанализирован материал о перспективах роста грузопотоков по «Северному Морскому Пути» за счет увеличения роли транспортной системы «Енисей - СМП», в которой продукция лесопромышленного комплекса региона занимает значительное четвертое место.

Намечены пути решения вопроса увеличения объемов выпуска лесопродукции и обеспечения ее ценовой привлекательности за счет снижения доли транспортной составляющей.

Ключевые слова: Северный Морской Путь, транспортная система «Енисей - СМП», плотовой лесосплав, экспортные пиломатериалы

УДК 656.621

Разделы рубрикатора ГРНТИ 73.34.11

4. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Автоматизация производственных процессов в машиностроении

Соколова В.А., Кузнецова К.М., Марков В.А., Ефанов В.А.,
Султанов Ихласбек, Шагелдиев Гандым, Гайдукова П.А.

Введение

Развитие современного машиностроения претерпевает фундаментальные изменения с новым, качественно отливающимся этапом автоматизации машиностроительного производства.

Актуальность в последние десятилетия приобрела так называемая гибкая автоматизация единичного, мелко- и среднесерийного производства. Это связано с быстрым старением и сменяемостью выпускаемой продукции. Гибкая автоматизация направлена на создание гибких производственных систем (ГПС) - комплексов оборудования различного целевого назначения, управляемых от ЭВМ.[2]

Целью статьи является проведение исследования гибкой производственной системы (ГПС) при помощи системы моделирования ГПС "Каскад". В ходе работы были решены важнейшие задачи, такие как расчет основного оборудования, а также вспомогательных материалов и инструментов. Для проектирования ГПС применено современное воспроизводительное оборудование.

Система «Каскад» – это программный продукт, применение которого позволит в значительной мере сократить время на различные цеховые расчеты и нормирование.

Внедрение ГПС имеет для промышленности поистине революционное значение, поскольку вызывает резкое сокращение себестоимости продукции, изготавливаемой в условиях мелкосерийного производства.

В то же время результатом внедрения ГПС является значительное сокращение потребностей машиностроения в рабочей силе.

Именно ГПС, а не промышленные роботы знаменуют собой начало этапа научно-технической революции, который позволит в машиностроение достигнуть уровня автоматизации, давно существующих в перерабатывающих отраслях.[3]

Основное преимущество ГПС состоит в том, что они представляют реальную возможность резкого снижения значительных скрытых производственных затрат, например, на незавершенное производство, и таких накладных расходов, как оплата труда вспомогательных рабочих. Применение

ГПС приводит к созданию безлюдного производства, но все же в большинстве случаев их преимущества чаще проявляются в уменьшении накладных расходов, чем в сокращении стоимости рабочей силы.

Таким образом, создание и использование гибких автоматизированных производств, следует рассматривать как качественно новый уровень развития современного машиностроения.

Дело в том, что ГПС является сложной системой, эффективность которой весьма чувствительна к малым изменениям структуры и характеристик оборудования, к параметрам технологических процессов и организационным решениям. Поэтому несущественные, на первый взгляд, погрешности при проектировании могут вызвать значительные отклонения в эффективности системы при эксплуатации.

Современным средством проверки качества комплекса решений, принимаемых при создании и использовании ГПС, является моделирование протекающих в них производственных процессов. Сокращение или полное устранение внутренних потерь позволяет оптимизировать проектные параметры ГПС, а сокращение внешних потерь - минимизировать эксплуатационные издержки. Тем самым обеспечивается возможность создания ГПС с заданным свойством - минимальным сроком окупаемости капитальных затрат

Расчет основного оборудования

Модели станков выбираются уже при разработке технологии изготовления деталей, для выполнения которых и проектируется система. [1]

Эскизная планировка ГПС представлена на рисунке 1.

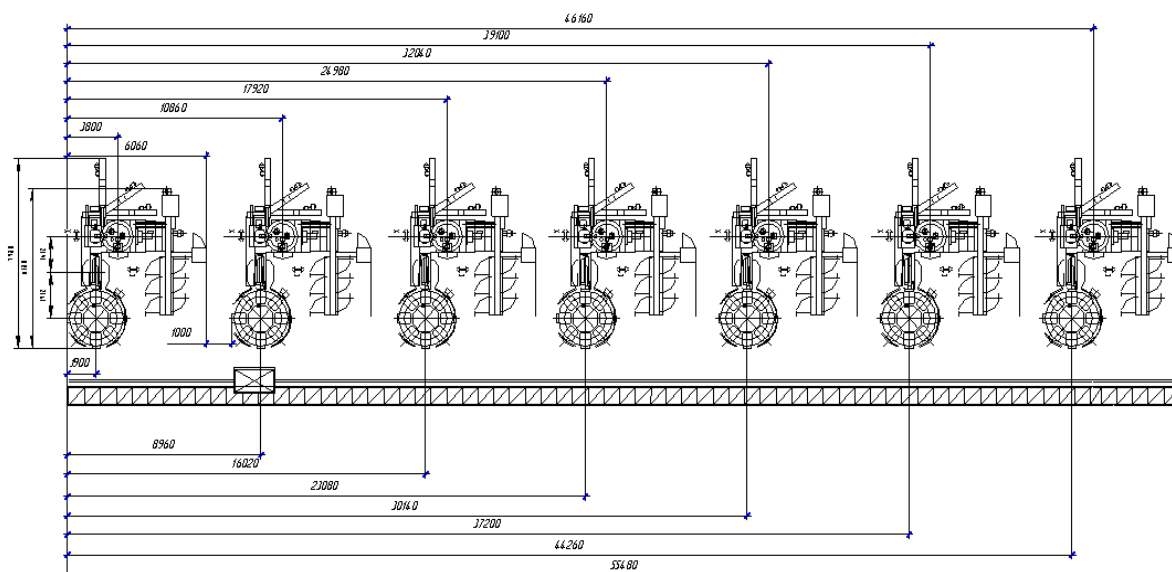


Рисунок 1 – Эскизная планировка ГПС с линейным складом РИ и многоярусным складом ДУ

В качестве транспортного средства выбирается кран-штабелер, модель СА-ТСС-0,[6]

Для доставки РИ к станку используется инструментальный робот.

Уточнение технических характеристик оборудования на основе моделирования работы ГПС

Основными показателями эффективности функционирования ГПС служат - фактическая длительность цикла безлюдной работы (фактическое время выполнения сменного задания)

Эффективность ГПС, рассчитанная посредством анализа циклограммы работы оборудования, будет справедлива лишь для рассматриваемого варианта сменного задания (СЗ). Использование модели в рассмотренном виде возможно для оценки диспетчерских решений: состава СЗ, очередности запуска заготовок в обработку, способа размещения заготовками в ячейках склада.

На практике в разные циклы безлюдной работы ГПС могут выполняться разные варианты СЗ. Очевидно, что для разных СЗ величина цикловых простоев и загрузка оборудования будут варьироваться. Технические параметры ГПС, обеспечивающие высокую загрузку оборудования при одних вариантах СЗ, могут оказаться неприемлемыми при других.

Следовательно, для оценки технических параметров оборудования необходимы многократные прогоны программы при различных вариантах СЗ, содержание которых приводит к значительным колебаниям эффективности ГПС.

Проверка эффективности ГПС на основе статического моделирования

При моделировании на множестве СЗ критериями эффективности служат предельные и среднее значения коэффициента загрузки ГПС, а так же закономерности его вероятностного распределения. Тем самым обеспечивается более объективная оценка эффективности системы. Следовательно, статистический анализ позволяет более точно подобрать параметры ГПС.

Статистическое моделирование выполняется с использованием системы "Каскад" в разделах "Аналитический расчет/Экспресс-анализ" и "Моделирование/Статистика".

Результаты статистического моделирования для проектируемой ГПС приведены на рисунках 2 и 3.

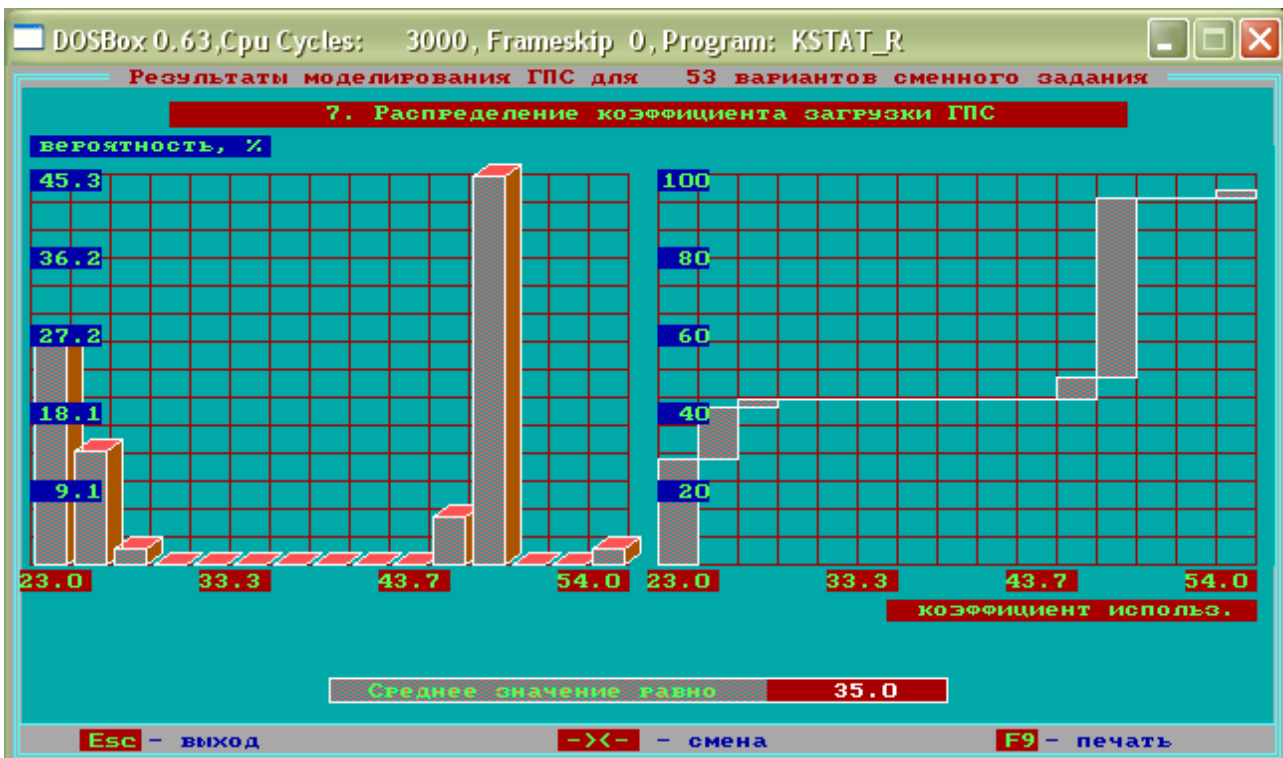


Рисунок 2 – Распределение коэффициента загрузки ГПС

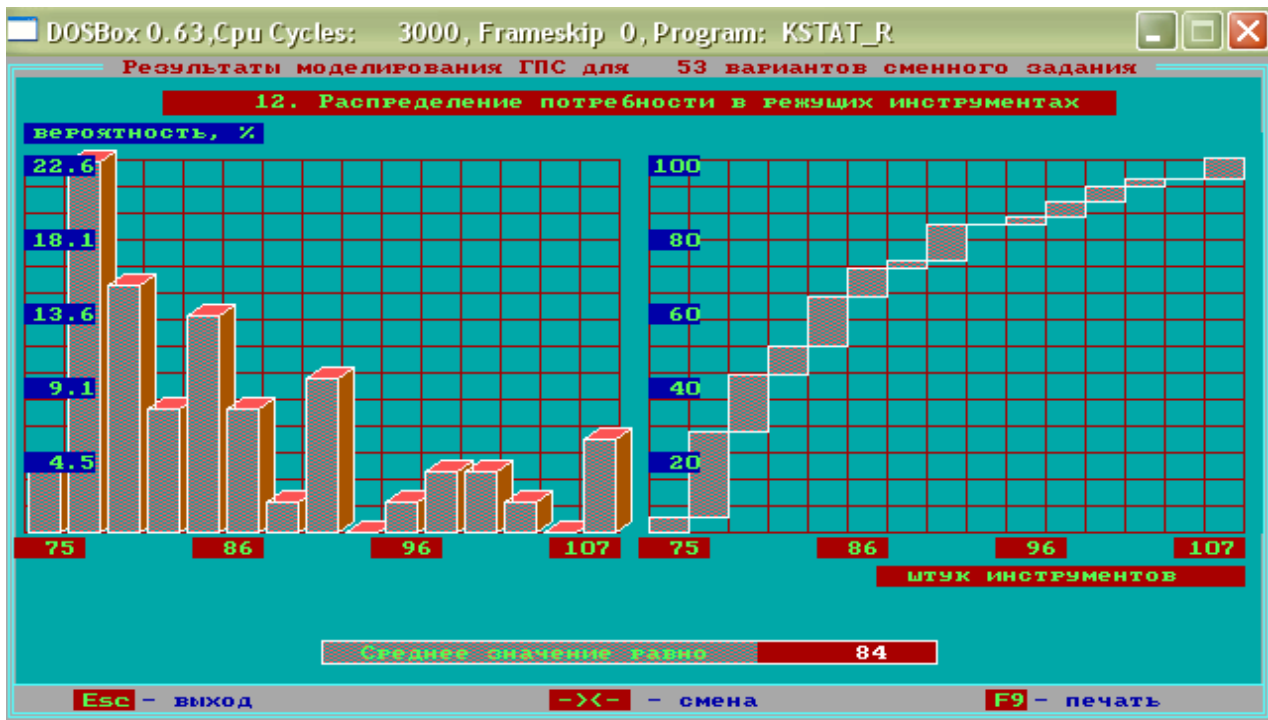


Рисунок 3 – Распределение потребности в режущем инструменте

Выбор и обоснование системы автоматического контроля

Система контроля качества предназначена для своевременного определения с требуемой точностью параметров качества изделий механосборочного производства.

В ГПС используют контрольно-измерительные машины, работающие как в ручном, так и в автоматическом режиме и выполняющие точный или непрерывный контроль измеряемых изделий.

Для проектируемой ГПС выбрана координатно-измерительная машина Premier1500. [5]

Выбор и обоснование автоматизированной системы удаления отходов

Автоматическое удаление стружки – одна из проблем ГПС. Существуют ГПС в которых просчеты при создании систем уборки стружки потребовали привлечения дополнительного обслуживающего персонала, что противоречит использованию ГПС. Автоматическое удаление стружки предполагает решение задач на трех уровнях:

- а) дробление стружки в процессе обработки;
- б) удаление стружки за пределы станка;
- в) удаление стружки за пределы участка.

Для данной ГПС выбираем третий метод – удаление стружки за пределы участка. Он может осуществляться двумя способами:

- перевозка стружки на робокарах или кранах-штабелерах единой транспортно-накопительной системы;
- транспортирование с помощью конвейеров, при наличии винтовых (шнековых) магистралей.

Выбираем первый способ.

Выводы

В результате проведенной работы была спроектирована гибкая производственная система по производству деталей заданной номенклатуры. В состав ГПС входят 7 станков типа “обрабатывающий центр” марки IP500МФ4, многоярусный склад – накопитель паллет, кран – штабелер, склад режущего инструмента, инструментальный робот, средства контроля и подготовки производства.

Проработаны различные варианты сменных заданий на обработку и в результате моделирования данного участка ГПС по изготовлению корпусных деталей в интегрированной среде "Каскад" получено, что средний коэффициент загрузки оборудования участка составляет 85 %.

Также был вычислен срок окупаемости, который составил 1,71 года.[4]

Библиографический список

1. Аверьянов, О.И., Дашенко А.И., Лескин А.А. и др. Технологическое оборудование ГПС.- Л., Политехника, 2017.-320 с.
2. Бондаренко, В.А., Сердюк А.И. Основы создания ГПС механообработки: Учебное пособие.- Оренбург, ОГУ, 2009. - 206 с.

3. Фроман, Б., Лезаж Ж.-Ж. ГПС в механической обработке/ Пер. с франц. Н.А.Шнуровой; Под ред. В.А. Лещенко.- М.: Машиностроение, 1988.- 120 с.
4. Матвеев В.В. и др. Проектирование экономических технологических процессов в машиностроении В.В. Матвеев, Ф.И.Бойков. - Челябинск: Юж. - Урал. кн. изд-во, 2018.-111 с, ил.
5. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева -Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1987. - 846 с.:ил
6. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 1,2/ Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. - 4-е изд. Перераб. и доп., М: Машиностроение, 2013 г., 656 с.,ид.

Сведения об авторах

ФИО	Соколова В. А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	5116-5102
e-mail	sokolova_vika@inbox.ru
ФИО	Кузнецова К.М.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	Krisanddek@gmail.com
ФИО	Марков В.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	1503-7932
e-mail	mactor85@mail.ru
ФИО	Ефанов В.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический

Адрес организации университет имени С.М. Кирова
194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург,
Россия
SPIN-код
e-mail regionspb@list.ru

ФИО Султанов Ихласбек
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург,
Россия
SPIN-код
e-mail mmu49@mail.ru

ФИО Шагелдиев Гандым
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург,
Россия
SPIN-код
e-mail mmu49@mail.ru

ФИО Гайдукова П.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург,
Россия
SPIN-код
e-mail mmu49@mail.ru

Аннотация

В данной статье была спроектирована ГПС по производству деталей заданной номенклатуры. Осуществлена планировка участка, в том числе и детальная, позволяющая визуально оценить габариты и расположение основного оборудования в цехе.

Осуществлено моделирование данного участка при различных режимах работы оборудования, различных значениях параметров оборудования.

Проработаны различные варианты сменных заданий на обработку и в результате моделирования данного участка ГПС по изготовлению корпусных

деталей в интегрированной среде "Каскад" получено, что средний коэффициент загрузки оборудования участка составляет 85 %.

Ключевые слова: гибкая производственная система, автоматизация, качество

УДК 621.01.07

Разделы рубрикатора ГРНТИ 50.01.85

Оптимизация проектирования установки для прокатки древесины

Хрусталева И.В.

Введение.

Одним из базовых принципов оптимального проектирования является системный подход. Системный подход включает в себя определенные требования: учет общей цели функционирования; формализованное описание способа и расположения элементов; формализованное описание всех взаимосвязей между элементами. При реализации этих принципов одновременно производится формализация основных элементов математической модели оптимального проектирования.

Цели и задачи

Необходимо сформулировать задачу оптимального проектирования многоклетевых установок для прокатки круглой древесины в брус. Выбрать и обосновать целевую функцию. В качестве целевой функции было выбрано суммарное по всем клетям осевое усилие. Также необходимо сформулировать областные и функциональные ограничения, которые учитывают геометрию установки, а также обеспечивают приемлемое качество получаемых изделий.

Методика исследования

Элементы математической модели процесса прокатки древесины во вращающихся валках [1], могут быть представлены структурной схемой технологической системы (рис. 1 – 2). Схема показывает, что задача проектирования установки достаточно сложна, причем необходимо учитывать, что, если в технологическом процессе параметры установки постоянны, то при разработке проекта они могут быть управляемыми. С другой стороны, при проектировании должны учитываться случайные величины, характеризующие предмет труда – заготовку.



Рис. 1. Схема оптимального проектирования установки.



Рис. 2. Процесс прокатки древесины как управляемая технологическая система.

Анализ представленной схемы (рис. 2) показывает, что в данном случае к компонентам вектора полезного эффекта могут быть отнесены, например, материалоемкость, энергоемкость, стоимость и надежность установки. Однако, компонентами вектора полезного эффекта косвенно, но достаточно адекватно отражающими указанные выше показатели, являются силы, действующие на элементы установки в процессе прокатки.

К элементам вектора управляемых переменных относятся такие характеристики, как необходимое количество ступеней деформирования (клетей), а также их конструктивные параметры.

К компонентам вектора фиксированных параметров относятся геометрические и физико-механические свойства заготовок, применяемые для изготовления деталей материалы, а также некоторые другие характеристики.

Для упрощения задачи поиска делаются некоторые допущения:

1. Рассматривается установка для получения бруса с квадратным сечением.
2. Будем считать, что при многократном сжатии заготовки диаграмма не меняется, хотя в работе [2], указано, что имеется изменение этой характеристики при многократном сжатии.

3. Проводимый анализ, и разработка методики выполнялись с учетом результатов полученных при исследовании характеристик одноклетевой установки, а в качестве материала заготовки использовалась сосна с влажностью 10...25% без предварительной подготовки.

4. Использовались результаты экспериментальных исследований конкретных образцов. При этом можно считать, что значение $H < 1,3$, т.к. это ограничение связано с качеством получаемого изделия (отсутствие трещин, расслоения, требуемая форма и т.д.).

5. Будем считать, что после каждой клетки получаемый профиль имеет форму правильного прямоугольника, т.е. грани плоские, что может быть достигнуто соответствующим профилированием валков.

6. При определении параметров установки необходимо учитывать тот факт, что происходит значительное восстановление упругой деформации, которая зависит от влажности.

7. При поиске оптимальных параметров установки будем использовать полученные ранее зависимости, например: силовые характеристики, после соответствующей математической обработки. Это позволяет упростить расчетное исследование и получить простые формулы при незначительных расхождениях в значениях (менее 1%).

8. Как показало исследование значений силовых характеристик [2] в зависимости от диаметра валков, можно считать, что относительный диаметр будет равным $D/c = 3$. В данном случае имеем минимальное осевое усилие в

большом диапазоне изменения других параметров. Однако при решении общей задачи оптимального поиска параметров установки это условие не является обязательным.

Постановка задачи оптимального проектирования требует четкой математической формулировки целевой функции и ограничений.

Выбор в качестве основного показателя суммарной или общей величины осевого усилия при установившемся процессе прокатки обусловлен несколькими причинами. Во-первых, уменьшение мощности установки непосредственно связано с уменьшением осевой силы. Во-вторых, скорость прокатки определяется технологией и в данной формулировке задачи является заданной величиной. В-третьих, сила сдавливания зависит от степени деформирования, которая ограничена по условиям обеспечения качества изделий после прокатки. Экспериментальным путем было доказано существование ограничения $H/h < 1,2 \dots 1,3$, связанного с качеством изделий. Большая степень деформации приводит к расслоению и раскалыванию изделий. Выполненное исследование [3] основано на результатах анализа одноклетевой установки для прокатки сосны с влажностью 10...25 % без предварительной подготовки.

В общем виде задача оптимального проектирования формулируется следующим образом: найти минимальное значение целевой функции (суммарной по всем клетям осевой силы) при выполнении ряда ограничений.

$$T_{\Sigma}^* = \min \sum_{i=1}^{i=n_{\text{кл}}} T_{\text{общ}}(H_i, h_i, c_i^*, D_i, B_i W_i),$$

где: $n_{\text{кл}}$ – число клеток; $T_{\text{общ}}$ – общая, определенная по всем направлениям деформирования, осевая сила на i – той клетки; H_i – исходный размер заготовки; h_i – требуемый размер после i - той клетки; c_i^* – просвет между валками i – той клетки; D_i – диаметр валков; B_i – ширина валков; W_i – влажность заготовок перед каждой клетью.

Конкретный вид этой зависимости определяется породой прокатываемой древесины. Для каждой клетки можно использовать либо данные экспериментальных исследований, либо математическую модель, предложенную в [1].

Ограничения при постановке задачи могут быть как прямые или областные, так и функциональные. Параметры, связанные с конструкцией установки, не могут варьироваться в широких пределах.

Все параметры не отрицательны:

$$H_i > 0, h_i > 0, c_i^* > 0, D_i > 0, B_i > 0, W_i > 0.$$

Такие параметры, как влажность, определяются технологией изготовления и, возможно, могут изменяться от одной клетки к другой. Однако, их можно считать постоянными $W_i = W$, при $i = 1, \dots, n_{\text{кл}}$.

Размеры H_i и h_i ограничены естественными условиями

$$h < H_i < H, h < h_i < H, \text{ при } i = 1, \dots, n_{\text{кл}},$$

где H – исходный размер заготовки, h – требуемый размер заготовки.

Просвет между валками для каждой клетки также ограничен условием $c_i < H_i$, при $i = 1, \dots, n_{\text{кл}}$.

Ширина валков B_i ограничена из условия обеспечения просвета c_i данной клетки, но на некоторую величину ΔB_i меньше для снижения дефектов в угловых точках получаемого профиля

$$B_i = c_i - \Delta B_i \text{ при } i = 1, \dots, n_{\text{кл}}.$$

Диаметры валков постоянны или уменьшаются от клетки к клетке, т.е. $D_i \leq D_1$ при $i = 1, \dots, n_{\text{кл}}$.

Функциональные ограничения. Первое такое ограничение связывает диаметры валков и просвет между ними. При рассмотрении работы одноклетьевого устройства [1] было показано, что для обеспечения наименьшего усилия в широком диапазоне степени деформирования относительный диаметр не превышает определенной величины $D_{\text{дон}}$. Для породы древесины – сосна $D_{\text{дон}} = 3 \dots 4$. Тогда $D_i / c_i \leq D_{\text{дон}}$, при $i = 1, \dots, n_{\text{кл}}$.

Из условия функционирования установки вытекает ограничение вида

$$h_i = H_{i+1}, \text{ при } i = 1, \dots, n_{\text{кл}}.$$

Размеры просвета и значений размеров заготовки до и после прокатки связаны между собой функциональной зависимостью, определяемой свойствами материала и заданной схемой проектирования (K – коэффициент пропорциональности для упругой деформации):

$$h_i = c_i + K(H_i - c_i), \text{ при } i = 1, \dots, n_{\text{кл}}.$$

Последнее ограничение по степени деформирования определяется из условия обеспечения качества (для сосны $H_{\text{дон}} = 1,3$):

$$H_i < H_{\text{дон}}, \text{ при } i = 1, \dots, n_{\text{кл}}.$$

Заключение и выводы.

Сформулирована задача оптимального проектирования многоклетевых установок для прокатки круглой древесины в брус. Выбрана и обоснована целевая функция, в качестве которой выбрано суммарное по всем клетям осевое усилие. Сформулированы областные и функциональные ограничения, которые учитывают геометрию установки, а также обеспечивают приемлемое качество получаемых изделий. Постановка позволяет наметить пути решения конкретных задач по выбору рациональных параметров установок для прокатки

древесины на основе предложенной и экспериментально проверенной автором математической модели.

Библиографический список

1. *Хрусталева И.В.* Обоснование параметров установки для прокатки сортиментов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. СПб.: ЛТА, 1993. 158 с.
2. *Боровиков А.М., Уголев Б.Н.* Справочник по древесине. - М.: Лесная промышленность, 1989. 294 с.
3. *Хрусталева И.В.* Экспериментальное исследование динамики процесса прокатки древесины. Технология и оборудование деревообрабатывающих производств. Межвузовский сборник научных трудов. СПб.: ЛТА, 1997, с. 85 – 90.

Сведения об авторе

ФИО	Хрусталева И.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	8636-3860
e-mail	innessachrustaliova@gmail.com

Аннотация

Базовым принципом оптимального проектирования является системный подход. Системный подход включает в себя определенные требования: целостность; структурность; формализованное (количественное или качественное) описание всех взаимосвязей между элементами. Математическая модель процесса прокатки древесины во вращающихся валках достаточно сложна. Выбор в качестве основного показателя суммарной или общей величины осевого усилия при установившемся процессе прокатки обусловлен следующими причинами: уменьшение мощности установки непосредственно связано с уменьшением осевой силы, скорость прокатки определяется технологией и в данной формулировке задачи является заданной величиной, сила сдавливания зависит от степени деформирования, которая ограничена по условиям обеспечения качества изделий после прокатки. Сформулирована задача оптимального проектирования многоклетевых установок для прокатки круглой древесины в брус. Выбрана и обоснована целевая функция. Сформулированы областные и функциональные ограничения, которые учитывают геометрию установки, а также обеспечивают приемлемое качество

получаемых изделий. Формулировка целевой функции позволяет наметить пути решения конкретных задач по выбору рациональных параметров установок для прокатки древесины на основе предложенной и экспериментально проверенной автором математической модели.

Ключевые слова: древесина, прокатка, влажность, осевое усилие, нормальное усилие, сила упругости

УДК 621.771.065

Разделы рубрикатора ГРНТИ 53.43.13

Вибронагруженность оператора валочно-трелёвочной машины в процессе очистки основания дерева от снега поворотом рукояти

Александров В.А., Гомон Д.Ю., Толстенков М.А.

Введение. Как уже отмечалось ранее [5], в зимнее время при глубоком снеге, оператору валочно-трелёвочной машины приходится очищать основание деревьев, подлежащих срезанию, от снега перемещениями захватно-срезающего устройства (ЗСУ) манипулятором или рукоятью. Перемещения ЗСУ вызывают колебания больших амплитуд, что приводит к значительным динамическим нагрузкам на базовую машину и вибровоздействиям на оператора [1].

Методика исследования. За метод исследования взят метод математического моделирования [2]. На рис.1 приведены расчетные схемы биодинамической системы “Оператор-ВТМ” [4].

Принятые обозначения [3]:

J_1, J_2, J_{01}, J_{02} – приведенные моменты инерции соответственно корпуса ВТМ, манипулятора с ЗСУ, таза и нижних конечностей, груди с верхними конечностями и головы оператора;

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_{01}, \varphi_{02}$ – угловые перемещения масс с моментами инерции соответственно J_1, J_2, J_{01} и J_{02} ;

$C_{12}, C_c, C_0, C_{лс}$ – приведенные угловые жёсткости соответственно манипулятора, сиденья, подвески и позвоночного столба;

P – усилие на штоках гидроцилиндров (гидроцилиндра) привода рукояти;

G – сила тяжести корпуса ВТМ;

M_{c1}, M_{c2} – моменты сопротивления перемещению рукояти, корпуса;

r – плечо силы P .

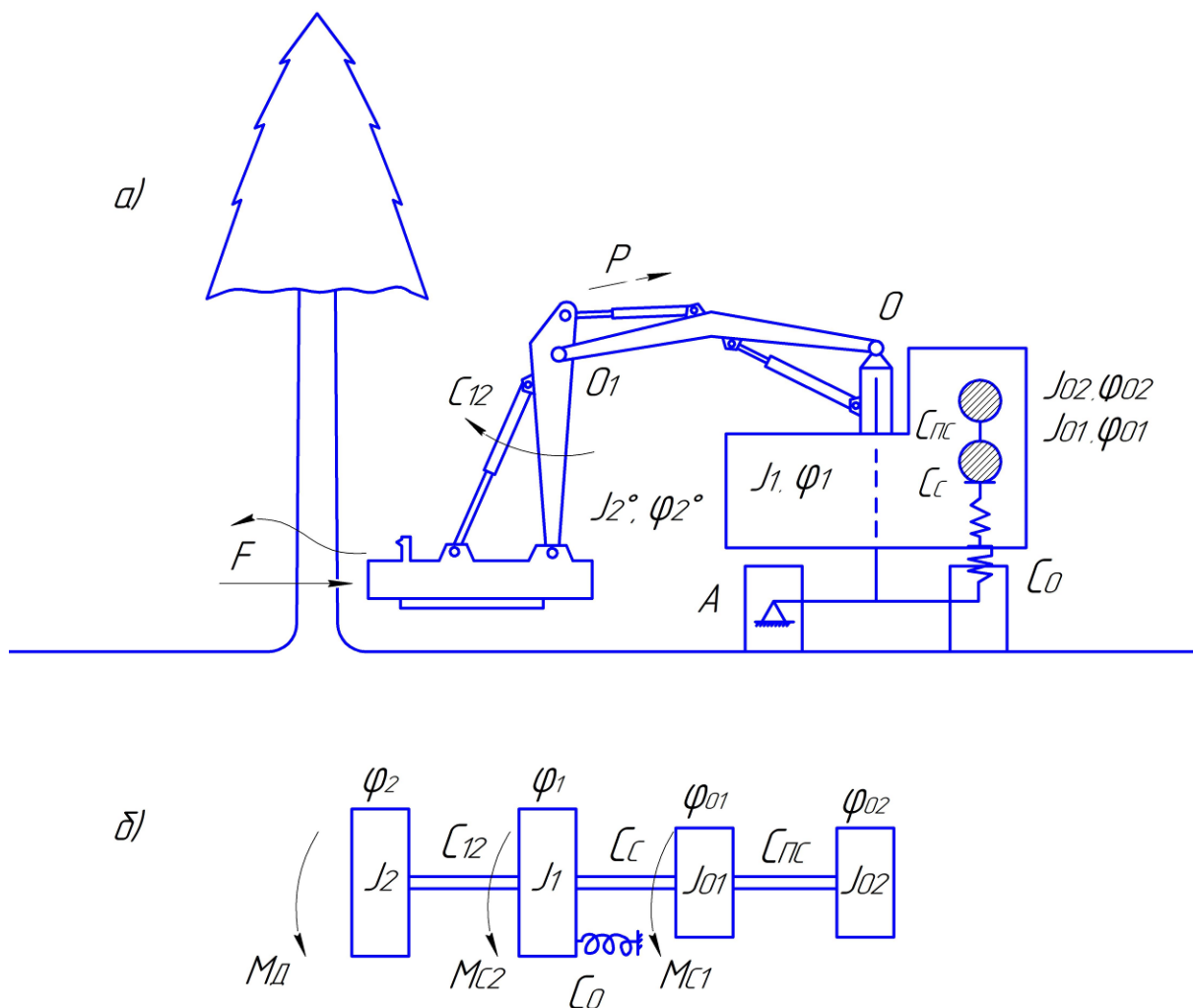


Рис.1 Расчетные схемы биодинамической системы “Оператор-ВТМ”:
а - исходная; б - эквивалентная.

Кинетическая энергия системы.

$$T = \frac{1}{2} J_1 \dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} J_2 \dot{\varphi}_2^2 + \frac{1}{2} J_{01} \dot{\varphi}_{01}^2 + \frac{1}{2} J_{02} \dot{\varphi}_{02}^2$$

Потенциальная энергия системы.

$$\Pi = \frac{1}{2} C_0 \varphi_1^2 + \frac{1}{2} C_{12} (\varphi_2 - \varphi_1)^2 + \frac{1}{2} C_C (\varphi_1 - \varphi_{01})^2 + \frac{1}{2} C_{nc} (\varphi_{01} - \varphi_{02})^2$$

Произведя действия в соответствии с уравнением Лагранжа 2-ого рода, получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} J_{02} \ddot{\varphi}_{01} + C_{nc} (\varphi_{01} - \varphi_{02}) + C_C (\varphi_1 - \varphi_{01}), \\ J_{01} \ddot{\varphi}_{02} = C_{nc} (\varphi_{01} - \varphi_{02}), \\ J_{01} \ddot{\varphi}_1 + C_0 \varphi_1 + C_C (\varphi_1 - \varphi_{01}) = C_{12} (\varphi_2 - \varphi_1) - M_{C1}, \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 + C_{12} (\varphi_2 - \varphi_1) = M_D - M_{C2}. \end{cases} \quad (1)$$

Умножим уравнение (1) системы (1) на J_{02} , уравнение (2) на J_{01} , уравнение (3) на J_2 , а уравнение (4) на J_1 и вычитая из первых вторые, получим:

$$\begin{aligned} J_{01} J_{02} (\ddot{\varphi}_{01} - \ddot{\varphi}_{02}) + (J_{01} + J_{02}) C_{nc} (\varphi_{01} - \varphi_{01}) &= J_{02} C_C (\varphi_1 - \varphi_{01}), \\ -J_1 J_2 (\ddot{\varphi}_2 - \ddot{\varphi}_1) + J_2 C_0 \varphi_1 + J_2 C_C (\varphi_1 - \varphi_{01}) - (J_1 + J_2) C_{12} (\varphi_2 - \varphi_1) &= J_1 M_{C2} - J_2 M_{C1} - J_1 M_D \end{aligned} \quad (2)$$

Используя допущение $C_0\varphi_1 \approx M_d$, получим:

$$-J_1J_2(\ddot{\varphi}_2 - \ddot{\varphi}_1) + (J_1 + J_2)M_d + J_2C_C(\varphi_1 - \varphi_{01}) - (J_1 + J_2)C_{12}(\varphi_2 - \varphi_1) = J_1M_{C2} - J_2M_{C1} \quad (3)$$

Умножив уравнение (1) системы (1) на J_1 , а уравнение (3) на J_{01} и вычитая из первого третье имеем:

$$-J_1J_{01}(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_{01}) + J_1C_{PC}(\varphi_{01} - \varphi_{02}) - J_{01}C_0\varphi_1 - (J_{01} + J_1)C_C(\varphi_1 - \varphi_{01}) - J_{01}M_{C1} = -J_{01}C_{12}(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (4)$$

Осуществив дальнейшие преобразования, окончательно получим:

$$\Theta_1^{IV} + A\Theta_1^{IV} + B\ddot{\Theta}_1 + C\Theta_1 = 0 \quad (5)$$

где $\Theta_1 = (\varphi_{01} - \varphi_{02})$,

$$A = -\left[\frac{J_1^2J_2(J_{01} + J_{02})C_{PC} + J_1J_2(J_{01} + J_1)C_CJ_{02} - (J_1 + J_2)C_{12}J_1J_{01}J_{02}}{J_{01}J_{02}J_1^2J_2} \right];$$

$$B = -\left[\frac{J_1J_2(J_{01} + J_1)C_C(J_{01} + J_{02})C_{PC} - J_1^2J_2C_{PC}J_{02}C_C - J_2C_CJ_{01}J_{02}C_{12} - (J_1 + J_2)C_{12}J_1(J_{01} + J_{02})C_{PC}J_{01} + \dots}{J_{01}^2J_{02}J_1^2J_2} \dots \right. \\ \left. \dots + \frac{(J_{01} + J_1)C_C(J_1 + J_2)C_{12}J_{01}J_{02}}{J_{01}^2J_{02}J_1^2J_2} \right];$$

$$C = \left[\frac{J_2C_C(J_{01} + J_{02})C_{PC}J_{01}C_{12} + J_1C_{PC}(J_1 + J_2)C_{12}J_{02}C_C - (J_{01} + J_1)C_C(J_1 + J_2)C_{12}(J_{01} + J_{02})C_{PC}}{J_{01}^2J_{02}J_1^2J_2} \right]$$

Коэффициенты дифференциального уравнения (5) в этом случае будут иметь следующие значения:

$$A = 12580,84; B = 118449 \cdot 10^2; C = 150387 \cdot 10^4.$$

Решая уравнение (5) методом Рунге Кутта с помощью среды программирования MathCAD при начальных условиях, соответствующих режиму разгона системы.

$$\Theta_1 = \dot{\Theta}_1 = \ddot{\Theta}_1 = \Theta_1^{IV} = \Theta_1^V = 0, \quad \ddot{\Theta}_1 = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; \quad \frac{rad}{c^2}$$

Получим результаты, приведенные в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики вибрационного воздействия на оператора ВТМ в режиме разгона

Характеристики	$\ddot{\Theta}_1 \frac{rad}{c^2}$				
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Θ_1 , рад	0,0006	0,0009	0,001	0,0015	0,0018
Z_{01} , см	0,15	0,225	0,25	0,375	0,45
Z_{02} , см	0,162	0,243	0,27	0,405	0,486
$\dot{\Theta}_1$, $\frac{rad}{c^2}$	0,013	0,019	0,026	0,032	0,039
\dot{Z}_{01} , $\frac{cm}{c}$	3,25	4,75	6,50	8,00	9,75
\dot{Z}_{02} , $\frac{cm}{c}$	3,51	5,13	7,02	8,64	10,53
$\ddot{\Theta}_1$, $\frac{rad}{c^2}$	0,328	0,493	0,657	0,821	0,985

$\ddot{Z}_{01}, \frac{m}{c^2}$	0,820	1,232	1,642	2,052	2,462
$\ddot{Z}_{02}, \frac{m}{c^2}$	0,885	1,331	1,774	2,217	2,659
Δ, CM	0,092	-	0,153	-	0,275

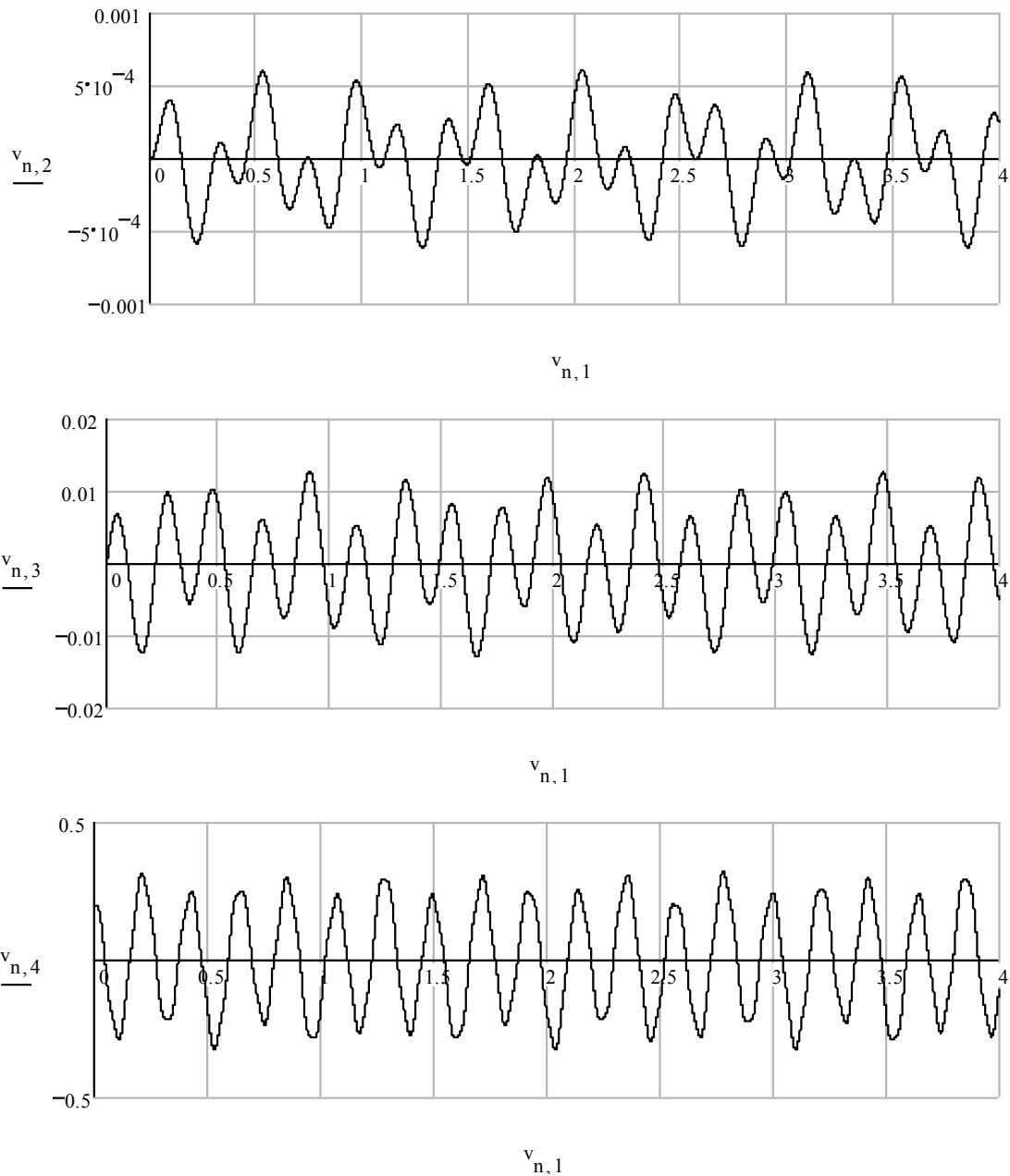


Рис. 2. Графики вибрационного воздействия на оператора ВТМ в режиме разгона $\ddot{\Theta}_1 = 0,2 \frac{rad}{c^2} l$: $\gamma_{n,2}$ - виброперемещение; $\gamma_{n,3}$ - виброскорость; $\gamma_{n,4}$ - виброускорение.

Выводы.

1. Режим разгона при очистке основания дерева от снега поворотом рукояти манипулятора сопровождается значительным вибровоздействием на оператора, превышающим санитарные нормы в 2,5...4 раза.
2. Разработанная математическая модель позволяет определить вибровоздействие на оператора ВТМ на этапе конструирования машины.

Библиографический список

1. Александров В. А. Динамические нагрузки в лесосечных машинах, Л: ЛГУ, 1984, 152 с.
2. Александров В. А. Моделирование технологических процессов лесных машин. М.: Экология, 1995. 256 с.
3. Гасымов, Г. Ш. Нагруженность валочно-пакетирующих машин на постепенных и выборочных рубках леса [Текст] / Г. Ш. Гасымов, В. А. Александров. – С. Пб.: Изд-во С.-Пб. ун-та, 2005. 192 с.
4. Повышение эффективности лесосечных машин снижением нагруженности силовых установок и расхода топлива на неустановившихся режимах работы [Текст]: отчет о НИР; рук. работы В. А. Александров. – С. Пб, ГЛТА, 2002.
5. Александров В. А. Вибронагруженность оператора валочно-пакетирующей машины в режиме разгона при трогании с места. [Текст] / Александров В. А., Александров А. В., Лузанова Л. Н.– С. Пб.: Изд-во С.-Пб. ун-та, 2017. 130 с.

Сведения об авторах

ФИО	Александров Валентин Александрович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	1735-5858
e-mail	2944218@mail.ru
ФИО	Толстенков Марк Андреевич
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	7413-2399
e-mail	2944218@mail.ru
ФИО	Гомон Денис Юрьевич

Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	-
e-mail	ftacademy@home.ru

Аннотация

Разработана математическая модель динамической системы – “Валочно-пакетирующая машина – предмет труда – дерево”. Математическое описание составлено в форме уравнения Лагранжа 2-го рода. Система уравнений решена методом Рунге-Кутты с помощью среды программирования MathCad.

Апробация модели осуществлена на примере серийно выпускаемых валочно-пакетирующих машин ЛП-19А в режимах разгона и стопорения.

Установлено, что динамическая нагрузка на технологическое оборудование при технологических переездах сопоставима с нагрузкой при обработке (пикетировании) дерева.

Ключевые слова: валочно-пакетирующая машина, математическая модель, динамическая нагрузка.

УДК 630*32

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 55.01.77; 55.42.03; 55.57.29; 68.01.77; 68.29.15; 68.85.29

Нагруженность валочно-пакетирующей машины при технологических переездах с пачкой деревьев

Александров В.А., Александров А.В., Никифоров А.А., Вусатый П.И.

Введение. Как уже отмечалось ранее, экспериментальными исследованиями [1] установлено, что значительные динамические нагрузки действуют на валочно-пакетирующую машину не только в процессе обработки (пакетирования) дерева, но и при технологических переездах. В этой связи при проектировании новых или модернизации серийно выпускаемых валочно-пакетирующих машин необходимо эти нагрузки учитывать.

Методика исследования. За метод исследования взят метод математического моделирования [2].

На рис. 1 представлены расчётные схемы динамической системы “Валочно-пакетирующая машина – предмет труда – деревья”

Кинетическая энергия системы

$$T = \frac{1}{2} m_1 \dot{X}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \dot{X}_2^2 + \frac{1}{2} m_3 \dot{X}_3^2 + \frac{1}{2} m_4 \dot{X}_4^2$$

Потенциальная энергия системы

$$\Pi = \frac{1}{2} C_{12} (X_1 - X_2)^2 + \frac{1}{2} C_{13} (X_1 - X_3)^2 + \frac{1}{2} C_{34} (X_3 - X_4)^2$$

Принятые обозначения:

m_1, m_2, m_3, m_4 – приведённые массы соответственно машины, манипулятора с ЗСУ, прицепа и комлевой части деревьев и вершинных частей пачки;

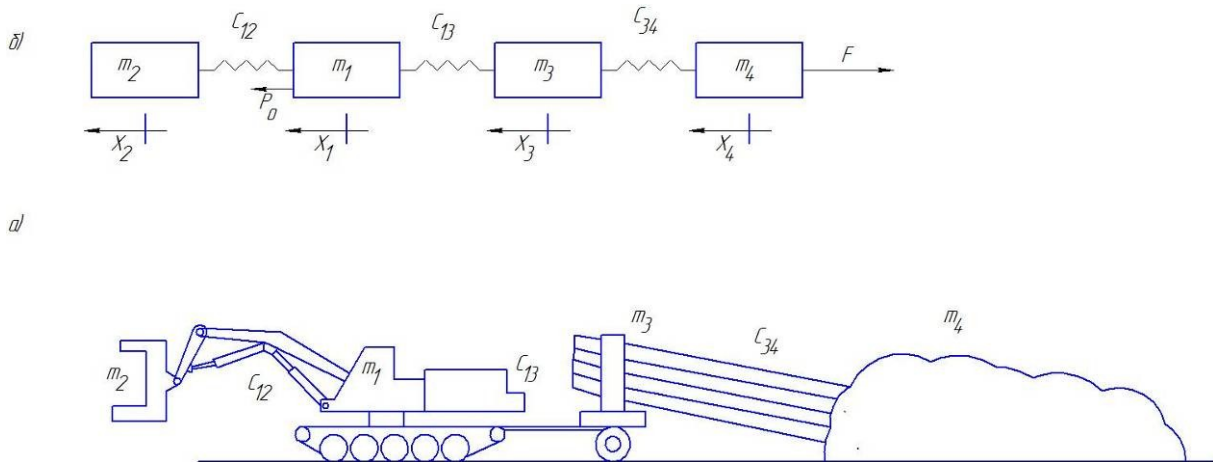


Рис. 1 Расчётная схема динамической системы “ВПМ – пачка деревьев”:

а – исходная; б - эквивалентная

X_1, X_2, X_3, X_4 – обобщённые координаты приведённых масс соответственно m_1, m_2, m_3, m_4

C_{12}, C_{13}, C_{34} – соответственно приведённые жёсткости манипулятора, дышла, деревьев;

P_0 – касательная сила тяги;

F_C, F_B – сопротивление перемещению технологического оборудования и пачки.

В соответствии с уравнением Лагранжа II-го рода получим следующую систему уравнений:

$$\begin{matrix} m_2 \\ -m_3 \\ -m_1 \\ m_3 \end{matrix} \begin{matrix} m_1 \ddot{X}_1 + C_{12}(X_1 - X_2) + C_{13}(X_1 - X_3) = P_0 \\ m_2 \ddot{X}_2 + F_c = C_{12}(X_1 - X_2) \\ m_3 \ddot{X}_3 + C_{34}(X_3 - X_4) = C_{13}(X_1 - X_3) \\ m_4 \ddot{X}_4 + F_B = C_{34}(X_3 - X_4) \end{matrix} \quad (1)$$

Домножим уравнение (1) системы (1) на m_2 , уравнение (2) на m_1 и вычтем из первого второе и преобразуем

$$m_1 m_2 (\ddot{X}_1 - \ddot{X}_2) + (m_1 + m_2) C_{12} (X_1 - X_2) + m_1 C_{13} (X_1 - X_3) = m_2 P_0 + m_1 F_c$$

Далее, домножим уравнение (3) системы (1) на m_4 , уравнение (4) на m_3 и вычтем

$$m_3 m_4 (\ddot{X}_3 - \ddot{X}_4) + m_4 C_{34} (X_3 - X_4) - m_3 F_B = m_4 C_{13} (X_1 - X_3) - m_3 C_{34} (X_3 - X_4) \quad (2)$$

Домножив уравнение (1) системы (1) на m_3 , а уравнение (3) на m_1 и преобразуя полученные зависимости, окончательно получим

$$(X_1^{VI} - X_2^{VI}) + A(X_1^{VI} - X_2^{VI}) + B(\ddot{X}_1 - \ddot{X}_2) + C(X_1 - X_2) = D \quad (3)$$

где

$$A = \left[\frac{m_3 m_4 (m_1 + m_2) C_{12} + m_3 m_4 m_2 C_{13} + m_1 m_2 m_4 C_{13} + m_1 m_2 m_4 C_{34} + m_1 m_2 m_3 C_{34}}{m_1 m_2 m_3 m_4} \right] \frac{1}{C^2}$$

$$B = \left[\frac{m_3 m_4 (m_1 + m_2) C_{12} C_{13} - m_3 m_4 m_2 C_{12} C_{13} + m_4 (m_1 + m_2) m_1 C_{12} C_{13} + m_4 (m_1 + m_2) m_1 C_{12} C_{34} \dots}{m_1^2 m_2 m_3 m_4} \right] \frac{1}{C^4}$$

$$C = \left[\frac{m_4 (m_1 + m_2) C_{12} - m_4 m_2 C_{12} + m_3 m_2 C_{12} - m_3 (m_1 + m_2) C_{12} + (m_1 + m_2) m_1 C_{12}}{m_1^2 m_2 m_3 m_4} \right] C_{34} C_{13} \frac{1}{C^6}$$

$$D = \left[\frac{-m_2 m_4 P_O - m_1 m_4 F_C + m_1 m_2 F_B - m_1 m_2 P_O - m_1 m_3 F_C - m^2 F_C}{m_1^2 m_2 m_3 m_4} \right] C_{34} C_{13} \frac{M}{C^6}$$

Пример. Исходные данные ВПМ примем применительно к ВПМ ЛП-19А:

$$m_1 = 25000 \text{ кг}; \quad m_2 = 2140 \text{ кг}; \quad m_3 = 1800 \text{ кг}; \quad m_4 = 1200 \text{ кг};$$

$$V \text{ пачки} = 3 \text{ м}^3; \quad C_{34} = 1200 \text{ кН/М}; \quad C_{12} = 420 \text{ кН/М}; \quad C_{13} = 1000 \text{ кН/М}$$

1. Определяем коэффициенты дифференциального уравнения (3). В данном случае коэффициенты будут иметь следующие значения:

$$A = 2339,48; \quad B = 3736,84 \cdot 10^2; \quad C = 9632,4 \cdot 10^3.$$

2. В качестве начальных условий примем:

- в режиме разгона системы

$$\ddot{X}_O = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 \frac{\text{М}}{\text{С}^2}$$

$$X_O = \dot{X}_O = \ddot{X}_O = X_O^{IV} = X_O^V = 0,$$

- в режиме стопорения

$$\dot{X}_O = 0,01; 0,02; 0,3; 0,4 \frac{\text{М}}{\text{С}}$$

$$X_O = \ddot{X}_O = \ddot{X}_O = X_O^{IV} = X_O^V = 0$$

В таблицах 1, 2 приведены данные вычислений, а на рис. 2, 3 характер воздействий на машину из которых можно сделать следующие выводы:

1. Режимы разгона и стопорения валочно-пакетирующей машины при технологических переездах с пачкой деревьев на прицепе сопровождаются высокой динамической нагрузкой на корпус машины.
2. Разработанная математическая модель позволяет определять динамическую нагруженность ВПМ на этапе конструирования.

Таблица 1. Расчётные характеристики динамической системы в режиме разгона

Характеристики	$\ddot{x}_o, \text{M/C}$			
	0,2	0,3	0,4	0,5
x_o, M	0,004	0,006	0,008	0,010
$\dot{x}_o, \text{M/C}$	0,035	0,053	0,070	0,088
$\ddot{x}_o, \text{M/C}^2$	0,338	0,507	0,676	0,845
$\theta_{\text{Дин}}^{\text{Доб}}, \text{H}$	1680	2520	3360	4200

Таблица 2. Расчётные характеристики динамической системы в режиме стопорения

Характеристики	$\dot{x}_o, \text{M/C}^2$			
	0,01	0,02	0,03	0,04
x_o, M	0,003	0,005	0,008	0,010
$\dot{x}_o, \text{M/C}$	0,016	0,033	0,049	0,066
$\ddot{x}_o, \text{M/C}^2$	0,113	0,225	0,338	0,451
$\theta_{\text{Дин}}^{\text{Доб}}, \text{H}$	1260	2100	3360	4200

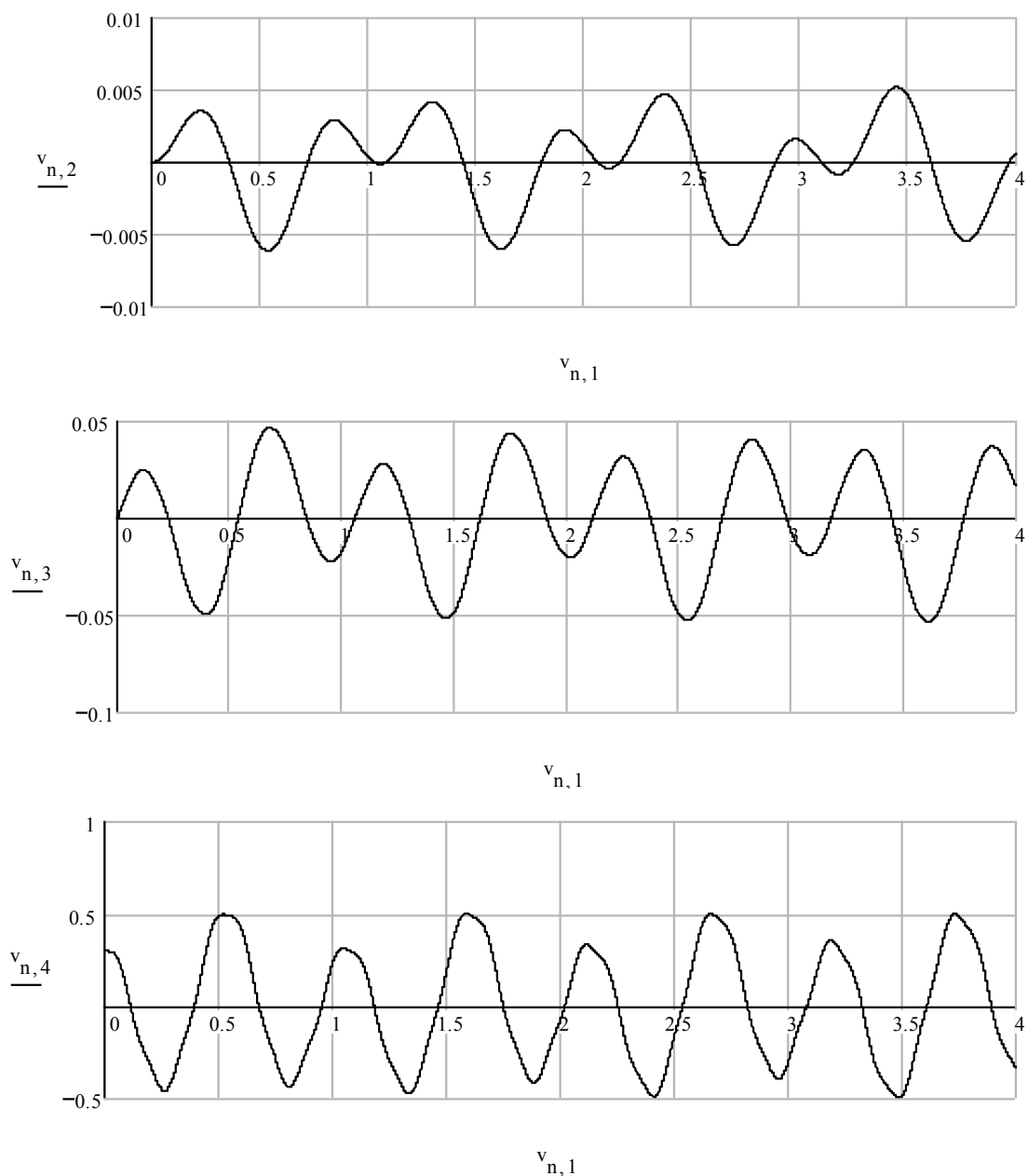


Рис. 2 Графики динамического воздействия на валочно-пакетирующую машину в режиме разгона $\ddot{X}_O = 0,3 \text{ M/C}^2$: $V_{n,2}$ -деформация упругой связи; $V_{n,3}$ - скорость деформации; $V_{n,4}$ -ускорение деформации

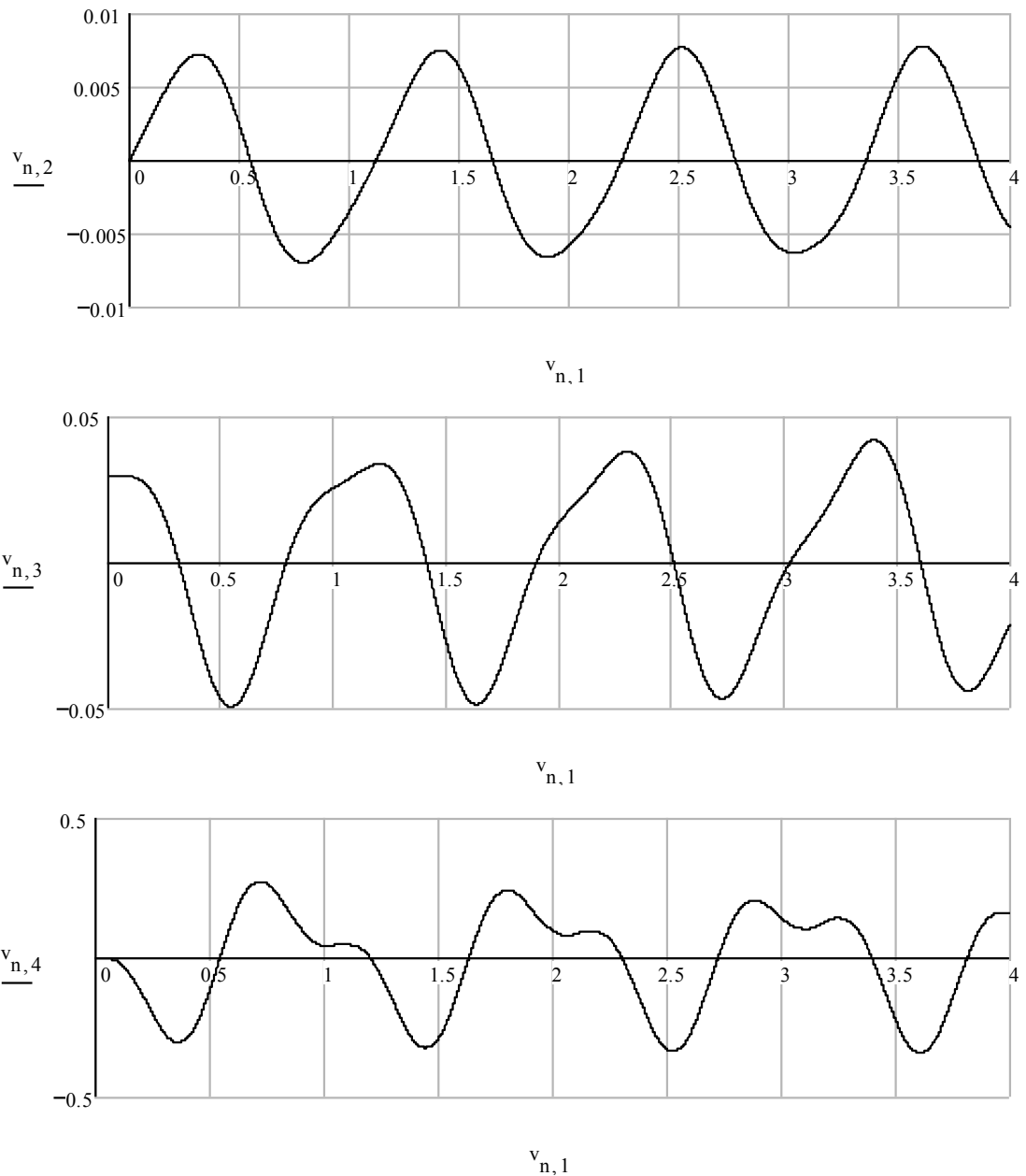


Рис. 3 Графики динамического воздействия на валочно-пакетирующую машину в режиме стопорения ($\dot{X}_0 = 0,03 M/c$):
 $V_{n,2}$ – деформация упругой связи; $V_{n,3}$ – скорость деформации;
 $V_{n,4}$ – ускорение деформации упругой связи.

Библиографический список

1. Александров В. А. Динамические нагрузки в лесосечных машинах, Л: ЛГУ, 1984, 152 с.
2. Александров В. А. Моделирование технологических процессов лесных машин. М.: Экология, 1995. 256 с.

Сведения об авторах

ФИО	Александров Валентин Александрович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	1735-5858
e-mail	2944218@mail.ru
ФИО	Александров Алексей Валентинович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	8553-0219
e-mail	2944218@mail.ru
ФИО	Никифоров Алексей Андреевич
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	7474-7139
e-mail	Leha.nikiforow@gmail.com
ФИО	Вусатый Петр Игоревич
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	6848-8160
e-mail	solomir95@mail.ru

Аннотация

Разработана математическая модель динамической системы – “Валочно-пакетирующая машина – предмет труда– дерево.” Математическое описание составлено в форме уравнения Лагранжа 2-го рода. Система уравнений решена методом Рунге-Кутта с помощью среды программирования MathCad.

Апробация модели осуществлена на примере серийно выпускаемых валочно-пакетирующих машин ЛП-19А в режимах разгона и стопорения.

Установлено, что динамическая нагрузка на технологическое оборудование при технологических переездах сопоставима с нагрузкой при обработке (пикетировании) дерева.

Ключевые слова: валочно-пакетирующая машина, математическая модель, динамическая нагрузка.

УДК 630.32

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 55.01.77; 55.42.03; 55.57.29; 68.01.77; 68.29.15; 68.85.29

Исследование часового расхода топлива дизеля лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата при пахоте тяжелых грунтов

Дурманов М.Я., Мартынов Б.Г., Спиридонов С.В.

Введение. Исследования работы дизелей, силовых передач, исполнительных механизмов и агрегатов МТА на разных режимах [1-5], в большинстве случаев ограничиваются их динамической нагруженностью и не затрагивают энергетические показатели, связанные с расходом топлива и затратами мощности. Поэтому весьма актуальной остается задача энергетической оценки динамических процессов МТА, теория и практика снижения энергозатрат [6,7]. Минимизация энергии, необходимой для выполнения технологических операций, снижает количество требуемого топлива и эксплуатационные затраты МТА, что в конечном итоге удешевляет стоимость лесохозяйственных и лесовосстановительных работ.

Цели и задачи. Задача заключается в исследовании влияния эксплуатационных и конструктивных параметров МТА на часовой расход топлива дизеля. Целью исследования является разработка и практическое использование различных методик оценки расхода топлива МТА, актуальных на этапе проектирования трактора и служащих повышению качества проектных и конструкторских работ, совершенствованию конструкции МТА [8-16].

Методика исследования. Для решения поставленной задачи разработаны модели функционирования лесохозяйственного МТА на разных режимах.

Основными внешними воздействиями в моделях являются: профиль поверхности вырубки, задаваемый корреляционной функцией и спектральной плотностью; факторы разнообразия физико-механических свойств почвы; скорость движения МТА. Моделируется неустановившейся характер сил сопротивления движению МТА, описываемый эргодическим стационарным случайным процессом, для всего спектра частот входного момента нагрузки. В статье рассматривается пахотный режим работы трактора ЛХТ-100 с плугом ПКЛ-70 на тяжелых почвах. Для рассматриваемого МТА накоплен

достаточный объём эксплуатационных показателей, необходимых для оценки погрешностей моделирования, т.к. он широко использовался на лесохозяйственных и лесовосстановительных работах. Методика вычислений описана ниже.

Выражение для часового расхода топлива, составленное с учетом формулы академика В.П. Горячкина [3] для касательной силы МТА в пахотном режиме, имеет две составляющих – регулярную B_0^n и переменную $B^n(\omega, \nu_0)$, записанные в операторном виде (при $s = j\omega$):

$$B_0^n = E_1 n_0 \left\{ \frac{R}{i_T \eta_M} [A_1^n + A_2 + A_3 n_0^2] + D_1 (a_1 + b_1 n_0) \right\}; \quad (1)$$

$$\begin{aligned} B^n(\omega, \nu_0) = & E_1 M_n^a \omega \cdot |U_{11}(j\omega, \nu_0)| \left\{ \frac{R}{i_T \eta_M} [A_1^n + A_2 + 3A_3 |U_{11}^2(j\omega, \nu_0)| + \right. \\ & + 2A_4 \omega \cdot |U_{11}(j\omega, \nu_0)| + 2f_{\text{тк}} |\Theta_B^n(j\omega, \nu_0)| \left. \right\} + \\ & + D_1 \cdot \left[\frac{a_1}{P_{\text{мн}}} \sqrt{\frac{4\omega^2 + \gamma^2}{\omega^2 + \gamma^2}} \cdot |G_{61}(j\omega, \nu_0)| + 2b_1 \omega \cdot |U_{11}(j\omega, \nu_0)| \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

где

$$A_1^n = mg \sin \alpha + f_{\text{тк}} m_T g \cos \alpha$$

$$A_2 = f_{\text{тс}} m_{\text{пл}} g \cos \alpha + k_{\text{п}} ab$$

$$A_3 = \left(\frac{\pi R}{30 i_T} \right)^2 \xi ab$$

$$A_4 = \frac{\pi R}{30 i_T} m$$

$$D_1 = \frac{V_{\text{ц.д}} i_{\text{д}}}{\pi \tau_{\text{д}}}$$

$$E_1 = \frac{3,6\pi}{30 \eta_i H_u}$$

где $n_0 = 0,8n_n$; n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала дизеля; R – радиус ведущих звездочек; i_T – передаточное число трансмиссии; η_M – механический КПД, $\eta_M = \eta_T \cdot \eta_{\text{дв}}$; η_T , $\eta_{\text{дв}}$ – КПД трансмиссии и двигателя, соответственно; η_i – индикаторный КПД двигателя; H_u – низшая теплотворная способность топлива; M_n^a – амплитудное значение входного возмущающего воздействия: $M_n^a = 0,15M_{\text{ен}}$; $M_{\text{ен}}$ – номинальный эффективный крутящий момент; ω – угловая скорость вращения коленчатого вала; m – масса МТА, $m = m_T + m_{\text{пл}}$; m_T – масса трактора; $m_{\text{пл}}$ – масса плуга; α – угол подъема участка пути; $f_{\text{тк}}, f_{\text{тс}}$ – коэффициенты трения качения двигателя и трения скольжения плуга о дно и стенку борозды, соответственно; $k_{\text{п}}$ – удельное сопротивление почвы; a, b – глубина обработки почвы и ширина захвата плуга; ξ – коэффициент динамичности; $|G_{61}(j\omega)|$ – передаточная функция давления масла в главной масляной магистрали (ГММ); $|U_{11}(j\omega)|$ – передаточная функция частоты вращения коленчатого вала энергосилового устройства МТА; $|\Theta_B^n(j\omega)|$ – передаточная функция колебаний остова МТА в продольно-

вертикальной плоскости в пахотном режиме; $V_{\text{ц}}$ – рабочий объем одного цилиндра двигателя; $i_{\text{д}}$, $\tau_{\text{д}}$ – количество цилиндров и тактность двигателя, соответственно; a_1 , b_1 – коэффициенты, получаемые экспериментальным путем для каждого типа двигателей; $P_{\text{мн}}$ – давление масла в ГММ при номинальной частоте вращения; $\gamma = 10^{-3} \omega_{\text{н}}$; $\omega_{\text{н}}$ – номинальная угловая скорость вращения коленчатого вала.

Передаточная функция частоты вращения коленчатого вала энергосиловой установки МТА по возмущающему воздействию (при фиксированном положении органа $h(t)$), задающего величину цикловой подачи топлива: $h_0 = \text{const}$) [6,7]:

$$|U_{11}(j\omega)| = \frac{k_{\text{д1}}(T_2^2 s^2 + 2T_2 \xi_1 s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_3^2 s^2 + 2T_3 \xi_2 s + 1)(T_4 s + 1)} \quad (3)$$

где $k_{\text{д1}}$ – коэффициент передачи частоты вращения; T_1 , T_2 , T_3 , T_4 – постоянные времени; ξ_1 , ξ_2 – коэффициенты затухания.

Для двигателя СМД-20Т.04: $k_{\text{д1}} = 1,80$; $T_1 = 1,073$ с; $T_2 = 0,531$ с; $T_3 = 0,398$ с; $T_4 = 0,354$ с; $\xi_1 = 0,300$; $\xi_2 = 0,250$ [6,7].

Заметим, что для МТА с учетом его массы m приведенный к коленчатому валу момент инерции $I_{\text{п}}$ и постоянная времени T_1 имеют вид

$$I_{\text{п}} = I_{\text{д}} + \frac{mR^2}{i_{\text{т}}^2}; \quad T_1 = \frac{\pi}{30} I_{\text{п}} \frac{n_{\text{н}}^2}{N_{\text{н}}} \quad (4)$$

где $I_{\text{д}}$ – момент инерции двигателя; $N_{\text{н}}$ – номинальная мощность двигателя.

Передаточная функция колебаний остова МТА в продольно-вертикальной плоскости в пахотном режиме определяется амплитудно-фазовыми частотными характеристиками деформации подвеса кареток на единицу возмущения неровности пути при $s = j\omega$ [7,13]:

$$|\Theta_{\text{в}}^{\text{п}}(j\omega)| = k'_0 c_1 \omega^2 \sqrt{\frac{[\mu_0 m_1 m_2 \omega^2 (\frac{1}{\tau \lambda_{\text{н}}} - 1) + c_1 (m' + \frac{1}{\tau \lambda_{\text{н}}} m'')]^2 + \dots}{[\mu_0 m_1 m_2 \omega^4 - \omega^2 (m_1 c_1 + m_2 c_1 + \beta_1^2) + c_1^2]^2 + \dots}} \dots \frac{+ \omega^2 \beta_1^2 (m' - \frac{1}{\tau \lambda_{\text{н}}} m'')^2}{+ \omega^2 [\beta_1 (c_1 - m_2 \omega^2) - \beta_1 (c_1 - m_1 \omega^2)]^2} \quad (5)$$

где $k'_0 = \cos(2\pi l_{\text{к}}/l_{\text{н}}) \approx 0,7$; $l_{\text{к}}$ – расстояние между осями кареток; $l_{\text{н}}$ – длина неровности микрорельефа пашни; c_1 – жесткость поддрессоривания опор,

$c_1=1400$ кН/м; ω – частота повторения неровности, $\omega = 2\pi v/l_n$; v – скорость движения МТА; β_1 – параметр демпфирования, $\beta_1 = 2v_n \sqrt{c_1 m}$; $v_n = 0,3$; $\mu_0 = 1 - \frac{m_0}{m_1 + m_2} = 0,66$; $m_0 = \frac{I_c - m_{\text{тн}} l_1 l_2}{l^2} = 5544,5$ кг; $m_1 = \frac{I_c + m_{\text{но}} l_2^2}{l^2} = 9599,2$ кг; $m_2 = \frac{I_c + m_{\text{зо}} l_1^2}{l^2} = 7003,7$ кг; $m_{\text{тн}}$ – подрессоренная масса трактора, $m_{\text{тн}} = 8400$ кг; $m_{\text{но}}$ – масса трактора, приходящаяся на ось передних кареток, $m_{\text{но}} = 4400$ кг; $m_{\text{зо}}$ – масса трактора, приходящаяся на ось задних кареток, $m_{\text{зо}} = 4000$ кг; l – межосевое расстояние, $l = l_1 + l_2 = 1,75$ м; $l_1 = 0,31$ м; $l_2 = 1,44$ м; I_c – момент инерции системы, $I_c \approx m_{\text{тн}} l_1 l_2$, $I_c = 23936$ кг·м²; $m' = m_0 + m_1$; $m'' = m_0 + m_2$; $\tau = l/v$; λ_n – доминирующая низшая частота собственных колебаний остова трактора.

Передаточная функция давления масла в ГММ двигателя:

$$|G_{61}(j\omega)| = k_{\text{м1}} s \cdot U_{11}(j\omega) \quad (6)$$

где $k_{\text{м1}}$ - коэффициент передачи давления масла в ГММ: $k_{\text{м1}} = 1,20$.

Подставляя в (2) значения $|U_{11}(j\omega)|$ из (3), $|\Theta_{\text{в}}^n(j\omega)|$ из (5), $|G_{61}(j\omega)|$ из (6) определяем поверхность состояния частотных характеристик (ЧХ) часового расхода топлива дизеля МТА в тяжелом пахотном режиме (рис. 1). Численные значения часового расхода топлива определяются подстановкой в (1) и (2) следующих исходных данных: $V_{\text{ц}}=1,575$ л; $i_{\text{д}}=4$; $\tau_{\text{д}}=2$; $a_1=0,45$; $b_1=0,97 \cdot 10^{-3}$; $\eta_i=0,40$; $H_u=41300$ кДж/кг; $P_{\text{мн}}=0,6$ МПа; $n_{\text{н}}=1900$ мин⁻¹; $N_{\text{ен}}=88$ кВт; $I_{\text{д}}=2,40$ кг·м²; $M_{\text{ен}}=480$ Н·м; $\gamma=0,188$ с⁻¹; $F_c^a=0,15 M_{\text{ен}}$; $\eta_{\text{м}}=0,68$; $R=0,238$ м; $m_{\text{т}}=10400$ кг; $m_{\text{тн}}=520$ кг; $a=0,15$ м; $b=0,70$ м [7]. При пахоте тяжелого грунта примем следующие условия функционирования МТА: $f_{\text{тк}}=0,20$; $f_{\text{тс}}=0,60$; $k_{\text{н}}=6 \cdot 10^4$ Н/м; $\xi=2000$ кг/м³; $\delta_s=0,05$; $q_{\text{к}}=3 \cdot 10^6$ Н/м²; $z_0=0,06$ м; $\alpha=5^\circ$.

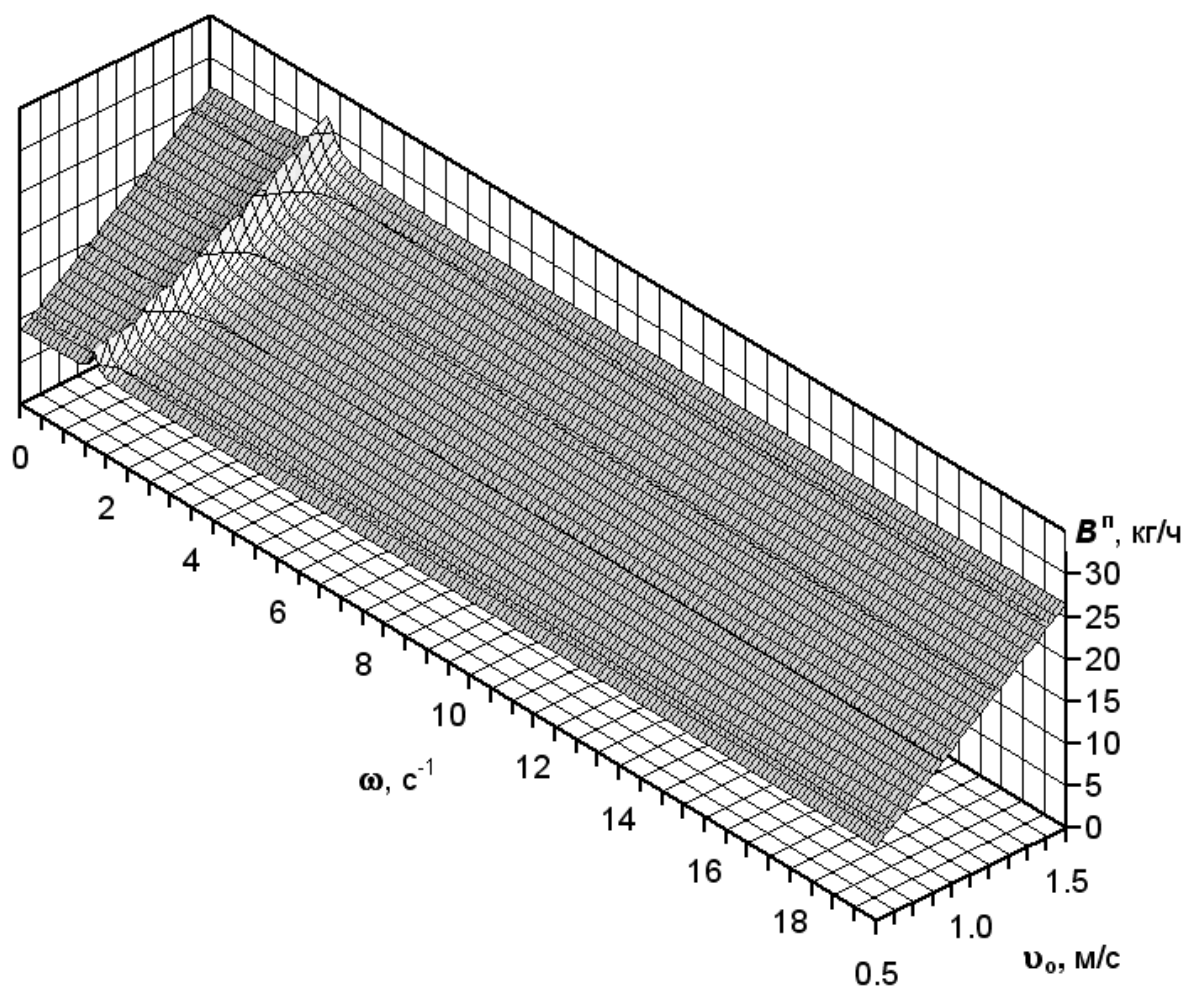


Рис. 1. Поверхность состояния ЧХ часового расхода топлива дизеля МТА на базе трактора ЛХТ-100 с плугом ПКЛ-70 при пахоте тяжелых почв в зависимости от скорости движения, при штатной жесткости подвеса $c_1=1400$ кН/м

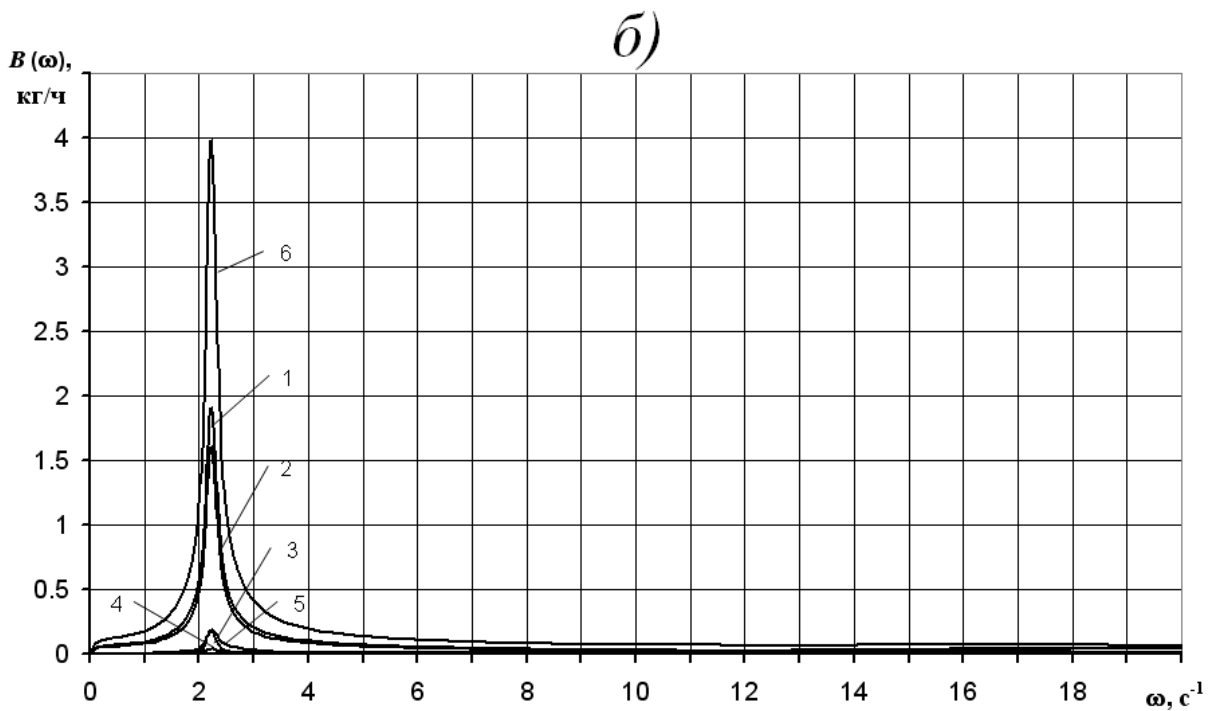
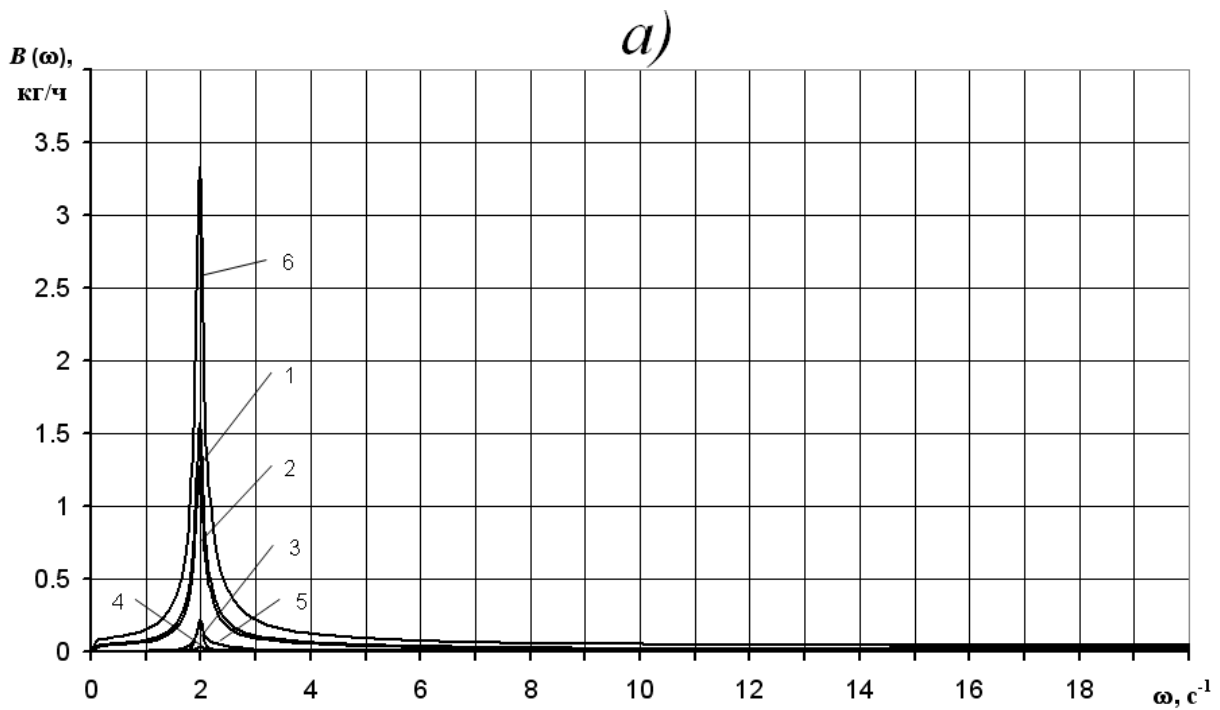


Рис. 2. ЧХ часового расхода топлива по компонентам в режиме пахоты тяжелого грунта МТА на базе трактора ЛХТ-100 с плугом ПКЛ-70 при жесткости подвеса $c_1=1400$ кН/м: *a* – при скорости движения $v_0=0,67$ м/с

(I передача); *б* – при скорости движения $v_0=0,86$ м/с (II передача);

- 1 – сопротивление движению МТА на подъеме; 2 – подрезание и отброс пласта плугом; 3 – инерционные силы МТА; 4 – колебания трактора в продольно-вертикальной плоскости; 5 – механические потери в парах трения двигателя; 6 – суммарный расход на динамические нагрузки.

Выполняя сечения в продольно-вертикальной плоскости (рис. 2) при любом фиксированном значении регулярной скорости v_0 движения МТА и по всему диапазону частот ω колебаний нагрузки на ведущих звездочках можно вычислить регулярную составляющую B_0^n и динамическую составляющую часового расхода топлива $B^n(\omega)$.

Критериальная функция (2) позволяет вычислить потери часового расхода топлива по каждой компоненте динамической составляющей в спектре частот $0 \dots 20 \text{ с}^{-1}$ (рис. 2), а также величину динамической составляющей для различных значений $c_1 = 1800, 1400, 1000 \text{ кН/м}$:

1 – от сопротивления на подъеме с плугом

$$B_1^n(\omega) = \frac{E_1 R \cdot M_n^a}{i_T \eta_M \omega_{\text{CH}}} \cdot \int_{\omega=0}^{\omega=20} \omega |U_{11}(j\omega)| \cdot [A_1^n + A_2 + 3A_3 \cdot |U_{11}^2(j\omega)|] d\omega \quad (7)$$

2 – от динамики сопротивления плуга (подрезания и отброса пласта)

$$B_2^n(\omega) = \frac{E_1 R \cdot M_n^a}{i_T \eta_M \omega_{\text{CH}}} \cdot \int_{\omega=0}^{\omega=20} \omega |U_{11}(j\omega)| \cdot [A_2 + 3A_3 \cdot |U_{11}^2(j\omega)|] d\omega \quad (8)$$

3 – от колебаний подвеса МТА в продольно-вертикальной плоскости

$$B_3^n(\omega) = \frac{2E_1 R \cdot f_{\text{ТК}} \cdot M_n^a}{i_T \eta_M \omega_{\text{CH}}} \cdot \int_{\omega=0}^{\omega=20} \omega |U_{11}(j\omega)| \cdot |\Theta_B^n(j\omega)| d\omega \quad (9)$$

4 – от инерционных сил МТА

$$B_4^n(\omega) = \frac{2E_1 R \cdot M_n^a}{i_T \eta_M \omega_{\text{CH}}} A_4 \cdot \int_{\omega=0}^{\omega=20} \omega^2 |U_{11}^2(j\omega)| d\omega \quad (10)$$

5 – от механических потерь в парах трения двигателя

$$B_5^n(\omega) = \frac{E_1 D_1 \cdot M_n^a}{\omega_{\text{CH}}} \cdot \int_{\omega=0}^{\omega=20} \omega |U_{11}(j\omega)| \cdot \left[\frac{a_1}{P_{\text{МН}}} \sqrt{\frac{4\omega^2 + \gamma^2}{\omega^2 + \gamma^2}} \cdot |G_{61}(j\omega)| + \right. \\ \left. + 2b_1 \omega \cdot |U_{11}(j\omega)| \right] d\omega; \quad (11)$$

Суммарные потери часового расхода топлива на динамические нагрузки в спектре частот $0 \dots 20 \text{ с}^{-1}$ при различных значениях $c_1 = 1800; 1400; 1000 \text{ кН/м}$

$$B^n(\omega) = \frac{M_n^a}{\omega_{\text{CH}}} \cdot \int_{\omega=0}^{\omega=20} |G_{31}^n(j\omega)| \cdot d\omega \quad (12)$$

где ω_{CH} – собственная низшая частота колебаний МТА; $G_{31}^n(j\omega)$ – передаточная функция часового расхода топлива в пахотном режиме [7].

Фактический часовой расход топлива B_{ϕ}^n в пахотном режиме, с учетом потерь на динамические нагрузки, для различных значений $c_1 = 1800; 1400; 1000 \text{ кН/м}$, определится суммой

$$B_{\phi}^n = B_0^n + B^n(\omega) \quad (13)$$

Результаты вычисления (7)-(13) при функционировании МТА в пахотном режиме сведены в таблицу.

Таблица 1. Результаты расчета часового расхода топлива МТА на базе трактора ЛХТ-100 с плугом ПКЛ-70 в режиме пахоты тяжелых грунтов

Скорость движения МТА v_0 , м/с	Регулярная составляющая B_0^i , кг/ч	Суммарные динамические составляющие $B^i(\omega)$, кг/ч при различной жесткости c_1 , кН/м			Компоненты динамической составляющей $B^i(\omega)$, кг/ч при жесткости $c_1 = 1400$ кН/м				
		1000	1400	1800	1 ^с	2 ^с	3 ^с	4 ^с	5 ^с
0,67 ^а	11,709	1,264	1,272	1,269	0,573	0,479	0,023	0,151	0,046
0,86 ^б	15,046	1,578	1,588	1,584	0,721	0,603	0,024	0,190	0,050

^а $\omega_{сн} = 1,99 \text{ с}^{-1}$ – I передача ($i_0 = 56,651$);

^б $\omega_{сн} = 2,23 \text{ с}^{-1}$ – II передача ($i_0 = 44,226$);

^сКомпоненты: 1 – сопротивление движению МТА на подъеме; 2 – подрезание и отброс пласта плугом; 3 – инерционные силы МТА; 4 – колебания трактора в продольно-вертикальной плоскости; 5 – механические потери в парах трения двигателя.

Заключение и выводы. В режиме пахоты тяжелых грунтов частотная характеристика часового расхода топлива МТА на динамические нагрузки реализуется с одним экстремумом (рис. 2 б, кривая б). Наибольший расход происходит при собственной частоте колебаний частоты вращения коленчатого вала двигателя $\omega_{сн} = 2,23 \text{ с}^{-1}$ - 3,959 кг/ч. По компонентам динамической составляющей наибольшие значения расхода топлива имеют компоненты сопротивления движению МТА на подъеме и подрезания и отброса пласта плугом (рис. 2, кривые 1, 2).

Скорость движения v_0 оказывает существенное влияние как на величину регулярной составляющей часового расхода топлива B_0^n , так и на компоненты динамической составляющей $B_i^n(\omega)$ (таблица), поэтому выбор передаточного ряда трансмиссии и коробки перемены передач на стадии проектирования должен обеспечивать эффективные тяговые и скоростные режимы МТА.

Заглубленное положение плуга в пахотном режиме ограничивает перемещение задней каретки трактора и амплитуду колебаний в продольно-вертикальной плоскости, поэтому варьирование жесткости подвеса не

оказывает существенного влияния на суммарные динамические составляющие $B''(\omega)$ часового расхода топлива.

Для повышения топливной экономичности дизелей МТА, в конструкцию топливного насоса высокого давления (ТНВД) которых входит рейка топливного насоса (РТН), необходимо использовать корректирующее устройство.

В качестве корректирующего устройства целесообразно использовать гаситель колебаний РТН [6,7,9]. Гаситель колебаний вводится в конструкцию ТНВД для уменьшения амплитуды колебаний рейки и отрицательного действия гидродинамической силы на качество процесса регулирования скорости. Его достоинство заключается в том, что демпфируя, он уменьшает действие гидродинамической силы при отсечке топлива и, в меньшей мере, оказывает сопротивление при перемещении РТН в сторону увеличения цикловой подачи топлива.

Библиографический список

1. Лурье А. Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. – Л.: Колос, 1970.– 376 с.
2. Лурье А. Б. Автоматизация сельскохозяйственных агрегатов.– Л.: Колос, 1967. – 264 с.
3. Горячкин В. П. Собрание сочинений. 2-е изд., т. 1. – М.: Колос, 1968. – 720 с.
4. Барский И. Б., Анилович В. Я., Кутьков Г. М. Динамика трактора. – М.: Машиностроение, 1973.– 280 с.
5. Кутьков Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. – М.: Колос, 2004.– 504 с.
6. Антипин В. П. Энергозатраты машинно-тракторного агрегата. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 324 с.
7. Антипин В.П. Производительность, энергозатраты и ресурс машинно-тракторного агрегата / В. П. Антипин, М. Я. Дурманов, Г. В. Каршев – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 484 с.
8. Antipin V.P., Durmanov M.Y., Mikhaylov O.A. (2019) Choosing Transmission Gearset for Agricultural Aggregates Based on Energy Consumption. In: Radionov A., Kravchenko O., Guzeev V., Rozhdestvenskiy Y. (eds) Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, pp 1591-1600. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95630-5_170
9. Durmanov M.Y., Martynov B.G., Spiridonov S.V. (2019) Energy and Fuel Consumption of Agricultural Aggregate. In: Radionov A., Kravchenko O., Guzeev V., Rozhdestvenskiy Y. (eds) Proceedings of the 4th International Conference on Industrial

Engineering. ICIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, pp 1601-1612. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95630-5_171

10. Власов Е.Н., Михайлов О.А., Дурманов М.Я., Епифанова А.Ю. *Определение количества энергии, затрачиваемой на реализацию касательной силы трактора ЛХТ-100 в пахотном режиме* / Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 212.- СПб.: СПбГЛТУ, 2015.- С. 104-112.
11. Власов Е.Н., Михайлов О.А., Дурманов М.Я., Епифанова А.Ю. *Затраты энергии на реализацию касательной силы трактора ЛХТ-100 в транспортном режиме* / Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 213.- СПб.: СПбГЛТУ, 2015.- С. 138-147.
12. Спиридонов С.В., Дурманов М.Я., Михайлов О.А. *Энергозатраты на реализацию касательной силы лесохозяйственного МТА в транспортном режиме* / II-ая международная НТК «Леса России: политика, промышленность, наука, образование»; СПбГЛТУ им. С.М. Кирова 24-26.05.17 г. том № 3, С. 43-46.
13. Дурманов М.Я., Михайлов О.А., Спиридонов С.В. *Оценка динамической нагруженности силовой передачи лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата на стадии проектирования* / Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2017 / отв. ред. В.А. Соколова - СПб: СПбГЛТУ, 2018. – С.174-183. DOI:10.21266/SPB FTU.2018.NTK.1
14. Дурманов М.Я., Спиридонов С.В., Михайлов О.А. *Оценка часового расхода топлива лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата на стадии проектирования* / Леса России: политика, промышленность, наука, образование / материалы третьей международной научно-технической конференции. Том 2 / Под. ред. В.М. Гедьо. - СПб.: СПбГЛТУ, 2018. – С.164-167.
15. Мартынов Б.Г., Дурманов М.Я., Михайлов О.А. *Оценка затрат мощности лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата в пахотном режиме* / Леса России: политика, промышленность, наука, образование / материалы третьей международной научно-технической конференции. Том 2 / Под. ред. В.М. Гедьо. - СПб.: СПбГЛТУ, 2018. – С.191-195.
16. Дурманов М.Я., Мартынов Б.Г., Спиридонов С.В., Михайлов О.А. *Оценка динамической нагруженности силовой передачи лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата* / Состояние и перспективы развития лесного комплекса в странах СНГ : материалы Международной научно-технической конференции, Минск, 13-16 ноября 2018 г. – Минск: БГТУ, 2018.- С.8-12.

Сведения об авторах

ФИО	Дурманов М.Я.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,

организации Россия
SPIN-код 3809-9956
e-mail Durmanov130266@rambler.ru

ФИО Мартынов Б.Г.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,
организации Россия
SPIN-код 1386-2396
e-mail lesbisnes@mail.ru

ФИО Спиридонов С.В.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,
организации Россия
SPIN-код 9649-6007
e-mail svslta@yandex.ru

Аннотация

Для повышения качества проектных и конструкторских работ, совершенствования конструкции лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата (МТА) необходима разработка и практическое использование различных методик оценки эксплуатационной эффективности МТА, особенно актуальная на этапе проектирования трактора. Важным фактором эксплуатационной эффективности является часовой расход топлива дизеля МТА, определяющий стоимость лесохозяйственных и лесовосстановительных работ. В работе исследуется влияние параметров лесохозяйственного МТА на часовой расход топлива дизеля. В качестве эксплуатационного параметра выбрана скорость движения МТА, а в качестве конструктивного - жесткость подвеса. Для пахотного режима на тяжелых почвах определен часовой расход топлива дизеля на динамические нагрузки по компонентам: от сопротивления на подъеме; от динамики отброса пласта плугом; от инерционных сил МТА; от колебаний подвеса МТА в продольно-вертикальной плоскости; от механических потерь в парах трения двигателя, а также его суммарная величина для различных значений жесткости подвеса. Максимальные значения суммарной динамической составляющей часового расхода топлива в пахотном режиме наблюдаются на частотах, близких к $2,5 \text{ с}^{-1}$, - собственной,

энергозатратной частоте колебаний частоты вращения коленчатого вала двигателя СМД-20Т.04.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, часовой расход топлива, дизель, скорость движения, жесткость подвеса, частотные характеристики

Keywords: Machine and tractor unit, Hourly fuel consumption, Diesel engine, Travel speed, Suspension stiffness, Frequency characteristics

УДК 630*375.4

Разделы рубриката ГРНТИ: 55.01.77; 55.42.03; 55.57.29; 68.01.77; 68.29.15; 68.85.29

Нагруженность технологического оборудования ВПМ классической компоновки (без выравнителя платформы) в процессе вывешивания

Никифоров А.А., Вусатый П.И., Толстенков М.А.

Введение. Одним из приёмов, применяемых операторами валочно-пакетирующих машин в процессе разбора завалов после ветровала, является перемещение обломившегося дерева (облома) поворотом захватно-срезающего устройства (ЗСУ) в продольной вертикально плоскости снизу-вверх [1].

Методика исследования. На рисунке 1 приведена расчетная схема нагруженности технологического оборудования ВПМ классической компоновки (без выравнителя платформы) в процессе вывешивания.

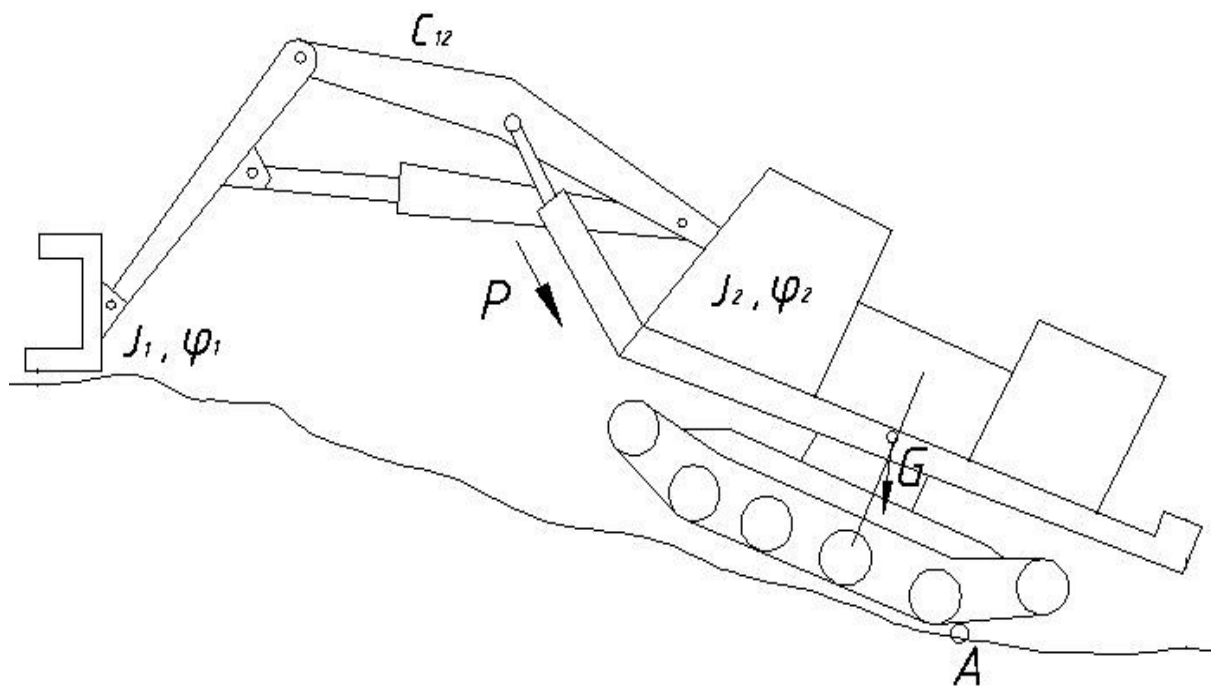


Рисунок 1. Расчетная схема

Кинетическая энергия системы [2]:

$$T = \frac{1}{2} I_1 \dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} I_2 \dot{\varphi}_2^2 .$$

Потенциальная энергия системы:

$$\Pi = \frac{1}{2} c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2)^2 .$$

Система уравнений примет вид

$$I_1 \ddot{\varphi}_1 + c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) = P \cdot r \quad (1)$$

$$I_2 \ddot{\varphi}_2 + G' \cdot \rho = c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) \quad (2a)$$

или с учетом диссипации

$$\Phi = \frac{1}{2} \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2)^2 ,$$

Домножим уравнение (1) системы (2a) на I_2 , а уравнение (2) на I_1 и из первого вычтем второе

$$\begin{array}{l} I_1 \\ -I_2 \end{array} \left| \begin{array}{l} I_1 \ddot{\varphi}_1 + \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) = M_D, \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 + G' \cdot \rho = \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2). \end{array} \right.$$

получим

$$I_1 I_2 (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2) + (I_1 + I_2) \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + (I_1 + I_2) c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) = I_2 M_D + I_1 G' \rho \quad (3)$$

Преобразуя, получим

$$(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2) + \frac{\beta_{12} (I_1 + I_2)}{I_1 I_2} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + \frac{c_{12} (I_1 + I_2)}{I_1 I_2} (\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{M_D}{I_1} + \frac{G' \rho}{I_2} \quad (4)$$

Обозначим:

$$A = \frac{\beta_{12} (I_1 + I_2)}{I_1 I_2} \quad B = \frac{c_{12} (I_1 + I_2)}{I_1 \cdot I_2} \quad C = \frac{I_2 M_D + I_1 G' \rho}{I_1 I_2}$$

Таким образом, уравнение (4) запишется как

$$(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2) + A(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + B(\varphi_1 - \varphi_2) = C \quad (5)$$

Как уже установлено выше решением уравнения (5) будет $\theta = \theta_1 + \theta_2$ или

$$(\varphi_1 - \varphi_2) = e^{-\alpha t} (C_1 \cos kt + C_2 \sin kt) + \frac{I_2 M_D + I_1 G' \rho}{(I_1 + I_2) c_{12}} \quad (6)$$

Нагрузка на манипулятор [3]:

$$M_{дин}^{доб} = C_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Пример.

Исходные данные: $L = 8$ м; $\rho = 0,9$; $G' = 250000$ Н; $I_1 = 130026,7$ кг·м²; $I_2 = 20250$ кг·м²; $\beta_{12} = 0,20$ Н·м·с; $c_{12} = 61992235$ Н·м; $M_D = P \cdot r = 222,695$ Н·м.

Режим работы – разгон.

1. Определяем коэффициенты дифференциального уравнения (5)

$$A = \frac{0,20(130026,7+20250)}{130026,7 \cdot 20250} = 0,0000114 \text{ с}^{-1};$$

$$B = \frac{61992235(130026,7+20250)}{130026,7 \cdot 20250} = \frac{150276,7 \cdot 61992235}{130026,7 \cdot 20250} = 3538,11 \text{ 1/с}^2;$$

$$C = \frac{20250 \cdot 207463 + 130026,7 \cdot 250000 \cdot 0,9}{130026,7 \cdot 20250} = 12,71 \text{ 1/с}^2.$$

2. Находим корни характеристического уравнения

$$x_{1,2} = -\frac{0,0000114}{2} \pm \sqrt{\frac{0,0000114^2}{4} - 3538,11}$$

$$x_{1,2} = -0,0000057 \pm 59,48i$$

3. Определяем постоянные C_1, C_2 при начальных условиях:

$$\theta_1 \Big|_{t=0} = 0 \qquad \dot{\theta}_1 \Big|_{t=0} = \dot{\varphi}_0 \qquad C_1 = 0 \qquad C_2 = \dot{\varphi}_0 / k$$

где $\dot{\varphi}_0 = 0,2 \text{ с}^{-1}$.

4. Вычисляем нагрузку на манипулятор

$$M_{дин}^{доб} = 61992235 e^{-0,0000057t} \frac{0,2}{59,48} \cdot \sin 59,48t$$

$$M_{дин \max}^{доб} = 208,447 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$K_{Д} = \frac{M_{дин \max}^{доб}}{M_{Д}} + 1 = \frac{208,447}{222,695} + 1 = 1,94$$

На рисунке 2 приведены графики зависимостей коэффициентов динамичности и добавочного динамического момента от угловой скорости вывешивания ВПМ [4].

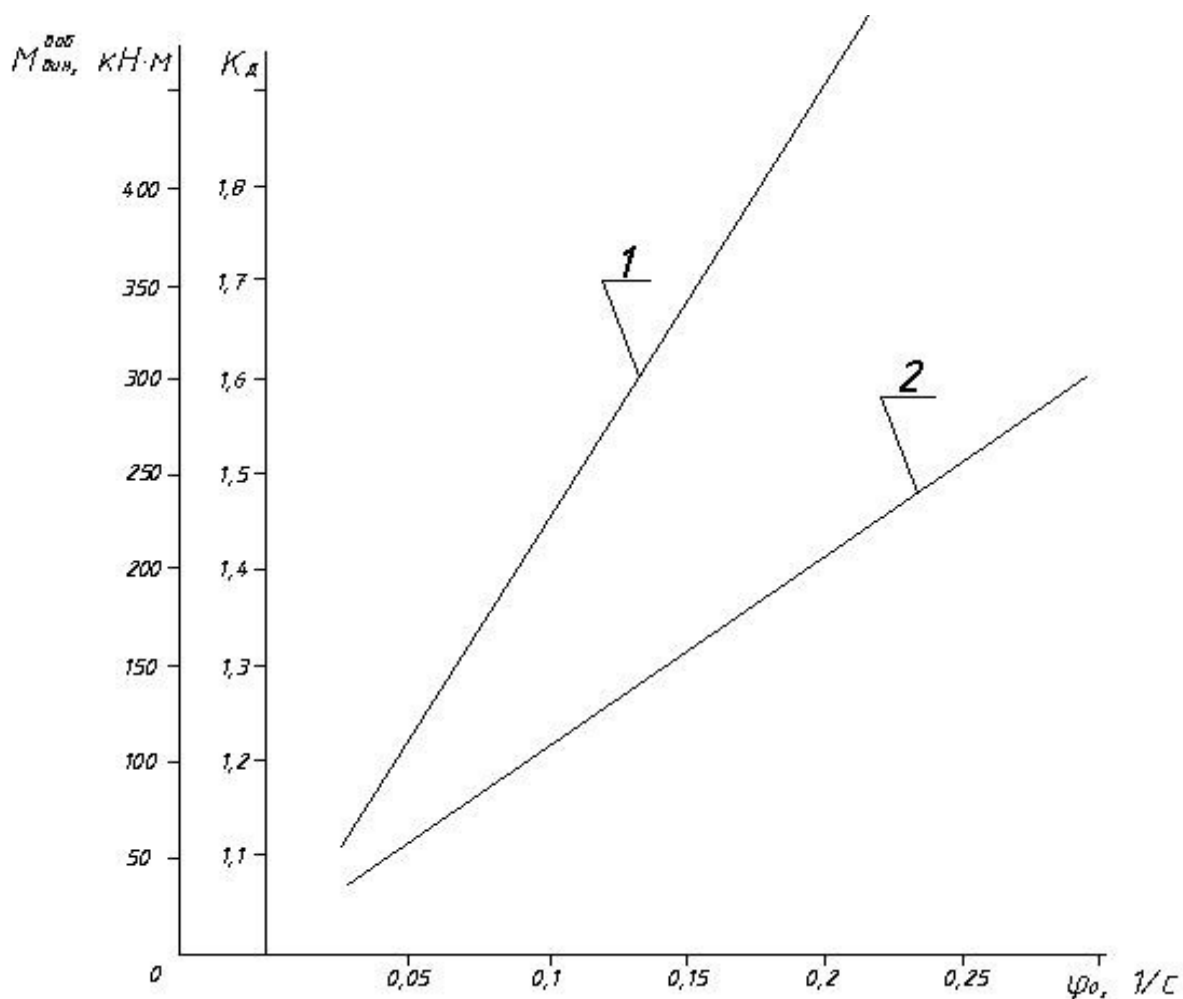


Рисунок 2. Графики зависимостей коэффициентов динамичности и динамического момента от угловой скорости поворота ВПМ:

$$1 - K_d = f(\dot{\varphi}_0); 2 - M_{дин}^{доб} = f(\dot{\varphi}_0).$$

Заключение.

Анализ полученных данных показывает, что вывешивание машины с помощью манипулятора сопровождается большой динамической нагрузкой в упругой связи "с₁₂", то есть на манипулятор.

Динамические нагрузки в зависимости от угловой скорости перемещения машины составляет 50...270 кН·м. При этом коэффициенты динамичности находятся в диапазоне 1,24...1,94.

Библиографический список

1. Верхов, Ю. И. Теоретические основы проектирования лесных погрузочных транспортных машин [Текст] / Ю. И. Верхов.- Красноярск: Изд-во Красноярского университета, 1984.- 228 с.
2. Пацыньски, З. Исследование процесса пакетирования деревьев во время их повала [Текст]: автореферат дисс. на соискание ученой степени к. т. н. / З. Пацыньски.- Л.: ЛТА, 1972.-18 с.

3. Барановский В. А. К вопросу обоснования параметров валочно-сучкорезных машин [Текст] / В. А. Барановский, В. Ф. Кушляев // Труды ЦНИИМЭ. Технология и комплексная механизация лесосечных работ. – Химки: ЦНИИМЭ, 1976.- С.25-28.
4. Кушляев, В. Ф. К вопросу исследования колебаний срезанного дерева [Текст] / В. Ф. Кушляев, Б. Ф. Кушляев // Труды ЦНИИМЭ № 120. Вопросы механизации лесозаготовок. – Химки: ЦНИИМЭ, 1971. С. 94-102.

Сведения об авторах

ФИО	Никифоров Алексей Андреевич
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	7474-7139
e-mail	Leha.nikiforow@gmail.com
ФИО	Вусатый Петр Игоревич
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	6848-8160
e-mail	solomir95@mail.ru
ФИО	Толстенков Марк Андреевич
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	7413-2399
e-mail	2944218@mail.ru

Аннотация

Процесс вывешивания ВПМ для преодоления препятствий или для переориентирования опорно-ходовой части сопровождается большими динамическими нагрузками как на силовую установку так и на манипулятор. В зависимости от угловой скорости перемещения машины, времени разгона ил торможения, динамических нагрузок в режимах перенесения опорно-ходовой части ВПМ.

В стационарном режиме периодическом режиме работы ВПМ при перемещении дерева или облома ЗСУ снизу-вверх добавочная динамическая нагрузка на силовую установку незначительна. Однако результирующий момент сопротивления с учетом постоянной составляющей вызывает также значительное снижение частоты вращения коленчатого вала.

Ключевые слова: валочно-пакетирующая машина, математическая модель, динамическая нагрузка.

УДК 630.32

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 55.01.77; 55.42.03; 55.57.29; 68.01.77; 68.29.15; 68.85.29

Исследование значений прочности сцепления при обработке поверхности деталей

Черных Л.Г., Алексеева Е.А., Овезов Мейлис, Ораев Язберди

Введение.

Состояние поверхности основного металла перед покрытием во многом определяет прочность сцепления. Следы загрязнения, пленки жиров и окислов в значительной степени снижают прочность сцепления; поэтому очистка поверхности изделий перед покрытием имеет решающее значение. Прочность сцепления возрастает с увеличением шероховатости поверхности основного металла; это можно объяснить увеличением площади соприкосновения основного металла и покрытия. Следовательно, такие методы подготовки под покрытие, как дробеструйная обработка, пескоструйная обработка должны благоприятно влиять на качество сцепления.

Цели и задачи.

Целью статьи является выявление оптимального метода обработки поверхности с последующим нанесением газопламенного напыления, при котором прочность сцепления с поверхностью была бы наибольшей.

В данной статье ставятся такие задачи как:

1. Изучение прочности сцепления при очистке части поверхности используемого образца пескоструйным методом обработки с последующим нанесением газопламенного напыления.
2. Изучение прочности сцепления при очистке части поверхности используемого образца дробеструйным методом обработки с последующим нанесением газопламенного напыления.

Методика исследования.

Для исследований был взят образец в виде детали типа «гильза», которая является наиболее ответственной деталью цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания. Гильза подвержена воздействию горячих газов, воспринимает и передает в систему охлаждения значительное количество теплоты, а также выдерживает высокое давление газов[1,2].

Для изготовления опытного образца, который имеет длину 300 мм., использовался материал- сталь 38ХМЮА. Сталь 38ХМЮА – жаропрочная хромоалюминиевая с молибденом используется для изготовления азотируемых деталей, работающих при температурах до 450 °С – валы, шестерни, втулки, пальцы, плунжеры, другие изделия. Дополнительные сведения. Сталь 38Х2МЮА теплоустойчива до 500 °С, склонна к обезуглероживанию[3,4,5].

Внешний вид опытного образца, представлен на рис.1.

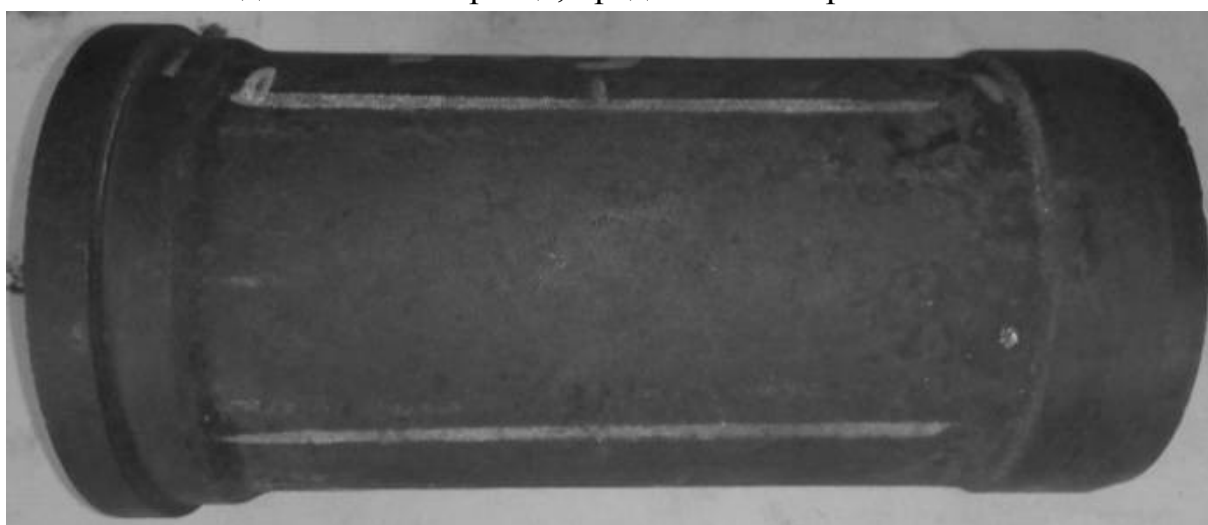


Рис. 1. Внешний вид гильзы (опытного образца)

Для удаления с поверхности адсорбированных веществ, вначале, образец был условно разделен на две части: первая часть подверглась пескоструйной очистке установкой И-30-М2 в условиях производства компании СпецСталь

На рисунке 2 представлены поверхности образца «до» и «после» очистки установкой И-30-М2.

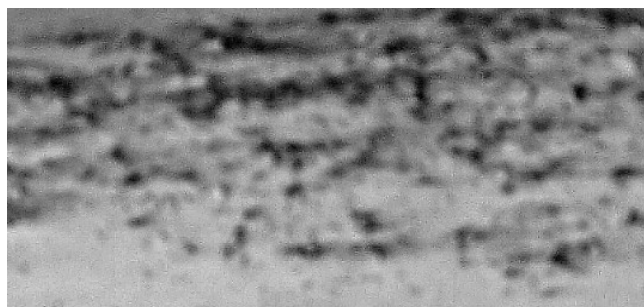


Рис.2. Поверхность образца «до» и «после» очистки установкой И-30-М2.

Для получения нескольких значений шероховатости поверхности часть «гильзы», обработанная с помощью пескоструйной установки была вновь разделена на несколько интервалов, и, с помощью прибора профилометр Elcometer 223 произведены замеры, результаты которых представлены в табл. 1. Таблица 1. Результаты измерений шероховатости поверхности при пескоструйной обработке

Геометрия поверхности	Интервал измерений, L, мм	Значение параметра шероховатости поверхности, Ra, мкм
После пескоструйной обработки	0-25	2,9
	25-50	3,5
	50-75	4,4
	75-100	1,8
	100-125	3,0
	125-150	4.7

Далее, с помощью установки типа КСО-130-И-ФВ-М для обработки поверхности дробью, была обработана вторая часть опытного образца дробеструйным способом. В данных опытах использовалась дробь с фракцией 8 мм. Поверхность после дробеструйной обработке представлена на рис. 3.



Рис.3. Поверхность образца «после» очистки установкой типа КСО-130-И-ФВ-М

Как и в предыдущем опыте, для получения наиболее достоверных результатов поверхность второй части «гильзы», обработанная с помощью дробеструйной установки, была разделена на несколько интервалов, и, с помощью прибора профилометр Elcometer 223 заново произведены замеры, результаты которых представлены в табл.4.

Таблица 4. Результаты измерений шероховатости поверхности при дробеструйной обработке

Геометрия поверхности	Интервал измерений, L,мм	Значение параметра шероховатости поверхности, Ra, мкм
После дробеструйной обработки	150-175	6,9
	175-200	7,5
	200-225	8,1
	225-250	7,2
	250-275	8,7
	275-300	9,0

Результаты и обсуждение исследований.

Для получения искомых значений прочности сцепления основного материала с покрытием, деталь, по всей длине, была подвергнута нанесению газопламенного напыления горелкой Krass Г2С-Мини, соединенной с двумя баллонами содержащими кислород и пропан. Основные параметры горелки соответствуют требованиям ГОСТ 1077-79 "Горелки однопламенные универсальные для сварки, пайки и подогрева"[6]. Опыты по нанесению газопламенного напыления производились со следующими параметрами: материал ПГ-10Н-01 грануляцией 60 мкм., расход порошка составляет 2.5 кг/ч., давление пропана 0,2 МПа, кислород поступает под давлением 0,40 МПа, расстояние между мундштуком горелки и поверхностью детали при напылении покрытия 20 мм, при оплавлении 10 мм.

После нанесения газопламенного напыления на опытный образец были выполнены замеры прочности сцепления с поверхностью с помощью прибора для адгезии АМЦ-2-20 USB. Основные характеристики адгезиметра: диапазон измерений значения адгезии – 0,01–20,0 кг., диапазон взвешивания – 0,05–20,0 кг., цена деления прибора – 0,01 кг. Следует отметить, что вес испытуемого образца составляет 9,6 кг., что соответствует основным характеристикам прибора для адгезии АМЦ-2-20 USB. После получения значений, с помощью расчетов перевода единиц измерения, были получены следующие значения, представленные в табл.5.

Таблица 5. Результаты прочности сцепления поверхности на всей длине опытного образца

Геометрия поверхности	Интервал измерений, L,мм	Значения параметров прочности сцепления поверхности, Б,МПа
После газопламенного напыления	0-25	27,4
	25-50	31,5
	50-75	33,8
	75-100	18,9
	100-125	30,2
	125-150	34,3
	150-175	60,4
	175-200	64,0
	200-225	70,8
	225-250	64,1
	250-275	71,3
	275-300	88,4

В соответствии с полученными данными, была построена диаграмма зависимости данных параметров соответствии с числовыми характеристиками и свойства объекта, выраженными в интервалах измерений.

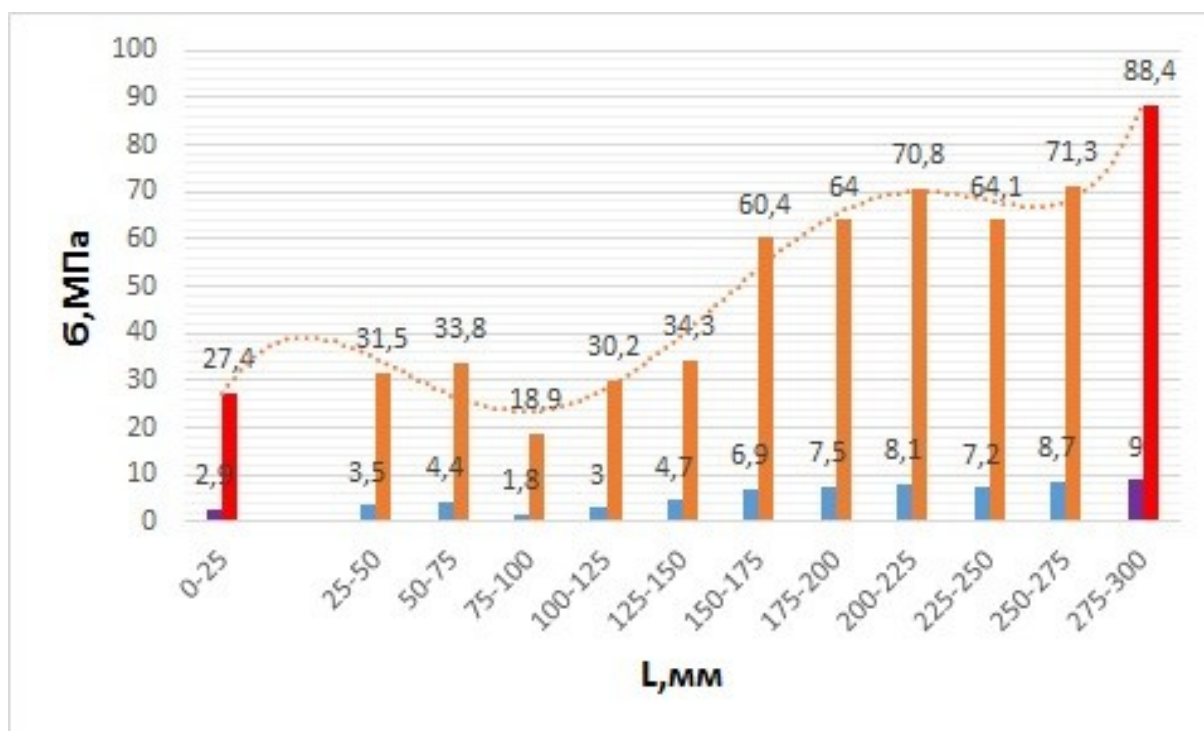


Рис.5.График обработки полученных результатов зависимости прочности сцепления поверхности от параметров шероховатости поверхности на всей длине опытного образца

Из рис.5 видно, что самая маленькая прочность сцепления образуется при пескоструйной обработке со значением параметра шероховатости поверхности $Ra=2,9$ мкм, и составляет $\sigma=27,4$ МПа. Самую большую прочность сцепления, в рамках проведенных исследований, можно получить при параметре шероховатости поверхности $Ra=9$ мкм, значение которой составляет $\sigma=88,4$ МПа. Такая прочность сцепления на опытном образце была получена при дробеструйной обработке. Из графика обработки полученных результатов, опытным путем, было доказано, что шероховатость поверхности при дробеструйной обработке значительно увеличивается по сравнению с пескоструйной обработкой. Так же видно, что с увеличением параметров шероховатости, значительно увеличивается прочность сцепления с поверхностью, и, как следствие, качество поверхностного слоя материала значительно улучшается.

Библиографический список

1. *Балдаев Л.Х.* Газотермическое напыление порошковых материалов для получения защитных покрытий с заданными свойствами: дис. д-ра техн. наук. Курск: 2009, 317 с.
2. *Балдаев Л.Х.* Особенности процессов высокоскоростного газопламенного напыления // Технология машиностроения. 2005. № 3. 315с.
3. *Гриневич А.П.* Газодинамическое напыление металлов. Кишинев, 1989. 134 с.
4. Кершенбаум В.Я. Механико-термическое формирование поверхностей трения. М.: Машиностроение, 1987. 231 с.
5. *Хасун А., Моригани О.* Наплавка и напыление. М.: Машиностроение, 1985.120 с.
6. *Борисов Ю.С., Харламов Ю.А., Сидоренко С.Л.* Газотермические покрытия из порошковых материалов. Киев: Наукова думка, 1987.

Сведения об авторах

ФИО	Черных Лариса Георгиевна	
Организация	Санкт-Петербургский	государственный
	лесотехнический университет имени С.М. Кирова	
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия	
SPIN-код		
e-mail	2904180@mail.ru	
ФИО	Алексеева Елена Арадьевна	
Организация	Санкт-Петербургский	государственный
	лесотехнический университет имени С.М. Кирова	

Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	alexeyevalena@mail.ru
ФИО	Овезов Мейлис
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	mtu49@mail.ru
ФИО	Ораев Язберди
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	mtu49@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрено выявление оптимального метода обработки поверхности с последующим нанесением газопламенного напыления, при котором прочность сцепления с поверхностью была бы наибольшей.

Ключевые слова: газопламенное напыление, шероховатость, обработка поверхности, прочность сцепления.

УДК 006.91

Разделы рубрикатора ГРНТИ 55.22.31

Характеристика отказов лесопосадочных машин

**Кретинин В.И., Соколова В.А., Кривоногова А.С.,
Аманов Закир, Родкин С.С.**

Введение. Из всего комплекса лесовосстановительных работ важная роль отводится посадке лесных культур. Короткие агротехнические сроки работ по посадке лесных культур требуют безотказной работы машин. С целью выявления характера отказов лесопосадочных машин были изучены протоколы испытаний Северо-западной машинно-испытательной станции (МИС),

Кировской МИС, а также работы кафедры механизации лесохозяйственных работ МЛТИ, которая на протяжении ряда лет вела наблюдения по выявлению дефектов и отказов лесохозяйственных машин, по определению выбраковочных показателей и ресурса быстро изнашиваемых узлов и деталей.

Цели и задачи. Главной целью работы является анализ отказов лесопосадочных машин с учетом возможности проведения ремонтно-восстановительных работ по сохранению их работоспособного состояния.

Результаты и обсуждение исследований. В результате наблюдений за работой посадочных машин были установлены такие показатели надежности, как наработка на отказ, частота отказов. Для лесопосадочной машины МЛУ-1 (Рис.1) средняя наработка на отказ не превышает 60 – 70 пог.км. Основной причиной отказов лесопосадочных машин являются деформации, поломки, износ деталей, нарушение регулировок [1,2].



Рис. 1. Лесопосадочная машина МЛУ-1

Из представленного на рис. 2 распределения отказов по узлам машины МЛУ-1 наибольшее число систематических отказов приходится на сошниковую

группу – 46,6%, так как именно сошник подвержен интенсивному абразивному изнашиванию и ударным нагрузкам.

С целью повышения показателей надежности заводом-изготовителем «Кировпочомаш» был предпринят ряд мер по усовершенствованию конструкции лесопосадочной машины. В настоящий момент для образования посадочной борозды модернизированной машиной МЛУ-1А используется один универсальный сошник. Во время государственных испытаний в Северо-западной МИС в 1988 году (протокол № 12-36-88) наработка лесопосадочной машины МЛУ-1А составила 104 пог.км.[3]. Основной причиной отказа послужил предельный износ сменного ножа. Как известно, работоспособность почвообрабатывающих машин определяется доремонтным ресурсом их рабочих органов. По мере увеличения наработки состояние изнашивающихся деталей непрерывно изменяется и становится предельным по одному или нескольким параметрам, влияющим на функциональные качества. Перечень основных предельных состояний (ПС) рабочих органов почвообрабатывающих машин приведен в таблице 1.

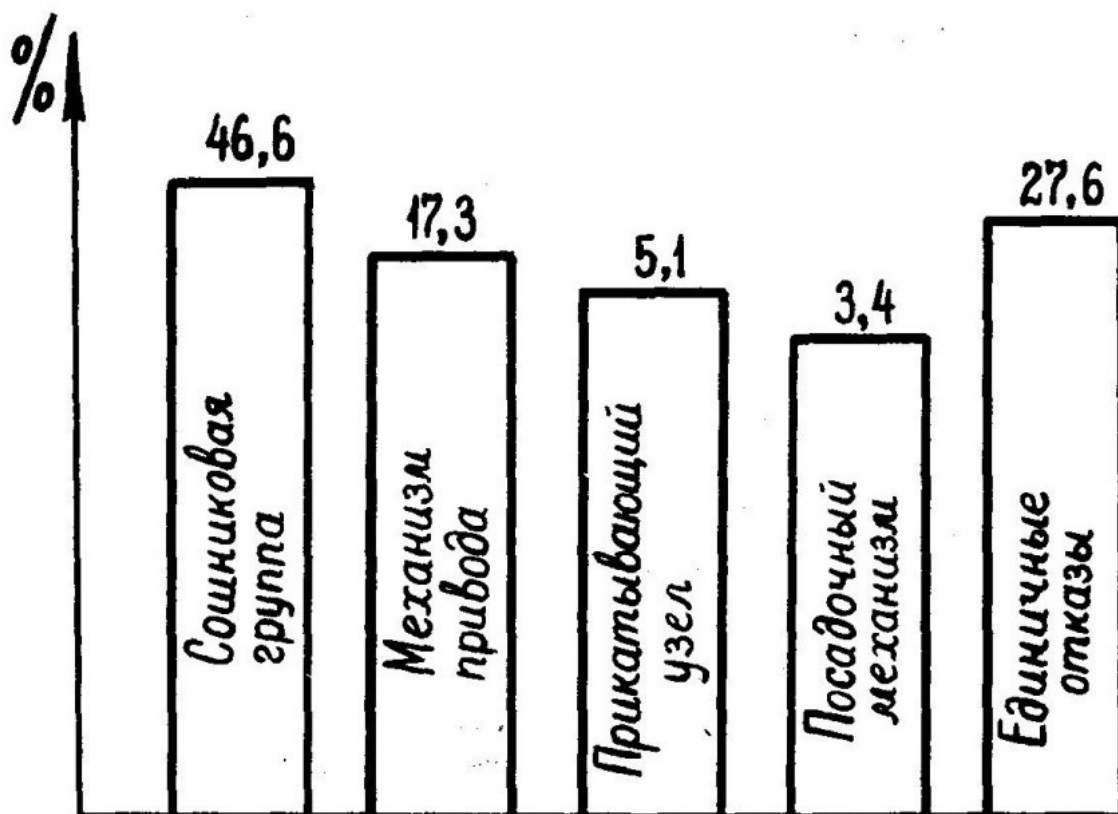


Рис. 2. Распределение отказов по узлам машины МЛУ-1

Таблица 1. Основные предельные состояния рабочих органов почвообрабатывающих машин лесного хозяйства

Шифр состояния	Изменения детали при трении в почве	Функциональные нарушения, ухудшение технических и экономических показателей	Примеры рабочих органов
ПС1	Деформация или разрушение	Утрата работоспособности	Все рабочие органы
ПС2	Увеличение радиуса лезвия или острия	Снижение степени перерезания корневой системы, повышение тягового сопротивления	Лемеха, культиваторные лапы и диски ножа сошников, фрез, рыхлительные лапы
ПС3	Образование затылочной фаски под отрицательным углом к дну борозды	Неравномерность хода по глубине, выглубление рабочих органов, повышение тягового сопротивления	Лемеха, лапы, зубья борон
ПС4	Линейный износ по длине детали	Уменьшение глубины обработки	Диски культиватора, нож сошника
ПС5	Линейный износ по ширине детали	Снижение глубины обработки, снижение прочности, повреждение корпусных деталей	Лемеха, лапы, ножи, бритвы
ПС6	Линейный износ по толщине детали	Залипание почвы, ухудшение оборота пласта, повышение тягового сопротивления, снижение прочности	Лемеха, отвалы, боковины сошника
ПС7	Снижение чистоты поверхности, нарушения макрогеометрии, местный износ	Залипание почвы, ухудшение оборота пласта, повышение тягового сопротивления	Отвалы

Для всех конструкций наиболее опасными являются деформации или разрушение, а для режущих рабочих органов – затупление лезвия и образование затылочной фаски (площади износа). Большинство рабочих органов, потеряв в результате изнашивания первоначальную форму, работают значительную часть срока службы с ухудшенными показателями – плохим заглублением и подрезанием корневой системы, увеличенным тяговым сопротивлением. Быстрое затупление лезвий почворежущих элементов вызывает необходимость периодического ремонта и частой замены их. Поэтому предприятия лесного

хозяйства вынуждены приобретать их в качестве запасных частей. Ниже приводится потребное количество запасных частей к лесопосадочной машине МЛУ-1 на весь срок ее службы (табл. 2).

Таблица 2. Потребное количество запасных частей к машине МЛУ-1 за весь срок службы

Наименование детали	Ресурс		Потребность запасных частей на 100 машин, шт
	в годах	в пог. км	
Нож съемный	0,7	95	760
Лапа левая	1,3	180	634
Лапа правая	1,3	180	624
Подшипник	-	-	128
Колесо ведомое	-	386	120
Втулка	-	367	480

Из представленных в таблице 2 данных видно, что наименее долговечными деталями лесопосадочной машины МЛУ-1 является ее режущие элементы – лапы и нож.

По результатам исследований ресурса почворежущих элементов машин МЛУ-1, проведенных заводом «Кировпочвомаш», построена зависимость изменения толщины лезвия ножа сошника от наработки (рис. 3).

По техническим условиям предельная толщина лезвия ножа не должна превышать 2 мм. С увеличением толщины лезвия изменяется глубина хода сошника. Ниже приводится зависимость изменения коэффициента вариации глубины посадочной щели от толщины лезвия (рис. 4.). По агротехническим требованиям коэффициент вариации не должен превышать 10%.

Заключение и выводы. Из приведенного анализа отказов лесопосадочных машин можно сделать вывод о том, что наименее долговечными являются почворежущие элементы. Поэтому в современных условиях задачей отраслевой науки является проведение работ по изысканию эффективных технологических процессов упрочнения для конкретных рабочих органов и выдача количественно однозначных рекомендаций по их внедрению.

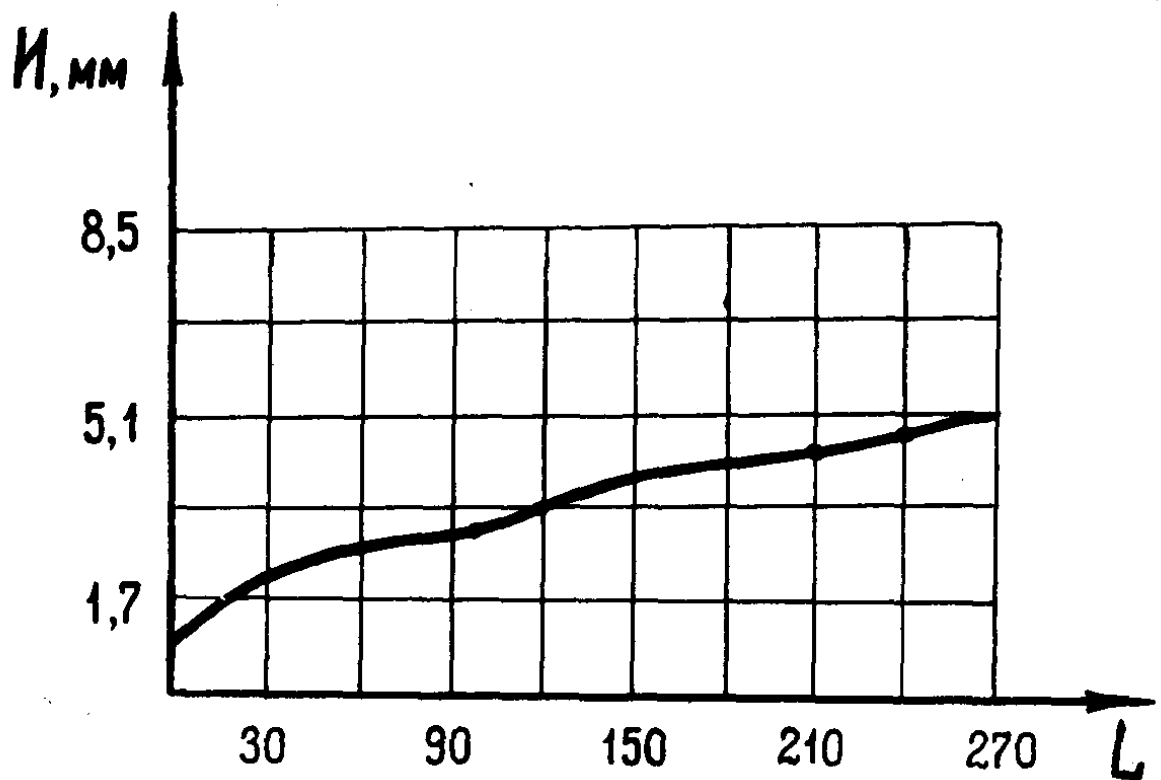


Рис. 3.Износ по толщине лезвия

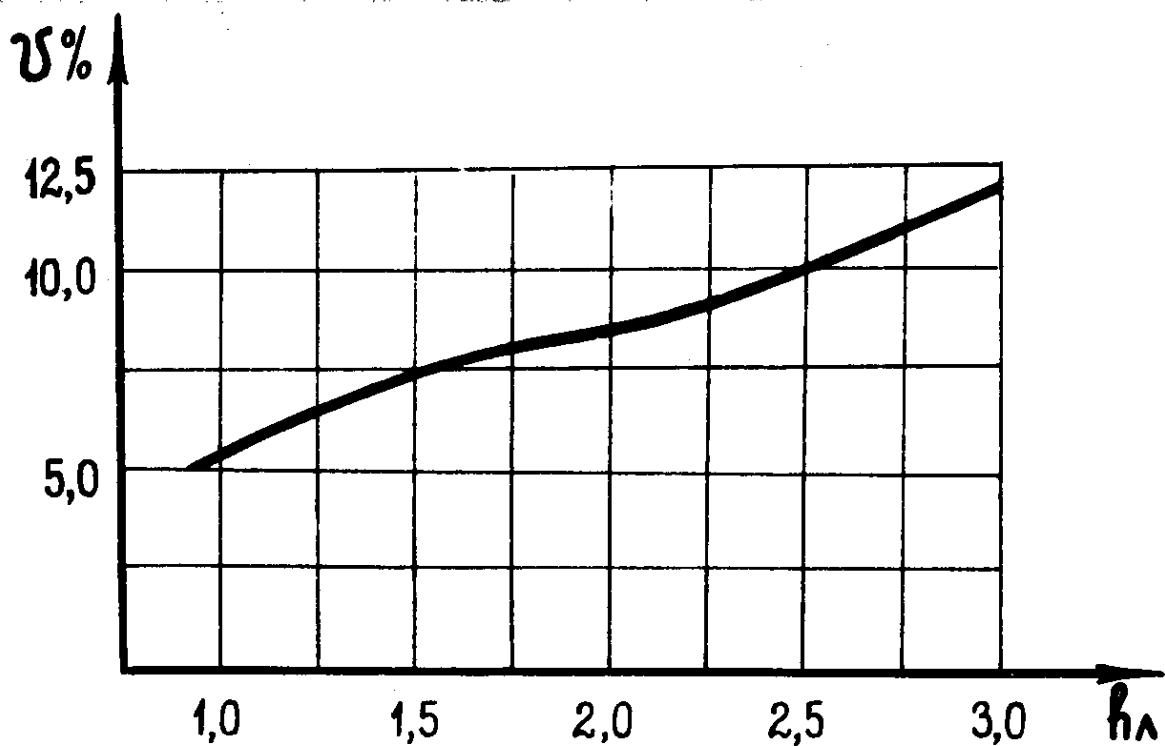


Рис. 4.Влияние толщины лезвия на глубину обработки

Библиографический список

1. Винокуров В.Н., Малов А.К. О надежности лесопосадочных машин // Лесное хозяйство. – 1980. - № 6. – С.45 – 47.
2. Брынцова В.П., Лужанский А.И. Анализ надежности лесохозяйственных машин // Труды МЛТИ. – 1981. – В.137. – С.62 – 66.
3. Кретинин В.И. Повышение долговечности рабочих органов лесопосадочных машин газопламенным напылением при ремонте. Автореферат дисс. ... канд. тех. наук. – Л.: 1990. – 19 с.

Сведения об авторах

ФИО	Кретинин В.И.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	kvi_1960@mail.ru
ФИО	Соколова В.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	5116-5102
e-mail	sokolova_vika@inbox.ru
ФИО	Кривоногова А.С.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	8399-6121
e-mail	krivonogova.aleksandra@lta-landscape.com
ФИО	Аманов Закир
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	mmu49@mail.ru

ФИО	Родкин С.С.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	sir.rodkin2016@yandex.ru

Аннотация

В статье приводится анализ отказов лесопосадочной машины МЛУ-1, выявлены основные причины появления их. Обосновывается требуемое количество запасных частей к машине МЛУ-1 за весь срок службы. Проанализированы основные предельные состояния рабочих органов почвообрабатывающих машин лесного хозяйства.

Ключевые слова: Отказ, предельное состояние, износ, режущий элемент.

УДК 630.161

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.01.83.

Современные представления о перспективных методах увеличения износостойкости дереворежущих инструментов

Белоногова Н.А., Вохмянин Н.А.

Методы увеличения износостойкости дереворежущего инструмента можно разделить по месту и периодичности их применения на три основные группы: конструктивные, технологические и эксплуатационные.

Конструктивные методы подразумевают оптимальный выбор материалов для изготовления конкретного вида инструмента, разработку наиболее приемлемых режимов заводской термообработки, совершенствование технологии и станочного обеспечения подготовки и доводки инструментов. К этому методу относятся и мероприятия связанные с совершенствованием угловых и линейных параметров инструмента, выбором оптимального числа лезвий, другие конструктивные решения, направленные на увеличение срока службы инструмента.

К технологическим методам относятся методы локального упрочнения режущей части инструмента такие, как наплавки, нанесение антифрикционных покрытий, различного рода закалки.

Эксплуатационные методы в первую очередь связаны с оптимизацией условий работы инструмента, с выбором режимов резания исходя из критерия наибольшей стойкости, а также совершенствования режимов при проведении подготовительных мероприятий.

Вышеуказанные методы увеличения износостойкости дереворежущих инструментов имеют большое значение и будут рассмотрены в дальнейшем. Классификация методов приведена на рис. 1.

По оценкам отечественных и зарубежных специалистов [1, 2] в настоящее время, около 50% стального дереворежущего инструмента не подвергается дополнительному упрочнению. Вместе с тем прогноз на перспективу показывает рост процента упрочняемого инструмента (гистограмма 2) и существенное перераспределение приоритетов в использовании различных методов и видов методик упрочнения стального дереворежущего инструмента.

Выводы. Таким образом, на первый план постепенно выходят высокотехнологичные современные методы увеличения износостойкости инструмента, снижая долю традиционных методик. Такая динамика развития инструментального дела ещё раз подтверждает актуальность данного направления исследований.

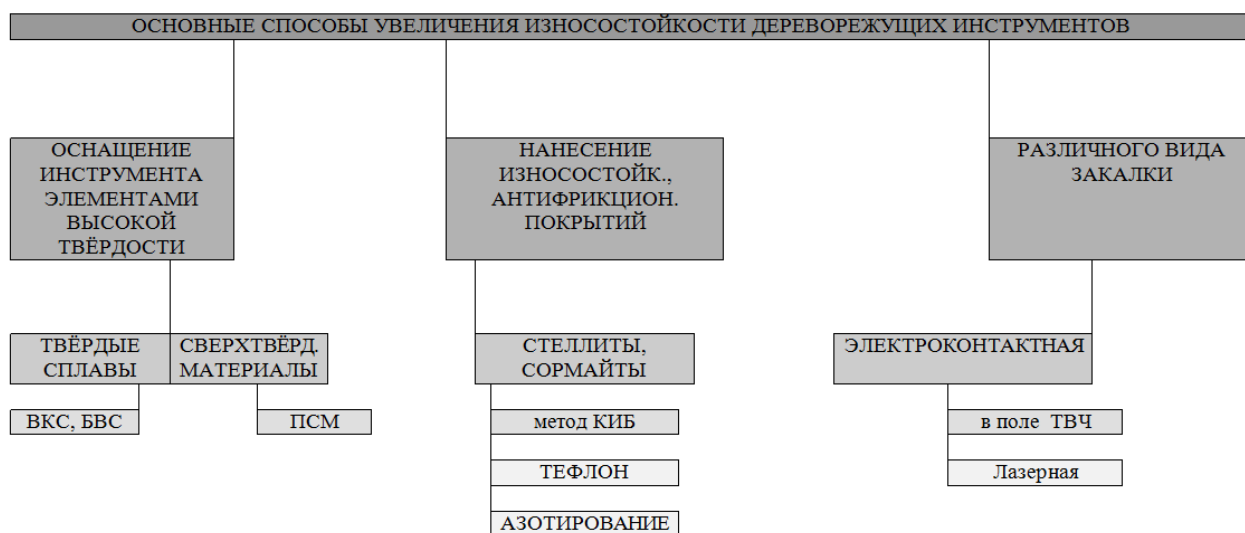


Рис. 1 Основные способы увеличения износостойкости дереворежущих инструментов

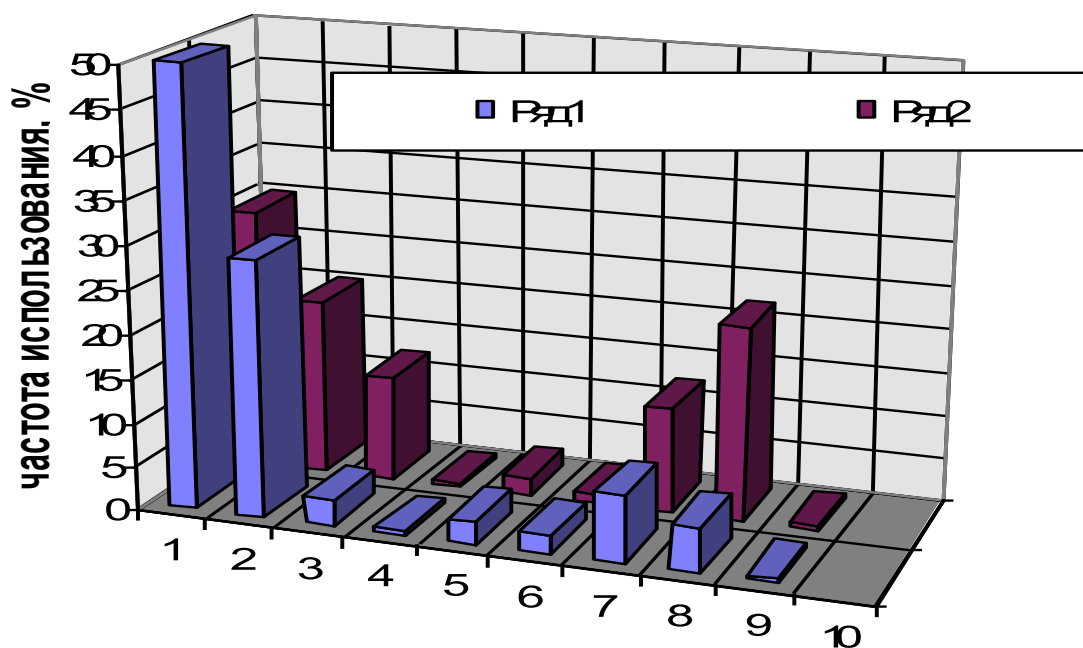


Рис. 2. Оценка частоты применения и перспективный прогноз использования различных способов увеличения износостойкости стального дереворежущего инструмента

Ряд 1- существующее положение; Ряд 2- перспектива

1 – неупрочнённый инструмент, 2 – стеллиты и т. п., 3 – КИБ, 4 – тефлоны, 5 – азотирование и т. п., 6 – электроконтактная закалка, 7 – закалка ТВЧ, 8 – лазерная закалка, 9 – прочие.

Библиографический список

1. Вохмянин Н.А., Синяков К.А. Современные технологии лазерной термической обработки инструментальных сталей. СПб.; ЛТА, 2001. 73с.
2. Soling A. Original Development of Rschual tresses Induced Laser surface - Hardening Treatments. // I Heat Ireaqting., American Society for Materials, 2002. v. 3. № 3. P. 193 - 204.

Сведения об авторах

ФИО Белоногова Н.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 8883-9771
e-mail birman1947@mail.ru

ФИО Вохмянин Н.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 8306-1032
e-mail 7520910@gmail.com

Аннотация

В данной статье рассматриваются традиционные и перспективные методы увеличения износостойкости стального дереворежущего инструмента. Дается прогноз на частоту применения данных методов в будущем.

Ключевые слова: упрочнение, инструмент, износостойкость

УДК 684.4-18.053

Разделы рубрикатора ГРНТИ 55.22.01, 55.21.00

5. ДЕРЕВООБРАБОТКА И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

Предпосылки к теоретическому обоснованию закономерностей изменения прочностных характеристик уплотненной древесины

**Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В.А.,
Марков В.А. Иванов Л.Д., Девяткин А.В.**

Введение. В основе данных исследований представлена систематизация известных и получение новых экспериментальных данных по изменению физико-механических свойств с целью повышения прочностных характеристик уплотненной древесины, также выявление закономерностей изменения физико-механических характеристик древесины при ее уплотнении [1, 4, 7-14]. Установление деформативных свойств древесины мягких лиственных пород, необходимых для разработки режимов уплотнения и определения их параметров. Определение возможности полноценной замены ценных пород древесины и других дефицитных и дорогостоящих материалов уплотненной древесины [2, 3, 5, 15]. Проанализированы формы функциональных зависимостей для физико-механических характеристик уплотненной древесины от ее плотности. Рассматривались значения коэффициентов качества (прочности, твердости и износа) и их применение при максимально возможном уплотнении [6, 16, 17].

Цели и задачи. Целью этих исследований было, во-первых, установление деформативных свойств древесины мягких лиственных пород, необходимых для разработки режимов уплотнения и определения их параметров, во-вторых, выяснение возможности полноценной замены ценных пород дерева и других дефицитных и дорогостоящих материалов уплотненной древесины, и, в третьих, выявление закономерностей изменения физико-механических характеристик древесины при ее уплотнении с тем, чтобы получить возможность прогнозировать эти свойства [1, 4, 7-10].

Методика исследования. Методика теоретического обоснования базировалась на выявлении параметров функциональных взаимосвязей физико-механических характеристик уплотненной древесины от ее плотности и степени уплотнения [2, 4, 8-12]. После установления формы зависимости и определения ее параметров по экспериментальным данным была найдена степень приближения последних к аппроксимирующим зависимостям [7-15].

В качестве исходных, приняты аппроксимирующие зависимости физико-механических характеристик от плотности. Вид этих зависимостей был

установлен при систематизации большого объема известных экспериментальных данных [3, 4, 10, 12, 14].

Определялись и анализировались параметры уравнений, аппроксимирующих физико-механические характеристики в функции от плотности [1, 4, 7]. Кроме того, здесь же выявлялось взаимовлияние указанных величин. По аппроксимирующим зависимостям для физико-механических характеристик определялись законы изменения соответствующих удельных характеристик [8, 10, 12, 17].

Результаты и обсуждение исследований. В ходе исследования было выявлено при каких эксплуатационных нагружениях или условиях работы уплотненная древесина даст наибольший эффект. Это позволяет в дальнейшем выделить оптимальные области ее использования [3, 5, 13].

Во-вторых, выявлен характер и интенсивность изменения различных физико-механических характеристик при уплотнении древесины. Это позволит выяснить рациональные степени уплотнения при различных видах нагружения. С другой стороны, экстраполяция полученных зависимостей может уточнить перспективы уплотненной древесины, как нового конструкционного материала [2, 6, 8-10].

В-третьих, аналитическое выражение закономерностей изменения физико-механических характеристик уплотненной древесины в функции от ее плотности или объемной массы позволяет перейти к соответствующим закономерностям применения характеристик от степени уплотнения. Аналогично определяются аналитические зависимости для коэффициентов качества или удельных характеристик уплотненной древесины. Эти зависимости позволяют в самой общей форме исследовать и определять критерии экономической и технической целесообразности уплотненной древесины, которые неразрывно связаны с физико-механическими и прочностными характеристиками [1, 4, 5, 9].

Заключение и выводы. Таким образом, из предпосылок к теоретическому обоснованию можно получить результаты и некоторые заключения:

- определение оптимальных областей промышленного применения уплотненной древесины и ее перспектив.
- определение наивыгоднейших степеней уплотнения в зависимости от характера использования.
- подготовка аналитических закономерностей для установления и анализа технического и экономического критериев рациональности уплотненной древесины [1, 4, 7-17].

Библиографический список

1. Бирман А.Р. Анализ эксплуатационных параметров уплотненной древесины / Бирман А.Р., Кривоногова А.С. // Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С.9-12.
2. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Соколова В. А., Кривоногова А.С., Нгуен Ван Тоан Топливные брикеты новой конфигурации // Системы Методы Технологии. Выпуск 1 (33), Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2017. – 164 с., С. 97-101.
3. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Локштанов Б.М., Соколова В.А., Черных Л.Г. Валиева К.Л. Кривоногова А.С. К вопросу о напольных покрытиях из древесины // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С 212-220.
4. Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А., Нгуен Ван Тоан. Модификация древесины мягких лиственных пород методом глубокого уплотнения // Научное обозрение. 2015. Вып. 17. 462 с. С. 90-94.
5. Гущин И.Д., Локштанов Б.М., Бирман А.Р. Кривоногова А.С. Производство топливной щепы из лесосечных отходов при сортиментном способе лесозаготовки // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С 66-71.
6. Кривоногова А.С., Бирман А.Р. Анализ способов термохимической переработки в технологии производства древесного угля // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С. 314-320.
7. Кривоногова А.С. Вопросы определения экономической эффективности применения прессованной древесины при производстве в современных социально-экономических условиях / Кривоногова А.С. // Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С.35-39.
8. Кривоногова А.С. Методика статистического анализа закономерностей изменения физико-механических характеристик уплотненной древесины [Текст] / Кривоногова А.С. // Научное обозрение. 2015 №7 – Москва: «Буква», 2015. – С. 293-302.
9. Кривоногова А.С. Модификация древесины методом уплотнения с целью получения древесного угля с высокой сорбционной способностью / Кривоногова А.С., Бирман А.Р. // Передовые технологии в лесном комплексе:

- материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С. 27-32.
10. Кривоногова А.С. Обзор технологии повышения качественных составляющих лесоматериалов методом пропитки древесины в строительных конструкциях / Кривоногова А.С., Бирман А.Р. // Актуальные графические технологии. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 224 с. С. 203-207.
 11. Кривоногова А.С. Применение лесоматериалов с заданными качественными характеристиками в конструкциях садово-паркового строительства. Исторический ракурс / Кривоногова А.С. // Актуальные графические технологии. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 224 с. С. 212-218.
 12. Кривоногова А.С. Прочностные расчеты элементов конструкций, деталей машин лесозаготовок и лесного хозяйства: учебное пособие по выполнению расчетов для бакалавров направлений подготовки: 13.03.01, 18.03.01, 18.03.02, 20.03.01, 23.03.01, 35.03.02 очной формы обучения / А.С. Кривоногова [и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 80 с.
 13. Кривоногова А.С. Совершенствование технологии подготовки древесины мягких лиственных пород для производства угля высокого качества [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.21.01) / Кривоногова Александра Станиславовна; СПбГЛТУ. – СПб., 2015. – 20 с.
 14. Кривоногова А.С. Сопротивление материалов: учебное пособие по выполнению прочностных расчетов в контрольных и курсовых работах для подготовки бакалавров заочной формы обучения / Кривоногова А.С., Фурин А.И., Бачериков И.В. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – 80 с.
 15. Механика. Справочные материалы: методические указания по выполнению расчетных работ для подготовки бакалавров всех форм обучения / сост.: А.С. Кривоногова [и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – 56 с.
 16. Сергеевичев В.В., Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В. А., Вопросы области применения модифицированной древесины методом глубокого уплотнения // Материалы второй международной научно-технической конференции «Леса России: политика, промышленность, наука, образование». Том 3. СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 225 с., с. 128-130.
 17. Соколова В. А., Бирман А.Р., Орлов В.В., Теппоев А.В., Кривоногова А.С., Бачериков И.В., Парфенопуло Г.К. Использование железо-водных и дерево-железных смесей в защите от ионизирующих излучений // Системы Методы Технологии. Выпуск 1 (37), Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2018 г. – 164 с., С. 94-99.

Сведения об авторах

ФИО	Кривоногова А.С.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,

организации	Россия
SPIN-код	8399-6121
e-mail	krivonogova.aleksandra@lta-landscape.com
ФИО	Бирман Алексей Романович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,
организации	Россия
SPIN-код	3247-9904
e-mail	birman1947@mail.ru
ФИО	Соколова В.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,
организации	Россия
SPIN-код	5116-5102
e-mail	<u>sokolova_vika@inbox.ru</u>
ФИО	Марков В.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,
организации	Россия
SPIN-код	1503-7932
e-mail	<u>mactor85@mail.ru</u>
ФИО	Иванов Л.Д.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,
организации	Россия
SPIN-код	
e-mail	<u>mmu49@mail.ru</u>
ФИО	Девяткин А.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,

организации Россия
SPIN-код
e-mail mmu49@mail.ru

Аннотация

В данной статье рассматриваются систематизация известных и получение новых экспериментальных данных по изменению физико-механических свойств с целью повышения прочностных характеристик уплотненной древесины, также выявление закономерностей изменения физико-механических характеристик древесины при ее уплотнении. Установление деформативных свойств древесины мягких лиственных пород, необходимых для разработки режимов уплотнения и определения их параметров. Определение возможности полноценной замены ценных пород древесины и других дефицитных и дорогостоящих материалов уплотненной древесины. Проанализированы формы функциональных зависимостей для физико-механических характеристик уплотненной древесины от ее плотности. Рассматривались значения коэффициентов качества (прочности, твердости и износа) и их применение при максимально возможном уплотнении

Ключевые слова: древесина, физико-механические характеристики, уплотнение древесины, wood, physical and mechanical properties of wood, pressing of wood.

УДК 630*867.5.674.049.2:519.23.528.14

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.43.99; 66.03.03

Теоретическое обоснование зависимости изменения прочностных характеристик от коэффициентов износостойкости и твердости уплотненной древесины

Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В.А.

Введение. В данном исследовании отражены новые результаты, полученные на основании ранее представленных анализов и результатов предпосылок систематизации экспериментальных данных по изменению прочностных характеристик уплотненной древесины [1, 5, 7-13]. В которых были изложены закономерностей изменения прочностных характеристик от степени уплотнения древесины, также проанализированы деформативные свойства древесины мягких лиственных пород, необходимых для разработки режимов уплотнения и определения их параметров [1-6, 8-12, 14, 17, 18]. В данной статье рассмотрим значения коэффициентов качества от твердости и

износа, их применение при максимально возможном уплотнении. Получим обоснования о целесообразности уплотнения древесины [7-9, 13-15, 16-19].

Цели и задачи. Ввиду того, что в ранее представленных материалах было доказано, что абсолютные и относительные интервалы изменения физико-механических характеристик, т.е. величины

$$\Delta K = K_{\max} - K_0 \text{ и} \quad \frac{\Delta K}{K_0} = \frac{K_{\max} - K_0}{K} \quad (1)$$

Это доказало что прирост характеристик прочности при уплотнении увеличивается для пород с меньшей начальной плотностью. Это объясняется тем, что при малой начальной плотности диапазон уплотнения до максимальной степени при $\gamma_{\max} = 1,54 \text{ г/см}^3$ соответственно возрастает. Таким образом, древесина с малой плотностью, и прежде всего осина, является более благоприятным сырьем для уплотнения с точки зрения результата [9, 13, 15, 16].

В этом случае нам необходимо рассмотреть зависимости характеристик износа и твердости от плотности и степени уплотнения древесины [3, 11, 12, 14, 19].

Для уплотненной древесины, в том числе исследуемой древесины осины, наиболее значимыми являются характеристики ударной твердости и износостойкости [2, 5, 7-10, 13-15].

Методика исследования. Характеристики износа и твердости от плотности уплотненной древесины в функции от плотности (или объемного веса) аппроксимируются полиномом второй степени

$$K = a + b\gamma + c\gamma^2 \quad (2)$$

или

$$K = K_0 e^{h(\gamma - \gamma_0)} \quad (3)$$

Принимая в качестве исходных основных зависимостей (2) или (3), нельзя без тщательного анализа сразу же отбрасывать возможность аппроксимации характеристик твердости и износа линейной функции. Последняя всегда дает более простые производные зависимости, и поэтому она намного удобнее. Окончательное суждение о возможности или невозможности использования линейной аппроксимации можно сделать только после выяснения степени их согласованности с экспериментальными данными [2, 7, 10, 14, 19]. Поэтому, при определении аналитических взаимосвязей характеристик износа и ударной твердости по уравнениям (2) и (3), а ранее выполнялась аппроксимация по линейной функции, представленной в предыдущем изложении [5, 9, 14].

Установим вид зависимостей (2) и (3) при выражении их в функции от степеней уплотнения по начальным и конечным размерам ε_1 и ε_2 , а также через логарифмический показатель уплотнения ε_n [8, 9, 14]. Подставим значения γ , выраженные через показатели уплотнения [9, 14], в функцию (2). Получим соответственно зависимости характеристики от ε_1 , ε_2 и ε_n .

$$K = a + \frac{b\gamma_0}{1-\varepsilon_1} + \frac{c\gamma_0^2}{(1-\varepsilon_1)^2} = \frac{(a+b\gamma_0+c\gamma^2)-(b\gamma_0+2a)\varepsilon_1+a\varepsilon_1^2}{(1-\varepsilon_1)^2} = \frac{K_0-b_1\varepsilon_1+a\varepsilon_1^2}{(1-\varepsilon_1)^2} \quad (4)$$

$$K = a + b\gamma_0(+\varepsilon_2) + c\gamma_0^2(I - \varepsilon_2^2) = a + b\gamma_0 + c\gamma_0^2 + (b\gamma_0 - c)\varepsilon_2 + c\gamma_0^2\varepsilon_2^2 = \\ = K_0 + b_2\varepsilon_1 + c\gamma_0^2\varepsilon_2^2 \quad (5)$$

$$K = a + b\gamma_0 e^{\varepsilon_n} + c\gamma_0^2 e^{2\varepsilon_n} \quad (6)$$

$$K_0 = a + b\gamma_0 + c\gamma_0^2 \quad (7)$$

где $B_1 = b\gamma_0 + 2a$, $B_2 = b\gamma_0 - 2c$ [1, 8, 9, 11-14].

Подставляя значения γ , выраженные через показатели уплотнения в функцию (3), получим уравнения экспоненты в функции от ε_1 , ε_2 и ε_n , соответственно [9, 14]

$$K = K_0 e^{\frac{h\gamma_0\varepsilon_n}{1-\varepsilon_1}} \quad (8)$$

$$K = K_0 e^{h\gamma_0\varepsilon_n} \quad (9)$$

$$K = K_0 e^{h\gamma_0(e^{\varepsilon_n}-1)} \quad (10)$$

Таким образом, коэффициенты исходных зависимостей (2) или (3) a , b , c или K_0 и h полностью определяют все прочие производные зависимости физико-механических характеристик износа и ударной твердости [8, 9, 11, 14, 17].

Относительно характеристик статической твердости сохраняют справедливость рассуждения, приведенные в предыдущем разделе [9, 14, 19].

Значения коэффициентов основных зависимостей характеристик твердости и износа подсчитаны по вышеизложенной методике.

Результаты и обсуждение исследований. По данным характеристик рассматриваемых параметров обнаруживается, что прирост характеристик тем больше, чем больше начальная плотность [1, 8, 9, 11-14]. Следовательно, для

получения максимальных характеристик твердости следует в качестве исходного сырья брать древесину с максимальной плотностью.

По данным значения коэффициентов регрессии для линейных зависимостей исследуемых характеристик твердости и износа можно сделать следующие выводы [8, 9, 14, 15]:

1. Наивысший рост при уплотнении древесины обнаруживают характеристики твердости.

2. Несколько менее интенсивно растут абсолютные значения характеристик ударной твердости.

3. Износ при уплотнении во всех случаях обнаруживает существенное падение. Сильнее всего уменьшается износ при уплотнении осины.

Проведем оценку полученных результатов. Числовой величиной, выражающей полноту линейной зависимости между двумя признаками, является коэффициент корреляции r . Его величина колеблется от -1 до $+1$. При $r = 1$ имеет место функциональная связь между изучаемыми признаками [8, 9, 14]. Коэффициент корреляции, равный нулю, указывает на отсутствие связи или на то, что она имеет криволинейный характер [9, 14].

Коэффициент корреляции вычисляется по формуле

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \quad (11)$$

где $\sum xy$ – сумма произведений отклонений отдельных вариантов признаков функции и аргумента от соответствующих им средних арифметических; $\sum x^2$ и $\sum y^2$ – сумма квадратов отклонений отдельных вариантов от своего среднего арифметического [1, 8, 9, 11-14].

При известном коэффициенте регрессии линейной зависимости коэффициент корреляции может быть определен путем его стандартизации в единицах средних квадратичных отклонений аргумента γ и функции K

$$r = b \frac{\sigma_\gamma}{\sigma_K} \quad (12)$$

Квадратичные отклонения вычисляются по формулам

$$\sigma_\gamma = \sqrt{\frac{\sum (\gamma - \bar{\gamma})^2}{m}} ; \sigma_K = \sqrt{\frac{\sum (K - \bar{K})^2}{m}} \quad (13)$$

где $\bar{\gamma} = \frac{\sum \gamma}{m}$ и $\bar{K} = \frac{\sum K}{m}$ – средние арифметические аргумента и функции.

Ошибка коэффициента корреляции вычисляется по формуле

$$m_r = \pm \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} \quad (14)$$

где n – число наблюдений.

Для суждения о надежности коэффициента корреляции вычисляют его отношение к ошибке [9, 13-16]. Если это отношение больше четырех, то обнаруженную связь можно считать достоверной и имеющей общее значение

$$\frac{r}{m_r} \geq 4 \quad (15)$$

Для количественной оценки криволинейных корреляционных связей служит не корреляционный коэффициент [3, 9, 11, 12, 14, 19], а корреляционное отношение, которое вычисляется по формуле

$$h = \sqrt{\frac{\sum y^2 - \sum \Delta^2}{\sum y^2}} \quad (16)$$

где $\sum y^2$ – сумма квадратов отклонений отдельных вариант функции от их среднего арифметического; $\sum \Delta^2$ – сумма квадратов отклонений отдельных вариант от их групповых средних, соответствующих определенным значениям другого признака.

Коэффициенты корреляции в подавляющем большинстве исследуемых зависимостей оказались очень высокими, близкими по величине к единице. Следовательно, найденные аппроксимирующие зависимости практически совпадают с функциональными [9, 14, 19].

Особенно высокие значения коэффициентов корреляции (равные единице) обнаружены у аппроксимирующих зависимостей вида экспонент для износа. Надежность вычисленных коэффициентов корреляции также оказалась очень высокой во всех случаях [2, 7, 10, 14, 19]. Таким образом, найденные аппроксимирующие зависимости обладают высокой достоверностью и могут служить основой для последующей оценки целесообразности уплотнения и прогнозирования его результатов [1, 2, 8, 9, 11-16].

Заключение и выводы. Большой фактический экспериментальный материал, проанализированный в данной работе, позволяет сделать обоснованные выводы о технической целесообразности уплотнения древесины [2-6, 78-12, 14, 16-19]. В качестве критерия таковой целесообразности может служить изменение при уплотнении коэффициента качества древесины.

Прирост коэффициентов качества при уплотнении характеризует целесообразность этого процесса [3, 11, 12, 14, 19]. Наоборот уменьшение их величины определяет заведомую невыгодность уплотнения (для износа целесообразность уплотнения определяется обратным отмеченному изменению коэффициента качества) [9, 13, 15, 16, 19].

Проанализировав данные значения коэффициентов качества (прочности, твердости и износа) и их применение при максимально возможном уплотнении можно сделать следующие выводы:

1. Коэффициенты качества на сжатие вдоль волокон и изгиб для всех пород при уплотнении не обнаруживают какого-либо возрастания. Следовательно, применение уплотненной древесины для изгиба или сжатия вдоль волокон технически нецелесообразно [9, 14, 20].

2. Значительно возрастают при уплотнении коэффициенты качества при сжатии поперек волокон (в тангентальном и радиальном направлениях). Возрастание доходит до 500-800%, причем на сжатие в радиальном направлении интенсивность возрастания коэффициента качества в два раза больше, чем при сжатии в тангентальном направлении. Таким образом, уплотненную древесину целесообразно применять в тех элементах, где она работает на сжатие поперек волокон [1, 8, 9, 11-14].

3. Коэффициенты качества на скалывание и раскалывание при уплотнении возрастают. Однако, отмеченное явление наблюдалось только для березы. Для других пород экспериментальные исследования недостаточны и должны быть продолжены [2, 7, 10, 14, 19, 20]. Тем не менее, применение уплотненной древесины для работы на скалывание можно считать целесообразным.

4. Коэффициенты качества на ударный изгиб существенно снижаются при уплотнении. Таким образом, при динамических нагружениях, уплотненную древесину следует применять с осторожностью; тем более что ударная твердость также обнаруживает падение [9, 11, 14, 17].

5. Коэффициенты качества по твердости и износу обнаруживают существенное возрастание. Причем сильнее всего растет твердость по радиальной поверхности. При определяющем влиянии износа от уплотненной древесины, в наибольшей степени осины, можно ожидать большего эффекта [1, 7-9, 11-14, 17, 20].

Библиографический список

1. Бирман А.Р. Анализ эксплуатационных параметров уплотненной древесины / Бирман А.Р., Кривоногова А.С. // Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С.9-12.

2. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Соколова В. А., Кривоногова А.С., Нгуен Ван Тоан Топливные брикеты новой конфигурации // Системы Методы Технологии. Выпуск 1 (33), Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2017. – 164 с., С. 97-101.
3. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Локштанов Б.М., Соколова В.А., Кривоногова А.С., Новикова М.А., Сотникова М.А., Голубева А.С. Заготовка древесины, поврежденной энтомовыми вредителями // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С. 35-40.
4. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Локштанов Б.М., Соколова В.А., Черных Л.Г. Валиева К.Л. Кривоногова А.С. К вопросу о напольных покрытиях из древесины // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С 212-220.
5. Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А., Нгуен Ван Тоан. Модификация древесины мягких лиственных пород методом глубокого уплотнения // Научное обозрение. 2015. Вып. 17. 462 с. С. 90-94.
6. Борирование древесины пропиткой с целью повышения ее нейтронозащитных свойств / А.Р. Бирман, В.А. Соколова, А.С. Кривоногова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып: 208. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014. – 277 с. С. 130-138.
7. Кривоногова А.С., Бирман А.Р. Анализ способов термохимической переработки в технологии производства древесного угля // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С. 314-320.
8. Кривоногова А.С. Вопросы определения экономической эффективности применения прессованной древесины при производстве в современных социально-экономических условиях / Кривоногова А.С. // Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С.35-39.
9. Кривоногова А.С. Методика статистического анализа закономерностей изменения физико-механических характеристик уплотненной древесины [Текст] / Кривоногова А.С. // Научное обозрение. 2015 №7 – Москва: «Буква», 2015. – 427 с. С. 293-302.
10. Кривоногова А.С. Модификация древесины методом уплотнения с целью получения древесного угля с высокой сорбционной способностью / Кривоногова А.С., Бирман А.Р. // Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С. 27-32.

11. Кривоногова А.С. Обзор технологии повышения качественных составляющих лесоматериалов методом пропитки древесины в строительных конструкциях / Кривоногова А.С., Бирман А.Р. // Актуальные графические технологии. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 224 с. С. 203-207.
12. Кривоногова А.С. Применение лесоматериалов с заданными качественными характеристиками в конструкциях садово-паркового строительства. Исторический ракурс / Кривоногова А.С. // Актуальные графические технологии. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 224 с. С. 212-218.
13. Кривоногова А.С. Прочностные расчеты элементов конструкций, деталей машин лесозаготовок и лесного хозяйства: учебное пособие по выполнению расчетов для бакалавров направлений подготовки: 13.03.01, 18.03.01, 18.03.02, 20.03.01, 23.03.01, 35.03.02 очной формы обучения / А.С. Кривоногова [и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 80 с.
14. Кривоногова А.С. Совершенствование технологии подготовки древесины мягких лиственных пород для производства угля высокого качества [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.21.01) / Кривоногова Александра Станиславовна; СПбГЛТУ. – СПб., 2015. – 20 с.
15. Кривоногова А.С. Сопротивление материалов: учебное пособие по выполнению прочностных расчетов в контрольных и курсовых работах для подготовки бакалавров заочной формы обучения / Кривоногова А.С., Фурин А.И., Бачеригов И.В. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – 80 с.
16. Кривоногова А.С., Nguen V.T., Соколова В.А., Бирман А.Р., Беспалова В.В. Теоретическое обоснование процесса движения жидкости в капиллярно-пористых средах в контексте повышения прочностных характеристик материала // Системы Методы Технологии. Выпуск 3 (39) – Братск:БрГУ», 2018 г. – 164 с. С. 130-135.
17. Механика. Справочные материалы: методические указания по выполнению расчетных работ для подготовки бакалавров всех форм обучения / сост.: А.С. Кривоногова [и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – 56 с.
18. Сергеевичев В.В., Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В.А., Вопросы области применения модифицированной древесины методом глубокого уплотнения // Материалы второй международной научно-технической конференции «Леса Россия: политика, промышленность, наука, образование». Том 3. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 225 с. с. 128-130.
19. Соколова В.А., Бирман А.Р., Орлов В.В., Тепноев А.В., Кривоногова А.С., Бачеригов И.В., Парфенопуло Г.К. Использование железо-водных и дерево-железных смесей в защите от ионизирующих излучений // Системы Методы Технологии. Выпуск 1 (37), – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2018 г. – 164 с. С. 94-99.
20. Парфенопуло Г.К., Кретицин В.И., Алексеева Е.А., Кривоногова А.С., Черных Л.Г. Выявление наиболее распространенного дефекта, возникающего в процессе эксплуатации коленчатых валов // Материалы третьей международной научно-технической конференции «Леса Россия: политика, промышленность, наука, образование». Том 2. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 369 с. С. 201-203.

Сведения об авторах

ФИО	Кривоногова А.С.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	8399-6121
e-mail	krivonogova.aleksandra@lta-landscape.com
ФИО	Бирман Алексей Романович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	3247-9904
ФИО	Соколова В.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	5116-5102
e-mail	sokolova_vika@inbox.ru

Аннотация

Исследования и систематизация известных и получение новых экспериментальных данных по изменению физико-механических свойств уплотненной древесины. Выявление закономерностей изменения физико-механических характеристик древесины при ее уплотнении. Установление деформативных свойств древесины мягких лиственных пород, необходимых для разработки режимов уплотнения и определения их параметров. Определение возможности полноценной замены ценных пород дерева и других дефицитных и дорогостоящих материалов уплотненной древесины.

Ключевые слова: древесина, физико-механические характеристики, уплотнение древесины, wood, physical and mechanical properties of wood, pressing of wood.

УДК 630*867.5.674.049.2:519.23.528.14

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.03.05; 66.43.31; 67.09.41

Экономической эффективности применения прессованной древесины в производстве в контексте современных социально-экономических условий

Кривоногова А.С., Добрынин Ю.А., Соколова В.А., Нарметов Темур

Введение. Проанализировав современное состояние в лесопромышленном производстве [1-5, 9-12, 20, 23-27, 30], можно отметить высокую экономическую эффективность применения прессованной древесины, хотя производственные мощности по ее выпуску увеличиваются незначительно [6, 8, 15, 20-22, 28].

Опыт широкого производства этого вида продукции в 70-х годах прошлого столетия, казалось бы, открывал большие перспективы применения прессованной древесины [3, 7, 13, 16, 19, 26, 29]. Однако общая тенденция к снижению использования результатов научных разработок в период 1970-1990 гг. и развал экономики в конце XX века привели к такому положению [17, 18, 20, 26], при котором многие наукоемкие технологии, к которым относится и технология производства прессованной древесины, оказались почти неиспользованными на практике [1, 4, 11, 20, 26, 29].

На немногих еще действующих предприятиях детали из прессованной древесины, в большинстве случаев выпускаются на неспециализированном оборудовании полукустарными методами, что приводит к нерациональному использованию сырья (выход деталей из первоначальной кубатуры сырья не превышает 15-25 %) [2, 5, 18, 27, 30]. Участки по прессованию древесины не располагают необходимым количеством квалифицированных кадров. Все это объясняет относительно высокую себестоимости изделий из прессованной древесины. Тем не менее, произведенные расчеты [8, 10, 20, 26, 28] со всей очевидностью показывают, что затраты на изготовление деталей из прессованной древесины по сравнению с другими деталями, выполненными из чугуна или бронзы, в несколько раз меньше, а срок службы деталей из ПД в узлах трения машин и механизмов, как правило, превышает в несколько раз срок эксплуатации деталей, изготовленных из металлов [3, 12, 16, 20, 26].

Что касается ресурсов древесины для производства прессованной древесины, то это не является сдерживающим фактором [1-6, 8-12, 14, 17, 18]. При производстве этой продукции должны быть в первую очередь максимально использованы отходы древесины, получаемые на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях и от разделки древесины на сортименты на нижних складах леспромхозов [1, 5, 7-13, 20, 26]

Цели и задачи. Исследования, проведенные целым рядом научных организаций и, в частности, СПбГЛТУ [3, 23, 26] создали условия широкого

применения прессованной древесины при изготовлении деталей машин [7-9, 13-15, 16-19].

Практика применения прессованной древесины на десятках предприятий подтверждает [9, 13, 15, 16], что она является не только прекрасным заменителем цветных и черных металлов. Но в отдельных случаях обладает значительными преимуществами перед ними [3, 11, 12, 14, 19].

Методика исследования. Одним из главных факторов экономической эффективности применения прессованной древесины как материала для деталей машин является ее низкая стоимость в сравнении с заменяемыми материалами [2, 5, 7-10, 13-15].

Стоимость прессованной древесины, как материала для деталей изготовления деталей машин, меньше по сравнению с чугуном в 3 раза, со сталью – в 5 раз, бронзой – в 20 раз, с текстолитом – в 14 раз, с древесно-слоистыми пластиками – в 2,5 раза [20, 23-26, 29].

Детали из прессованной древесины в 6,5 раза легче чугуна, в 7 раз легче бронзы, в 2,7 раза легче алюминия, а также несколько легче текстолита и древесно-слоистых пластиков [20, 23-26, 29].

Изготовление подшипников из прессованной древесины в среднем обходится в 8 раз дешевле, чем из бронзы, и в 1,5-2 раза чем из чугуна [4, 5, 20, 26].

Основными показателями экономической эффективности применения прессованной древесины в промышленности являются:

1. Количество черных (цветных) металлов или других материалов, высвобождаемое в результате замены металлических деталей деталями из прессованной древесины.
2. Количество единиц оборудования, высвобождаемое в результате применения деталей из прессованной древесины.
3. Количество высвобождаемой рабочей силы (по профессиям и разрядам).
4. Экономия численности рабочих по разрядам и профессиям может быть установлена как разность между количеством рабочих для выполнения программы выпуска металлических деталей из прессованной древесины.
5. Себестоимость годового выпуска металлических и заменяющих их деталей из прессованной древесины.
6. Сумма годовой экономии.

Этот показатель определяется как разность между себестоимостью годового производства металлических деталей и заменяющих их деталей из прессованной древесины.

Дополнительное количество продукции, которое может быть выпущено за счет экономии металла, высвобождения оборудования и рабочей силы, в результате применения прессованной древесины [20, 23-26, 29].

Главным показателем экономической эффективности является срок окупаемости капитальных затрат ($T_{ок}$) или обратный показатель – коэффициент эффективности (E), определяемые по формулам:

$$T_{ок} = \frac{K_1 - K_2}{C_2 - C_1} \text{ или } \frac{C_2 - C_1}{K_1 - K_2} = \frac{1}{T_{ок}} = E, \quad (1)$$

где K_1 и K_2 – капитальные вложения по сравнительным вариантам; C_1 и C_2 – годовая себестоимость продукции по этим же вариантам; $T_{ок}$ – срок окупаемости дополнительных капитальных вложений; E – коэффициент сравнительной эффективности [2, 7, 10, 14, 19]. [5, 9, 14].

Годовой экономический эффект от внедрения новой техники, технологии производства можно определить по следующей формуле:

$$\Xi = [(C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2)] \cdot B_2, \quad (2)$$

где C_1 и C_2 – себестоимость единицы продукции или затраты на производство единицы работы до и после внедрения мероприятия [20, 23-26, 29]. руб.; K_1 и K_2 - удельные капитальные вложения на единицу продукции; B_2 – годовой объем производимой продукции после начала внедрения мероприятия; E_n - нормативный отраслевой коэффициент экономической эффективности (величина обратная нормативному сроку окупаемости) [1-6, 8-12, 14, 17, 18].

Для лесной и лесоперерабатывающей промышленности можно принять допустимые сроки окупаемости 5 лет [8, 9, 14]. [9, 14] (коэффициент эффективности 0,2), а для машиностроения – $T_{ок} \approx 3-5$ лет и, соответственно, $E = 0,33-0,2$.

Результаты и обсуждение исследований. Экономическая эффективность производства древесного угля из прессованной древесины по расчетным данным, проведенного исследования [8, 9, 11, 14, 17], выявляется, что выработка древесного угля растет пропорционально степени уплотнения древесины [6, 7, 20, 26], что отражено на графике, рис.1 [20, 26].

Растет и объемная плотность угля, что несомненно повышает его качество. Так, объемная плотность угля, выработанного из древесины осины, уплотненной в два раза, равна 0,44 г/см³, что несколько превышает плотность угля, выработанного из натуральной древесины дуба (0,42 г/см³) [20, 26].

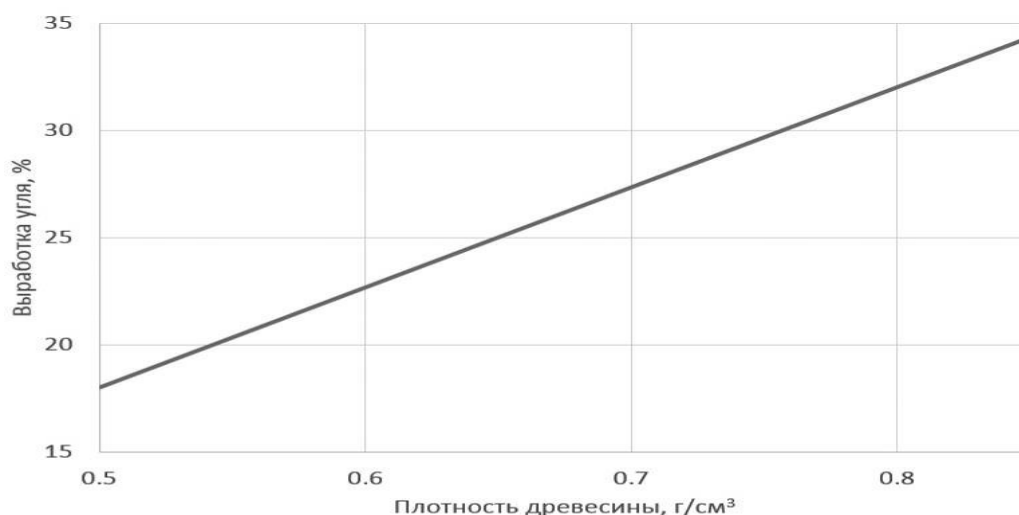


Рис. 1. Зависимость выхода древесного угля от плотности исходной древесины.

Заключение и выводы. На основании представленного изложения, можно отметить, что экономический эффект из древесины уплотненной осины [8, 9, 14, 15] складывается за счет повышения объемного выхода конечного продукта и улучшения его качественных характеристик [20, 26, 28].

Рентабельность производства древесных углей из древесины осины рассмотрим на основании экономической оценки технологического процесса их производства [20, 26].

Одной из важнейших задач организации экономически эффективного производства является выбор оборудования, сочетание типов которого обеспечивает соответствие производительности, уровня надежности и возможности обработки сырья определенных размеров и качества [1, 7-9, 11-14, 17, 20, 26].

Библиографический список

1. Бирман А.Р. Анализ эксплуатационных параметров уплотненной древесины / Бирман А.Р., Кривоногова А.С. // Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С.9-12.
2. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Кривоногова А.С., Соколова В. А., Нгуен Ван Тоан Актуальные вопросы разработки экспериментальной установки для пропитки капиллярно-пористых тел // Материалы второй международной научно-технической конференции «Леса России: политика, промышленность, наука, образование». Том 3. СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 225 с. С. 93-95.
3. Бирман А.Р, Белоногова Н.А., Кривоногова А.С, Соколова В.А. Черных Л.Г. Склеивание полислоиных щитов в прессе новой конструкции // Материалы третьей международной научно-технической конференции «Леса России: политика,

- промышленность, наука, образование», 23-24.05.2018 г. Том 2. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 369 с. С. 152-154.
4. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Соколова В. А., Кривоногова А.С., Нгуен Ван Тоан Топливные брикеты новой конфигурации // Системы Методы Технологии. Выпуск 1 (33), Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2017. – 164 с. С. 97-101.
 5. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Локштанов Б.М., Соколова В.А., Кривоногова А.С., Новикова М.А., Сотникова М.А., Голубева А.С. Заготовка древесины, поврежденной энтомо вредителями // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С. 35-40.
 6. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Локштанов Б.М., Соколова В.А., Черных Л.Г. Валиева К.Л. Кривоногова А.С. К вопросу о напольных покрытиях из древесины // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С. 212-220.
 7. Бирман А.Р., Кривоногова А.С. Использование методов пропитки длинномерных сортиментов сырья // Вестник Нижневарттовского государственного университета. 2015 №1 – Нижневарттовск: НВГУ, 2015. – 94 с. С. 45-48.
 8. Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А. Определение коэффициента фильтрации и параметров процесса пропитки древесных углей в поле центробежных сил // Научное обозрение. 2015 №7 – М.: «Буква», 2015. – 427 с. С. 238-243.
 9. Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А., Нгуен Ван Тоан. Модификация древесины мягких лиственных пород методом глубокого уплотнения // Научное обозрение. 2015. Вып. 17. 462 с. С. 90-94.
 10. Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А., Нгуен Ван Тоан Технологическое устройство для пропитки капиллярно-пористых тел // Актуальные проблемы развития лесного комплекса – Вологда: ВоГУ, 2017. – 166 с. С. 99-101.
 11. Бирман А.Р., Локштанов Б.М., Кривоногова А.С., Тоан Нгуен Ван Критический анализ использования способов пропитки с целью повышения качественных характеристик древесного сырья // Актуальные проблемы развития лесного комплекса – Вологда: ВоГУ, 2016. – 159 с. С. 58-60.
 12. Бирман А.Р., Соколова В.А., Кривоногова А.С. Пропитка древесины гидростатическим способом // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Сборник науч. труд. по материал. заоч. НПК, 2014 г. №5 ч. 4 (10-4). – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2014. – 410 с. С. 33-38.
 13. Бирман А.Р., Соколова В.А., Кривоногова А.С. Торцовая пропитка длинномерных сортиментов // Научное обозрение. 2014 № 7 – М.: «Буква», 2014. – 504 с. С. 281-285.

14. Борирование древесины пропиткой с целью повышения ее нейтронозащитных свойств / А.Р. Бирман, В.А. Соколова, А.С. Кривоногова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып. 208. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014. – 277 с. С. 130-138.
15. Войнаш С.А., Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А., Марков В.А. К вопросу об оценки устойчивости гусеничного сортиментовоза // Материалы второй международной научно-технической конференции «Леса России: политика, промышленность, наука, образование», 24-26.05.2017 г. Том 3. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017 – 225 с. С. 24-27.
16. Гуцин И.Д., Локштанов Б.М., Бирман А.Р. Кривоногова А.С. Производство топливной щепы из лесосечных отходов при сортиментном способе лесозаготовки // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С 66-71.
17. Кривоногова А.С., Бирман А.Р. Анализ способов термохимической переработки в технологии производства древесного угля // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С. 314-320.
18. Кривоногова А.С., Бирман А.Р. Пропитка капиллярно-пористых структур встречно-центробежным способом // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник трудов по материалам международной заочной НПК, 2015. - № 2, ч.1 (13-1). Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2015. – 487 с. С. 236-240.
19. Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В.А., Нгуен Ван Тоан, Белоногова Н.А. Моделирование процесса пропитки капиллярно-пористых структур в производстве древесно-угольных сорбентов // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы НТК – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – 224с. С. 204-205.
20. Кривоногова А.С. Вопросы определения экономической эффективности применения прессованной древесины при производстве в современных социально-экономических условиях / Кривоногова А.С. // Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С.35-39.
21. Кривоногова А.С. Математическая модель процесса пропитки капиллярно-пористых структур водными растворами пероксида // Научное обозрение. 2015 №7 – М.: «Буква», 2015. – 427 с. С. 251-256.
22. Кривоногова А.С. Методика статистического анализа закономерностей изменения физико-механических характеристик уплотненной древесины [Текст] / Кривоногова А.С. // Научное обозрение. 2015 №7 – Москва: «Буква», 2015. – 427 с. С. 293-302.

23. Кривоногова А.С. Модификация древесины методом уплотнения с целью получения древесного угля с высокой сорбционной способностью / Кривоногова А.С., Бирман А.Р. // Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С. 27-32.
24. Кривоногова А.С. Обзор технологии повышения качественных составляющих лесоматериалов методом пропитки древесины в строительных конструкциях / Кривоногова А.С., Бирман А.Р. // Актуальные графические технологии. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 224 с. С. 203-207.
25. Кривоногова А.С. Применение лесоматериалов с заданными качественными характеристиками в конструкциях садово-паркового строительства. Исторический ракурс / Кривоногова А.С. // Актуальные графические технологии. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 224 с. С. 212-218.
26. Кривоногова А.С. Совершенствование технологии подготовки древесины мягких лиственных пород для производства угля высокого качества [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.21.01) / Кривоногова Александра Станиславовна; СПбГЛТУ. – СПб., 2015. – 20 с.
27. Кривоногова А.С., Nguen V.T., Соколова В.А., Бирман А.Р., Беспалова В.В. Теоретическое обоснование процесса движения жидкости в капиллярно-пористых средах в контексте повышения прочностных характеристик материала // Системы Методы Технологии. Выпуск 3 (39) – Братск:БрГУ», 2018 г. – 164 с. С. 130-135.
28. Сергеевичев В.В., Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В. А., Вопросы области применения модифицированной древесины методом глубокого уплотнения // Материалы второй международной научно-технической конференции «Леса Россия: политика, промышленность, наука, образование». Том 3. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 225 с. с. 128-130.
29. Соколова В. А., Бирман А.Р., Орлов В.В., Тепноев А.В., Кривоногова А.С., Бачериков И.В., Парфенопуло Г.К. Использование железо-водных и дерево-железных смесей в защите от ионизирующих излучений // Системы Методы Технологии. Выпуск 1 (37), – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2018 г. – 164 с. С. 94-99.
30. Парфенопуло Г.К, Кретинин В.И., Алексеева Е.А., Кривоногова А.С, Черных Л.Г. Выявление наиболее распространенного дефекта, возникающего в процессе эксплуатации коленчатых валов // Материалы третьей международной научно-технической конференции «Леса Россия: политика, промышленность, наука, образование». Том 2. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 369 с. С. 201-203.

Сведения об авторах

ФИО	Кривоногова А.С.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,

организации	Россия
SPIN-код	8399-6121
e-mail	krivonogova.aleksandra@lta-landscape.com
ФИО	Добрынин Ю.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,
организации	Россия
e-mail	dobrynina-itu@mail.ru
ФИО	Соколова В.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,
организации	Россия
e-mail	sokolova_vika@inbox.ru
ФИО	Нарметов Темур
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,
организации	Россия
SPIN-код	5116-5102
e-mail	mmu49@mail.ru

Аннотация

Проанализирована экономическая эффективность производства древесного угля из прессованной древесины по расчетным данным, проведенного исследования. Выявлено, что выработка древесного угля растет пропорционально степени уплотнения древесины.

Ключевые слова: древесина, уплотнение древесины, древесный уголь, экономическая эффективность, wood, physical and mechanical properties of wood, pressing of wood, charcoal, economic efficiency.

УДК 630*674.049

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.03.05; 66.43.31

Ретроспектива влияния качественных показателей лесоматериалов на применение в строительных конструкциях

**Кривоногова А.С., Соколова В.А., Парфенопуло Г.К.,
Шефф С.А., Майкут И.А.**

Введение. В ранее представленных работах рассматривали лесоматериалы как одним из самых распространенных и широко используемых строительных материалов с многовековой историей применения [2-5, 9-12]. Главными причинами широкого круга применения лесоматериалов – это самовосстановление природного материала. И Российская Федерация (как и в исторические времена, Российская Империя) является крупной державой по наличию запасов лесных ресурсов, в том числе и ценных пород древесины.

Многообразные свойства древесины, непередаваема красота, возможность создавать с его помощью разнообразные формы, а также надежность, прочность древесины и ее способность выдерживать большие нагрузки способствовали возведению многочисленных объектов, ценных архитектурных сооружений – от северных бревенчатых церквей и фахверковых сооружений средневековья до старинных деревянных мостов [11-13, 15]. Древесина обладает свойствами, которые делают ее технически и функционально применимой в строительстве [6], но и побуждают испытывать симпатию к этому материалу [1].

Цели и задачи. Лесоматериалы – один из видов природных строительных материалов, запасы которого можно варьировать. Если высаживать новые леса, его запасы будут неисчерпаемы. Хотя вырубка массивов девственных лесов и посадка новых из пород древесных одного вида стройными рядами встречает на своем пути определенную оппозицию. Здесь можно отметить, что в период Римской Империи леса на территориях современных государств Англии, Франции, Германии давно исчезли и были заменены искусственным ландшафтом. А в странах, где в естественных условиях не произрастают быстрорастущие и пригодные породы древесных в качестве лесоматериалов, необходимо организовать искусственные посадки привозных сортов, например некоторых видов сосны с лучшими качествами и характеристиками, как материала [4, 9, 11,12]. Испытывая образцы лесоматериалов на различные прочностные характеристики, согласно теории вероятности, можно предсказать прочность 95% материалов, используемых в индустрии. Например, стойкость лесоматериалов к биологическому воздействию представляет серьезную проблему для эксплуатации древесины. А если известны параметры температуры, влажности, скорости движения воздуха в процессе использования и эксплуатации лесоматериалов, эти условия можно воспроизвести в

лабораторных условиях и определить стойкость различных пород древесины к воздействию грибов, насекомых [6, 17].

Методика исследования. Во второй половине XIX века многие ученые, исследователи представляли будущее всего человечества, в условиях активного и неуклонно развития, когда общество исчерпает, израсходует естественные богатства Земли. И уже в середине XX века, после Второй мировой войны сказалась резкая нехватка многих видов природного сырья. Основными поставщиками сырья являлись страны, находившиеся под колониальным гнетом, но в последствие, получившие политическую независимость. Что представило возможности для прогнозирования дальнейшего развития, но из-за разразившегося энергетического кризиса в конце XX века поиск решений остается актуальным уже на протяжении не одного десятилетия [4, 11, 12], и в начале XXI века остается высоко актуальным. Многие отрасли индустрии являются крупными потребителями природного сырья, как лесоматериалы, и вопросы качества этого сырья и возможность исчерпаемости его поставок стоят очень остро [9, 12].

Промышленная революция, развитие, индустриализация производства, прогресс науки и техники позволили изучить, исследовать, применять новые методы в сохранении и улучшении природных качеств сырья лесоматериалов. Например, развитие производства новых гидроизоляционных пропиток и клеев способствовало расширению сферы использования лесоматериалов в различных индустриальных производствах, например, в строительстве [8].

История применения лесоматериалов в различных сферах жизнедеятельности человека насчитывает многие тысячелетия. До наших дней дошли некоторые отчеты и документы, где упоминается о возведении объектов с применением деревянных конструкций. Не располагаем оригиналами античных манускриптов, но благодаря усилиям ученых, удалось установить тексты ряда книг греческих и римских авторов, имевших отношение к строительной науке. А именно, обработка и применение лесоматериалов во все исторические периоды рассматривается как раздел строительных материалов, в соответствии с этим исторический опыт использования в той или иной мере лесоматериалов, рассматриваем как раздел строительной науки, суть производство строительных материалов [2, 3, 5, 10, 12]. От многих построек и сооружений сохранились лишь отдельные фрагменты, в силу того, что применялись деревянные конструкции без технологии сохранения и улучшения качества древесины. Небольшое число деревянных сооружений дошло до нас средневековья. Опыт использования лесоматериалов с различными прочностными характеристиками в строительстве Китая и Японии, пришедший в Европу с некоторыми научными идеями, также интересен для исследования, и

возможен в силу того, что сохранилось немало объектов. В отдельных случаях историкам сложно рассматривать тот или иной опыт, вследствие стихийных бедствий.

Рассмотрим примеры некоторых исторических объектов с применением лесоматериалов в качестве строительного материала для изготовления конструкций. Римские деревянные сооружения не дошли до нашего времени, но имеются документы с их описанием. В описании «Галльская война» приводится пример возведения деревянного моста через Рейн протяженностью около 400м, из деревянных свай квадратного сечения 450мм, опущенные и забитые в дно реки, с шагом 12м. Подлинные чертежи не сохранились, но в XVI века Андрео Палладио выполнил эскиз этого сооружения с описанием. Конечно, можем только предполагать о характере римских деревянных сооружений и способах обработки деревянных конструкций по их описаниям. Например, некоторые описания Витрувия в дополнение к археологическим данным и результатам раскопок, произведенных в Англии, и реконструкции деревянного складского здания в плане 48×30м. Суть, что деревянный настил следует делать из зимних дубовых досок с целью предотвращения коробления, затем настил необходимо покрыть циновками или соломой, чтобы защитить от повреждений известью, т.к. верхний слой – это смесь из мелкого щебня, извести и размельченной черепицы. В описания Витрувия в своих сочинениях уделялось много информации о пригодности строительных материалов, их качества, в том числе и лесоматериалам, например, когда требуется сделать сводчатые потолки, на промежутках двух футов горизонтально ставят кружала, преимущественно кипарисовые, так как еловые скоро подгнивают и недолговечны... По расположению кружал к ним привязывают лыком из испанской лозы расплющенный греческий тростник... Ель, как состоящая от природы из более легких веществ, то есть, имея в себе больше всего воздуха и огня и меньше всего влаги и земного начала, не тяжеловесна. Будучи тугой по своей природной стойкости, она нелегко сгибается под тяжестью, но остается в настиле ровной. Но имея в себе порядочно тепла, она порождает гниль и от нее портится, к тому же быстро загорается... Летний дуб, как вдоволь изобилующий земными началами и имеющий мало влаги, воздуха и огня, будучи врыт в подземные сооружения, сохраняется на вечное время. И когда он подвергается действию влаги, не имея пористых отверстий он не может, благодаря своей плотности, вбирать в древесину жидкость, но, избегая влаги, противится, корежится и дает трещины в сооружениях... [18]. В какой-то степени комментарии Витрувия по характеристикам качества строительных материалов имеют недостатки в отношении лесоматериалов, но вполне логичны, чему

имеет смысл уделить внимание исследования в отношении сохранения и улучшения качеств лесоматериалов.

Упадок Римской Империи был постепенным, но, несмотря на распад императорской власти, в Риме поддерживался высокий уровень общественных служб, ведь большинство уцелевших памятников инженерного искусства были сооружены уже после падения Римской республики. В период Византийской империи возводилось много христианских храмов и соборов и мусульманских храмов, при их строительстве широко были распространены купола с применением конструкций из лесоматериалов, число которых превышало, в свое время, каменные сооружения. По причине, что конструкции из древесины обладают хорошей прочностью на растяжение, и сооружения не требовали устройства контрфорсов. Один из наиболее древних сохранившихся сооружений с деревянным куполом – Храм на Скале в Иерусалиме. Также деревянные купола особенно были распространены на Руси, в силу изобилия лесоматериалов, и применения луковичных куполов, которые просты при монтаже в деревянных конструкциях.

В Западной Европе сохранилось немного средневековых сооружений с применением лесоматериалов, наиболее известное деревянное покрытие Большого зала старого Вестминстерского дворца, 1394-1402 гг. Замечено, что формы местных деревянных конструкции мало изменились в период от XI до XVII вв. Лесоматериалы широко применялись при монтаже фахверка ограждающих стен, подпорных столбов в стропильных системах (также полностью выполненных из лесоматериалов). Отметим, что в средневековых сооружениях Китая и Японии, где активно применялись лесоматериалы в монтаже стропильных систем, исторических конструкций практически не сохранилось. Не вследствие потери качества лесоматериалами, а ввиду регулярной их замены на идентичные, с улучшенными качествами [7, 9, 12]. При возведении средневековых готических соборов основное использование лесоматериалов нашло применение при возведении сводов. Изначально возводилась деревянная крыша, защищавшая впоследствии свод, затем сам свод, и монтажный каркас из лесоматериалов с подъемными механизмами для подъема камней на высоту.

Если основные области применения лесоматериалов как строительных конструкций в эпоху Средневековья были стропильные системы и каркасы для возведения сводов, то в эпоху Возрождения характер использования лесоматериалов несильно изменился. Сохранилось много трактатов с описанием стропильных ферм, ссылавшихся на опыт римских правил проектирования. Римские правила проектирования, в том числе с применением

лесоматериалов, были возрождены Андреа Палладио в «Четырех книгах об архитектуре», MDLXX г. (1570 г.).

В Первой книге в разделе «О дереве» Андреа Палладио дает опытные рекомендации, о заготовках, переработке и другие комментарии относительно лесоматериалов. Интересный исторический опыт по заготовкам и сохранению качеств лесоматериалов. Лес должно рубить осенью и в течение всей зимы, так как в эту пору деревья возвращают себе из корней всю силу и крепость, которые тратятся весной и летом на листья и плоды; рубить его надо, когда нет луны, ибо в это время он бывает беден тем соком, который разрушительно действует на древесину; тогда и впредь он не будет страдать от червя и древооточца. Дерево надо надрезать только до половины сердцевины и в таком виде оставлять его сохнуть; тогда начинает просачиваться наружу сок, производящий гниение. Срубленный лес должен быть сложен в такое место, куда не проникает ни солнечный жар, ни резкий ветер, ни дождь; и особенно должно беречь лес, который вырос сам, не будучи посаженным; для того же, чтобы бревна не растрескивались и сохли равномерно, их надо смазать коровьим пометом. Переносить же лес следует не по росе, но после полудня; также не следует обрабатывать его мокрым от росы или чересчур сухим, потому что в первом случае он легко подгнивает, а во втором губит всю работу; он не раньше трех лет будет достаточно сухим для постройки полов, дверей, окон. Каждому хозяину, желающему строить, необходимо заранее осведомиться у опытных людей, понимающих толк в свойствах древесных пород, о том, какое дерево для чего годится и для чего нет. Витрувий в указанном месте дает по этому поводу хорошие наставления, равно как и другие ученые, много об этом писавшие [14]. Конструкции с применением лесоматериалов, спроектированные Андреа Палладио, напоминают античные прототипы безраскосных конструкций. Но деревянные конструкции с диагональными раскосами стали обычными в применении после XVI века. А стропильные системы на основе расчета треугольника сил, разработанного Стевиным, стали применять только после 1847 г. Но конструкция деревянных стыков, способных работать на растяжение, применялись уже в XV веке, а их прототипы, вероятнее всего, относятся к более ранним периодам [7].

Наука в Западной Европе быстро развивается в XVII веке. И уже в XVIII веке требуется некая систематизация накопленных знаний в науке и технике. Дени Дидро и Жан ле Рон Д'Аламбер включают в свои труды разделы «ремесла» и «механические искусства», в которых уделяется внимание и лесоматериалам, как сырью для изготовления строительных конструкций. Стремление философов и ученых XVIII века к познанию первопричин возникновения всех проблем подготовило французскую революцию 1789 г., и

вызвало многие изменения в различных отраслях науки, в том числе в технологии производства строительных материалов. Создавались различные профессиональные училища, «Школы» разных профилей и направленностей, и в 1795 г. несколько строительных училищ были объединены в Политехнический институт под руководством математика Гаспара Монжа. С этого периода, можно считать, что строительные материалы в обязательном порядке испытывались на прочностные характеристики, подвергались множествам расчетов и пр. Испытание материалов на прочность имело место в порядке отдельных опытов еще в период раннего Возрождения, и лишь начиная с XVII в. производились систематические испытания. Испытания проводились под руководством физиков, составлявших таблицы прочности различных видов древесины на растяжение, сжатие, изгиб. Диапазон испытаний ограничивался мощностью машинного оборудования. Наиболее известные таблицы Петруса ван Мушенброка, профессора физики в университете г. Лейден. Его труд содержит главу «Введение в теорию сцепления твердых тел», 1729 г. Приведенные в ней показатели пользовались высоким авторитетом в течение XVIII и начала XIX столетия. Таблицы Мушенброка по прочности древесины были воспроизведены и опубликованы в 1867 г. издании «Трактата о прочности материалов» профессора Питера Берлоу. В своем труде Мушенброк утверждал, что нет практической необходимости в установлении природы внутренних сил сопротивления, величина которых может быть удовлетворительно определена испытательной машиной. Полагал также, что упругость является внутренней притягательной силой. И эта концепция распространена в наше время, на ряду с концепцией Исаака Ньютона, что частицы тел привлекает друг к другу некая сила, исключительно мощная при непосредственном контакте, на малых расстояниях она осуществляет химическую работу и распространяется весьма недалеко от частиц [7].

Результаты и обсуждение исследований. Принято считать начало промышленной революции после, так называемого, началом революции, когда состоялась ассамблея Генеральных штатов в Версале 5 мая 1789 г. Сам термин «промышленная революция» имел место в кругах историков и экономистов. Но влияние промышленной революции на строительство и изготовление строительных материалов было более значимым, нежели влияние французской революции. Были созданы и усовершенствованы строительные системы и технологические приемы, которые за короткий отрезок времени в полтора столетия полностью изменил методику проектирования, что отразилось на технологии изготовления строительных материалов из сырья лесоматериалов в XX веке, продолжая прогрессивное развитие XXI веке. Необходимы были новые технологии, методы обработки древесины, отвечающие требованиям

качества лесоматериалов в современных нестабильных экономических условиях.

Заключение и выводы. Таким образом, исторический обзор влияния качественных параметров лесоматериалов на применение [13, 15, 16] в строительных конструкциях можно получить результаты и некоторые заключения [2, 4, 9, 11, 12]. Северные деревянные дома также служат доказательством того, что дерево именно в условиях сурового северного климата оказывается особенно подходящим, чтобы создавать условия комфортного пребывания и проживания обывателей [2-5, 9-12].

Библиографический список

1. Атлас деревянных конструкций / К.-Г. Гетц, Д. Хоор, К. Мелер, Ю. Наттерер; Пер. с нем. Н.И. Александровой; Подред. В.В. Ермолова. – М.: Стройиздат, 1985. – 272 с.: ил. – Перевод изд.: *Holzbaue Atlas* / К.-Н. Götze, D. Hoop, K. Möhler, J. Natterer. – München, 1978.
2. Бирман А.Р. Анализ эксплуатационных параметров уплотненной древесины / Бирман А.Р., Кривоногова А.С. // Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С.9-12.
3. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Локштанов Б.М., Соколова В.А., Черных Л.Г. Валиева К.Л. Кривоногова А.С. К вопросу о напольных покрытиях из древесины // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С 212-220.
4. Бирман А.Р., Кривоногова А.С. Обзор технологии повышения качественных составляющих лесоматериалов методом пропитки древесины в строительных конструкциях ландшафтной архитектуры // Актуальные графические технологии. Выпуск I: Современные и традиционные изобразительные средства в ландшафтном проектировании - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 224 с. С. 203-207.
5. Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А., Нгуен Ван Тоан. Модификация древесины мягких лиственных пород методом глубокого уплотнения // Научное обозрение. 2015. Вып. 17. 462 с. С. 90-94.
6. Гущин И.Д., Локштанов Б.М., Бирман А.Р. Кривоногова А.С. Производство топливной щепы из лесосечных отходов при сортиментном способе лесозаготовки // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-

- исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С 66-71.
7. Коуэн Г. Дж. Мастера строительного искусства: История проектирования сооружений и среды обитания со времен Древнего Египта до XIX века / Пер. с англ. Д.Г. Копелянского; Под ред. Л.Ш. Килимника. – М.: Стройиздат, 1982. – 240 с.: ил. – Перевод изд.: *The Master Builders: A history of structural and environmental design from ancient Egypt to the nineteenth century* / Henry J. Cowan. – A Wiley – Interscience Publication.
 8. Коуэн Г. Дж. Строительная наука XIX- XX вв.: Проектирование сооружений и систем инженерного оборудования / Пер. с англ. В.А. Коссаковского; Под ред. Л.Ш. Килимника. – М.: Стройиздат, 1982. – 359 с.: ил. – Перевод изд.: *Science and Building* / H/J/ Cowan. – John Wiley & Sons.
 9. Кривоногова А.С. Вопросы определения экономической эффективности применения прессованной древесины при производстве в современных социально-экономических условиях / Кривоногова А.С. // *Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г.* – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С.35-39.
 10. Кривоногова А.С. Методика статистического анализа закономерностей изменения физико-механических характеристик уплотненной древесины [Текст] / Кривоногова А.С. // *Научное обозрение.* 2015 №7 – Москва: «Буква», 2015. – С. 293-302.
 11. Кривоногова А.С. Применение лесоматериалов с заданными качественными характеристиками в конструкциях садово-паркового строительства. Исторический ракурс / Кривоногова А.С. // *Актуальные графические технологии.* – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 224 с. С. 212-218.
 12. Кривоногова А.С. Совершенствование технологии подготовки древесины мягких лиственных пород для производства угля высокого качества [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.21.01) / Кривоногова Александра Станиславовна; СПбГЛТУ. – СПб., 2015. – 20 с.
 13. Механика. Справочные материалы: методические указания по выполнению расчетных работ для подготовки бакалавров всех форм обучения / сост.: А.С. Кривоногова [и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – 56 с.
 14. Палладио Андреа. Четыре книги об архитектуре / Пер. с итал. И.В. Жолтовского; Под ред. А.Г. Габричешевского. – Факс. Изд. – М.: ООО Издательство «Архитектура-С», 2006. – 352 с.: ил.
 15. Сергеевичев В.В., Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В. А., Вопросы области применения модифицированной древесины методом глубокого уплотнения // *Материалы второй международной научно-технической*

- конференции «Леса Россия: политика, промышленность, наука, образование». Том 3. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 225 с., с. 128-130.
16. Соколова В. А., Бирман А.Р., Орлов В.В., Теппоев А.В., Кривоногова А.С., Бачериков И.В., Парфенопуло Г.К. Использование железо-водных и дерево-железных смесей в защите от ионизирующих излучений // Системы Методы Технологии. Выпуск 1 (37), – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2018 г. – 164 с., С. 94-99.
17. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Локштанов Б.М., Соколова В.А., Кривоногова А.С., Новикова М.А., Сотникова М.А., Голубева А.С. Заготовка древесины, поврежденной энтомофагами // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С. 35-40.
18. Marcus Vitruvius Pollio. The Ten Books of Architecture. – Dover, New York, 1960. – 331 p.

Сведения об авторах

ФИО	Кривоногова А.С.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	8399-6121
e-mail	krivonogova.aleksandra@lta-landscape.com
ФИО	Соколова В.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	5116-5102
e-mail	sokolova_vika@inbox.ru
ФИО	Парфенопуло Г. К.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия

SPIN-код 1848-9386
e-mail parfenon73@mail.ru

ФИО Шефф С. А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail mmu49@mail.ru

ФИО Майкут И. А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail mmu49@mail.ru

Аннотация

В данной статье представлен исторический ракурс и систематизация данных по использованию и возможностей качественных показателей лесоматериалов в контексте строительных материалов.

Ключевые слова: древесина, физико-механические характеристики, строительные материалы, строительные конструкции, wood, physical and mechanical properties of wood, building materials, building constructions.

УДК 72.023:694.1+674.049.2

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.03.05; 66.43.31; 67.09.41; 67.11.37

К вопросу о теоретическом обосновании закономерностей изменения прочностных характеристик от степени уплотнения древесины

**Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В.А.,
Скворцов В.В., Осипов Ф.М.**

Введение. В данной статье представлены некоторые результаты ранее полученных исследований и результаты предпосылок систематизация экспериментальных данных по изменению прочностных характеристик уплотнённой древесины. В ранее проведенных исследованиях были проанализированы деформативные свойства древесины мягких лиственных

пород, необходимых для разработки режимов уплотнения и определения их параметров, также были установлены возможности полноценной замены ценных пород древесины и других дефицитных и дорогостоящих материалов уплотненной древесины [1-5, 10-15]. Выявлены формы функциональных зависимостей для физико-механических характеристик уплотненной древесины от ее плотности. [6-9, 16-18].

Цели и задачи. Проведём анализ зависимости характеристик уплотнённой древесины от плотности. Рассмотрим зависимости характеристик прочности и жёсткости. Физико-механические характеристики уплотнённой древесины, выраженные коэффициентом k и определяющие её прочность и жёсткость, в подавляющем большинстве случаев могут быть представлены как линейные функции от плотности. Тогда, исходя из этой основной зависимости, можно получить зависимости характеристик от степени уплотнения. Если воспользоваться выражением степени уплотнения по начальным параметрам элемента [2, 5, 7-10, 13-15].

Методика исследования. Так, как нам известно, что физико-механические характеристики уплотнённой древесины представлены как линейные функции от плотности [1, 8, 13]

$$K = a + b\gamma \quad (1)$$

где γ - удельный вес; a и b – аппроксимирующие коэффициенты,

и на основании этого получаем зависимости характеристик от степени уплотнения [7, 8, 13] по начальным параметрам элемента

$$\varepsilon_1 = \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma},$$

то получим

$$\gamma = \frac{\gamma_0}{1 - \varepsilon_1},$$

и соответственно

$$K = a + \frac{b\gamma_0}{1 - \varepsilon_1} = \frac{a + b\gamma_0 - a\varepsilon_1}{1 - \varepsilon_1} = \frac{K_0 - a\varepsilon_1}{1 - \varepsilon_1} \quad (2)$$

где $K_0 = a + b\gamma_0$ – начальное значение физико-механической характеристики натуральной древесины [8, 13].

При использовании степени уплотнения по конечным размерам

$$\varepsilon_2 = \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma} = \frac{\gamma}{\gamma_0} - 1,$$

имеем

$$\gamma = \gamma_0(\varepsilon_2 + 1),$$

и основная зависимость, после подстановки, принимает вид

$$K = a + b\gamma_0(\varepsilon_2 + 1) = K_0 + b\gamma_0\varepsilon_2 \quad (3)$$

Учитывая, что $b\gamma_0 = K_0 - a$, зависимость (3) можно представить

$$K = K_0 + (K_0 - a) \cdot \varepsilon_2 \quad (3a)$$

Наконец, при использовании логарифмического показателя уплотнения

$$\varepsilon_l = l_n \frac{\gamma}{\gamma_0},$$

имеем

$$\gamma = \gamma_0 l^{\varepsilon_x},$$

Зависимость физико-механических характеристик от логарифмического показателя уплотнения принимает вид

$$K = a + b\gamma_0 l^{\varepsilon_l} = a + (K_0 - a) \cdot l^{\varepsilon_l} \quad (4)$$

где ε_l – логарифмический показатель уплотнения.

Таким образом, все функциональные зависимости характеристики от степени уплотнения находятся через коэффициенты основной зависимости от плотности (1), через коэффициенты линейной аппроксимации a и b [1, 7, 8, 10-13].

Определение этих коэффициентов производилось по экспериментальным данным методом наименьших квадратов. Вычислялись теоретические значения физико-механических параметров по найденным уравнениям, а также отклонения теоретических значений от результатов эксперимента [2, 6, 9, 13].

Результаты и обсуждение исследований. Было выявлено, что прирост характеристик [8, 13, 18] прочности при уплотнении увеличивается для пород с меньшим начальным удельным весом. Это объясняется тем, что при малом начальном удельном весе диапазон уплотнения до максимальной степени при $\gamma_{\max} = 1,54 \text{ г/см}^3$ соответственно возрастает. Таким образом, древесина с малым удельным весом, и прежде всего осина, является более благоприятным сырьём для уплотнения с точки зрения результата [8, 10, 13, 16]. Кроме того, процесс уплотнения древесины с малой плотностью проще осуществим [8, 12, 14, 15]. Для оценки сопоставимого прироста абсолютных и относительных значений характеристик прочности и упругости может служить величина коэффициента регрессии « b » [3, 10, 11, 13, 16].

Заключение и выводы. По данным значения коэффициентов регрессии для различных пород и различных видов деформирования можно сделать следующие заключения:

1. Наивысший рост прочности от уплотнения древесины имеет место при её работе на статический изгиб.

2. Значительно возрастает прочность уплотнённой древесины при сжатии её вдоль волокон и поперёк волокон в радиальном направлении.
3. Прочность уплотнённой древесины при сжатии поперёк волокон в тангентальном направлении растёт значительно слабее (примерно в два раза), чем при сжатии вдоль волокон.
4. Лиственные породы обнаруживают значительно большие колебания прочности при уплотнении, чем хвойные породы.
5. Сравнительно медленнее при уплотнении возрастает прочность на скалывание и раскалывание.
6. Медленно возрастает при уплотнении сопротивляемость древесины ударному изгибу [1, 7, 8, 10-13, 16].

Библиографический список

1. Бирман А.Р. Анализ эксплуатационных параметров уплотненной древесины / Бирман А.Р., Кривоногова А.С. // Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С.9-12.
2. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Соколова В. А., Кривоногова А.С., Нгуен Ван Тоан Топливные брикеты новой конфигурации // Системы Методы Технологии. Выпуск 1 (33), Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2017. – 164 с., С. 97-101.
3. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Локштанов Б.М., Соколова В.А., Кривоногова А.С., Новикова М.А., Сотникова М.А., Голубева А.С. Заготовка древесины, поврежденной энтомовредителями // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С. 35-40.
4. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Локштанов Б.М., Соколова В.А., Черных Л.Г. Валиева К.Л. Кривоногова А.С. К вопросу о напольных покрытиях из древесины // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С 212-220.
5. Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А., Нгуен Ван Тоан. Модификация древесины мягких лиственных пород методом глубокого уплотнения // Научное обозрение. 2015. Вып. 17. 462 с. С. 90-94.
6. Кривоногова А.С., Бирман А.Р. Анализ способов термохимической переработки в технологии производства древесного угля // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 330 с. С. 314-320.

7. Кривоногова А.С. Вопросы определения экономической эффективности применения прессованной древесины при производстве в современных социально-экономических условиях / Кривоногова А.С. // Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С.35-39.
8. Кривоногова А.С. Методика статистического анализа закономерностей изменения физико-механических характеристик уплотненной древесины [Текст] / Кривоногова А.С. // Научное обозрение. 2015 №7 – Москва: «Буква», 2015. – С. 293-302.
9. Кривоногова А.С. Модификация древесины методом уплотнения с целью получения древесного угля с высокой сорбционной способностью / Кривоногова А.С., Бирман А.Р. // Передовые технологии в лесном комплексе: материалы НТК СПбГЛТУ по итогам НИР 2014 г. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015. – 56 с. С. 27-32.
10. Кривоногова А.С. Обзор технологии повышения качественных составляющих лесоматериалов методом пропитки древесины в строительных конструкциях / Кривоногова А.С., Бирман А.Р. // Актуальные графические технологии. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 224 с. С. 203-207.
11. Кривоногова А.С. Применение лесоматериалов с заданными качественными характеристиками в конструкциях садово-паркового строительства. Исторический ракурс / Кривоногова А.С. // Актуальные графические технологии. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 224 с. С. 212-218.
12. Кривоногова А.С. Прочностные расчеты элементов конструкций, деталей машин лесозаготовок и лесного хозяйства: учебное пособие по выполнению расчетов для бакалавров направлений подготовки: 13.03.01, 18.03.01, 18.03.02, 20.03.01, 23.03.01, 35.03.02 очной формы обучения / А.С. Кривоногова [и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 80 с.
13. Кривоногова А.С. Совершенствование технологии подготовки древесины мягких лиственных пород для производства угля высокого качества [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.21.01) / Кривоногова Александра Станиславовна; СПбГЛТУ. – СПб., 2015. – 20 с.
14. Кривоногова А.С. Сопротивление материалов: учебное пособие по выполнению прочностных расчетов в контрольных и курсовых работах для подготовки бакалавров заочной формы обучения / Кривоногова А.С., Фурин А.И., Бачериков И.В. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – 80 с.
15. Механика. Справочные материалы: методические указания по выполнению расчетных работ для подготовки бакалавров всех форм обучения / сост.: А.С. Кривоногова [и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – 56 с.
16. Сергеевичев В.В., Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В.А., Вопросы области применения модифицированной древесины методом глубокого уплотнения // Материалы второй международной научно-технической

конференции «Леса Россия: политика, промышленность, наука, образование». Том 3. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 225 с., с. 128-130.

17. Соколова В. А., Бирман А.Р., Орлов В.В., Теппоев А.В., Кривоногова А.С., Бачериков И.В., Парфенопуло Г.К. Использование железо-водных и дерево-железных смесей в защите от ионизирующих излучений // Системы Методы Технологии. Выпуск 1 (37), – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ», 2018 г. – 164 с., С. 94-99.
18. Парфенопуло Г.К, Кретицин В.И., Алексеева Е.А., Кривоногова А.С, Черных Л.Г. Выявление наиболее распространенного дефекта, возникающего в процессе эксплуатации коленчатых валов // Материалы третьей международной научно-технической конференции «Леса Россия: политика, промышленность, наука, образование». Том 2. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018 – 369 с. С. 201-203.

Сведения об авторах

ФИО	Кривоногова А.С.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	8399-6121
e-mail	krivonogova.aleksandra@lta-landscape.com
ФИО	Бирман Алексей Романович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	3247-9904
e-mail	birman1947@mail.ru
ФИО	Соколова В.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	5116-5102
e-mail	<u>sokolova_vika@inbox.ru</u>
ФИО	Скворцов В.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический

Адрес организации университет имени С.М. Кирова
194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,
Россия
SPIN-код
e-mail mmu49@mail.ru

ФИО Осипов Ф.М.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург,
Россия
SPIN-код
e-mail mmu49@mail.ru

Аннотация

В данной статье представлены некоторые результаты ранее полученных исследований и результаты предпосылок систематизация экспериментальных данных по изменению прочностных характеристик уплотнённой древесины. В ранее проведенных исследованиях были проанализированы деформативные свойства древесины мягких лиственных пород, необходимых для разработки режимов уплотнения и определения их параметров

Ключевые слова: древесина, физико-механические характеристики, уплотнение древесины, wood, physical and mechanical properties of wood, pressing of wood.

УДК 630*867.5.674.049.2:519.23.528.14

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.03.05; 66.43.31; 67.09.41

Современные решения и подходы в малоэтажном деревянном домостроении

Иванов М.М., Иванова И.В.

Введение.

Деревянное домостроение – это уже ставший традицией для нашей страны вид малоэтажного деревянного строительства. Обычно к нему относят строительство бревенчатых и брусовых домов, а также каркасные и деревянно-панельные жилые здания и сооружения.

Цели и задачи.

Целью работы является анализ классических предложений в деревянном домостроении.

Методика исследования.

Популярность профилированного бруса для строительства, следует рассматривать как адекватную альтернативу классическому срубу из рубленного вручную дерева или оцилиндрованного бревна.

Для малоэтажного деревянного домостроения используются разные виды материала, но в последнее время отдается предпочтение именно профилированному брусу, обладающему рядом неоспоримых достоинств, среди которых:

1. экологичность, данный критерий обусловлен естественным происхождением древесины, из которой и изготавливаются изделия;
2. низкий коэффициент теплопроводности стен (λ , Вт/(м·К));
3. высокая паропроницаемость;
4. удовлетворительная звукоизоляция;
5. сжатые сроки строительства. Возвести дом из профилированного бруса вполне реально за один сезон, особенно учитывая тот факт, что вести работы можно и даже нужно в зимние месяцы. Это актуально, если используется материал естественной влажности, так как обеспечивается более равномерная усадка строения, не приводящая к критическим деформационным процессам;
6. сокращение расходов за счет отсутствия необходимости в отделке как фасада, так и внутренних стен;
7. возможность не устраивать дополнительный теплоизоляционный слой при правильном выборе толщины бруса, соответствующего климатической зоне или особенностям эксплуатации. Как правило, загородные дома из профилированного бруса, проживание в которых носит сезонный характер, не имеет смысла строить из более дорогого материала с большей толщиной – иногда вполне достаточно даже бруса с сечением 100×100 мм или 100×150 мм;
8. нет необходимости в устройстве мощного фундамента;
9. долговечность, эксплуатационный срок может достигать векового рубежа и более.

Строительство домов из профилированного бруса имеет ряд и других преимуществ: сравнительно небольшие финансовые затраты, красивый и эстетичный внешний вид и другие.

Для строительства домов широко используются разные виды бруса, но наиболее популярен именно профилированный, чаще всего подразумеваются строганные изделия из цельного массива древесины, снабженные

специальными замковыми соединениями разнообразных видов и систем. К этому виду материалов следует отнести и клееный брус, который обладает всеми характерными признаками, но имеет одно отличие – способ производства и коммерческую составляющую (более дорог). Он изготавливается из цельной древесины, а из ламелей, прошедших предварительную сушку, и склеенных между собой специальным образом [1].

Кроме клееного бруса к профилированным изделиям относится и так называемый теплый брус. Этот материал изготавливается из сухих деревянных ламелей, которые являются его каркасом, и экструдированного пенополистирола в качестве утеплителя расположенного внутри бруса. Этот материал имеет распространение в суровых климатических зонах, где его использование оправдывает довольно высокую цену. Стена из этого теплого материала, толщиной всего 160 мм, соответствует 450 мм из оцилиндрованного бревна или 360 мм из клееного бруса.

Профилированный брус – это изделия, изготовленные из цельного массива древесины, как правило, хвойных пород, снабженный специальной замковой системой для выполнения соединений. Дополнительно брус снабжается продольно пропиленными выемками, предназначенными для защиты материала от деформации, искривления и растрескивания в процессе усадки. Особенно актуально это для материала с естественной влажностью от 18% до 24%. Если для возведения дома используется сухой профилированный брус, то это позволяет существенно сократить время усадки сруба максимум до 3-х месяцев, против 6...12 месяцев при естественной влажности материала. Кроме того, отсутствует необходимость в выполнении конопатки стен после усадки, благодаря тому, что материал сухой, а пазовые соединения обеспечивают плотное прилегание венцов и максимально тонкие теплые швы, для которых вполне достаточно использование натуральных межвенцовых утеплителей, укладываемых во время возведения дома.

Кроме того, следует отметить, что на состояние бруса и всего дома в целом оказывает влияние и наличие специальной фанки, а также плотного межвенцового шва, не допускающего попадание влаги вовнутрь.

Сравнивая, что лучше оцилиндрованное бревно или профилированный брус, следует обращать внимание на такой момент, как способ выполнения угловых соединений. Часто для бревна оправданным и с эстетической, и с практической стороны являются угловые соединения «с остатком». Если все же дом предполагается облицовывать, то необходимо сделать выбор в пользу соединений «без остатка». Но даже в том случае, если внешняя отделка и не предусмотрена, угол дома из профилированного бруса будет значительно теплее, нежели аналогичный из бревна, так как площадь прилегания будет

больше. Это относится и к венцовым соединениям. Даже, несмотря на наличие специального паза у оцилиндрованного бревна, ширина теплового шва оказывается меньше чем у бруса. Поэтому стены брусового дома при меньшей толщине могут иметь более низкий коэффициент теплопроводности (λ , Вт/(м · К)), а это значит, что материала потребуется меньше и стоимость строительства будет ниже.

Следует учесть и эксплуатационный момент: затраты на отопления дома из бруса будут значительно меньше. Если говорить о минусах домов из профилированного бруса, то следует отметить, что материал является пожароопасным, не обладающим огнестойкостью. Но чтобы обезопасить проживание в таком доме следует провести специальную обработку антипиренами. Также определенные неприятности могут быть связаны с привлекательностью материала для различных микроорганизмов. Но чтобы этого не произошло, необходимо проводить регулярную 1 раз в 3...5 лет антисептическую обработку. Кроме того, чтобы сохранить презентабельный внешний вид дома, потребуется регулярная обработка лаками или красками поверхности его наружных и внутренних стен [2].

Результаты и обсуждение исследований.

Изучение и формирование спроса на изделия из дерева, в частности, деревянного домостроения как малоэтажного, так и многоэтажного должно осуществляться постоянно, учитывая все влияющие факторы и динамику изменений спроса и по типам домов, и по регионам и сегментам рынка. Его результаты должны способствовать прогнозированию этих изменений, что обеспечит устойчивое состояние рынка деревянного домостроения.

Заключение и выводы.

Сегодня деревянное домостроение переживает «второе рождение». И одна из главных тому причин – ухудшение экологической обстановки. Многовековой опыт строителей позволяет разработать новые приемы и методы использования древесины. Постоянный поиск решений текущих и перспективных задач деревянного домостроения требует устойчивого развития этого сектора, жилищного строительства.

Библиографический список

1. *Кириленко, В.С.* Деревянные дома / В.С. Кириленко. – М: АСТ, 2013. – 104 с.
2. www.postroikin812.ru

Сведения об авторах

ФИО	Иванова И.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	9124-7866
e-mail	irenalta@mail.ru
ФИО	Иванов М.М.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	kafteplotex@yandex.ru

Аннотация

Древесина сегодня – основной строительный материал благодаря прочности, экологичной чистоте, достаточной долговечности и распространенности в России. Деревянные конструкции позволяют создавать формы, трудновыполнимые при использовании других материалов. Сегодня поиск новых решений при строительстве деревянных домов является актуальным. И, несомненно, появление на рынке профилированного бруса для деревянного домостроения является адекватной альтернативой оцилиндрованному бревну.

Ключевые слова: деревянное домостроение, профилированного бруса, экологичность, клееный брус, теплый брус, wooden housing construction, the pro-thinned-out bar, environmental friendliness, a glued bar, a warm bar.

УДК 624.011.1

Раздел рубрикатора ГРНТИ: 67.09.41

Совершенствование производственных процессов распиловки пиломатериалов

**Соколова В.А., Алексеенко В.В, Марков В.А.,
Мезомо Селену Недриз Арнольд, Худайбергенова Татьяна**

Введение

В Российской Федерации лесное хозяйство занимает значительную часть производства, поэтому древесина является ценным природным материалом. Грамотная обработка срубленного ствола представляет собой крайне важную задачу.

Распиловка - наиболее важная операция с деревом, потому что качество выполнения процедуры напрямую зависят эксплуатационные характеристики готового продукта. Пиломатериалы из различных пород древесины имеют широкую сферу применения, в зависимости от наличия кромок, доски классифицируют на обрезные и необрезные.

На предприятиях всего мира производится механическая обработка брёвен, на разного типа станках. Существует 3 основных вида пиления - продольное, поперечное и прямое. При 1 способе резка идет вдоль волокон древесины, при 2 и 3 перпендикулярно.

Технологический процесс распиловки сырья состоит из: продольного раскроя бревен, обрезки досок по ширине, выборочную торцовку досок, сортировки по сечению и качеству, пакетирования пиломатериалов для сушки, сушки, выявлению брака, сортировки досок, пакетирования в транспортные пакеты

При продольном раскрое бревен часто используют одну ленточную или круглую пилу, или группу рамных пил, при использовании одной пилы одно бревно раскраивается за несколько проходов, плюсом данного метода является то, что так намного легче использовать различные части бревна, так же данный метод подходит для брёвен диаметром более 100 см, но в производственном отношении данный метод сильно уступает групповому из-за низкой производительности.

Групповая распиловка брёвен выполняется группой рамных, ленточных или круглых пил, бревно при данном методе раскраивается за один проход. При разных диаметрах используется следующее оборудование:

- 14-22см вертикальная узкопросветная рама, круглопильный станок
- 24-48 см вертикальная среднепросветная лесопильная рама
- более 50 см широкопросветная лесопильная рама, ленточнопильный сдвоенный и счетверенный вертикальный станок

В лесопромышленности нашей страны зачастую используются [1-3] лесопильные рамы, мировая практика показывает, что использование сдвоенных и счетверенных станков, отличающихся более высоким выходом готового пиломатериала, групповой распиловки брёвен, производительность оказывается на порядок выше. Основными способами распиловки брёвен являются: круговой, вразвал, с брусочкой, сегментный, развально-сегментный, брусочно-сегментный.

Распиловка брёвен вразвал, данный метод при котором плоскости пропилов идут параллельно между собой, по положению досок в бревне отличают сердцевидную доску, пласти у которой расположены симметрично оси бревна, центральную доску и боковую. При таком способе распиловки бревен работа наиболее простая, менее трудоёмкая, но доски получаются необрезными и им необходима обрезка кромок.

Распиловка бревен с брусочкой - это распиловка с получением двухкантного бруса, в дальнейшем продольно распиливается перпендикулярно его пластям. После первого прохода получают: боковые обрезные необрезные доски, обапол. Из-за специфики строения станков, отличающихся группами пил для первого и второго прохода, а также из-за их положения, практическая работа происходит на двух последовательно уставленных станках, так получается потому что перестановка пил занимает слишком много времени.

Сегментный способ - это получения сегментов из бревна и последующей распиловкой их на доски.

Развально-сегментный способ распиловки брёвен. При радиальном методе распиловки средняя часть бревна распиливается на доски одновременно с получением сегментов. Процесс так же состоит из трёх проходов, при первом получают необрезные доски и 2 сегмента, при втором сегменты делятся на доски с одной обрезной кромкой и четвертины, при третьем четвертины распиливаются на доски.

При круговом способе распиловки бревен, распил происходит последовательно по одной доске, к тому же после каждого раза распиливаемое бревно поворачивают вокруг продольной оси, такой способ позволяет получать только тангенциальной распиловки, из-за большего количества проходов, способ значительно трудоёмок.

Даже на передовых предприятиях в нашей стране часто встречается довольно устаревшее оборудование, для повышения качества и производительности, необходима модернизация и переход от механических станков к лесопильным линиям, состоящих из: ориентирующих устройств, фрезерно-брусующих станков, станков для отделения досок, загрузочных и профилирующих станков.

Автоматизация производственных процессов – основное и наиболее прогрессивное направление современного технического развития. При автоматизации достигается максимальный рост производительности, значительно улучшаются условия труда рабочих и повышается качество продукции.

Первым шагом к автоматизации производства является организация его по поточному методу. Поточная организация предусматривает строго определенную последовательность перемещения заготовок от одного рабочего места к другому. Для этого необходимо оборудование и рабочие места расположить последовательно по ходу технологического процесса и закрепить за каждым станком и рабочим местом определенную операцию.

Движение всей массы обрабатываемых заготовок и деталей по станкам и рабочим местам данного производства называют производственным потоком. Технологическую линию, объединенную одним производственным потоком, называют поточной линией.

В состав поточной линии входят: станки и оборудование, выполняющие основные технологические операции; транспортное оборудование, обеспечивающее передачу материала от операции к операции; питатели; накопители.

В зависимости от степени механизации и автоматизации поточные линии подразделяют на линии с немеханизированным и механизированным транспортом, полуавтоматические и автоматические. В зависимости от характера выполняемых работ поточные линии бывают раскройными, машинной обработки, сборочными и отделочными.

В поточных линиях с немеханизированным транспортом передача материала с одного станка на другой осуществляется вручную или на тележках и вагонетках. Во всех остальных поточных линиях транспортирование материала от станка к станку механизировано.

На механизированных поточных линиях обработка материала на станках и их загрузка осуществляется с участием человека. Полуавтоматические линии работают также с участием человека, но доля его участия небольшая. В основном вручную выполняют только работы по загрузке первого станка и съему деталей с последнего, а также работу, связанную с индивидуальным обслуживанием станков.

В автоматической линии станки связаны между собой непосредственно или транспортными устройствами и имеют единый механизм управления. Все технологические, загрузочно-разгрузочные, транспортные и контрольно-сортировочные операции выполняются без непосредственного участия

человека. На долю человека остается лишь функция контроля за работой системы управления.

По конструкции станков, входящих в поточные линии, станочные линии могут комплектоваться или из универсальных станков общего назначения с использованием агрегатных силовых головок, или из специализированных станков.

Для механизации таких операций, как подача материала к станку, загрузка станка, укладка обработанных деталей в пакеты, промышленность выпускает специальные питатели, укладчики, гидравлические подъемные столы и другие околостаночные механизмы.

В качестве примера [4-6] станочных линий ниже приведена схема автоматической линии для обработки брусковых деталей коробки дверного блока. Работа происходит следующим образом. Заготовки укладываются в питатель, откуда они по одной подаются конвейерной цепью в фуговальный станок. Заготовка, вышедшая из фуговального станка, направляется питающим конвейером в четырехсторонний продольно-фрезерный станок. Строганные заготовки перекладчиком 6 передаются на рамные шипорезные станки. Сортировочным устройством короткие (горизонтальные) заготовки направляются на первый станок, а длинные (вертикальные) – на второй. Готовые короткие детали со станка сбрасываются в ящик, а длинные со станка 8 перемещаются на отводящий конвейер. Управляют линией с центрального пульта. Все детали, обработанные на этой линии, направляются сразу на сборку коробок. На линии обрабатываются заготовки длиной 680...2170, шириной 100...140 и толщиной 40...70 мм. Линия может работать в одном из четырех различных ритмов, т. е. одна деталь может сходить с линии через 13,5; 12; 9,1 и 7,05 с. Обслуживают ее два человека. Если бы обработка брусков коробки производилась на отдельно стоящих станках, не связанных в линию, то для обслуживания их понадобилось бы не менее 6-7 человек.

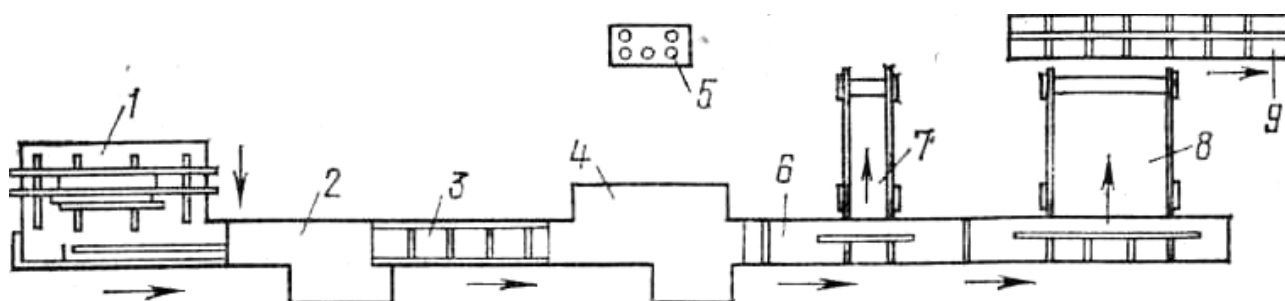


Рис. 1. Автоматическая линия обработки брусков дверной коробки:
1 - питатель, 2 - фуговальный станок, 3 - конвейер, 4 - четырехсторонний продольно-фрезерный станок, 5 - пульт управления, 6 – перекладчик, 7,8 - рамные шипорезные станки, 9 - отводящий конвейер.

Чтобы осуществить подобный технологический процесс, требуются достаточные вложения и переформирование производства, но это необходимо для повышения конкурентоспособности как на внутреннем, так и на внешнем рынке. В связи с этим, изучение методов автоматизации производства является своевременным и актуальным.

В результате проведенных исследований в работе был разработан технологический процесс распиловки древесины, исследованы методы распиловки, дано обоснование необходимости проведения мероприятий, разработана схема работы автоматизированной линии. В целом была разработана работа автоматизированной линии.

Практическая ценность работы состоит в том, что полученные результаты исследований позволят произвести модернизацию производственной линии.

Результаты исследований могут быть использованы различными деревообрабатывающими и мебельными предприятиями г. Санкт-Петербурга, а также научно-исследовательскими организациями, ВУЗами.

Библиографический список

1. Легостаев, В.Г. Дереворежущие станки и инструменты. «Курс лекций», 2015 –С. 95-99.
2. Голяков, А.Д. Проектирование участков лесопильных цехов. Изд-во АГТУ. 2002 – С 99-101.
3. Евгенева, Г.Б. Основы автоматизации технологических процессов и производств. МГТУ им. Баумана. 2015 –185-189.
4. Калитеевский, Р.Е. Теория и организация лесопиления. 1995 – С 352. 5.Рачков, М.Ю. Автоматизация производства. МПУ. 2018 – С 98.
5. Петровский, В.С. Автоматизация технологических процессов и производств лесопромышленного комплекса. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 416 с.

Сведения об авторах

ФИО	Соколова В.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	5116-5102
e-mail	sokolova_vika@inbox.ru

ФИО	Марков В.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный

Адрес организации	лесотехнический университет имени С.М. Кирова 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	1503-7932
e-mail	mactor85@mail.ru
ФИО	Алексеенко В.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	нет
e-mail	Luffy5512@gmail.com
ФИО	Мезомо Селену Недриз Арнольд
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	нет
e-mail	mtmu49@mail.ru
ФИО	Худайбергенова Татьяна
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	нет
e-mail	mtmu49@mail.ru

Аннотация

Целью данной работы является: совершенствование технологического процесса деревообрабатывающих производств, путем автоматизации деревообрабатывающей линии производства на предприятии. Так же были поставлены такие задачи как: разработка технологического процесса распиловки древесины, провести исследования методов распиловки, разработать схему автоматизированной линии производства и определить эффективные направления использования и внедрения технологического процесса.

Ключевые слова: древесина, распиловка, автоматизация, технологический процесс.

УДК 674.815

Разделы рубрикатора ГРНТИ 67.09.41

Новые способы получения конкурентоспособных строительных изделий из низкосортной древесины

**Соколова В.А., Кузнецова К.М., Парфенопуло Г.К., Третьякова Е.Ю.,
Газакбаев Мукам**

Введение

В нашей стране огромные ресурсы вторичного сырья (отходы лесозаготовки, лесопиления) составляют 79% биомассы ствола. Отходами лесозаготовок называют всю неиспользованную биомассу древостоя, оставляемую в лесу после лесозаготовительных работ. К ним относятся пни, корни, сучья и ветви, обломки вершин и стволов.

Среди оставленных отходов лесоводства на корню или брошенных на лесосеке следует выделить деревья, которые по своему состоянию, качеству и форме ствола не отвечают хозяйственным целям. К ним относят дровяные, сухостойные и лиственные деревья низкой товарной ценности. Отходы лесоводства чаще всего лесозаготовители оставляют на корню.

Использование пней и корней, оставшихся после валки деревьев. Позволяет увеличить выход древесины с единицы лесной площади на 15-20%. Согласно отраслевой методике определения объемов вторичных материальных ресурсов в лесной и деревообрабатывающей промышленности пни составляют 2-3% объема заготавливаемой древесины, корни 11% от объема ствола дерева.

Сучья и ветви имеют различные размеры и объем, которые зависят от породы и возраста дерева, диаметра ствола и запаса на 1 га, типа и бонитета леса. Доля сучьев и ветвей от объема стволовой древесины составляет у ели 18%, у сосны 14%. У березы 6% и у осины 8%.

Использование биомассы ветвей и сучьев встречает определенные трудности, главным образом, вследствие сложности разделения трех составляющих компонентов: древесины, коры и зелени.

При проведении лесосечных работ неизбежно образование обломков стволов. Эти отходы образуются при валке бензомоторными пилами. Особенно в зимний период, при использовании валочно-пакетирующих машин, в захватном устройстве наблюдается излом стволов диаметром 14-18 см, которых среди лесосечных отходов составляет 6%.

Дровяные деревья – это часть деревьев, которые остаются не вырубленными, так как их товарная ценность настолько низкая, что не оправдывает затрат на заготовку.

К категории дровяных часто относят сухостойные деревья, которые нередки в спелых и перестойных насаждениях. Древесина сухостойных деревьев с небольшим сроком усыхания по своим физико-механическим свойствам мало отличается от здоровой. Однако при продолжительном стоянии на корню они быстро подвергаются поражению синевой и гнилью.

Тонкомерные деревья среди лесосечных отходов составляют до 40% объема. Это деревья диаметром на высоте 1,3 м менее 0,14 м. Ресурсы тонкомерной древесины оцениваются 4-5% общего объема лесозаготовок.

Тонкомерная древесина является значительным источником дополнительного древесного сырья. Другими значительными источниками тонкомерной древесины являются рубки ухода за лесом и объекты мелиорации с произрастающей на них древесно-кустарниковой растительностью.

Из сказанного выше, видно, что технологические процессы лесозаготовок сопровождаются образованием значительных объемов тонкомерной и поврежденной древесины. А также кусковых отходов в виде вершин и оставшиеся части хлыстов.

В лесопромышленном производстве традиционно используется стволовая древесина, которая составляет 60-65% всей биомассы дерева. Остальная часть в процессе выполнения первичных операций лесозаготовок переходит в отходы, которые перерабатываются на технологическую щепу, стружку и тарную дощечку.[3]

В настоящее время, одним из главных направлений улучшения использования ресурсов древесины является переработка на технологическую щепу отходов и тонкомерной древесины. Основными потребителями технологической щепы, вырабатываемой из низкокачественной древесины и древесины от рубок ухода за лесом в условиях лесозаготовительных предприятий, являются целлюлозно-бумажные комбинаты, заводы древесноволокнистых и древесностружечных плит, а также предприятия энергохимической переработки, расположенные от нижних складов на значительных расстояниях.

На береговых лесозаготовительных предприятиях, составляющих приблизительно половину от общего числа предприятий отрасли, вследствие больших транспортных расходов, малой плотности и стоимости продукции получаемой из отходов лесозаготовок не получило большого распространения производство технологической щепы и стружки.

Растущий спрос на древесину и быстрый рост издержек производства заставляет обратить серьезное внимание на вопросы утилизации отходов лесозаготовок и создает предпосылки для создания в условиях леспромхозов деревообрабатывающих производств, позволяющих получать товары народного потребления из отходов лесозаготовок и тонкомерной древесины. Важнейшей задачей является также использование мягколиственной древесины.[7]

Исследования по разработке безотходной и экологически безопасной технологии производства профилированных строительных изделий являются своевременными и актуальными.[6] Перспективным вариантом одного из намеченных к разработке направлений является изготовление из тонкомерной и вершинной части свежесрубленной древесины торцовых шашек и панелей из них для паркета и облицовки стен. Такое производство позволяет получать в условиях лесозаготовительных предприятий ценный продукт из дешевого сырья.

Технологический процесс такого производства включает следующие операции:

1. Окорку, распиловку на заготовки, сортировку их по типоразмерам и подачу к прессам;

2. Формование из заготовок шестигранных шашек с одновременным уплотнением древесины методом контурного прессования (рисунок 1). Процесс формирования торцовой шашки включает в себя одновременное проталкивание через конусы n заготовок в кассету пресс-формы, имеющую ячейки шестигранного сечения. Конусы пресс-формы имеют каналы, обеспечивающие постепенный переход цилиндрической заготовки в шестигранник (рисунок 1). Для полного использования всего диапазона размеров по диаметрам необходимо (при безотходной технологии) иметь ряд типоразмеров шашки, в котором каждый размер изготавливается из определенного диапазона диаметров заготовок.

3. Стабилизация приданной шашкам формы путем сушки до 8-12% влажности в сушильных камерах заготовок вместе с уплотняющей формой-кассетой.[4]

Для осуществления такого технологического процесса достаточно построить относительно небольшое здание цеха и разместить в нем несложное оборудование. Внедрение в практику предлагаемого способа использования тонкомерной древесины может привести к решению важной проблемы, в том числе экологической. Но для разработки соответствующей технологии требуется методика обоснования технологических параметров, расчетный аппарат и ориентировочные значения показателей производительности и экономической эффективности.

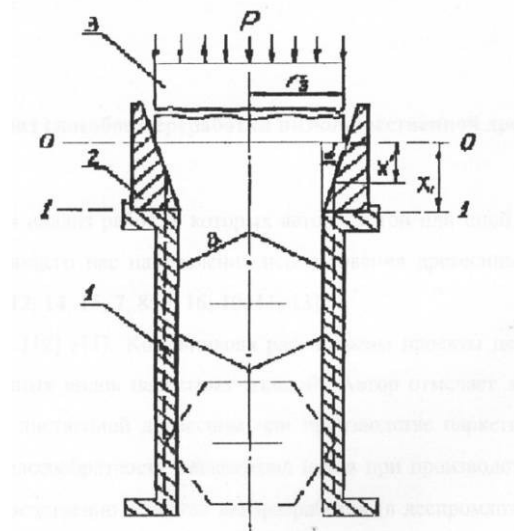


Рисунок 1. Схема контурного прессования:
1 – корпус шестигранника; 2 – конус; 3 – заготовка.

Несмотря на то, что существуют различные технологические процессы и оборудование для переработки отходов лесозаготовок, лесоводства и деревообработки, отсутствует эффективная переработка отходов на экологически чистые товары народного потребления.

В связи с этим, изучение вопросов эффективной переработки отходов на экологически чистые товары является актуальным и своевременным.

Выводы

В целом в ходе работы разработан технологический процесс пропитки и формования низкосортной древесины, который позволит повысить эффективность комплексного использования древесного сырья.

Исследования по разработке безотходной и экологически безопасной технологии производства профилированных строительных изделий направлены на решение важной проблемы улучшения использования ресурсов древесины, в том числе экологической.

В результате проведенных исследований в работе была получена математическая модель процесса электрокинетической пропитки древесины; [1] исследованы факторы, определяющие процесс пропитки, дано обоснование режимов пропитки, исследован процесс формирования в зависимости от факторов его определяющих, предложена форма торцевой пашки и условия стабилизации размеров с целью исключения калибровки, разработан усовершенствованный технологический процесс производства торцевого паркета, определены эффективные направления использования и внедрения технологического процесса. В целом разработан технологический процесс

пропитки и формования низкосортной древесины, направленный на повышение эффективности комплексного использования древесного сырья.[5]

Практическая ценность работы состоит в том, что полученные результаты исследований позволят широко использовать отходы лесозаготовок и мягколиственную древесину для получения с заданной плотностью и цветом.

Результаты проведенных исследований позволяют решить проблемы рационального использования природных ресурсов в лесной промышленности.

Результаты исследований могут быть использованы различными деревообрабатывающими и мебельными предприятиями г. Санкт – Петербурга, а также научно-исследовательскими организациями, ВУЗаами.

Библиографический список

1. Александров П.А. Экспериментальное исследование электрокинетического способа обезвоживания древесины. – В кн. Новое в технике и технологии лесосплава/Под ред. В.И. Пятякина. – ЛДНТП, 1976 – С. 36-38.
2. Бугаенко Я.Т. О рациональном использовании отходов древесины в производстве художественных паркетных щитов. «Комплексное использование древесного сырья и внедрение безотходных технологий в лесной и деревообрабатывающей промышленности», И-Франковск, 1995.
3. Власов А.А., Крылов Н.А. Электроосматическая сушка древесины. «Коллоидный журнал», 1937, №3, с. 18-22.
4. Григоров С.Н. Электрокинетические явления. Л., изд. ЛГУ. 1973, 168 с.
5. Ермилов В.В. Разработка способа и обоснование параметров устройства для получения профилированной лесопродукции из низкокачественной древесины, отходов лесозаготовок и деревообработки методом формования. Дисс. на соискание уч. степени к.т.н., СПб, 1992
6. Зудина М.В. Использование мягколиственной древесины в паркетном производстве. Реферативная информация. Экономика и управление, №7, 1978.

Сведения об авторах

ФИО	Соколова В.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	5116-5102
e-mail	sokolova_vika@inbox.ru
ФИО	Кузнецова Кристина Максимовна

Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	krisanddek@gmail.com
ФИО	Парфенопуло Г.К.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	1848-9386
e-mail	parfenon73@mail.ru
ФИО	Третьякова Е.Ю.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	npfantest@yandex.ru
ФИО	Газакбаев Мукам
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	mmu49@mail.ru

Аннотация

Целью данной работы является: совершенствование технологического процесса деревообрабатывающих производств низкосортной древесины и отходов лесозаготовок путем обоснованного применения способов сплошной пропитки и уплотнения при производстве торцовой шашки. Также поставлены такие задачи, как: разработать математическую модель процесса электрокинетической пропитки древесины с целью окрашивания; обосновать режимы пропитки, исследовать факторы, определяющие процесс пропитки;

провести исследования процесса формирования в зависимости от факторов его определяющих; установить форму торцевой шашки и условия стабилизации размеров с целью исключения калибровки; разработать усовершенствованный технологический процесс производства торцевого паркета; определить эффективные направления использования и внедрения технологического процесса.

Ключевые слова: сушка, обезвоживание, пропитка, лесозаготовка.

УДК 674.815

Разделы рубрикатора ГРНТИ 67.09.41

Изменение ИК-спектральных характеристик угля из березы и бамбука в процессе активации водяным паром

Деркачева О.Ю., Чу Конг Нгъи, Спицын А.А., Пономарев Д.А.

Введение

Известно, что при активации угля-сырца происходит изменение его поверхности, выражающееся, в частности, в образовании различных кислородсодержащих функциональных групп. Для выявления функционального состава органических соединений принято использовать метод ИК-спектроскопии, который успешно был применен для изучения превращений, происходящих при карбонизации древесины.

Однако, по мере карбонизации исходного растительного материала происходит удаление практически всех присутствующих функциональных групп и образуется вещество, обладающее малоинформативным ИК-спектром, который представляет собой набор малоинтенсивных и широких полос поглощения. Для анализа подобных спектров в работе предложен способ математической обработки ИК-спектров, состоящий в нормировании интенсивностей отдельных полос к общей площади под линией спектра, что позволило выявить небольшие изменения химического строения поверхности угля-сырца происходящие при его активации.

Указанный метод исследования был применен нами для изучения функционального состава угля-сырца полученного из древесины березы и из травянистого растения – бамбука. Для активации уголь-сырец, полученный нами карбонизацией березы нагревом до 700 °С со скоростью 2 °С /мин в среде самогенерируемых парогазов, помещали во вращающийся трубчатый реактор, в который подавались пары воды. Время активации при температуре 970 °С составляло 15, 20 и 30 мин для березы и 5, 15, 20 и 25 мин для бамбука. После полного охлаждения реактора активированный уголь взвешивали и определяли потерю массы при активации (степень обгара, %).

ИК-спектры пропускания записывались на инфракрасном Фурье-спектрометре IRAffinity-1 в ИК-диапазоне 400-4000 см^{-1} с разрешением 4 см^{-1} и накоплением сигнала 64. Образцы готовили в виде таблеток, которые содержали 200-300 мг порошка KBr и 1-2 мг образца.

Для расчета интенсивностей полос спектры пропускания пересчитывались в спектры поглощения.

Затем были рассчитаны следующие параметры:

I_{oh} – интеграл (В-тип) 3045-3670 см^{-1}	I_{950} – интеграл (А-тип) 988-908.7 см^{-1}
I_{ch} – интеграл (В-тип) 2831-2956 см^{-1}	I_{1115} – интеграл (А-тип) 1190-1072 см^{-1}
I_{1560} – интеграл (А-тип) 1664-1495 см^{-1}	I_{1230} – интеграл (А-тип) 1304-1190 см^{-1}
I_1 – интеграл (А-тип) 1477-908 см^{-1}	I_{1380} – интеграл (А-тип) 1485-1323 см^{-1}
I_{870} – интеграл (В-тип) 907.6-845.8 см^{-1}	I_{804} – интенсивность на частоте 804.4 см^{-1}

где интеграл А-типа – площадь под спектральной кривой между определенными частотами, а интеграл В-типа – площадь между спектральной кривой и линией, проведенной через точки спектра с определенными частотами. Все спектры нормировались на интегральное поглощение (параметр I_0) в области 643-1673 см^{-1} . Интегральное поглощение I_0 – рассчитывалось как площадь между спектром и линией, проведенной через точки спектра с частотами 643 и 1673 см^{-1} .

Записанные прибором спектры пропускания образцов бамбука с различным временем активации представлен на рисунке. В Таблицах 1 и 2 представлены интегральные интенсивности отдельных областей поглощения в ИК-спектрах активированного угля из березы и бамбука, соответственно. Нами приняты следующие обозначения исследуемых образцов.

Неактивированный образец угля-сырца из березы обозначен как А1, активацией водяным паром были получены образцы А2-А4.

Неактивированный образец угля-сырца из бамбука обозначен как Б1, активацией водяным паром были получены образцы Б2-Б6.

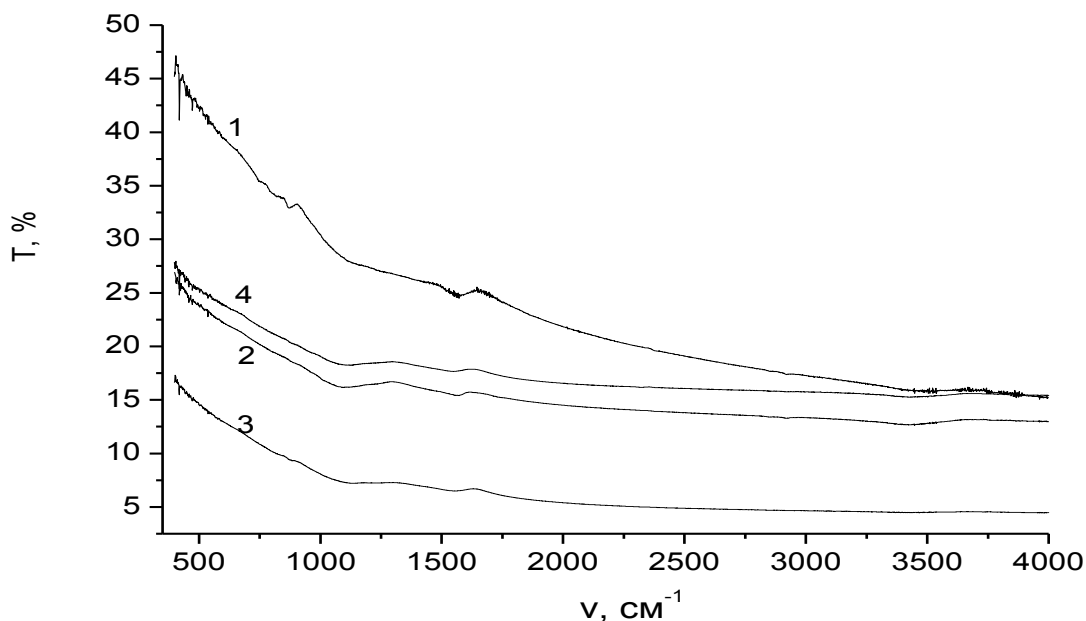


Рис.1. Спектры пропускания образцов: бамбук 1 (1), бамбук 2 (6), бамбук 3 (3), бамбук 4 (4). В скобках – номера образцов

Таблица 1. Интегральные интенсивности отдельных областей поглощения в ИК-спектрах активированного угля из березы (%).

N	I_{oh}	I_{ch}	I_{1560}	I_1	I_{870}	I_{1115}	I_{1230}	I_{1380}	I_{804}	Степень обгара
A1	5.4	0.2	5.45	74.81	0.29	20.56	14.05	12.23	0.1097	0.00
A2	2.9	0.1	5.92	75.09	0.27	20.27	14.24	13.08	0.1029	11.25
A3	7.3	0.2	5.47	74.07	0.21	20.40	13.69	12.24	0.1052	15.25
A4	10.6	0.2	5.73	74.17	0.18	20.21	13.66	12.62	0.0983	19.62

Таблица 2. Интегральные интенсивности отдельных областей поглощения в ИК-спектрах активированного угля из бамбука (%).

N	I_{oh}	I_{ch}	I_{1560}	I_1	I_{870}	I_{950}	I_{1115}	I_{1230}	I_{1380}	Степень обгара
B1	12.3	0.5	9.93	76.01	0.76	6.72	20.93	17.19	16.88	0.00
B2	5.0	0.1	8.92	75.23	0.42	8.21	20.52	16.56	15.50	12.12
B3	6.7	0.3	7.01	75.55	0.20	10.28	21.50	14.56	13.08	16.91
B4	10.8	0.3	5.57	73.84	0.06	11.87	21.01	12.92	11.55	19.77
B5	16.8	0.4	6.37	74.79	0.02	11.51	22.26	12.37	10.94	37.43
B6	16.6	0.4	6.41	74.79	0.06	11.54	21.47	12.07	12.07	39.82

Из данных Таблицы 1 видно, что изменения интенсивностей наблюдаются для спектральных областей I_{870} , I_{1230} , I_{oh} и I_{804} . Эти изменения интенсивностей по нашему мнению связаны с изменениями в строении

поверхности активированного угля. Уменьшение величины I_{870} вызвано уменьшением числа связей $C_{Ar}-H$, изменение I_{1230} отражает изменение числа простых эфирных связей $Ar-O-C$ (колебание ν ($=C-O-C$) при 1230 см^{-1}), I_{oh} отражает изменение числа гидроксильных групп (колебание ν ($O-H$) при 3420 см^{-1}). По нашему мнению изменение величины I_{804} , так же как и параметра I_{870} , связано с внеплоскостным деформационным колебанием атомов водорода в структуре $C_{Ar}-H$ при образовании многоядерных ароматических структур.

Похожие изменения в интенсивностях рассматриваемых полос поглощения в ИК-спектрах наблюдаются и для процесса активации угля-сырца из бамбука. Рассмотрение данных Таблицы 2 показывает, что с увеличением времени активации интенсивность полосы I_{870} падает, что говорит о протекании конденсационных процессов.

Наличие таких процессов подтверждается также и тем, что интенсивность полосы I_{1230} , отвечающей за структурные звенья $Ar-O-C$ при активации угля из бамбука также падает. Можно сказать, что для обоих случаев (береза, бамбук) в процессе активации происходит образование конденсированных ароматических структур, результатом чего является исчезновение связей $Ar-H$ и $Ar-O-C$. Интересно происходит изменение величины I_{oh} , которая отвечает за спиртовые и фенольные группы. В обоих случаях на начальной стадии активации значение этой величины падает, а затем возрастает. Последнее можно объяснить образованием новых гидроксильных групп в процессе активации угля водяным паром.

Сведения об авторах

ФИО	Деркачева О.Ю.
Организация	Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
Адрес организации	190068, ул.Большая Морская, д. 18, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	5354-9340
e-mail	derkachevaou@rambler.ru

ФИО	Чу Конг Нгъи
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	
e-mail	congngich19a@gmail.com

ФИО Спицын А.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 9004-6969
e-mail spitsyn.andrey@gmail.com

ФИО Пономарев Д.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 6520-2839
e-mail dponomarev1@mail.ru

Аннотация

Для изучения изменений функционального состава поверхности древесного угля при его активации был применен метод ИК-спектроскопии с Фурье преобразованием. Обнаружено небольшое изменение интенсивности полос поглощения ответственных за химические связи $C_{Ar}-H$ и $Ar-O-C$. Интенсивности полос, ответственных за спиртовые и фенольные группы слегка снижаются в процессе активации, однако затем незначительно увеличиваются, что объяснено образованием новых OH -групп в процессе активации.

FT-IR spectroscopy was applied to investigate the changes in surface functionality of charcoal during steam activation. The slight reduction in band intensities responsible for $C_{Ar}-H$ and $Ar-O-C$ chemical bonds was established and that was explained by the formation of condensed aromatic structures. The band intensities responsible for alcohols and phenols groups at the beginning of activation exhibit a small reduction followed then by slight increase. The latter is explained by the formation of new OH -groups in a course of activation.

Ключевые слова: древесный уголь, активация, ИК-спектроскопия, charcoal, activation, FTIR-spectroscopy

УДК 661.183.2

Разделы рубрикатора ГРНТИ 61.55.99

6. ПРОЧИЕ ВОПРОСЫ

Анализ процессов энергообмена при повышении давления в несжимаемой жидкости с помощью центробежного насоса

Куликов А.А., Иванова И.В.

Введение.

Сложный характер движения элементарных жидких частиц в потоке при прохождении через центробежный насос связан с изменением их внутренней, потенциальной и кинетической энергии. Детальный анализ этих процессов может быть проведен на базе первого закона термодинамики. Результаты такого анализа могут указать пути совершенствования конструкции насосов и повышения их эффективности.

Цели и задачи.

Цель работы исследование термодинамических процессов в несжимаемой жидкости, происходящих с ней в центробежном насосе. В работе описываются и анализируются термодинамические модели: центробежного насоса в целом; детализированной его схемы, состоящей из двух последовательно расположенных элементов, где первый элемент включает в себя область насоса от всасывающего патрубка до выхода из проточной части рабочего колеса.

Методика исследования.

В работе применяется метод теоретического анализа термодинамических моделей с привлечением данных из механики жидкости и газа.

Схема установка, позволяющая провести анализ процессов энергообмена внутри центробежного насоса, приводится на рис. 1.

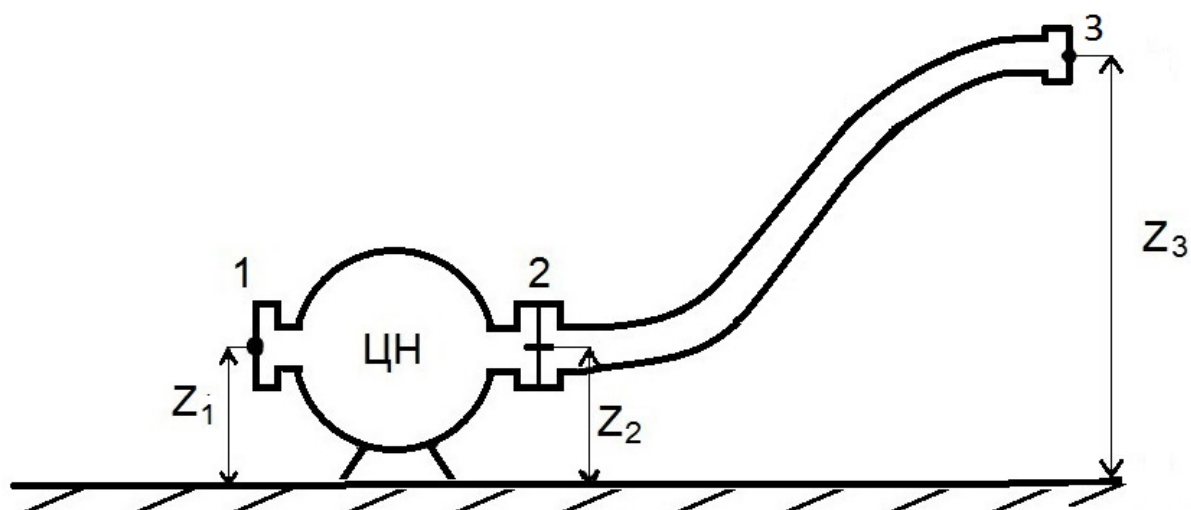


Рис. 1. Модель центробежного насоса (цн):

1, 2, 3 – сечения всасывающего патрубка, напорного патрубка, магистрального трубопровода; z_1, z_2, z_3 – высоты расположения соответствующих сечений, м

На схеме (рис. 1) изображен центробежный насос, закрепленный на неподвижной поверхности. Будем рассматривать работу насоса в установившемся режиме: с постоянной подачей G , кг/с, и угловой скоростью вращения рабочего колеса $\vec{\omega}$, рад/с. Точками 1, 2 и 3 на рис. 1 обозначены сечения всасывающего патрубка, напорного патрубка и патрубка магистрального трубопровода.

Для выделенного в потоке некоторого произвольного элементарного объема жидкости параметрами, определяющими термодинамическое состояние жидкости в этом объеме, являются абсолютное давление p , Па, и абсолютная температура T , К. Строго говоря, такое абсолютное давление p в выделенном элементарном жидком объеме потока может быть измерено прибором в системе координат, где этот элементарный объем жидкости, как целое, покоится.

В каждом сечении можно определить средние значения термодинамических параметров состояния потока – абсолютного давления и абсолютной температуры: $p_1, T_1; p_2, T_2; p_3, T_3$, где индексы у величин указывают на соответствующее сечение.

Для наглядности будем считать, что сечение 1 и 2 находятся на одном уровне:

$$z_1 = z_2, \quad (1)$$

где z_1 и z_2 – высоты первого и второго сечений от нулевого уровня (рис. 1), м.

Сечение 3 находится на высоте z_3 , м, выбранной таким образом, что абсолютные давления p_1 и p_3 , характеризующие термодинамическое состояние жидкости в сечениях 1 и 3, равны.

Замечание: Если вся установка на рис. 1 от сечения 1 до сечения 3 заполнена водой, но подача G равна нулю (жидкость не движется, например, если рабочее колесо не вращается), то, как известно [1]:

$$\rho g(z_3 - z_2) = p_2^{\text{стат}} - p_3^{\text{стат}}, \quad (2)$$

где ρ – плотность жидкости, $\rho = \text{const}$, кг/м³; g – ускорение силы тяжести, м/с²; $p_2^{\text{стат}}$ и $p_3^{\text{стат}}$ – гидростатические давления в покоящейся жидкости, измеряемые манометрами в сечениях 2 и 3 соответственно, Па.

Вначале в качестве термодинамической системы рассмотрим всю установку на рис. 1 от сечения 1 до сечения 3. При установившемся режиме работы внутренняя энергия этой термодинамической системы не изменяется. По первому закону термодинамики это означает, что вся вносимая в систему потоком жидкости энергия через сечение 1 вместе с подводимой из окружающей среды механической энергией для вращения вала рабочего колеса

насоса, будет равна всей энергии, выносимой потоком жидкости из системы через сечение 3. В общем случае элементарная жидкая частица в потоке обладает тремя видами энергии: внутренней, потенциальной, кинетической. Соответственно первый закон термодинамики для рассматриваемой открытой термодинамической системы записывается в виде:

$$(u_1 + \Pi_1 + K_1) \cdot dm + l_{\text{вал}} \cdot dm = (u_3 + \Pi_3 + K_3) \cdot dm,$$

или, после деления на dm :

$$u_1 + \Pi_1 + K_1 + l_{\text{вал}} = u_3 + \Pi_3 + K_3, \quad (3)$$

где u_1, Π_1, K_1 и u_3, Π_3, K_3 – значения удельных внутренней, потенциальной, кинетической энергий в сечениях 1 и 3 соответственно, Дж/кг; dm – масса рассматриваемой элементарной жидкой частицы, кг; $l_{\text{вал}}$ – удельная механическая работа, подводимая к валу рабочего колеса, Дж/кг.

Из (3) получаем:

$$l_{\text{вал}} = (u_3 - u_1) + (\Pi_3 - \Pi_1) + (K_3 - K_1). \quad (4)$$

Равенство (4) означает, что подводимая к валу удельная работа расходуется внутри системы на изменение удельных внутренней, потенциальной и кинетической энергии жидкости.

Для наглядности будем считать, что площади проходных сечений 1, 2 и 3 равны, а значит, будут равны и скорости несжимаемой жидкости в этих сечениях. В свою очередь это означает, что будут равны между собой K_1 и K_3 . В результате из (4) получаем:

$$l_{\text{вал}} = (u_3 - u_1) + (\Pi_3 - \Pi_1). \quad (5)$$

Внутри системы из-за действия неконсервативных диссипативных сил часть подводимой к валу механической энергии превращается в теплоту. Это приводит к росту температуры потока жидкости. Для наглядности будем считать, что практически вся эта теплота выделяется внутри насоса на участке от сечения 1 до сечения 2. Это означает, что на участке от сечения 2 до сечения 3 изменения температуры не происходит и $T_2 = T_3$. Так как у несжимаемой жидкости внутренняя энергия зависит только от температуры и не зависит от давления, то последнее означает:

$$u_2 = u_3, \quad (6)$$

или

$$u(p_2, T_2) = u(p_3, T_3) = u(p_3, T_2), \quad (7)$$

где $u(p, T)$ – удельная внутренняя энергия несжимаемой жидкости, проходящей через насос, которая является функцией параметров ее состояния p и T , Дж/кг.

Рассмотрим элементарную жидкую частицу dm в сечениях 1 и 3 . В этих сечениях абсолютные давления у нее будут равны ($p_1 = p_3$), а температуры не равны ($T_3 > T_1$). Потенциальная энергия жидкой частицы от температуры не зависит. Сечения 1 и 3 находятся на разной высоте. Как известно, изменение потенциальной энергии тела, при его перемещении из одного положения в пространстве в другое, равно работе, которую совершают при этом действующие на него потенциальные силы. В общем случае эта работа может быть как положительной, так и отрицательной. В рассматриваемом случае это работа силы тяжести при изменении высоты от z_1 до z_3 . Следовательно, изменение потенциальной энергии такой частицы будет определяться только разностью высот сечений 1 и 3 :

$$(\Pi_3 - \Pi_1) \cdot dm = g \cdot dm \cdot (z_3 - z_1),$$

или, после деления на dm :

$$(\Pi_3 - \Pi_1) = g \cdot (z_3 - z_1). \quad (8)$$

Подставляя (8) в (5), с учетом (6), получаем:

$$l_{\text{вал}} = (u_2 - u_1) + g \cdot (z_3 - z_1). \quad (9)$$

Далее в качестве термодинамической системы рассмотрим часть установки от сечения 1 до сечения 2 . Рассуждая аналогичным образом, первый закон термодинамики можно записать в виде:

$$(u_1 + \Pi_1 + K_1) \cdot dm + l_{\text{вал}} \cdot dm = (u_2 + \Pi_2 + K_2) \cdot dm,$$

или, после деления на dm :

$$(u_1 + \Pi_1 + K_1) + l_{\text{вал}} = u_2 + \Pi_2 + K_2, \quad (10)$$

где u_2 , Π_2 , K_2 – удельные внутренняя, потенциальная, кинетическая энергии в сечении 2 , Дж/кг.

Принимая указанные выше допущения о равенстве проходных сечений из (10) получаем:

$$l_{\text{вал}} = (u_2 - u_1) + (\Pi_2 - \Pi_1). \quad (11)$$

Сравнивая (9) и (11) получаем:

$$\Pi_2 - \Pi_1 = g \cdot (z_3 - z_1). \quad (12)$$

Равенство (12) означает, что в результате прохождения жидкости через насос ее потенциальная энергия возрастает. Этот рост объясняется тем, что траектория элементарных жидких частиц на участке от сечения 1 до сечения 2

носит криволинейный характер. Кривизна траектории указывает на то, что частицы движутся с ускорением. Это, в свою очередь, означает, что на частицы внутри потока действуют некоторые неуравновешенные силы. Эти силы при установившемся режиме работы центробежного насоса в каждой точке потока жидкости, находящегося в рабочем объеме насоса, имеют свое постоянное значение. Это означает, что при установившемся режиме в жидкости, находящейся в рабочем объеме, формируется поле потенциальных сил. Работа, совершаемая этими силами при перемещении элементарной жидкой частицы от сечения *1* до сечения *2*, равна изменению ее потенциальной энергии.

Из (8) и (12) следует, что потенциальная энергия элементарной жидкой частицы в потоке зависит от двух параметров: от высоты положения частицы в поле силы тяжести *z*; от абсолютного давления, характеризующего ее состояние, как неподвижной термодинамической системы *p*.

В рассматриваемой модели (рис. 1) для наглядности принято, что вся теплота трения выделяется внутри центробежного насоса – на участке от сечения *1* до сечения *2*. Соответственно для процесса, происходящего с элементарной жидкой частицей на этом участке, первый закон термодинамики записывается в виде:

$$u_2 \cdot dm - u_1 \cdot dm = q_{\text{тр}\Sigma} \cdot dm,$$

или, после деления на *dm*:

$$u_2 - u_1 = q_{\text{тр}\Sigma}, \quad (13)$$

где $q_{\text{тр}\Sigma}$ – удельная суммарная теплота трения, выделившаяся в насосе и переданная потоку жидкости (при этом допускается, что вся теплота трения передается только жидкости), Дж/кг.

Введем обозначение:

$$l_{\text{вал}}^{\text{пол}} = l_{\text{вал}} - q_{\text{тр}\Sigma}, \quad (14)$$

где $l_{\text{вал}}^{\text{пол}}$ – часть $l_{\text{вал}}$, которая полезно затрачена в насосе, Дж/кг.

Величина $l_{\text{вал}}^{\text{пол}}$ передается в насосе жидкости в виде механической работы.

Из (11), с учетом (12) – (14) получаем:

$$l_{\text{вал}}^{\text{пол}} = \Pi_2 - \Pi_1 = g \cdot (z_3 - z_1). \quad (15)$$

Рассмотрим детально процесс в рабочем колесе центробежного насоса с помощью детализированной схемы, приведенной на рис. 2. На схеме (рис. 2) вся конструкция насоса (от сечения *1* до сечения *2* на рис. 1) представлена состоящей из двух последовательно расположенных элементов: входного участка с рабочим колесом, начинающегося от сечения *1* всасывающего патрубка; участка, начинающегося за рабочим колесом и заканчивающегося

сечением 2 нагнетательного патрубка. Первый элемент на схеме условно обозначен как рабочее колесо (рк), второй – как улитка (ул).

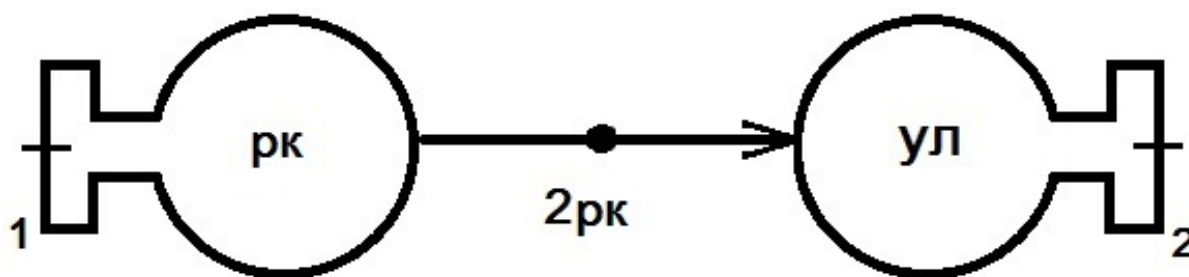


Рис. 2. Детализированная схема центробежного насоса, состоящая из двух элементов: рабочего колеса (рк) и улитки (ул)

Точке 2рк на схеме рис. 2 соответствуют те параметры потока, которые жидкость имеет на выходе из межлопастных каналов проточной части рабочего колеса: абсолютное давление $p_{2рк}$, температура $T_{2рк}$, скорость абсолютного движения $\vec{c}_{2рк}$.

Перепишем (10) в следующем виде:

$$l_{\text{вал}} = (u_2 - u_1) + (\Pi_2 - \Pi_1) + (K_2 - K_1). \quad (16)$$

Преобразуем (16) тождественным образом:

$$l_{\text{вал}} = (u_2 - u_{2рк}) + (u_{2рк} - u_1) + (\Pi_2 - \Pi_{2рк}) + (\Pi_{2рк} - \Pi_1) + (K_2 - K_{2рк}) + (K_{2рк} - K_1), \quad (17)$$

где $u_{2рк}$, $\Pi_{2рк}$ и $K_{2рк}$ – значения удельных внутренней, потенциальной и кинетической энергий жидкости на выходе из проточной части рабочего колеса, Дж/кг.

Введем обозначения:

$$(u_{2рк} - u_1) + (\Pi_{2рк} - \Pi_1) + (K_{2рк} - K_1) = l_{\text{вал рк}}; \quad (18)$$

$$(u_2 - u_{2рк}) + (\Pi_2 - \Pi_{2рк}) + (K_2 - K_{2рк}) = l_{\text{вал ул}}. \quad (19)$$

Очевидно, что:

$$l_{\text{вал}} = l_{\text{вал рк}} + l_{\text{вал ул}}. \quad (20)$$

Из (16) – (20) следует, в частности, что сумма изменений удельных внутренней, потенциальной и кинетической энергий жидкости на участке от сечения 1 до выхода из проточной части рабочего колеса (точка 2рк), равна величине $l_{\text{вал рк}}$, которая составляет часть от $l_{\text{вал}}$.

Далее, для наглядности, будем считать, что на участке от сечения 1 до входа в межлопастные каналы проточной части рабочего колеса, существенных

изменений параметров потока не происходит. То есть справедливыми будут следующие равенства:

$$p_1 = p_{1\text{рк}}, T_1 = T_{1\text{рк}}, \vec{c}_1 = \vec{c}_{1\text{рк}}, \Pi_1 = \Pi_{1\text{рк}}, u_1 = u_{1\text{рк}}, \quad (21)$$

где $p_{1\text{рк}}, T_{1\text{рк}}, \vec{c}_{1\text{рк}}, \Pi_{1\text{рк}}, u_{1\text{рк}}$ – это абсолютные давление, температура, скорость абсолютного движения, удельные потенциальная и внутренняя энергии жидкости на входе в межлопастные каналы проточной части рабочего колеса соответственно, Па, К, м/с, Дж/кг.

Подставляя (21) в (18) получаем:

$$l_{\text{вал рк}} = (u_{2\text{рк}} - u_{1\text{рк}}) + (\Pi_{2\text{рк}} - \Pi_{1\text{рк}}) + (K_{2\text{рк}} - K_{1\text{рк}}). \quad (22)$$

Очевидно, что:

$$K_{2\text{рк}} - K_{1\text{рк}} = \frac{c_{2\text{рк}}^2 - c_{1\text{рк}}^2}{2}. \quad (23)$$

Рассмотрим процесс, происходящий с выделенной в потоке элементарной жидкой частицей на участке от входа в проточную часть рабочего колеса (точка 1рк) до выхода из проточной части (точка 2рк).

Первый закон термодинамики для такого процесса записывается в виде:

$$u_{2\text{рк}} \cdot dm - u_{1\text{рк}} \cdot dm = q_{\text{тр}\Sigma\text{рк}} \cdot dm,$$

или, после деления на dm :

$$u_{2\text{рк}} - u_{1\text{рк}} = q_{\text{тр}\Sigma\text{рк}}, \quad (24)$$

где $q_{\text{тр}\Sigma\text{рк}}$ – удельная суммарная теплота трения, которая передается потоку жидкости внутри проточной части рабочего колеса, Дж/кг.

Величина $q_{\text{тр}\Sigma\text{рк}}$ состоит из двух слагаемых: теплоты, выделяемой при трении в подшипниках и уплотнениях вала рабочего колеса; теплоты, которая выделяется из-за внутреннего трения внутри потока вязкой жидкости, за счет работы неконсервативных внутренних сил вязкого трения [1], совершаемой в пределах проточной части рабочего колеса.

Подставляя (23) и (24) в (22) получаем:

$$l_{\text{вал рк}} = q_{\text{тр}\Sigma\text{рк}} + (\Pi_{2\text{рк}} - \Pi_{1\text{рк}}) + \frac{(c_{2\text{рк}}^2 - c_{1\text{рк}}^2)}{2}. \quad (25)$$

Величина $l_{\text{вал рк}}$ зависит от конструкции, в частности, от габаритов и скорости вращения рабочего колеса. Для определения этой зависимости применим к рабочему колесу первый закон термодинамики аналогично тому, как он был применен ко всему центробежному насосу, в результате чего было получено равенство (16).

Внутренняя энергия любой термодинамической системы, в том числе и рабочего колеса, определяется в системе координат, где эта система, как целое,

покоится. В рассматриваемом случае такой системой координат должна быть система, жестко связанная с рабочим колесом.

Рассмотрим две системы координат S и S' , начала отсчета которых совпадают и находятся на оси вала рабочего колеса, вдоль которой направлена одна из осей каждой системы.

Система S' – это инерциальная неподвижная лабораторная система координат, в которой вал рабочего колеса вращается с постоянной угловой скоростью $\vec{\omega}$, рад/с. В этой системе S' наблюдается абсолютное движение элементарной жидкой частицы с массой dm и скоростью \vec{c} .

Вторая система S жестко связана с рабочим колесом и, соответственно, вращается вместе с валом с угловой скоростью $\vec{\omega}$. Скорость элементарной жидкой частицы, которую мог бы наблюдать исследователь, находящейся в этой вращающейся системе координат, называется относительной скоростью \vec{W} , м/с. Исходя из этого абсолютную скорость можно разложить на две составляющие:

$$\vec{c} = \vec{W} + \vec{V}_{\text{пер}}, \quad (26)$$

где $\vec{V}_{\text{пер}}$ – переносная скорость, м/с.

Величина $\vec{V}_{\text{пер}}$ равна абсолютной скорости элементарной жидкой частицы при условии, что она покоится в движущейся системе S . В рассматриваемом случае, принимая для наглядности плоскую модель течения в проточной части рабочего колеса:

$$\vec{V}_{\text{пер}} = \vec{\omega} \times \vec{r}, \quad (27)$$

где \vec{r} – радиус-вектор, проведенной из начала отсчета и определяющий положение центра масс элементарной жидкой частицы в проточной части рабочего колеса.

Следует отметить, что в подвижной системе координат S вал рабочего колеса остается неподвижным, то есть скорость его вращения равна нулю. Следовательно, момент, приложенной к валу, в этой системе координат механической работы не совершает. Это означает, что энергия в виде механической работы к рабочему колесу в системе S не подводится.

При установившемся режиме работы центробежного насоса суммарная внутренняя энергия самого рабочего колеса и всей жидкости, находящейся в его проточной части, не изменяются. Таким образом, первый закон термодинамики для неподвижного рабочего колеса формулируется следующим образом: сумма всех видов энергии, вносимой потоком жидкости в проточную часть рабочего колеса, равна сумме всех видов энергии, выносимой потоком из проточной части:

$$u_{1рк}^o + \Pi_{1рк}^o + K_{1рк}^o = u_{2рк}^o + \Pi_{2рк}^o + K_{2рк}^o, \quad (28)$$

где $u_{1рк}^o$, $u_{2рк}^o$, $\Pi_{1рк}^o$, $\Pi_{2рк}^o$, $K_{1рк}^o$, $K_{2рк}^o$ – удельные внутренние, потенциальные, кинетические энергии в системе координат S на входе в проточную часть рабочего колеса и на выходе из нее соответственно, Дж/кг.

Преобразуем (28) к виду:

$$(u_{2рк}^o - u_{1рк}^o) = (\Pi_{1рк}^o - \Pi_{2рк}^o) + (K_{1рк}^o - K_{2рк}^o). \quad (29)$$

Очевидно, что:

$$K_{1рк}^o - K_{2рк}^o = \frac{W_{1рк}^2 - W_{2рк}^2}{2}, \quad (30)$$

где $W_{1рк}$ и $W_{2рк}$ – относительные скорости элементарной жидкой частицы на входе в проточную часть рабочего колеса и на выходе из нее, м/с.

Рассмотрим процесс, происходящий с элементарной жидкой частицей на участке от входа в проточную часть рабочего колеса (точка $1рк$) до выхода из проточной части (точка $2рк$) в подвижной системе координат S . Для такого изохорного процесса первый закон термодинамики записывается в виде:

$$u_{2рк}^o \cdot dm - u_{1рк}^o \cdot dm = q_{тр\Sigmaрк} \cdot dm,$$

или, после деления на dm :

$$u_{2рк}^o - u_{1рк}^o = q_{тр\Sigmaрк}. \quad (31)$$

Величина $q_{тр\Sigmaрк}$, находящаяся в правых частях (24) и (31), не зависит от того, в какой системе координат рассматривается движение элементарной жидкой частицы.

Подставляя (30) и (31) в (29) получаем:

$$q_{тр\Sigmaрк} = (\Pi_{1рк}^o - \Pi_{2рк}^o) + \frac{(W_{1рк}^2 - W_{2рк}^2)}{2}. \quad (32)$$

Подставляя (32) в (25) получаем:

$$l_{вал\ рк} = \frac{(W_1^2 - W_2^2)}{2} + (\Pi_{1рк}^o - \Pi_{2рк}^o) + (\Pi_{2\ рк} - \Pi_{1\ рк}) + \frac{(c_{2\ рк}^2 - c_{1\ рк}^2)}{2}. \quad (33)$$

Разности $(\Pi_{1рк}^o - \Pi_{2рк}^o)$ и $(\Pi_{2\ рк} - \Pi_{1\ рк})$ равны убыли потенциальной энергии жидкости при прохождении одного и того же участка в разных системах координат. Убыль удельной потенциальной энергии равна удельной работе, совершаемой результирующей силой, приложенной к точке центра масс элементарной жидкой частицы. Соответственно для системы S' можно записать:

$$(P_{1\text{рк}} - P_{2\text{рк}}) = l = \int_{r_1}^{r_2} \vec{f}_{\text{рез}} \cdot d\vec{r}, \quad (34)$$

где l – удельная работа в системе S' , Дж/кг; $\vec{f}_{\text{рез}}$ – удельная результирующая сила в системе S' , равная по физическому смыслу ускорению абсолютного движения элементарной жидкой частицы, м/с²; r_1 и r_2 – радиусы входа и выхода в проточную часть рабочего колеса, м.

Для системы S можно записать:

$$(P_{1\text{рк}}^{\circ} - P_{2\text{рк}}^{\circ}) = l^{\circ} = \int_{r_1}^{r_2} \vec{f}_{\text{рез}}^{\circ} \cdot d\vec{r}, \quad (35)$$

где l° – удельная работа в системе S , Дж/кг; $\vec{f}_{\text{рез}}^{\circ}$ – удельная результирующая сила в системе S , равная по физическому смыслу ускорению относительного движения элементарной жидкой частицы, м/с².

Так как система координат S вращается относительно инерционной системы координат S' с постоянной угловой скоростью $\vec{\omega}$, то на любое тело, рассматриваемое в этой неинерциальной системе координат, будет действовать дополнительная центробежная сила. Следовательно, можем записать:

$$\vec{f}_{\text{рез}}^{\circ} - \vec{f}_{\text{рез}} = \vec{f}_{\text{цб}}, \quad (36)$$

где $\vec{f}_{\text{цб}}$ – удельная центробежная сила, равная по физическому смыслу центробежному ускорению, м/с².

То есть:

$$\vec{f}_{\text{цб}} = \omega^2 \cdot \vec{r}. \quad (37)$$

С учетом (34) – (37) можем получить:

$$(P_{1\text{рк}}^{\circ} - P_{2\text{рк}}^{\circ}) - (P_{1\text{рк}} - P_{2\text{рк}}) = \frac{\omega^2 (r_2^2 - r_1^2)}{2}. \quad (38)$$

Подставляя (38) в (33) получаем:

$$l_{\text{вал рк}} = \frac{c_{2\text{рк}}^2 - c_{1\text{рк}}^2}{2} + \frac{\omega^2 (r_2^2 - r_1^2)}{2} + \frac{W_{1\text{рк}}^2 - W_{2\text{рк}}^2}{2}. \quad (39)$$

Выражение (39) полностью соответствует уравнению Эйлера для лопастных машин [2], которое связывает затраты механической энергии на вращение вала рабочего колеса с его режимно-конструктивными характеристиками $(r_1, r_2, \vec{\omega}, \vec{W}_{1\text{рк}}, \vec{W}_{2\text{рк}}, c_{1\text{рк}}, c_{2\text{рк}})$.

Результаты и обсуждение исследований.

Предложенный метод может быть применен для анализа процессов энергообмена при прохождении несжимаемой жидкости через дроссель. Такое применение позволяет обнаружить механический источник необратимости

термодинамического процесса дросселирования несжимаемой жидкости, который связан с вихревым характером течения в проточной части дросселя.

Заключение и выводы.

1. На базе термодинамического анализа строго выведено выражение для полезной удельной работы в центробежном насосе.

2. Проведен термодинамический анализ детализированной схемы центробежного насоса, с выделением элемента – входного участка, включающего рабочее колесо.

3. Из первого закона термодинамики получено выражение для удельной работы, затрачиваемой в пределах рабочего колеса на увеличение внутренней, кинетической и потенциальной энергий жидкости. Это выражение связывает затраты механической работы на вращение вала рабочего колеса с его режимно-конструктивными характеристиками и полностью соответствует уравнению Эйлера для лопаточных машин.

4. Предложенный метод может быть применен для анализа процессов энергообмена при прохождении несжимаемой жидкости через дроссель.

Библиографический список

1. *Лойцянский, Л.Г.* Механика жидкости и газа. Москва, 1970. 904 с.
2. *Овсянников, Б.В., Боровский Б.И.* Теория и расчёт агрегатов питания жидкостных ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1986. – 376 с.

Сведения об авторах

ФИО Куликов А.А.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 7746-2999
e-mail ltuttsu@mail.ru

ФИО Иванова И.В.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 9124-7866
e-mail irenalta@mail.ru

Аннотация

Предложена модель работы центробежного насоса, позволяющая оценить изменение потенциальной энергии жидкости в его рабочем объеме.

Строго выведено из первого закона термодинамики выражение для полезно затрачиваемой в насосе удельной механической энергии $I_{\text{вал}}^{\text{пол}}$.

Проведен анализ детализированной схемы центробежного насоса, состоящей из двух последовательно расположенных элементов: входного участка с рабочим колесом, начинающегося от сечения всасывающего патрубка; участка за рабочим колесом, заканчивающегося сечением нагнетательного патрубка.

Из первого закона термодинамики получено выражение для той части удельной механической энергии, которая передается потоку жидкости в пределах проточной части рабочего колеса. Формула связывает затраты механической энергии на вращение вала рабочего колеса с его режимно-конструктивными характеристиками, и полностью соответствует уравнению Эйлера для лопастных машин.

Выводы. 1. На базе термодинамического анализа строго выведено выражение для полезной удельной работы в центробежном насосе.

2. Проведен термодинамический анализ детализированной схемы центробежного насоса, с выделением элемента – входного участка, включающего рабочее колесо.

3. Из первого закона термодинамики получено выражение для удельной работы, затрачиваемой в пределах рабочего колеса на увеличение удельных внутренней, кинетической и потенциальной энергий жидкости. Это выражение связывает затраты механической работы на вращение вала рабочего колеса с его режимно-конструктивными характеристиками и полностью соответствует уравнению Эйлера для лопаточных машин.

4. Предложенный метод может быть применен для анализа процессов энергообмена при прохождении несжимаемой жидкости через дроссель.

Ключевые слова: центробежный насос, рабочее колесо насоса, удельная работа насоса, динамические характеристики; centrifugal pump, driving wheel of the pump, specific operation of the pump, dynamic characteristics.

УДК 536.24.01

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 30.17.51

Факторы, влияющие на процессы горения древесного топлива

Иванова И.В., Иванов М.М, Лепяхова Г.С.

Введение.

Энергия не может быть полностью использована, она может быть только преобразована из одного вида в другой. Это один из фундаментальных законов природы – закон сохранения энергии. Во всех энергетических процессах энергия не исчезает, она преобразуется. Как правило, энергия, которую потребляется, превращается в конечном итоге в тепло, которое используется и рассеивается в окружающую среду. Энергия в природе находится в различных видах, и основная задача на современном этапе – научиться грамотно и высокотехнологично извлекать тепловую энергию, преобразовывать и полезно использовать ее. Современные проблемы энергетики могут быть решены только при рациональном использовании всех существующих источников топлива и энергии и при учете особенностей сжигания соответствующих топлив.

Цели и задачи.

Целью работы является анализ факторов, оказывающих влияние на процессы горения при сжигании различных видов древесного топлива.

Методика исследования.

При сжигании древесного топлива, которое может быть измельченным или в виде дров горбыля обрезков, измельченным до пыли, опилок, стружек или щепы, сухим или очень влажным, переработанным в пеллеты или брикеты, в каждом случае будут свои особенности горения, порой весьма значительные.

Установлено, что от породы древесины, если она не гнилая и одинаковой влажности, теплота сгорания не зависит. Сухая древесина, например пеллеты, горит длинным ярко-оранжевым пламенем, влажная древесина горит менее ярким пламенем голубоватого оттенка. При нагреве дерева в топке происходит активное выделение так называемых летучих горючих продуктов термического разложения дерева и водяного пара. Состав этих продуктов меняется в зависимости от температуры и начальной влажности образца и содержит кислоты, смолы, фенолы, водород, угарный газ и т.д. Сложные по строению высокомолекулярные соединения (кислоты смолы) с ростом температуры (800 °С и выше) разлагаются на более простые соединения. При высокой температуре в присутствии водяного пара увеличивается содержание угарного газа и водорода, что наблюдается при сжигании высоковлажного топлива. Выделяющиеся газы обволакивают частицу топлива и воспламеняются, разогревая частицу еще сильнее. Нагрев вызывает рост скорости выхода

летучих, они уносятся в пространство топки, где догорают факелом при подаче вторичного дутья. Выход летучих по массе топлива достигает у древесины 85%. Только 15% это древесный уголь, сгорающий без пламени после завершения выхода летучих. Но на уголь приходится 30% тепловыделения древесного топлива. Наивысшая температура при этом развивается в области горения древесного угля, в факеле температура заметно ниже [1]. Все эти процессы, происходящие при горении, показывают насколько сложные, и многостадийные реакции происходят в топке котла. Причем особенности этого процесса зависят от многих факторов.

Огромное значение имеет конструкция топки. В топке происходит не только сгорание топлива, но и теплообмен. Скорость химической реакции горения помимо многих других факторов сильно зависит от температуры. Ниже 600 °С реакция практически останавливается, с ростом температуры скорость растет экспоненциально. При увеличении температуры с 600 до 700 °С скорость вырастет в 3 раза, а при росте с 800 до 900 °С скорость реакции возрастет в 30 раз. Практически при 900 °С скорость горения достигает минимально необходимой величины для эффективного сжигания [2]. При такой температуре скорость сгорания топлива уже зависит от подачи воздуха и топлива, а не от скорости протекания химических реакций. Но значительная часть массы дерева сгорает в факеле и, если факел попадает из топки в теплообменную часть до завершения процесса горения, из-за охлаждения, реакции прекращаются и, в дымовых газах остаются недогоревшие компоненты топлива. Оседая эти компоненты, загрязняют сажей или смолистыми отложениями поверхности котла, при этом снижается КПД котла, как из-за потерь тепла, так и из-за неполного сгорания топлива. Поэтому очень важно в котле на древесном топливе иметь топку значительного объема и с высокой температурой.

Температура в топке зависит от скорости тепловыделения и скорости теплопоглощения. Тепло выделяется при горении топлива и если бы тепло не поглощалось, то температура в топке поднялась бы до теоретически возможной для данного топлива, определяемой жаропроизводительностью. Поглощается тепло в основном стенками топки и передается им излучением от раскаленного топлива и светящегося факела. Жаропроизводительность пеллет и сухой древесины около 2000 °С, поэтому часть тепла можно отбирать в топке без ущерба для эффективности горения.

При горении влажного топлива при той же мощности котла, топлива необходимо сжечь вдвое больше чем сухого, топливо загорается не сразу, только после высыхания. Поэтому размеры топки должны быть больше. Если не произвести теплоизоляцию стенок топки огнеупорным материалом, то температура опустится ниже необходимой и горение прекратится вовсе.

Теплота от дымовых газов передается теплоносителю в конвективной части котла, где горячие газы омывают теплообменные поверхности. Таким образом, твердотопливный котел на древесных отходах или пеллетах должен обладать теплоизолированной в должной степени топкой большого объема, продуманной системой подачи вторичного воздуха для дожигания летучих компонентов.

Основную часть тепла теплоноситель в твердотопливном котле на древесной биомассе получает в конвективной части, конструкцией и эффективностью которой определяется в большой степени КПД всего котла. Интенсивности теплообмена при конвекции зависит от разности температур и скорости омывания поверхности газом. Сечение газоходов подбирают таким образом, чтобы средняя скорость была 5...10 м/с. С ростом скорости растет сопротивление газового тракта котла и увеличивается износ поверхностей от истирания увлекаемыми потоком частичками золы. Увеличение сопротивления котла приводит к необходимости применения более высокой дымовой трубы или более мощного вентилятора и дымососа.

Второй способ повышения интенсивности теплообмена – увеличение разности температур. Температура теплоносителя изменяется мало, поэтому разность температур зависит от температуры дымовых газов. Наибольшая интенсивность наблюдается в месте входа газов из топки в конвективную часть – температура газов максимальна, объем максимален. Установлено, что котел с температурой уходящих в трубу газов в 300 °С с КПД равным 80% имеет в 1,5 раза меньшую площадь поверхностей конвективного теплообмена по сравнению с котлом при КПД 90%, это понятным образом отражается на размерах, материалоемкости и цене установки [2].

На интенсивность теплообмена в котле оказывает существенное влияние загрязнение теплопередающих элементов. Загрязнения бывают внешние и внутренние. Древесина при сжигании загрязняет поверхности котла золой, сажей, смолами и т.д. Причем интенсивность и состав этих загрязнений зависит в первую очередь от полноты сгорания топлива в топке.

При низкой температуре в зоне горения происходит интенсивное отложение трудноудаляемых смолистых отложений, при малом объеме топки или нерациональном подводе воздуха или избытке топлива происходит отложение сажи. Толщина отложений в котле может достигать 10 мм и более. При такой загрязненности, ни о какой экономичности работы котла речи не идет. Смолистые отложения и значительные отложения сажи при нормальной эксплуатации (с температурой обратной воды выше точки росы) признак наличия недостатков в конструкции котла, либо полной его непригодности для сжигания древесины. Но даже в самых лучших котлах происходит

незначительное накопление загрязнений при работе на биомассе, поэтому котел должен иметь легкий доступ для чистки. Только так можно добиться высокого КПД в процессе длительной эксплуатации, а не только в первые дни после пуска. Существует очень много различных моделей твердотопливных котлов, у которых есть возможность работы на дровах или пеллетах, но очень часто это изначально угольные котлы малопригодные для сжигания длиннопламенного топлива, так как топка не имеет теплоизоляции, размеры её недостаточны для полного сгорания большого количества летучих компонентов, конвективные поверхности имеют недостаточную площадь для охлаждения возросшего объема газов.

Результаты и обсуждение исследований.

Древесина традиционно использовалась человеком в качестве основного источника получения тепловой энергии на протяжении тысячелетий развития цивилизации. Ее применение в таком качестве практически не прекращалось, особенно в регионах, имеющих достаточно высокие запасы лесных ресурсов. Горение древесины представляет собой самоускоряющуюся экзотермическую химическую реакцию с кислородом, которая способна поддерживать себя за счет обратной связи распространяться в пространстве. Но для инициирования этой реакции необходим первоначальный импульс внешней тепловой энергии. Переход от медленного процесса разложения древесного материала к режиму горения соответствует условию, при котором скорость выделения тепла в результате химической реакции становится больше скорости тепловых потерь из зоны реакции. При этом состав продуктов горения древесины зависит и от условий, при которых происходит этот процесс. Он может быть: неполный – происходит при недостаточном доступе кислорода. В результате горения выделяются вещества, которые способны вновь гореть. К ним относятся: сажа, окись углерода и разные углеводороды. И полный, который возникает при достаточном доступе кислорода. В результате горения образуются продукты – углекислый и сернистый газ, водяной пар, – которые не способны больше гореть.

Цель оптимального процесса сгорания состоит в том, чтобы все свободные горючие газы были полностью сожжены. Безусловно, идеальный цикл сгорания должен стремиться к высокой тепловой мощности с небольшой частотой загрузки древесного топлива и образованием как можно меньшего количества загрязняющих природу веществ.

Заключение и выводы.

Максимальная температура горения древесины зависит от породы и может быть достигнута при следующих условиях: количество содержания влаги – не больше 20%; для горения используется замкнутое пространство; доступность

кислорода в необходимом объеме, что является одним из главных условий для горения древесины различных пород, а это, в свою очередь, в значительной степени зависит от конструкции топки. Кроме того, у каждой древесины свой химический состав и плотность. Чем плотнее дерево, тем больше от него теплоотдача. Особое значение для большей теплоотдачи древесины при горении, кроме плотности и наличия кислорода, имеет влажность дров.

Библиографический список

1. *Захаренко, Г.П.* Комплексное использование древесины: учебное пособие / Г.П. Захаренко. – Йошкар-Ола: МГТУ, 2006. – 104 с.
2. *Шегельман, И.Р.* Эффективное использование лесных ресурсов: учеб. пособие /И.Р. Шегельман, А.В. Кузнецов. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2008. – 88 с.

Сведения об авторах

ФИО Иванова И.В.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 9124-7866
e-mail irenalta@mail.ru

ФИО Иванов М.М.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 9478-2337
e-mail kafteplotex@yandex.ru

ФИО Лепяхова Г.С.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 9568-6834
e-mail kafteplotex@yandex.ru

Аннотация

Рассмотрены условия и основы процесса горения углеводородного топлива, каковым является древесина. Определено, что основной целью сжигания древесного топлива различных пород является полнота их сжигания и максимальное использование выделившийся тепловой и лучевой энергии. Другими словами, с целью улучшения процесса горения топлива в топке, требуется достичь таких условий его горения, при которых обеспечивается полнота протекания всех реакций и нейтрализация вредного воздействия балластных газов и продуктов горения.

Достижение таких условий возможно только в топках, у которых внутреннее пространство для сжигания древесного топлива и движение дымовых газов исполнено с учетом всех особенностей процессов горения древесины.

Ключевые слова: древесное топливо, дымовые газы, теплообмен, жаропроизводительность, топка, wood fuel, combustion gases, heat exchange, fire chamber.

УДК 620.91

Раздел рубрикатора ГРНТИ: 44.09.37

Твердые бытовые и производственные отходы как источники для биомассы

Жвакина С.В., Иванова И.В.

Введение.

Непрерывные колебания цен на нефтяные топлива и природный газ вследствие усиливающегося энергетического кризиса стимулируют проведение исследований возможных новых источников энергии. Одним из таких источников является биомасса, которая по своему составу может быть углеродсодержащей (растительный материал, древесная щепка, опилки, морские водоросли, зерно, бумага, упаковочная тара) или сахаросодержащая (сахарная свекла, сахарный тростник и т.п.). Естественно, что за счет энергии и топлив, получаемых из биомассы, нельзя полностью удовлетворить энергетические потребности, однако даже та небольшая доля энергии (порядка 6...10 %), которая может быть покрыта за счет биомассы, заслуживает внимания. Особенно важное значение имеет тот факт, что биомасса в отличие от ископаемых источников энергии – нефти, природного газа и угля – представляет собой возобновляющийся источник энергии, и при правильной организации ее воспроизводства и сбора доля энергии и топлив, получаемых из биомассы, может существенно возрасти. Ресурсы биомассы в различных ее

видах имеются практически во всех регионах России, и почти в каждом из них может быть налажено производство энергии и топлив из биомассы. Ферментацией 1 т органического вещества можно получить 350...500 м³ топливного газа с теплотой сгорания 4300...6000 ккал/м³, что эквивалентно 0,6...0,8 кг условного топлива [1].

Цели и задачи.

Целью работы является анализ твердых бытовых и производственных отходов как энергоэффективных источники для получения биомассы.

Методика исследования.

На сегодняшний день ведутся интенсивные поиски новых источников энергии. Одним из таких источников является биомасса, из которой может быть получено жидкое и газообразное топливо.

Под биомассой имеют в виду возобновляющееся органическое вещество, генерируемое растениями путем фотосинтеза. Первичным источником биомассы являются деревья, сельскохозяйственные культуры, водные растения. После сбора и переработки биомассы в товарные продукты образуются отходы, которые вместе с твердыми бытовыми отходами (ТБО) могут оказаться источником количества органического материала, пригодного для получения дополнительной энергии.

В настоящее время углеродсодержащие отходы оцениваются как один из возможных дополнительных источников энергии. По-видимому, именно использование остатков и отходов могут позволить начать удовлетворять значительную часть потребностей в энергии.

Рациональное использование и удаление твердых бытовых отходов, в особенности в крупных городах, является одной из важнейших проблем, связанных с охраной окружающей среды от загрязнений. К таким отходам можно отнести домашние отходы, отходы легкой промышленности и строительный мусор. Основной состав твердых бытовых отходов приведен в табл. 1.

Таблица 1. Ориентировочный состав твердых бытовых отходов [2]

№ п/п	Компоненты	Содержание, масс. %
1	Бумага	43,2
2	Металлы	8,0
3	Стекло, керамика, грунт	10,8
4	Пластмассы, резина, тряпье	4,5
5	Пищевые и животные отходы	23,5
6	Прочие отходы	10,0
7	Итого	100,0

Примерно 80% отходов относится к горючим материалам, из которых 65,6% имеет биологическое происхождение. К ним относится бумага, пищевые и животные отходы. Следует отметить, что процентное соотношение отдельных компонентов колеблется в зависимости не только от времени года, но и от района, что составляет основную проблему при использовании отходов в качестве источника энергии.

При анализе отходов определяют в первую очередь их влажность, а также содержание летучих горючих веществ, углерода и золы. Состав типичных твердых городских отходов приведен в табл. 2.

Таблица 2. **Химический состав типичных твердых городских отходов [2]**

Элемент	Содержание, масс. %	Элемент	Содержание, масс. %
Влага	26,04	Азот	0,28
Углерод	27,23	Хлор	0,20
Водород	3,85	Сера	0,26
Кислород	21,49	Зола	20,63

Содержание углерода и водорода в твердых бытовых отходах может быть довольно высока (в данном случае 31,08 %). Наиболее существенной характеристикой таких отходов с учетом возможного их использования в качестве топлив является низкое содержание серы – 0,26 %, что значительно ниже, чем в высококачественных топливах для котельных и углях с низким содержанием серы. Содержание азота с точки зрения образования его оксидов при обычном сжигании отходов также не вызывает опасений. Высшая теплота сгорания таких отходов может изменяться в пределах 9300...11600 кДж/кг. Однако не все собранные отходы могут быть практически использованы для получения энергии.

Данные, собранные в ходе исследовательской работы, свидетельствуют о том, что для обеспечения рентабельности предприятия по производству энергии из отходов оно должно перерабатывать не менее 270 т отходов в сутки. Наиболее подходящим местом для размещения предприятия по производству энергии из отходов могут быть города с населением численностью 150...200 тыс. чел. В таких городах из твердых бытовых отходов может быть получено примерно $(0,74...1,06) \cdot 10^{15}$ кДж энергии в год.

В связи с разнородностью твердых бытовых отходов, а также разнообразием условий окружающей среды, социальными, техническими и другими ограничениями в большинстве случаев, прежде чем использовать твердые бытовые отходы в качестве топлива, их необходимо обогатить. Обогащение может быть произведено вручную или механически. Современный

механический способ обогащения всех отходов обычно включает воздушную и магнитную сепарацию и грохочение. Последовательность операций и время, расходуемое на каждую из них, могут быть различными. В результате указанных операций от перерабатываемой массы отходов отделяются металлы и стекло и, таким образом, обогащается органическая часть. Из данных, приведенных в табл. 3, можно видеть, что в результате обогащения и осушки теплота сгорания топлива, полученного из отходов, увеличивается, приближаясь к теплоте сгорания угля, а содержание влаги и золы снижается (с 17,3 до 7,8 г/МДж).

Таблица 3. Характеристики топлив, полученных из отходов и угля [3]

№ п/п	Вид топлива	Влага, %	Зола, г/МДж	Теплота сгорания, кДж/кг	
				до осушки	после сушки
1	2	3	4	5	6
1	Топливо, полученное из твердых отходов:				
	до обогащения	22,5	17,3	12 111	15 627
	после обогащения	16,3	7,8	15 541	18 568
2	Каменный уголь	12,5	2,8	26 875	—

Биомасса в качестве источника энергии используется с древнейших времен. До сих пор древесное топливо остается основным источником энергии в большей части мира.

Дрова были основным видом топлива в России до тех пор, пока в конце XIX века на смену им не пришли ископаемые топлива – вначале в виде угля, а затем нефти и природного газа. Появление новых видов топлива, истощение лесов, а также постоянное увеличение потребностей в лесотехническом сырье для производства бумаги, строительных и других материалов привели к резкому сокращению использования продуктов леса в качестве топлива. Однако при неблагоприятном положении с поставкой энергии в удаленных районах роль продуктов леса для производства тепловой энергии возрастает.

Отходы, накапливаемые в процессе лесозаготовок и лесопереработки, можно разделить на две большие группы: отходы леса и производственные отходы. Первые образуются непосредственно в лесу и включают опавшие ветви, погибшие деревья, остатки от сгоревших деревьев и отходы, возникающие в процессе отбраковки, заготовки и транспортировки. Наибольшее количество отходов приходится на отбраковку (в том числе

погибших и перестоявших деревьев), а также на заготовку и транспортировку. С точки зрения энергоресурсов именно эти отходы представляют наибольший интерес.

Основное количество производственных отходов образуется в процессе переработки лесоматериалов и приготовления пульпы для производства бумаги.

Количество отходов в виде сломанных деревьев, а также кроны ветвей и корни деревьев, образующихся при лесозаготовках, зависит от породы леса, его географического местонахождения, методов заготовки, характера местности и других факторов. Отходы при лесозаготовках преимущественно состоят из древесины и целлюлозы, и их основными составляющими элементами являются углерод, кислород и водород. На долю углерода приходится около 50 масс. %, кислорода – 40 масс. % и водорода – 5 масс. %. Теплота сгорания отходов лесозаготовок равна примерно 18 610 кДж/кг сухой массы. Количество золы отходов зависит от метода их сбора. При выполнении некоторых операций в отходы попадают минеральные загрязнения в виде камней, грязи и песка, что приводит к резкому увеличению содержания золы. Обычно в древесине содержится 1,0 % золы, а в коре – от 2 до 10 % [1].

Производственные отходы, образующиеся в процессе переработки древесины и используемые в качестве источника энергии, состоят главным образом из коры и горбыля. Химический состав и теплота сгорания топлива из древесины, коры и горбыля приведены в табл. 4.

Таблица 4. Химический состав топлив на сухую массу из древесины, коры и горбыля в % [4]

№ п/п	Элемент	Древесина (сосна)	Кора		Горбыль пихты
			дубовая	сосновая	
1	Углерод	52,6	49,7	53,4	52,3
2	Кислород	40,1	39,3	37,9	40,5
3	Водород	7,0	5,4	5,6	6,3
4	Азот	–	0,2	0,1	–
5	Сера	–	0,1	0,1	–
6	Зола	1,31	5,3	2,9	0,8
7	Теплота сгорания, кДж/кг	22 300	19 420	20 950	21 000

Согласно данным этой таблицы, основными элементами отходов являются углерод, кислород и водород, на долю которых приходится соответственно 50, 40 и 6% их сухой массы; теплота сгорания отходов колеблется от 19 420 до 22 300 кДж/кг.

Содержание влаги в древесине и древесной коре колеблется в значительных пределах. Это объясняется не только наличием связанной воды и пористой структуре, но и влиянием на содержание воды времени года, а также географического размещения растений. Содержание влаги зависит также от способов хранения и транспортировки древесины. Так, например, при транспортировке лесоматериалов по воде содержание влаги в них может достигнуть 80 % [19, 22]. Как правило, содержание влаги в горбыле составляет около 50 %.

На рис. 1 предложена схема исследований для анализа дополнительных источников энергии для производства жидкого и газообразного топлива.

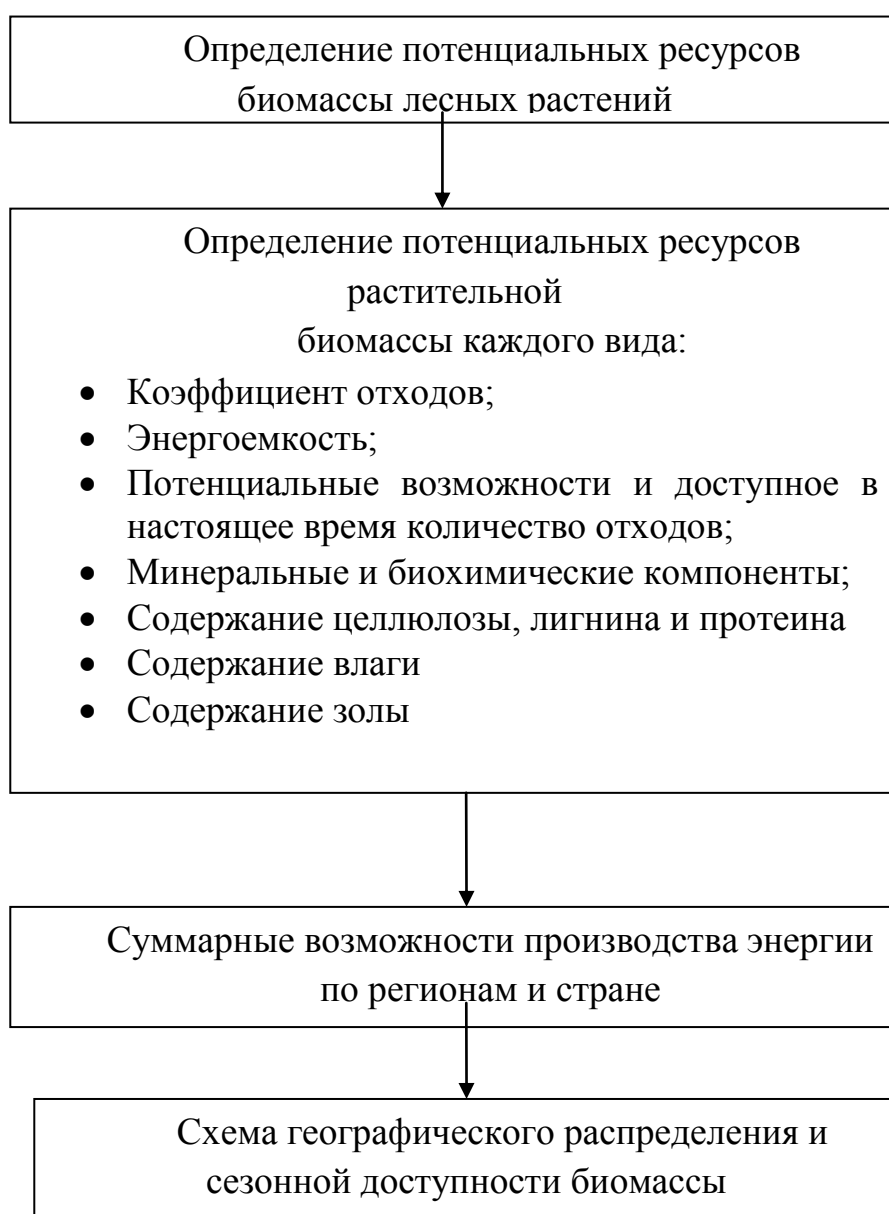


Рис. 1. Аналитическая схема получения данных, необходимых для прогнозирования потенциальных ресурсов биомассы

Заключение и выводы.

При прогнозировании энергетического потенциала остатков, включая отходы, следует иметь в виду, что:

1) источником энергии может являться лишь органическая часть остатков. В данном случае подразумеваются не только продукты биологического происхождения, так как, по крайней мере, 70 % общего количества городских остатков представляют собой горючие материалы;

2) для получения энергии может быть использована лишь часть горючих остатков из-за их неравномерного распределения;

3) необходимые точные данные о темпах накопления городских и лесных отходов и их количестве, как правило, отсутствуют;

4) некоторые горючие отходы, пригодные для использования в качестве источников энергии, могут находить более эффективное применение.

Библиографический список

1. Перспективы развития ВИЭ в России. Программа Европейского проекта TACIS для Российской Федерации. – М.: Изд-во «Атмограф», 2009. – 455 с.
2. *Гринин, А.С.* Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка / А. С. Гринин, В. Н. Новиков. – Москва: Фаир-пресс, 2002. – 336 с.
3. Утилизация и переработка твёрдых бытовых отходов: учебное пособие / А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.Г. Однолько, М.В. Соколов, П.В. Макеев, И.В. Шашков. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 188 с.
4. Головков, С.И., Коперин, И.Ф., Найденов, В.И. Энергетическое использование древесных отходов. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 224 с.

Сведения об авторах

ФИО	Жвакина С.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	8034-3297
e-mail	zsanita@inbox.ru

ФИО	Иванова И.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	9124-7866
e-mail	irenalta@mail.ru

Аннотация

Проанализированы твердые бытовые и производственные отходы на примере отходов леса при заготовке и транспортировке, и отходов леса при производстве лесоматериалов, предложена аналитическая схема получения данных, необходимых для прогнозирования потенциальных ресурсов биомассы.

Выводы. При прогнозировании энергетического потенциала остатков, включая отходы, следует иметь в виду, что:

1) источником энергии может являться лишь органическая часть остатков. В данном случае подразумеваются не только продукты биологического происхождения, так как, по крайней мере, 70 % общего количества городских остатков представляют собой горючие материалы;

2) для получения энергии может быть использована лишь часть горючих остатков из-за их неравномерного распределения;

3) необходимые точные данные о темпах накопления городских и лесных отходов и их количестве, как правило, отсутствуют;

4) некоторые горючие отходы, пригодные для использования в качестве источников энергии, могут находить более эффективное применение.

Ключевые слова: биомасса, биотопливо, возобновляемые источники энергии, твердые бытовые отходы; производственные отходы; biomass, biofuels, renewable energy, municipal solid waste; industrial waste.

УДК 620.91

Раздел рубрикатора ГРНТИ: 62.35.02.

Технические аспекты производства биомассы

Жвакина С.В., Иванова И.В.

Введение.

Любая растительная биомасса является потенциальным источником энергетического сырья. Однако наибольший интерес представляет древесная биомасса, поскольку она является наиболее доступной и, кроме того, известна технология ее переработки в топливо и химическое сырье. В настоящее время Россия может рассчитывать на значительные ресурсы древесины в виде нетоварного леса и отходов деревоперерабатывающей промышленности. Примерно из одной трети прогнозируемых ресурсов древесины может быть получено энергетическое сырье, по стоимости конкурентоспособное с ископаемым топливом. Однако, если лесоводство будет поддерживаться на уровне начала века, а потребности в древесине и отходах лесной

промышленности возрастать, то к 2030 г. потенциально доступное количество древесного топлива может резко сократиться. Кроме того, к 2030 г. возрастет стоимость большей части доступных ресурсов древесного топлива, так как недорогие и доступные отходы леса будут все в большей мере использоваться в деревоперерабатывающей промышленности [1].

Цели и задачи.

Целью работы является поиск возможных решений для организации лесоводческих энергетических хозяйств, т.е. предприятий по производству древесного топлива.

Методика исследования.

Для увеличения ресурсов древесного топлива могут быть использованы разные способы. В обычном лесоводческом хозяйстве, рассчитанном на обеспечение производства различных лесоматериалов, фанеры, древесной массы и бумаги, деревья выращиваются на плантациях. На таких плантациях деревья отстоят довольно далеко друг от друга и вырастают до товарных размеров, т.е. до размеров, необходимых для производства древесных продуктов. Для достижения товарных размеров требуется от 30 до 80 лет и более. Поскольку лесная культура, предназначенная для переработки, должна иметь определенные размеры, применяют методы одиночной вырубki деревьев, что позволяет сохранить целостность культуры.

Если при определении сроков конечного использования деревьев их размеры не имеют большого значения, то возможны более короткие периоды оборота. Так, например, размеры деревьев не играют существенной роли при получении из них древесной щепы для топлива или сырья для переработки. Под короткими периодами оборота следует понимать 20 лет и менее. Такие периоды оборота, как правило, сочетаются с частой посадкой деревьев для полного использования площади.

Лесоводческие хозяйства с коротким периодом оборота, по-видимому, целесообразно создавать для производства древесной клетчатки [2]. Первоначальные исследования показали, что по продуктивности биомассы деревья, произрастающие в таких хозяйствах, значительно превосходят обычные лесные плантации: среднегодовой прирост с 1 га может достигать 12,4...24,7 т биомассы печной сушки по сравнению с 2,5...7,4 т биомассы печной сушки в обычном лесу.

Для достижения больших выходов при оборотах с коротким периодом требуется интенсивное ведение хозяйства на плантациях. Во многих случаях уровень такого ведения хозяйства по затратам труда сравним с уровнем выращивания сельскохозяйственных культур. Поэтому было предложено [2] для выращивания деревьев с целью использования их в качестве источника

энергии применять методы, культивируемые для увеличения выхода древесины при обороте с коротким периодом, предназначенной для производства клетчатки.

Как уже отмечалось, лесоводческие энергетические хозяйства предназначены, прежде всего, для производства древесной биомассы на участках с коротким периодом оборота и ведения интенсивного хозяйства с целью получения биомассы исключительно в качестве энергетического сырья. С точки зрения производительности биомассы такие хозяйства обладают рядом преимуществ по сравнению с обычными лесными плантациями: более высокий выход биомассы на единицу площади, использование меньших площадей для производства такого же количества биомассы, более ранняя окупаемость капиталовложений, возможность применения экстенсивной механизации, подобно той, которую применяют в сельском хозяйстве, и более ускоренного внедрения научно-технических достижений в области растительных культур и генетики. Более того, из различных видов пород леса могут быть выбраны такие культуры с коротким периодом оборота, разведение которых возможно путем высаживания молодняка, что позволяет уменьшить расходы на восстановление и разведение плантаций. Вместе с тем первоначальные затраты и эксплуатационные расходы на единицу площади в лесоводческих энергетических хозяйствах обычно выше, чем при обычном разведении лесных культур. Кроме того, для таких хозяйств необходимы площади, пригодные для применения средств механизации.

Несмотря на то, что изучены многие аспекты вопроса создания лесоводческих энергетических хозяйств с коротким периодом оборота и определены потребности в площадях для таких хозяйств, до сих пор не создано ни одного не только полноценного, но даже опытного участка такого хозяйства. Поэтому рассмотрим модель гипотетического лесоводческого энергетического хозяйства, рис. 1.

Чтобы повысить эффективность хозяйства, улучшить рост саженцев, разветвление и развитие молодняка, в первой половине каждого оборота необходима ирригация. Для предотвращения истощения почвы в нее ежегодно вводятся азотные, фосфорные и калиевые удобрения. Борьба с сорняками осуществляется путем обработки почвы дискованием между рядами деревьев в течение трех лет каждого периода оборота. Можно полагать, что густота растительного покрова ко второму году оборота будет достаточной.

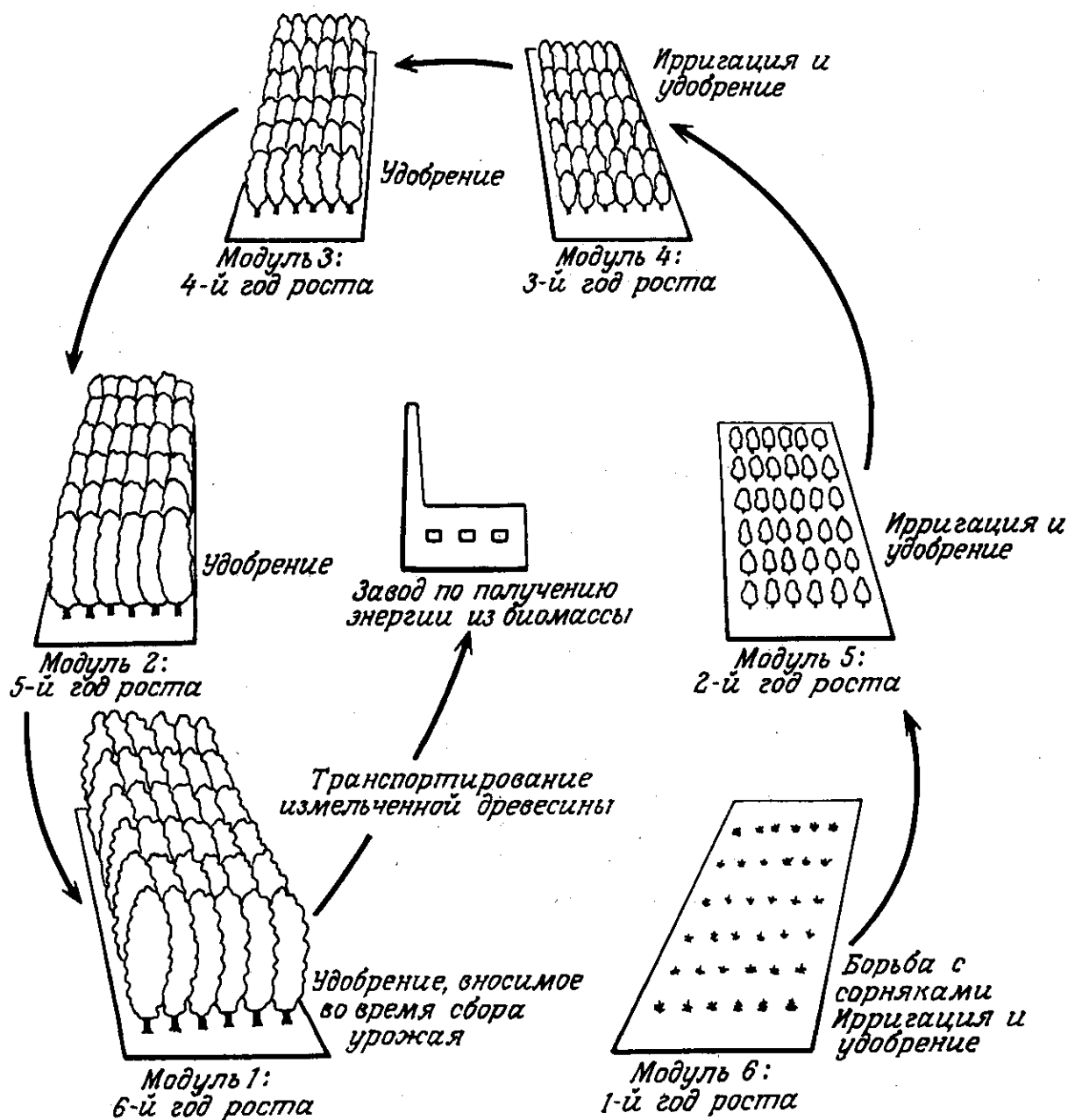


Рис. 1. Схема гипотетического лесоводческого энергетического хозяйства, эксплуатируемого с шестилетним периодом оборота [2]

Для уборки урожая применяется самоходный комбайн, аналогичный комбайну для уборки кукурузы на силос. Такая машина срезает ряды деревьев, дробя их в щепу, выбрасываемую в прицепленный к комбайну вагон. Уборка урожая осуществляется в период покоя растений, щепа хранится в полевых условиях. Затем она доставляется грузовыми автомобилями на завод по производству энергии, расположенный в центре географического района, в котором находится лесоводческое энергетическое хозяйство. Для облегчения доступа к плантациям и на территории плантаций необходимо проложить

рабочие дороги. Планирование, наблюдение, снабжение и техническое обслуживание оборудования также являются частью эксплуатации хозяйства.

Вся площадь хозяйства разделена на шесть годовых модулей, каждый из которых засаживается деревьями с интервалом в один год. После первых шести лет наблюдается следующая ситуация: модуль 1, засаженный шесть лет тому назад, готов для сбора урожая, а модуль 6 приближается к своему первому году роста. На рис. 1 указаны основные операции, которые необходимо производить на различных модулях. Начиная с седьмого года ситуация повторяется, при этом каждый модуль сдвигается ежегодно на одну позицию против часовой стрелки. Таким образом, через семь лет модуль 1 становится модулем 6 и т.д., а модуль 2 достигает шестилетнего роста и готов к сбору урожая. Во время первого года второго периода оборота (на седьмом году) модуль 1 не надо засаживать, так как повторный рост будет происходить за счет поросли. Однако остальные операции будут повторяться в ходе второго и следующих периодов.

Годовые работы в энергетическом хозяйстве включают ирригацию модулей в период от первого до третьего роста, внесение удобрений, контроль за сорняками в первый год роста, сбор урожая с одного модуля, транспортирование древесной щепы, техническое обслуживание оборудования и обеспечение крепления молодой поросли.

Транспортирование дробленой биомассы из районов полевого хранения на заводы по производству энергии осуществляется грузовым автомобильным транспортом с полуприцепами, снабженными гидравлическими опрокидывателями.

Лесоводческие энергетические хозяйства требуют интенсивного ведения производства биомассы и должны проектироваться с учетом высокой степени механизации. Для реализации как первого, так и второго требуется значительное количество энергии. Поэтому для оценки количества энергии, производимой лесоводческим энергетическим хозяйством, необходимо знать, какое количество энергии содержится в биомассе и какое количество энергии потребляется при эксплуатации хозяйства. В энергетический баланс не включается ни энергия, требующаяся для работы полевого оборудования, ни энергия, используемая при создании энергетического хозяйства.

Чтобы лесоводческие хозяйства могли в значительной степени удовлетворить энергетические нужды страны, необходимы большие земельные участки для производства лесной биомассы. Так, например, для получения древесного топлива в год, по энергоемкости отвечающего $5,3 \cdot 10^{12}$ МДж, при сборе 17,3 т биомассы печной сушки с гектара придется зарезервировать площадь в 16,2 млн. га. В связи с этим могут возникнуть серьезные затруднения

при выборе земель, подходящих для деревьев твердых пород, продуктивность которых зависит от плодородности почвы.

Выводы.

Производство древесной клетчатки на основе лесных твердопородных плантаций с коротким периодом оборота в крупных масштабах является промышленной реальностью. И можно предположить, что концепция лесоводческих энергетических ферм является жизнеспособной.

Анализ проектов гипотетических лесоводческих энергетических хозяйств показывает, что древесная биомасса, производимая такими хозяйствами, может конкурировать с ископаемыми топливами и что лесоводческие энергетические хозяйства следует рассматривать как один из долгосрочных возобновляющихся источников энергии.

При условии достаточного количества земель лесоводческие энергетические хозяйства могут сыграть важную роль в снижении потребления ископаемых топлив. Количество земли, которое потребуется выделить для лесоводческих энергетических хозяйств, зависит от экономических, социальных и других факторов.

Библиографический список

1. Перспективы развития ВИЭ в России. Программа Европейского проекта TACIS для Российской Федерации. – М.: Изд-во «Атмограф», 2009. – 455 с.
2. Дж. Хенри. Лесоводческие энергетические хозяйства // Биомасса как источник энергии. Пер. с англ. Под ред. С. Соуфера, О. Заборски, - М.: Мир, 1983. – С. 73 – 93.

Сведения об авторах

ФИО	Жвакина С.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	8034-3297
e-mail	zsanita@inbox.ru

ФИО	Иванова И.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	9124-7866
e-mail	irenalta@mail.ru

Аннотация

Для увеличения ресурсов древесного топлива могут использоваться лесоводческие энергетические хозяйства, что позволит увеличить площади посаженных лесов и собирать необходимую биомассу без ущерба для экологической обстановки задействованного региона. Однако реализация такого способа требует большого количества времени до 50 лет, поэтому приобретает актуальность создания лесных энергетических хозяйств на шесть годовых модулей.

С точки зрения производительности биомассы такие хозяйства обладают рядом преимуществ по сравнению с обычными лесными плантациями:

- 1) более высокий выход биомассы на единицу площади;
- 2) использование меньших площадей для производства такого же количества биомассы;
- 3) более ранняя окупаемость капиталовложений;
- 4) возможность применения экстенсивной механизации, подобно той, которую применяют в сельском хозяйстве;
- 5) более ускоренного внедрения научно-технических достижений в области растительных культур и генетики.

Ключевые слова: биомасса, биотопливо, древесина, лесоводческое энергетическое хозяйство; biomass, biofuels, wood, forestry energy.

УДК 620.91

Раздел рубрикатора ГРНТИ: 62.35.02.

Современные методы получения энергии из биомассы

Иванова И.В., Тюляков В.Е.

Введение.

Россия обладает огромными запасами биоресурсов, включая сельскохозяйственные и лесные отходы. Количество органических отходов разных отраслей народного хозяйства России составляет 390 млн. т., а в то же время 70% территории России не имеет надежного централизованного энергоснабжения [1]. Внедрение биогазовых технологий может обеспечить бытовые энергетические нужды населения, проживающего вдали от систем централизованного обеспечения энергией. Практически все виды «сырой» биомассы достаточно быстро разлагаются, поэтому немногие пригодны для длительного хранения. Из-за относительно низкой энергетической плотности транспортировка биомассы на большие расстояния нецелесообразна.

Цели и задачи.

В зависимости от свойств «органического сырья» – как одного из видов возобновляемых источников энергии, возможны различные технологии его энергетического использования. Целью данной работы является поиск оптимальных методов использования биомассы.

Методика исследования.

Для использования сухой биомассы наиболее эффективны термохимические технологии (прямое сжигание, газификация, пиролиз и т.п.). Для влажной биомассы – биохимические технологии переработки с получением биогаза (анаэробное разложение органического сырья) или жидких биотоплив (процессы сбраживания). Таким образом, методы получения энергии из биомассы основаны на следующих процессах [2, 3]:

1) Прямое сжигание биомассы.

2) Термохимическое преобразование для получения обогащенного топлива. Процессы этой категории включают пиролиз, газификацию и сжижение.

3) Биологическое преобразование. Такие естественные процессы, как анаэробное сбраживание и ферментация приводят к образованию полезного газообразного или жидкого топлива.

В некоторых из перечисленных процессов побочным продуктом является тепло. Оно обычно используется на месте образования или на небольшом удалении для теплоснабжения, в химических процессах или для производства пара и последующего получения электроэнергии.

Технология прямого сжигания представляет собой наиболее очевидный способ извлечения энергии из биомассы. Она проста, хорошо изучена и коммерчески доступна. Существует множество типов и размеров систем прямого сжигания, в которых можно сжигать различные виды топлива: птичий помет, соломенные тюки, дрова, муниципальные отходы и автомобильные шины [4]. Тепло, получаемое при сжигании биомассы, может использоваться для отопления и горячего водоснабжения, для производства электроэнергии и в промышленных процессах. Одной из проблем, связанных с непосредственным сжиганием, является его низкая эффективность. В случае использования открытого пламени большая часть тепла теряется.

Сжигание древесины может быть разбито на четыре фазы:

1) Кипение воды, содержащейся в древесине. Даже древесина, высушенная в течение нескольких лет, содержит от 15 до 20% воды в клеточной структуре.

2) Выделение газовой (летучей) составляющей. Очень важно, чтобы эти газы сгорали, а не «вылетали в трубу».

3) Выделяющиеся газы смешиваются с атмосферным воздухом и сгорают под воздействием высокой температуры.

4) Сгорание остатков древесины (преимущественно углерод). При хорошем сжигании энергия используется полностью. Единственным остатком является небольшое количество золы.

Для эффективного сжигания необходимы три условия:

- 1) Достаточно высокая температура;
- 2) Достаточно количество воздуха;
- 3) Достаточно время для полного сгорания.

Если количество поступающего воздуха недостаточно, сгорание происходит не полностью. При этом образуется черный дым, состоящий из несгоревшего углерода. В результате образуются отложения сажи в дымоходе, повышающие опасность возгорания. Если количество поступающего воздуха слишком велико, то температура в зоне горения снижается и газы покидают ее несгоревшими, унося тепло. Правильное количество воздуха приводит к оптимальному использованию топлива. При этом не образуются запах и дым, невелика опасность возгорания в дымоходе. Регулирование количества воздуха зависит от конструкции дымохода и тяги, которую он может обеспечить.

Прямое сжигание является простейшим и наиболее распространенным методом получения энергии, содержащейся в биомассе. Кипячение воды в кастрюле над горящими дровами представляет собой простейший процесс. К сожалению, он также является и малоэффективным, как показывают простейшие вычисления.

Один кубический метр сухой древесины содержит 10 ГДж энергии (десять миллионов кДж). Для нагревания 1 литра воды на 1 градус требуется 4,2 кДж тепловой энергии. Для того, чтобы довести до кипения литр воды, потребуется менее 400 кДж, содержащиеся в 40 кубических сантиметрах древесины, то есть небольшая деревянная палочка. На практике на открытом огне потребуется, по крайней мере, в 50 раз большее количество древесины. Эффективность преобразования не превышает 2% [2].

Разработка печей или котлов, способных эффективно использовать энергию топлива, требует понимания процессов сгорания твердого топлива. Первым процессом, потребляющим энергию, является испарение содержащейся в древесине воды. Для относительно сухого топлива на испарение используется лишь несколько процентов от общего количества выделяемой энергии. В самом процессе сгорания всегда имеются две стадии, потому что любое твердое топливо содержит две сгораемые составляющие. Летучие компоненты выделяются из топлива при повышении температуры в

виде смеси паров и испаренных смол и масел. При сжигании этих продуктов образуются небольшие пиролизные струи.

Современные устройства для сжигания (котлы) обычно производят тепло, пар, используемый в промышленных процессах, или электроэнергию. Устройство систем прямого сжигания варьируется в зависимости от варианта использования. Выбор топлива также влияет на дизайн и эффективность систем сжигания. Системы прямого сжигания биомассы подобны аналогичным устройствам, сжигающим уголь. На практике биомасса может сжигаться совместно с углем в небольшой пропорции в существующих угольных котлах. Биомасса, сжигаемая совместно с углем, представляет собой дешевое сырье, например отходы лесного или сельского хозяйства. Это помогает уменьшить выбросы в атмосферу, обычно связанные с использованием угля. Уголь представляет собой окаменевшую в течение миллионов лет биомассу. В процессе нагрева и сжатия в глубинах земной коры уголь накапливает такие химические элементы, как фосфор и ртуть. В процессе сжигания угля для производства тепловой или электрической энергии эти элементы высвобождаются и попадают в атмосферу. В «сырой» биомассе эти элементы отсутствуют.

Пиролиз представляет собой простейший и, по-видимому, самый старый способ преобразования одного вида топлива в другой с лучшими показателями. Разные виды высокоэнергетического топлива могут быть получены с помощью нагрева сухой древесины и даже соломы. Процесс использовался в течение столетий для получения древесного угля.

Традиционный пиролиз заключается в нагреве исходного материала (который часто превращается в порошок или измельчается перед помещением в реактор) в условиях почти полного отсутствия воздуха, обычно до температуры 300...500 °С до полного удаления летучей фракции. Остаток, известный под названием древесный уголь, имеет двойную энергетическую плотность по сравнению с исходным материалом и сгорает при значительно более высоких температурах. В зависимости от влажности и эффективности процесса, 4...10 тонн древесины требуется для производства 1 тонны древесного угля. В случае если летучие вещества не собираются, древесный уголь содержит две трети энергии исходного сырья.

Пиролиз может проводиться в присутствии малого количества кислорода (газификация), воды (паровая газификация) и водорода (гидрогенизация). Одним из наиболее полезных продуктов в этом случае является метан, представляющий собой топливо для производства электроэнергии с помощью высокоэффективных газовых турбин [4].

Более сложная техника пиролиза позволяет собрать летучие вещества. Кроме того, контроль температуры позволяет контролировать их состав. Жидкие продукты могут использоваться в качестве жидкого топлива. Однако они содержат кислоты и должны очищаться перед использованием. Быстрый пиролиз растительных материалов, например древесины или скорлупы орехов, при температурах 800...900 °С приводит к образованию 10% твердого древесного угля и преобразует 60% исходного сырья в газ, содержащий большое количество водорода и монооксида углерода. Этот метод может составить конкуренцию традиционному пиролизу, однако для широкого коммерческого использования его необходимо отработать.

В настоящее время традиционный пиролиз считается наиболее привлекательным видом технологии. Использование относительно низких температур означает, что в атмосферу попадает малое количество загрязнителей, если сравнивать со сжиганием. Это обстоятельство дает экологическое преимущество пиролизу при переработке некоторых видов отходов. Предпринимаются попытки использования малых пиролизных установок для переработки отходов производства пластика, а также использованных автомобильных шин. Хранение или захоронение этих материалов вызывает растущую озабоченность в мире.

В процессе газификации древесины образуется горючий газ, представляющий собой смесь водорода, угарного газа (монооксида углерода), метана и некоторых негорючих сопутствующих компонентов. Это достигается частичным сжиганием и частичным нагревом биомассы (с использованием тепла ограниченного горения) в присутствии древесного угля (естественного продукта сжигания биомассы). Газ может использоваться вместо бензина. При этом мощность автомобильного двигателя снижается на 40%. Возможно, что в будущем этот вид топлива станет основным источником энергии для электростанций [4].

В газификаторах, использующих кислород вместо воздуха, можно получать газ, состоящий преимущественно из H_2 , CO и CO_2 . Представляет интерес то обстоятельство, что после удаления CO_2 можно получить так называемый синтез-газ, из которого в свою очередь можно синтезировать практически любое углеводородное сырье. В частности, при взаимодействии H_2 и CO получается чистый метан.

Другим возможным продуктом является метанол – жидкий углеводород с теплотворной способностью 23 ГДж/т. Производство метанола требует организации сложного химического процесса с высокими температурами и давлением и дорогого оборудования. Несмотря на это, интерес к производству метанола объясняется тем, что он представляет собой ценный продукт - жидкое

топливо, способное непосредственно заменить бензин. В настоящее время производство метанола с использованием синтез-газа не является коммерческим. Однако технология существует для использования угля в качестве сырья. Она была развита странами, имеющими большой угольный потенциал, в периоды перебоев с поставками нефти [4].

Ферментация сахарного раствора является процессом, при котором производится этанол (этиловый спирт). Этанол является высокоэнергетическим жидким топливом, которое может использоваться вместо бензина в автомобилях. Этот вид топлива успешно используется в Бразилии. Пригодным сырьем для производства этанола является сахарная свекла или фрукты. Сахароза может быть получена из овощного крахмала и целлюлозы в процессе пульпирования и варки, а также из целлюлозы после измельчения и обработки горячими кислотами. После ферментации в течение 30 часов раствор содержит 6...10% спирта, который может быть выделен в процессе дистилляции.

Ферментация представляет собой анаэробный биологический процесс, в котором сахар превращается в спирт под воздействием микроорганизмов (обычно дрожжей). Обычным продуктом является этанол (C_2H_5OH), а не метанол (CH_3OH). Он может использоваться в двигателях внутреннего сгорания: либо непосредственно в специально модифицированных двигателях, либо в качестве добавки к бензину. При этом получается так называемый газохол – бензин, содержащий до 20% этанола.

Ценность конкретного вида биомассы в качестве сырья для ферментации зависит от его способности образовывать сахар. Наилучший из известных источников этанола – сахарный тростник или меласса, остающаяся после выделения тростникового сока. Другие культуры, содержащие углеводороды в виде крахмала (картофель, кукуруза и другие зерновые) требуют дополнительной обработки для получения сахара из крахмала. Этот процесс реализуется при производстве некоторых алкогольных напитков с помощью ферментов, содержащихся в солоде. Даже древесина может быть сырьем. Однако содержащиеся в ней углеводороды (целлюлоза) с трудом разлагаются до сахаров под воздействием кислоты и ферментов, вызывая сложности при практической реализации процесса.

Жидкость, получающаяся в процессе ферментации, содержит около 10% этанола, который нужно выделить с помощью дистилляции для дальнейшего использования. Энергетическое содержание конечного продукта около 30 ГДж/т или 24 ГДж/м³. Процесс требует большого количества тепла, которое обычно получается из растительных отходов (например, жома сахарного тростника или стеблей и початков кукурузы). Потери энергии в процессе ферментации значительны, однако этот недостаток компенсируется удобством

использования и транспортировки жидкого топлива, относительно низкой ценой и доступностью технологии [4].

Природа обладает средством разрушения и удаления отходов, а также мертвых растений и животных. Работу по разрушению производят бактерии. Навоз и компост, используемые в качестве удобрения, также получают в процессе декомпозиции органических материалов. Если части отмирающих растений и животных попадают в воду, то в последствии на поверхности воды можно заметить пузырьки, поднимающиеся со дна. Газ, содержащийся в пузырьках, способен возгораться. Этот загадочный феномен известен человеку многие века. Секрет был раскрыт учеными около 200 лет тому назад. Процесс представляет собой разложение органики в отсутствие воздуха (кислорода). Газ, образование которого обычно отмечалось на болотах, был назван и до сих пор называется болотным газом. Этот газ, называемый также биогазом, представляет собой смесь метана (CH_4) и двуокиси углерода (CO_2). Впервые биогаз был исследован и описан Александро Вольта (Alessandro Volta) в 1776 году. Хемфри Девы (Humphery Davy) впервые в начале 1800 года показал, что горючий газ метан содержится в навозе. В дальнейшем были развиты биогазовые технологии, позволяющие получить биогаз из любых биodeградирующих материалов в искусственно созданных условиях.

Анаэробное сбраживание, как и пиролиз, реализуется при отсутствии воздуха. Однако в этом случае декомпозиция происходит под воздействием бактерий, а не высоких температур. Это процесс, происходящий практически во всех биологических материалах и ускоряющийся в теплых и влажных условиях (естественно, при отсутствии воздуха). Часто он имеет место при разложении растений на дне водоемов.

Анаэробное сбраживание также происходит в условиях, создаваемых в процессе человеческой деятельности. Например, биогаз образуется в местах концентрации сточных вод, навозных стоков ферм, а также твердых бытовых отходов на свалках и полигонах. В обоих случаях биогаз представляет собой смесь, преимущественно состоящую из метана и двуокиси углерода. Основные отличия заключаются в природе исходного материала, масштабах и темпе образования биогаза, приводящие к весьма отличающимся технологиям для этих источников.

Химия процесса образования биогаза достаточно сложна. Сложная популяция бактерий разлагает органические материалы в сахара, а затем в различные кислоты, из которых в свою очередь получается биогаз. При этом остается инертный остаток, состав которого зависит от типа установки и исходного сырья [4].

Результаты и обсуждение исследований.

Поиск и эффективное использование альтернативных источников энергии в последние десятилетия становятся одними из важнейших научно-технических задач, решаемых мировым сообществом.

Перспектива замены традиционных источников энергии – угля, нефти, газа, запасы которых являются невозполнимыми, – ядерным топливом в ряде стран ставится под сомнение. Несмотря на высокую экономическую эффективность ядерной энергетики, обеспечение ее безопасности зачастую становится определяющим фактором при принятии решений по строительству ядерных станций. В этой связи многие страны проводят интенсивные исследования по развитию энергетики, основанной на использовании возобновляемых природных ресурсов, в первую очередь древесины. Древесина традиционно использовалась человеком в качестве основного источника получения тепловой энергии на протяжении тысячелетий развития цивилизации. Ее применение в таком качестве практически не прекращалось, особенно в регионах, имеющих достаточно высокие запасы лесных ресурсов. Данное обстоятельство позволило рассматривать древесину как биотопливо при развитии альтернативной энергетики на промышленной основе.

Каждый вид древесного биотоплива предполагает применение определенных технологий его производства, транспортировки, хранения и использования (сжигания). Россия обладает огромными перспективами в области производства биотоплива. В настоящее время в теплоэнергетике назрела необходимость создания программы по производству биотоплива.

Заключение и выводы.

В настоящее время в теплоэнергетике назрела необходимость создания программы по производству биотоплива.

В заключении сформулированы перспективы развития биоэнергетики в России:

1. Стабильное использование лесных ресурсов для постоянного увеличения продукции с высокой добавленной стоимостью;
2. Формирование новых направлений, в основе которых лежит более полное, углубленное использование древесных ресурсов;
3. Развитие сотрудничества с другими отраслями экономики;
4. Создание новых рабочих мест;
5. Увеличение уровня использования местных видов топлива;
6. Предотвращение изменения климата через сокращение выбросов парниковых газов.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 53790-2010. Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Общие технические требования к биогазовым установкам. М.: Стандартинформ, 2011. – 16 с.
2. Федоренчик, А.С. Биотопливо из древесного сырья. / А.С. Федоренчик, А.В. Ледницкий, Н.И. Кожухов, В.Д. Никишов. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. – 384 с.
3. Древесина для производства энергии. Технология – окружающая среда – экономика. / Дат. ин-т леса и ландшафтов; Хелле Серуп и др. – 2-е изд. – Нерсхолм, 1999.
4. Панцхава, Е.С. Биогазовые технологии. Проблемы экологии, энергетики, сельскохозяйственного производства / Е.С. Панцхава, М.Г. Беренгартен, С.И. Ванштейн. – М.: МГУИЭ, ЗАО Центр «ЭКОРОС», 2008. – 217 с.

Сведения об авторах

ФИО Иванова И.В.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 9124-7866
e-mail irenalta@mail.ru

ФИО Тюляков В.Е.
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 3942-6089
e-mail randyrkoorton2013@yandex.ru

Аннотация

Проведен анализ современных технологий получения дополнительных источников теплоты. Рассмотрены основные методы использования биомассы.

Выводы. В настоящее время в теплоэнергетике назрела необходимость создания программы по производству биотоплива. Сформулированы перспективы развития биоэнергетики в России:

1) Стабильное использование лесных ресурсов для постоянного увеличения продукции с высокой добавленной стоимостью;

- 2) Формирование новых направлений, в основе которых лежит более полное, углубленное использование древесных ресурсов;
- 3) Развитие сотрудничества с другими отраслями экономики;
- 4) Создание новых рабочих мест;
- 5) Увеличение уровня использования местных видов топлива;
- 6) Предотвращение изменения климата через сокращение выбросов парниковых газов.

Ключевые слова: биогаз, биомасса, биотопливо, сжигание, пиролиз, газификация, синтетические топлива, ферментация, анаэробное сбраживание. biogas, biomass, biofuel, burning, pyrolysis, gasification, synthetic fuels, fermentation, anaerobic sbrzhivaniye.

УДК 620.91

Раздел рубрикатора ГРНТИ: 62.35.02

Современное состояние биоэнергетики в Российской Федерации

Иванова И.В., Андрюхин М.В.

Введение.

Все причины, по которым развитые страны активно работают в области использования биоэнергетики, распространяются и на Россию. Однако существует специфика, вызванная существующим состоянием экономики и общества. Главная особенность состоит в том, что работы по биоэнергетике в России могут быть направлены на решение социальных проблем и развитие бизнеса. И наряду с этим, важное значение имеет снижение экологической напряженности, существующей в ряде городов за счет снижения вредных выбросов от энергетических установок.

Решение проблемы состоит в использовании биомассы для производства доступного топлива и энергии: электрической и тепловой. Другой проблемой является обеспечение энергоснабжения удаленных районов, не подключенных к сетям энергосистем. В районы Крайнего Севера, Дальнего Востока и Сибири ежегодно завозится 6...8 млн. т. жидкого топлива (дизельное топливо, мазут) и 20...25 млн. т. твердого (уголь). В связи с увеличением транспортных расходов стоимость топлива удваивается и составляет, например, в Республике Тыва, Республике Алтай и на Камчатке >350 долл./т у.т. Централизованные системы энергоснабжения охватывают лишь 1/3 территории страны [1]. Надежное энергообеспечение отдаленных районов сложная и дорогая для государства задача.

Цели и задачи.

Целью работы является анализ рынка энергетического оборудования и технологий использования биоэнергетики для надежного автономного экологически чистого энергообеспечения потребителей за счет экологически чистых местных возобновляемых источников энергии в районах, не подключенных к сетям централизованного энергоснабжения, освоение эффективных технологий сетевого электро- и теплоснабжения на базе ВИЭ, расширение производства и использования новых видов топлив, получаемых из различных видов биомассы.

Методика исследования.

Биоэнергетика для России – это создание современных условий труда и быта для 30 млн. жителей сельской местности. Развитие биоэнергетики означает: обеспечение диверсификации топливно-энергетического баланса субъектов Российской Федерации за счет увеличения производства электрической и тепловой энергии на базе биоэнергетики и в конечном счете, повышение ее доли в федеральном балансе производства и потребления электрической и тепловой и первичной энергии страны; повышение экологической безопасности в локальных территориях, т.е. снижение вредных выбросов от электрических и котельных установок в городах со сложной экологической обстановкой.

Ежегодный прирост биомассы на земле составляет 220 млрд. тонн, что позволяет запасать в виде энергии химических связей до $4 \cdot 10^{21}$ Дж энергии. Ежегодное мировое коммерческое использование всей энергии составляет $3,9 \cdot 10^{20}$ Дж, что в 10 раз меньше запасаемой энергии. Энергетическое содержание производимых в мире сельскохозяйственных отходов составляет $93 \cdot 10^{18}$ Дж/год. Допуская, что только 25% их реально использовать, отходы могут обеспечить около 7% мировой энергии. Городские твердые бытовые отходы (ТБО) также могут быть важным источником энергии. Если считать, что, в среднем, ТБО содержат 60...65% органических веществ растительного и животного происхождения, то по аналогии с фотосинтетической биомассой ежегодное содержание энергии в ТБО может составлять $(4...6) \cdot 10^{18}$ Дж [2].

Практически, все федеральные округа России располагают основными, возобновляемыми источниками энергии (энергия солнца, энергия ветра, малая гидроэнергетика, энергия биомассы, за исключением термальных вод), и имеют потенциально необходимые возможности для создания интегрированных энергетических комплексов для производства тепловой и электрической энергии и моторного топлива для полного обеспечения населения (быт и производство) любым видом топлива и энергии и решения всех социальных проблем сельского населения любого региона России.

Эти источники по объему составляют примерно 30% от объема потребления топливно-энергетических ресурсов в России, составляющего 916 млн. т.у.т. в год, что создает благоприятные перспективы решения энергетических, социальных и экологических проблем в будущем.

Оценка потенциала различных возобновляемых источников энергии в России представлена в табл. 1 [2].

Таблица 1. Общие данные по валовым ресурсам возобновляемых источников энергии по Федеральным округам РФ

Федеральный округ	Вид ресурсов							
	Солнечная энергия, млрд. т.у.т.	Энергия ветра, млрд. т.у.т.	Малая гидро-энергетика, млн. т.у.т.	Энергия биомассы				Эксплуатационные запасы термальных вод и парогидротерм, млн. гкал/год
				Отходы			Торф, млн. т.у.т.	
				ЛПК, млн. т.у.т.	АПК, млн. т.у.т.	ЖКХ, млн. т.у.т.		
Северо-Западный	178,2	58,8	54,55	8,6	1,7	1,095	2900,9	-
Центральный	84,9	9,8	2,9	1,5	14,5	3,22	760,7	-
Южный, включая СКФО	100,7	24,0	20,6	0,37	24,8	1,956	0,3	29,5
Приволжский	140,8	32,1	11,9	4,24	24,9	2,65	413,8	-
Уральский	215,6	219,9	45,9	4,23	3,35	1,049	2534,0	-
Сибирский	672,0	295,8	147,9	18/13	11,82	1,48	3632,5	-
Дальневосточный	813,2	335,8	153,7	11,4	0,73	0,56	510,5	1,3

Примечание: ЛПК – лесопромышленный комплекс и деревообработка; АПК – агропромышленный комплекс; ЖКХ – жилищно-коммунальное хозяйство

Неравномерность распределения возобновляемых источников энергии по регионам позволяет создавать энергетические кластеры с различной комбинацией возобновляемых источников.

Потенциальные объемы производства биотоплив из биомассы в России в ближайшие десятилетия могут составить в год около 1500 млн. т.у.т./год, и не

будут уступать объемам ежегодной добычи нефти, угля или природного газа, годовой энергобаланс России – более 1600 млн. т.у.т.) [1, 2]. Потенциальные энергетические возможности России в области биоэнергетики, как и в случае ископаемых углеводородов превосходят таковые любой страны мира. При интенсивном развитии этой отрасли российской энергетики страна может стать крупнейшим экспортером отдельных видов биоэнергетики, табл. 2 [2].

Таблица 2. Оценка потенциала биоэнергетики в России

Ресурсы	Валовый потенциал, млн. т.у.т./год	Технический потенциал, млн. т.у.т./год	Экономический потенциал, млн. т.у.т./год
Энергия биомассы	467	129	69

Основными источниками российской энергетической биомассы являются:

1. Органические отходы агропромышленного комплекса с энергосодержанием до 80 млн. т.у.т./год;
2. Органические отходы лесопромышленного комплекса (при условии использования современных технологий лесопроизводства и деревообработки) с энергосодержанием до 1 млрд. т.у.т./год; (весь лесной запас – 20 млрд. т.у.т.);
3. Отходы городов (сточные воды и твердые бытовые отходы);
4. Торф (всего -60 млрд. т.у.т. 10.7 млрд. т.у.т. промышленный фонд, 100 млн. т.у.т./год);
5. Энергетические плантации (минимум 270.9 млн. т.у.т./год, 19.5 млн. га - 20%, биогаз – 228.5 млн. т.у.т., этанол – 41.9 млн. т.у.т.);
6. Биогазификация остаточной нефти [6].

Оценка объемов органических отходов в АПК и ЛПК, проведенная Институтом энергетической стратегии, позволила установить, что универсальными для всех регионов России видами биотоплив являются pellets (гранулы, брикеты) и биогаз.

В табл. 3 [3] приведены данные по качественному составу биоэнергетического сырья, количественно выраженного в тоннах условного топлива, что позволяет определить не только типы биоэнергетических технологий для производства того или иного вида биотоплива, но и возможное их ежегодное производство по каждому региону России. В последующих разделах данные возможности проанализированы подробнее.

Таблица 3. Распределение видов биосырья по регионам России

РЕГИОН	ВИДЫ СЫРЬЯ ДЛЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ			
	Лесная биомасса, млн. т.у.т.	Отходы деревопереработки тыс. т.у.т./год	Отходы АПК и ЖКХ общие, тыс. ту.т./год	Торф, Промышленный фонд, млн. т.у.т.
	Центральный федеральный округ			
	13,6	881,0	17745,3	760,68
Белгородская обл.	0,0	15,5	1900,4	0,91
Брянская область	0,8	63,0	747,6	62,76
Владимирская обл.	0,8	90,5	388,5	45,4
Воронежская обл.	0,1	22,0	2525,3	1,49
Ивановская обл.	0,7	47,5	293,2	25,03
Калужская обл.	0,8	37,0	364,0	8,51
Костромская обл.	2,9	195,0	215,7	98,4
Курская обл.	0,1	14,0	1735,9	10,19
Липецкая обл.	0,1	10,5	1508,0	2,53
Московская обл. и Москва	2,0	66,0 36,0	1242,3	63,87
Орловская обл.	0,1	10,5	1315,0	3,48
Рязанская обл.	0,8	25,5	1054,9	38,14
Смоленская обл.	0,9	33,5	487,5	108,94
Тамбовская обл.	0,2	124,5	1247,1	6,5
Тверская обл.	2,0	150,0	463,1	228,95
Тульская обл.	0,3	17,5	922,8	0,11
Ярославская обл.	1,0	32,5	385,7	55,57
	Северо-Западный федеральный округ			
	46,3	3075,0	2852,1	2900,94
Республика Карелия	4,5	519,0	113,6	216,67
Республика Коми	15,9	445,0	167,8	230,49
Архангельская обл.	11,3	1263,5	239,3	278,54

и Ненецкий АО				
Вологодская обл.	7,5	273,5	456,5	1283,9
Калининградская обл.	0,1	10,5	353,1	28,08
Ленинградская обл. и Санкт-Петербург	3,9	333,5 76,5	551,9	334,1
Мурманская обл.	0,4	27,5	92,9	3,56
Новгородская обл.	1,8	102,0	170,3	259,59
Псковская обл.	0,9	24,0	298,8	266,1
	Южный федеральный округ			
	1,0	347,0	26861,0	0,32
Республика Адыгея	0,1	22,0	457,0	-
Республика Дагестан	0,1	1,0	1417,5	-
Республика Ингушетия	0,0	3,5	165,5	-
Кабардино- Балкарская Республика	-	3,0	607,3	-
Респ. Калмыкия	-	1,0	565,5	-
Карачаево- Черкесская Республика	0,3	5,0	145,0	-
Республика Северная Осетия-Алания	-	3,0	409,2	-
Чеченская Республика	-	-	93,87	-
Краснодарский край	0,2	137,0	9177,8	-
Ставропольский край	-	34,5	4658,6	-
Астраханская обл.	-	73,5	335,3	-
Волгоградская обл.	0,1	31,5	4054,4	0,32
Ростовская обл.	-	32,0	4772,8	-
	Приволжский федеральный округ			
	24,1	1835,0	27533,6	413,84
Республика Башкортостан	5,1	158,0	3898,3	25,48
Республика Марий-Эл	0,8	77,5	374,2	40,27

Республика Мордовия	0,2	18,5	747,9	2,91
Республика Татарстан	0,8	106,5	3819,7	8,21
Удмуртская Республика	1,3	88,0	848,3	31,42
Чувашская Республика	0,5	22,5	849,6	1,91
Кировская обл.	4,7	374,5	925,1	144,39
Нижегородская обл.	2,1	252,5	12337,9	67,28
Оренбургская обл.	0,2	17,5	2193,4	0,28
Пензенская обл.	0,6	57,0	5657,8	3,92
Пермский край	6,7	569,5	945,3+78,29	49,54+30,39
Самарская обл.	0,3	24,0	1694,7	3,25
Саратовская обл.	0,1	26,0	3470,2	0,25
Ульяновская обл.	0,7	43,0	792,9	4,34
Уральский федеральный округ				
	35,0	797,5	4400,8	2534,05
Курганская обл.	0,7	31,0	808,2	6,71
Свердловская обл.	7,9	470,5	1126,6	1148,03
Тюменская обл.	24,7	225,0	1215,9	916,45+431,14+13,71
Челябинская обл.	1,7	71,0	1250,0	18,01
Сибирский федеральный округ				
	151,6	2522,0	13315,9	3632,53
Республика Алтай	2,3	84,5	260,7	
Республика Бурятия	9,1	150,0	326,8	22,41
Республика Тыва	5,1	12,5	157,3	-
Республика Хакасия	2,1	-	274,7	-
Алтайский край	2,0	-	3007,1	37,93
Красноярский край, Таймырский АО, Эвенкийский АО	55,3	607,5	1869,1	134,18
Иркутская обл. Усть-Ордынский Бурятский АО	42,0	1188,5	930,3	41,06
Кемеровская обл.	2,7	120,0	979,3	44,9

Новосибирская обл.	1,7	56,5	2148,3	946,17
Омская обл.	2,4	89,0	2471,6	243,24
Томская обл.	14,5	130,5	462,7	2162,64
Читинская обл. Агинский Бурятский АО	12,5	83,0	428,0	-
Дальневосточный федеральный округ				
	101,9	599,0	1291,3	510,49
Республика Саха- Якутия	44,3	-	186,3	6,01
Приморский край	8,5	95,0	370,4	12,93
Хабаровский край	25,6	257,5	243,1	19,24
Амурская обл.	10,3	68,5	259,7	0,84
Камчатский край	6,7	16,0	2,7+3,55	267,01
Магаданская обл.	2,2	9,5	20,9	10,20
Сахалинская обл.	3,1	152,5	83,69	194,26
Еврейская АО	0,8	-	66,71	-
Чукотский АО	0,4	-	4,94	-

Россия является мировым лидером по лесным ресурсам, обладая четвертой частью мировых запасов древесины, оцениваемых в 82 млрд. м³ или 1 млрд. т. [2].

В лесопромышленном комплексе при вырубке как деловой, так и неделовой древесины (используемой в биоэнергетике) для восстановления лесных массивов следует высаживать быстрорастущие деревья с небольшим сроком ротации, с тем, чтобы их можно было использовать в биоэнергетике.

Многолетние быстрорастущие кустарники и деревья можно также высаживать на запущенных землях вблизи сельских поселений и использовать в биоэнергетике в интересах жителей этих поселений.

Выращиваются быстрорастущие культуры – эвкалипт, тополь, ива, и другие. Испытано около 20 различных видов растений – древесных, кустарниковых и травянистых, в том числе кукуруза и сахарный тростник. Каждые 4...7 лет деревья срезают, и годовой урожай может составлять около 7 тонн/гектар. Собранный биомасса используется для производства тепловой и электрической энергии, может служить в качестве сырья для производства жидкого биотоплива.

В умеренной климатической зоне для энергетических лесов наиболее подходят разновидности быстрорастущих сортов тополя (волосистоплодного и канадского) и ивы (корзиночной и козьей), а в южной части России – акация и эвкалипт. Период ротации растений 6...7 лет. На одном гектаре земли высаживают до 3...5 тысяч тополей. Применяются комбинированные посадки – в междурядьях высаживаются сельскохозяйственные культуры.

В настоящее время в России получило развитие производство древесных и торфяных пеллет. Их производство освоили на территории республик Коми и в Карелии, в Архангельской, Вологодской, Ленинградской, Псковской, Нижегородской, Новгородской, Тверской, Владимирской, Кировской, Костромской, Свердловской областях, в Красноярском и Хабаровском краях [2].

В 2010 году мощности по производству пеллет в России составляли 2 млн. тонн в год, выпуск пеллет из древесины и лузги по различным оценкам – от 700 тыс. до 1 млн. тонн в год, большая часть которых была экспортирована в Европу.

При этом если древесные гранулы в основном покупают скандинавские страны, а также центральная и северная Европа, то российские топливные гранулы из лузги закупают только Великобритания и Польша. Возрастает производство и экспорт брикетов. По данным Евростата, в 2009 году экспорт российских брикетов составил около 300 тысяч тонн.

Результаты и обсуждение исследований.

Россия может стать крупным экспортером биотоплив, например, древесной щепы и пеллет для Европы и других стран: в РФ сосредоточена четвертая часть мировых запасов леса. Ежегодно в России вырубается только 130 млн. куб. метров древесины, но этот показатель может быть увеличен до 550 млн. куб. метров (или до 275 млн. тонн). При этом отходы составят до 40%, или 370 млн. куб. метров (185 млн. тонн) с содержанием энергии до $2,29 \cdot 10^{18}$ Дж. Для изготовления пеллет можно использовать солому злаковых и крупяных культур, масса накопления которой ежегодно составляет 80...100 млн. тонн. Даже при использовании только половины этой массы для производства пеллет можно получить за счет экспорта до 1,2 млрд. евро. Однако для создания производственных мощностей и инфраструктуры нужны очень крупные инвестиции. Таким образом, потенциальные возможности от производства и экспорта пеллет в год для России могут составить 7,8 млрд. евро. В Северо-Западном регионе России уже успешно функционируют отечественные компании, производящие пеллеты и экспортирующие их на Запад по цене \$100 за тонну пеллет.

Заключение и выводы.

Среди природных ресурсов лес – одно из важнейших преимуществ региона. Идет активный поиск решений назревших проблем, целью которых является повышение эффективности работы лесного сектора. К основным взаимосвязанным проблемам лесного сектора, на преодоление которых должны быть сконцентрированы усилия, следует отнести:

1. Дефицит перерабатывающих мощностей и высокотехнологичного оборудования на лесопромышленных предприятиях, что определяет сырьевую направленность экспорта древесины;

2. Недостаточный объем инвестиций, неопределенность роли государства в реализации стратегически важных проектов для лесной промышленности;

3. Неразвитая промышленная инфраструктура, сдерживающая перемещение лесозаготовок в сложные для освоения лесов районы. Строительство лесовозных дорог нормативной протяженности практически не ведется, из-за чего большие запасы древесины недоступны для эксплуатации, гниют на корню, инициируя нарушение экологии и возникновение пожаров.

4. Дефицит и низкая квалификация рабочей силы.

5. Крайне малая емкость внутреннего рынка лесопромышленной продукции, не способствующая реализации потенциала лесного сектора в полной мере.

Библиографический список

1. *Панихава, Е.С.* Биогазовые технологии. Проблемы экологии, энергетики, сельскохозяйственного производства / Е.С. Панихава, М.Г. Беренгартен, С.И. Ванштейн. – М.: МГУИЭ, ЗАО Центр «ЭКОРОС», 2008. – 217 с.
2. Перспективы развития ВИЭ в России. Программа Европейского проекта TACIS для Российской Федерации. – М.: Изд-во «Атмограф», 2009. – 455 с.
3. *Безруких, П.П.* «Экологическая модернизация России - роль науки и гражданского общества», Всероссийская научно-практическая конференция "Энергоэффективность и проблемы развития возобновляемой энергетики", Москва, Центр «Дубровский», 25-26 Октября 2010 г. / П.П. Безруких. – М.: Дубровский, 2010 г. – 230 с.

Сведения об авторах

ФИО	Иванова И.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	9124-7866

e-mail	irenalta@mail.ru
ФИО	Андрюхин М.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	8968-5855
e-mail	gvisdo99@yandex.ru

Аннотация

Проведен анализ рынка энергетического оборудования и технологий использования биоэнергетики для надежного автономного экологически чистого энергообеспечения потребителей за счет экологически чистых местных возобновляемых источников энергии, расширение производства и использования новых видов топлив, получаемых из различных видов биомассы.

Выводы. Среди природных ресурсов лес – одно из важнейших преимуществ региона. Идет активный поиск решений назревших проблем, целью которых является повышение эффективности работы лесного сектора. К основным взаимосвязанным проблемам лесного сектора, на преодоление которых должны быть сконцентрированы усилия, следует отнести:

1. Дефицит перерабатывающих мощностей и высокотехнологичного оборудования на лесопромышленных предприятиях, что определяет сырьевую направленность экспорта древесины;

2. Недостаточный объем инвестиций, неопределенность роли государства в реализации стратегически важных проектов для лесной промышленности;

3. Неразвитая промышленная инфраструктура, сдерживающая перемещение лесозаготовок в сложные для освоения лесов районы. Строительство лесовозных дорог нормативной протяженности практически не ведется, из-за чего большие запасы древесины недоступны для эксплуатации, гниют на корню, инициируя нарушение экологии и возникновение пожаров.

4. Дефицит и низкая квалификация рабочей силы.

5. Крайне малая емкость внутреннего рынка лесопромышленной продукции, не способствующая реализации потенциала лесного сектора в полной мере.

Ключевые слова: биоэнергетика, биомасса, биотопливо, возобновляемые источники энергии, пеллеты, биогаз; bio-energetics, biomass, biofuel, renewables, pellets, biogas.

УДК 620.91

Раздел рубрикатора ГРНТИ: 62.35.02.

Биомасса: топливо и энергия

Смоляков А.Ф., Бандель А.Л.

Введение.

В настоящее время, биотопливо является актуальным источником энергии. В первую очередь, это связано с тем, что изготовление его происходит из органических веществ, которые не наносят экологический вред планете и не несут негативный характер здоровью человека, или если наносят, то этот вред минимальный. Во-вторых, этот вид топлива позволяет более эффективно распределять и использовать органические ресурсы в энергетике.

Цели и задачи.

Целью работы является рассмотрение современных подходов к биотопливу, способам его производства и получения, а также анализ его преимуществ и недостатков. Данное направление является востребованным на сегодняшний день, ведётся множество разработок и исследований в этой области

Методика исследования.

Биотопливо – это твердое, жидкое или газообразное топливо, получаемое из биомассы термохимическим или биологическим способом. По данным Росстата на 2010 год, Россия является одним из главных экспортеров биотоплива на европейский рынок. При этом всего 20% произведенных биотоплив, потребляется в России. Производство биогаза на территории Российской Федерации составляет до 72 млрд. м³ в год. Потенциально возможное производство электроэнергии из биогаза составляет 151200 ГВт, тепла – 169344 ГВт. В 2012 – 2013 годах планировалось ввести в эксплуатацию более 50 биогазовых электростанций в 27 регионах России. Установленная мощность каждой станции составляет от 350 кВт до 10 МВт. Суммарная мощность станций превышает 120 МВт. Рассмотрим основные виды биотоплива [1].

Один из самых перспективных классов биотоплива, основное применение – двигатели. Его получают из самых разнообразных растений – от пшеницы и сахарной свеклы, до рапса и отходов деревообработки. Жидкое (моторное) биотопливо – вещество, получаемое в ходе переработки растительного сырья (рапса, сахарного тростника и т.д.), средствами технологий, в основе которых лежит использование естественных биологических процессов.

Огромная доля мирового производства приходится на биоэтанол. Причиной такой популярности биоэтанола кроется в его экономической эффективности производства. С 1 гектара рапса можно получить 1,5 тонны

биоэтанола и 2,5 тонны высококачественных растительных кормов. Характеристики жидкого топлива, получаемого из растений близки к показателям дизельного топлива. При этом вредных выбросов в атмосферу у биодизельного топлива существенно меньше.

Известный с давних времен способ получения этанола – спиртовое брожение органических продуктов, содержащих углеводы под действием ферментов дрожжей и бактерий. Аналогично выглядит переработка крахмала, картофеля и т.д.

В результате брожения получается раствор, содержащий не более 15% этанола, так как в более концентрированных растворах дрожжи обычно гибнут. Полученный таким образом этанол нуждается в очистке и концентрировании, обычно это достигается путем дистилляции.

Современная промышленная технология получения этанола включает следующие стадии:

- Подготовка и измельчение крахмалистого сырья – зерна (пшеницы), картофеля, кукурузы и т.д.

- Ферментация (процесс распада органических веществ под действием ферментов). Для этого используют рекомбинантные препараты альфа-амилазы, получены биоинженерным путем – глюкоамилаза, амилосубтилин.

- Брагоректификация. Происходит на разгонных колоннах.

Отходами бродильного производства являются барда и сивушные масла.

Биодизель – вид биотоплива, для производства которого используются жиры растительного, микробного и животного происхождения (а также получаемых из них эфиров). Сырьем для производства биодизеля может выступать пальмовое, рапсовое, соевое и другие масла, отходы пищевой промышленности, а также морские водоросли. Биодизель находит применение в автомобильных двигателях, причем использовать его можно как в чистом виде, так и в виде смесей с традиционным дизельным топливом. Обычно такие смеси маркируют, указывая процентное содержание биодизеля, так в США для обозначения смесей дизельного топлива с биодизелем используется буква В, после которой следует число, означающее процентное вхождение биодизеля (В2 – 2%, В100 – 100%). Применение таких смесей не требует внесения конструктивных изменений в двигатели.

Механизм производства биодизеля заключается в проведении реакции этерификации – взаимодействия жирных кислот с метиловым спиртом в присутствии катализатора, рис. 1. Оптимальным сырьем для производства биодизеля служит рапс. Из 1 тонны рапсового масла получается 96% дизельного топлива.

Биометанол – метанол, получаемый посредством биологического преобразования морского фитопланктона. Производство этого вида биотоплива начало зарождаться в конце 70-х, начале 80-х годов, когда несколько европейских стран объединили свои усилия по разработке проекта промышленного культивирования и переработки биомассы фитопланктона. Проектом предусматривалось создание промышленных зон в пустовавших, на тот момент, прибрежных районах. Однако, развития тот проект не получил, чему в большой мере способствовало существенное снижение мировых цен на нефть. Сейчас данное направление производства биотоплива считается одним из самых перспективных, так как отличается от других более высокой выработкой биомассы (до 110 т/га фитопланктона в год), отсутствием серьезных требований к производственной площадке (не требуются плодородные почвы и пресная вода, т.е. процесс не создает конкуренции сельскому хозяйству) и высоким уровнем энергоотдачи (11...14 на стадии получения метана и до 9 на стадии выработки метанола).

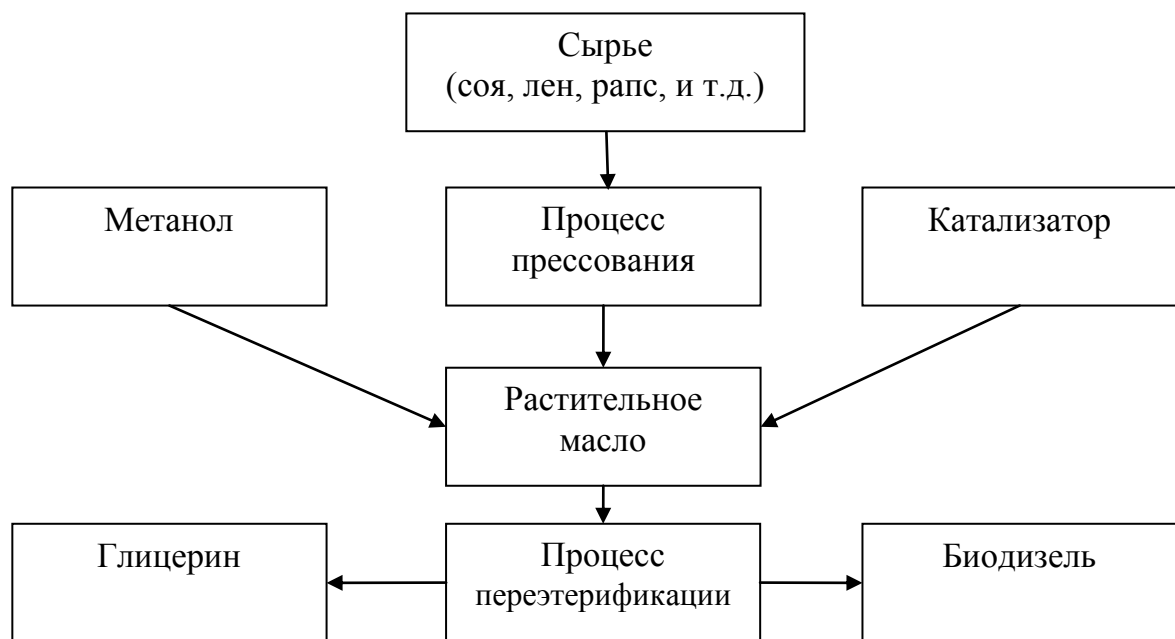


Рис. 1. Механизм производства биодизеля

Бутанол – бутиловый спирт. Бесцветная жидкость с характерным запахом. Широко используется как химическое сырье в промышленности, в качестве транспортного топлива в коммерческих масштабах не применяется. Бутанол не обладает коррозионными свойствами, может передаваться по существующей инфраструктуре. Может, но не обязательно должен, смешиваться с традиционными топливами. Энергия бутанола близка к энергии бензина. Бутанол может использоваться в топливных элементах и как сырье для

358

производства водорода. Сырьем для производства биобутанола могут быть свекла, пшеница, сахарный тростник, маниока и другое.

Самый распространенный вид твердого топлива – дрова. В настоящее время для производства дров или биомассы используются энергетические леса. В них выращивают быстрорастущие породы древесины, кустарников и трав (ива, тополь, эвкалипт, акация, сахарный тростник, кукуруза и др.). Период ротации энергетического леса (от срезания до срезания) составляет около 5 лет.

Еще одним видом является древесные топливные гранулы (ДГТ), по-другому их называют пеллеты. Это топливный продукт, полученный прессованием древесных отходов (опилок, щепы, коры, некондиционной древесины и др.), соломы, отходов сельского хозяйства (навоза, куриного помета, лузги подсолнечника, ореховой скорлупы,) и другой биомассы. Зольность древесных топливных гранул не превышает 3%.

Также твердым биотопливом считаются топливные брикеты (высушенные и брикетированные энергоносители биологического происхождения, например, навоз) и биологические отходы с минимальной степенью подготовки к сжиганию (опилки, щепка, кора, лузга, солома, шелуха и т.д.).

Биогаз – газ, получаемый водородным или метановым брожением биомассы. В производстве биогаза последовательно участвуют три вида бактерий, каждый из которых питается продуктами жизнедеятельности предыдущего:

- гидролизные бактерии;
- кислотообразующие бактерии;
- метанобразующие бактерии.

Биогаз состоит из 55...75% метана, 25...45% диоксида углерода, незначительные примеси водорода и сероводород. После очистки биогаза от диоксида углерода, получается биометан. Биометан полный аналог природного газа. Отличие только в происхождении.

Перечень сырья, пригодного для получения биогаза, весьма широк. В основном, это органические отходы, такие как фекальные осадки, навоз, птичий помёт, пивная дробина, свекольный жом, трава, бытовые отходы, а также отходы рыбных и забойных производств (кровь, жир, кишки) и т.д. Кроме того, биогаз можно производить из энергетических культур – силосной, а также водорослей. Выход газа может достигать до 350 м³ из 1 тонны отходов и зависит от вида сырья и применяемых технологий (из тонны навоза крупного рогатого скота получают до 70 м³ биогаза, до 400 м³ биогаза можно получить из различных видов растений, до 1400 м³ метана получают из жира) [2].

Производство биогаза предотвращает выбросы в атмосферу метана, провоцирующего развитие парникового эффекта. Кроме того, переработанный

навоз, барда и другие растительные и органические отходы находят применение в сельском хозяйстве в качестве удобрений. Это снижает потребность в химических удобрениях, что уменьшает загрязнение грунтовых вод. Практическое применение биогаза возможно во всех сферах, где используется обычный природный газ. Также газ может использоваться как моторное топливо, подаваться в общую систему газоснабжения в трубопроводы среднего или низкого давления, использоваться на технологические нужды в качестве полной замены природного газа [3].

Биометан – это газовое топливо, полученное путем глубокой переработки биогаза. Он является результатом вторичной переработки биогаза. Получается путем удаления углекислого газа [4].

Биоводород – водород, полученный из биомассы. Существует несколько способов его производства:

1. Термохимический способ – биомассу подвергают термической обработке при температуре 500...800 °С. Нагревание происходит при отсутствии кислорода. Температурный режим процесса ниже температуры газификации угля. В результате этого процесса выделяется водород и другие газообразные продукты.

2. Биохимический способ – это производство биоводорода из биомассы при помощи специальных бактерий. Если биомасса богата крахмалом или в ней содержится значительное количество целлюлозы, то применяют специальные ферменты, которые ускоряют процесс переработки биомассы. Для эффективного прохождения процесса нужно поддерживать температуру 30 °С и нормальное давление.

Разработки метода добычи биоводорода не прекращаются. И постепенно набирает популярность производство этого вида топлива из водорослей. Этот метод называется фотолиз. Так как было установлено, что водоросли производят биоводород при определённых условиях этот процесс происходит в специальном биореакторе. При наличии малого количества серы в среде у водорослей процесс фотосинтеза приостанавливается, а потом совсем прекращается. В этот момент водоросли начинают вырабатывать водород.

Ещё один способ получения – риформинг биогаза.

На сегодняшний день самым востребованным способом получения биогаза является биохимический метод. Сырьем могут быть отходы от сельского хозяйства (шелуха, шрот и т.д.) бытовой органический мусор, канализационные и сточные воды. Для этого способа производства не требуется специальное оборудование, достаточно только хорошие бактерии. Самыми подходящими являются пурпурные бактерии, которые находятся в высокогорных источниках. Бактерии можно использовать повторно после каждого цикла производства.

Поэтому этот способ зависит только от жизнедеятельности бактерий и он менее энергоемкий и самый дешевый. Он является в несколько раз эффективнее нефти и газа [5].

Биотопливо первого поколения производится из любого сельскохозяйственного сырья посредством применения традиционных технологий (близкие к естественным, биологические и термохимические процессы, такие как брожение). В настоящий момент, вопросы дальнейшего наращивания оборотов производства биотоплива первого поколения вызывает во всем мире ожесточенные дискуссии. К этому виду топлива относятся биоэтанол (производится из сахарного тростника, кукурузы, пшеницы и т.д.) и биодизель (получается из масленичных культур – сои, рапса, пальмы, подсолнечника).

Биотопливо второго поколения производится из не пищевого сырья (отработанные жиры и растительные масла, биомасса деревьев и растений). Технологически производство биотоплива второго поколения представляет собой процесс получения топлива посредством переработки целлюлозы и лигнина, содержащихся в древесной или волокнистой биомассе. Преимущество такого биотоплива второго поколения заключается в том, что сырье, необходимое для производства (растения) может выращиваться на менее благоустроенных, по сравнению с биотопливом первого поколения, землях. Для их производства требуется минимум техники, удобрений и пестицидов. Основным недостатком производства кроется в свойствах самого сырья – лигноцеллюлоза древесины – сложный полимерный углевод, требующий большего числа химических превращений и, соответственно, энергии для получения из него жидких топлив. Условная эффективность производства энергии из биомассы биотоплив первого и второго поколений одинакова и составляет примерно 50%. Из лигноцеллюлозы растений получают два основных вида топлива: биоэтанол и бioneфть. Таким образом, можно сделать вывод, что производство биотоплива второго поколения, в настоящий момент, является очень капиталоемким процессом, т.к. пока соответствующие технологии весьма дороги. Чтобы довести стоимость производства биотоплива второго поколения до уровня рентабельности, всей биотопливной отрасли предстоит пройти большой путь.

Биотопливо третьего поколения производится из водорослей. Перспективность этого направления развития биотопливной отрасли связана со спецификой состава водорослей. По характеристикам, которые могут заинтересовать специалистов биотопливной отрасли, они значительно превосходят растения, средой обитания для которых является суша. Например, в штамме водорослей содержание жиров составляет от 75 до 85% сухого веса.

Дополнительным преимуществом водорослей является то, что с одной технологической площадки можно собирать до 35 урожаев в год. Также, весьма интересным моментом является тот факт, что если размещать площадки для культивирования «биотопливных водорослей» ниже сброса тепла ТЭЦ, можно «покрыть» до 77 % потребностей в тепле, необходимом для выращивания водорослей [1].

Результаты и обсуждение исследований.

Основными преимуществами биотоплива, является его мобильность по сравнению с другими альтернативными источниками энергии, снижение стоимости при его применении, а также возобновляемость. При этом немало важным из преимуществ биотоплива, является сокращение выбросов парниковых газов и экономическая безопасность для стран, не обладающих большими запасами топлива. Поэтому биотопливо является прямым конкурентом обычному топливу, и в скором будущем существует вероятность того, что биотопливо и во все вытеснит «углеродное топливо».

Заключения и выводы.

Таким образом, можно заметить, что разнообразие биотоплива достаточно большое, так же как и сфера его применения. В России ведётся множество исследований по его изучению и использованию, этого богатого источника энергии. 1 января 2009 года в России был введён в действие ГОСТ Р 52808-2007 «Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Термины и определения» [6]. Приказ о введении стандарта был утвержден Ростехрегулированием 27 декабря 2007 г. Биоэнергетика рассматривается как потенциально широкомасштабная «углеродно-нейтральная» замена ископаемого топлива. Например, Международное энергетическое агентство рассматривает биоэнергию в качестве потенциального источника более чем 20% первичной энергии к 2050 году, доклад Секретариата РКИК ООН оценивает потенциал биоэнергетики величиной 800 эксаджоулей в год, что значительно превышает нынешнее мировое потребление энергии [7].

Библиографический список

1. Биотопливо / Классификация биотоплива: интернет-сайт BIOWATT.RU [Электронный ресурс] // <http://biowatt.ru/index.php/biotoplivo/klassifykatsya.html>
2. Свободная энциклопедия / Википедия [Электронный ресурс]: интернет-сайт <https://ru.wikipedia.org/wiki/Биогаз>
3. Биогаз [Электронный ресурс]: интернет-сайт <http://www.biogasinfo.ru/about/whatisbiogas/>
4. Технологическая платформа биоэнергетика / биометан [Электронный ресурс]: интернет-сайт <http://www.tp-bioenergy.ru/biometan/>
5. Энергия природы / биоводород [Электронный ресурс]: интернет-сайт <https://ru.alternative-energy.com.ua/vocabulary/биоводород/>

6. ГОСТ Р 52808-2007. Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Термины и определения. Стандартиформ, 2009 – 1с.
7. Свободная энциклопедия / Википедия [Электронный ресурс]: интернет-сайт <https://ru.wikipedia.org/wiki/Биотопливо>

Сведения об авторах

ФИО	Смоляков Анатолий Федорович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	6177-3586
e-mail	ltuttsu@mail.ru
ФИО	Бандель Александр Леонидович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	7980-7630
e-mail	balll@mail.ru

Аннотация

В данной статье анализируется биомасса, как источник энергии и топлива. Описывается процесс производства и способы создания, каждого вида ресурса. А также приведена классификация, примеры, биотоплива по поколениям, и по его состоянию: газообразное, жидкое и твердое.

Раскрываются последние доступные официальные данные по его экспорту, развитию и производству на территории Российской Федерации, а также рассматриваются преимущества, данного вида энергии.

Вывод. Таким образом, можно заметить, что разнообразие биотоплива достаточно большое, так же как и сфера его применения. В России ведётся множество исследований по его изучению и использованию, этого богатого источника энергии. Биоэнергетика рассматривается как потенциально широкомасштабная «углеродно-нейтральная» замена ископаемого топлива.

Ключевые слова: биомасса, биотопливо, биоэнергетика, биоэтанол, биогаз, биометан, биодизель, биоводород, термохимический способ, биохимический способ, бутанол, этерификация; biomass, biofuels, bioenergy, bioethanol, biogas, biomethan, biodiesel, biohydrogen, thermochemical method, biochemical method, butanol, esterification.

УДК 620.91

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 62.35.02

Теплоэнергетические установки для сжигания биомассы

Иванова И.В., Ходорыч Н.Д.

Введение.

По статистическим данным в России общее количество органических отходов сельского хозяйства ежегодно составляет 773 млн. т, из которых можно получить 66 млрд. куб.м. биогаза или около 110 млрд. кВт·ч электроэнергии. Большая часть отходов приходится на агропромышленный комплекс – стебли, лузга, солома. При этом ежегодный ущерб от отходов агропромышленного комплекса оценивается в 450 млрд. рублей. Например, загрязнение рек и озер сточными водами. По исследованиям, проведенным Институтом энергетической стратегии, до 50% производимой продукции приходится на крестьянские хозяйства. Таким образом, развитие биогазовой промышленности должно идти в двух направлениях: создание крупных биоэнергетических станций и создание фермерских биогазовых установок. К тому же в России большая часть почв – это малоурожайные почвы, требующие интенсивного внесения удобрений, что также должно стимулировать развитие биогазовых установок, так как они дают эффективное удобрение [1].

Использование новых технологий позволит решить в сельской местности: проблему отходов; помочь в энергообеспечении; повысить плодородность почв, а соответственно, и урожая, что значительно увеличит рентабельность установок и сократит сроки окупаемости.

Биогаз, представляющий собой преимущественно смесь метана и двуокиси углерода, производится как в естественных, так и в искусственных условиях. Однако с технико-экономической точки зрения производство биогаза в искусственных системах представляет собой лучший и наиболее удобный метод. Биогаз может быть получен только в анаэробных условиях, при которых анаэробные бактерии, живущие только в отсутствии кислорода, преобразуют органическое вещество. Для этих целей служит герметичный контейнер, используемый для производства биогаза в искусственных условиях, называемый дайджестером (метантенном) или реактором [2].

Цели и задачи.

В настоящее время назрела необходимость использования новых взглядов и методов исследования, а в некоторых случаях постановки новых задач исследования методов и устройств получения теплоты. Целью данной работы является определение биоэнергетических источников и устройств для их получения – биогазовых установок.

Методика исследования.

Образование биогаза – биологический процесс, имеющий место в условиях отсутствия воздуха (кислорода), в процессе которого органические вещества преобразуются в метан (CH_4) и углекислый газ (CO_2). В результате реализации этого процесса получается прекрасное органическое удобрение, и также может быть получен гумус. Одним из определяющих требований для производства биогаза является наличие герметичного контейнера. И для того, чтобы сформулировать какие требования должны предъявляться к этим установкам, рассмотрим основные характеристики биогаза.

Биогаз представляет собой бесцветный, не имеющий запаха горючий газ, получающийся из органических отходов и биомассы в процессе декомпозиции (ферментации). Биогаз может быть получен из животных и растительных отходов, отходов человеческой деятельности, растительных культур, листьев, водных растений и т.д.

Состав биогаза: метан (CH_4) 55...70%; двуокись углерода (CO_2) 30...45%; сероводород (H_2S) 1...2%; азот (N_2) 0...1%; водород (H_2) 0...1%; монооксид углерода (CO) следы; кислород (O_2) следы.

Биогаз горит голубым пламенем. Он имеет теплоту сгорания 4500...5000 ккал/м³ при содержании метана 60...70%. Величина теплоты сгорания прямо пропорциональна содержанию метана, которое, в свою очередь, зависит от сырья, используемого для получения биогаза. Из-за различной теплоты сгорания использование горелок, предназначенных для других газов (бутан, сжиженный нефтяной газ и др.) дает меньшую эффективность. Использование специальных биогазовых горелок позволяет добиться тепловой эффективности 55...65%. Из-за наличия большого количества углекислого газа биогаз является безопасным (невзрывоопасным) топливом для сельских домов [2].

Процесс декомпозиции (ферментации, сбраживания) органических (биodeградируемых) материалов с образованием метана происходит с участием группы микроорганизмов, принадлежащих к семейству метановых бактерий, и представляет собой сложный биологический и химический процесс. На практике он часто делится на две основные стадии – образование кислот (сжижение) и образование газа (газификация). Однако процессы анаэробной ферментации при более тщательном рассмотрении могут быть разбиты на четыре стадии:

1. Гидролиз.
2. Образование кислот.
3. Гидрогенизация.
4. Образование метана.

В то же время для практических целей образование метана достаточно представить как процесс, состоящий из трех этапов – гидролиза, образования кислот и метана. В субстрате внутри метантенка работают две группы бактерий: метаногеновые и неметаногеновые. Неметаногены при нормальных условиях могут развиваться при кислотности (рН) 5,0...8,5 в температурном диапазоне 25...42 °С. Идеальными условиями для метаногенов является рН 6,5...7,5 и температурный диапазон 25...35 °С. Это так называемые мезофильные бактерии, которые имеются во всех простых биогазовых установках и могут существовать в широком диапазоне температур от 15 до 40 °С. Однако эффективность работы бактерий очень быстро снижается при понижении температуры субстрата ниже 20 °С и практически равна нулю при температуре ниже 15 °С.

Существуют две другие группы анаэробных бактерий, а именно психрофильные и термофильные бактерии. Первая группа может существовать при низких температурах в диапазоне 10...15 °С, однако целесообразность использования этих бактерий в практических целях не установлена до сих пор. Термофильные бактерии работают при значительно более высоких температурах в диапазоне от 45 до 55 °С и являются очень эффективными. Они более полезны в крупных биогазовых установках, особенно в тех, где в качестве сырья используются горячие стоки. В обоих случаях устройство биогазовых установок должно быть сложным, поэтому описываемые группы бактерий не нашли применения в простых сельскохозяйственных биогазовых установках [3].

Биогазовые установки называют биореактором, из чего следует, что в нем происходит реакция, результатом которой является биогаз. Процесс получения газа проходит несколько этапов:

- 1) В начале процесса в биореактор загружается сырье.
- 2) В специальной установке сырье проходит подготовку, гомогенизацию и перемешивается.
- 3) Благодаря особым бактериям происходит процесс, называемый анаэробным (бескислородным) сбраживанием, продуктом чего является биогаз.
- 4) Затем биогаз направляется для дальнейшего использования.
- 5) Отработанное сырье можно использовать в качестве биоудобрения, в котором содержатся необходимые микроэлементы.

Биогазовая установка представляет собой герметичный контейнер, который обеспечивает процесс ферментации органических материалов в анаэробных условиях. Рециркуляция и обработка органических отходов (биodeградируемых материалов) в процессе анаэробного сбраживания (ферментации) производит не только биогаз в качестве чистого и удобного

топлива, но и прекрасное обогащенное удобрение в виде сброженного навоза. Поэтому биогазовые установки по существу представляют собой фабрики по производству биоудобрений. Исходное сырье (обычно в гомогенной жидкой форме) подается в метантенк через входную трубу, обычно из емкости для предварительного хранения/перемешивания. Разложение (ферментация) происходит внутри метантенка (реактора) вследствие бактериального воздействия, в результате которого получаются биогаз и органическое удобрение (навоз), богатое гумусом и другими органическими веществами. Биогаз собирается в верхней части метантенка. В некоторых биогазовых установках имеются плавающие газгольдеры для сбора биогаза, в других для этого предусмотрена отдельная камера. Из метантенка сброженный жидкий остаток удаляется (часто автоматически) по выпускным трубопроводам [4].

Основными компонентами биогазовых установок являются: метантенк (реактор), газгольдер, система загрузки, система выгрузки, смесительная емкость и выпускной газопровод [4]. Метантенк представляет собой цилиндрическую или эллипсоидальную конструкцию, углубленную в землю, в которой происходит процесс сбраживания (ферментации) субстрата. Часто метантенк называют ферментационной емкостью или камерой. В простых биогазовых установках для индивидуальных хозяйств, работающих при температуре окружающего воздуха, метантенк рассчитан так, чтобы среднее время пребывания в нем навоза равнялось 55, 40 или 30 дням. Это время называется гидравлическим временем удержания биогазовой установки. Продолжительность в днях определяется температурной зоной страны. Метантенк может быть построен с помощью кирпичной или каменной кладки, бетона или бетонных блоков, железобетонных или стальных конструкций. Для малых биогазовых установок с плавающим газгольдером и объемом от 2 до 3 кубометров внутренний объем метантенка представляет собой одну камеру. Для объема 4 кубометров и более, внутри метантенка строится стенка. Это делается для того, чтобы избежать частичной циркуляции субстрата и повысить общую эффективность работы установки. Стенка делит объем метантенка на две половины. Для метантенка с фиксированным куполом разделение объема не используется. Это объясняется тем, что диаметр метантенков с фиксированным куполом обычно больше, чем у моделей с плавающим газгольдером. Поэтому проблема с частичной циркуляцией субстрата не возникает.

В случае плавающего газгольдера последний представляет собой барабан, сделанный либо из стальных листов, либо железобетона, либо различных видов пластика. Он размещается в верхней части метантенка как крышка, погружаясь боковыми стенками в субстрат. При отсутствии биогаза он стоит на

специальных ребрах на стенках метантенка, предусмотренных для этой цели. Газ, образуясь в субстрате и поднимаясь вверх, собирается в барабане. Для подачи газа по трубопроводу к месту использования после открытия клапана, внутри газгольдера необходимо давление 8...10 см водяного столба. Это давление может быть обеспечено весом газгольдера 80...100 кг/м². При движении вверх и вниз газгольдер направляется центральной направляющей трубой. Газ заперт со всех сторон за исключением нижней части. Корка, образуемая на поверхности, перемешивается с помощью вращения газгольдера, имеющего внутри соответствующее устройство для перемешивания. Объем газгольдера индивидуальной биогазовой установки с плавающим газгольдером составляет 50% суточного производства биогаза. То есть газгольдер может быть полностью наполнен за 12 часов работы установки.

В случае конструкции с фиксированным куполом газгольдер часто называют камерой для хранения биогаза. В этом случае камера является неотъемлемой частью установки (метантенка) и сделана из тех же материалов, что и метантенк. Объем камеры соответствует 33% суточного производства биогаза. То есть камера может быть полностью наполнена за 8 ночных часов, когда биогаз не используется.

В биогазовой установке с плавающим газгольдером система загрузки представляет собой трубу, изготовленную из цемента. Труба опускается на дно метантенка и располагается по одну сторону от разделительной стенки (если таковая имеется). Верхняя часть трубы выходит в смесительную емкость. В некоторых случаях (конструкция с фиксированным куполом) система загрузки представляет собой емкость, выполненную из бетона или кирпича, соединенную в верхней части со смесительной емкостью, а в нижней – с впускным отверстием метантенка.

В случае биогазовой установки с плавающим газгольдером система выгрузки сброженного навоза обычно представляет собой бетонную трубу, установленную под углом и погруженную в навозную массу. Иногда система выгрузки представляет собой прямоугольный или полусферический резервуар, соединенный в нижней части с метантенком с помощью выпускного отверстия, через которое автоматически удаляется сброженная масса. Верхняя часть резервуара накрыта крышкой.

Смесительная емкость представляет собой цилиндрический резервуар, необходимый для перемешивания навозных стоков с необходимым количеством воды для получения однородной массы с определенным содержанием сухого вещества. Интенсивное перемешивание субстрата перед загрузкой помогает увеличить эффективность сбраживания. Обычно

перемешивание достигается с помощью вращающейся мешалки- пропеллера, установленной в резервуаре.

Выпускная биогазовая труба изготавливается из металла или пластика и устанавливается в верхней части плавающего газгольдера или купола. По этой трубе биогаз подается к месту утилизации. В трубе устанавливается запорный клапан для регулировки или прекращения подачи биогаза.

Биогазовые установки можно применять как очистительные сооружения. Преимущество заключается в том, что оно, помимо переработки отходов, дает энергию, которую можно использовать для подогрева самой установки, бытового газоснабжения, выработки электро- и теплоэнергии, а при обогащении, т.е. повышения доли содержания метана до необходимых показателей природного газа, им можно заправлять автомобили.

С учетом вышеизложенного можно определить преимущества биогазовой установки, которые заключаются в следующем:

1) Экологическая. Установка позволяет уменьшить санитарную зону предприятия в несколько раз. Сократить выбросы углекислого газа в атмосферу;

2) Энергетическая. При сжигании биогаза без обогащения можно получать электричество и тепло;

4) Экономическая. Строительство биогазовой установки позволит сэкономить на затратах по строительству очистных сооружений и утилизации отходов.

Также биогазовая установка может служить автономным источником энергии для отдаленных регионов России. Не секрет, что до сих пор во многих областях перебои с поставкой электричества, дома отапливаются дровами. Возможно, это и звучит несколько утопично, установка сама по себе недешева, но монтаж таких биогазовых станций был бы выходом для жителей необеспеченных регионов. Биогазовые установки могут быть размещены в любом регионе страны и не требуют строительства дорогостоящих газопроводов и сложной инфраструктуры. Установки могут частично заменить региональные котельные, обеспечить теплом и электричеством поселки и небольшие города в округе. Биогаз, получаемый из установок, может быть использован в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания.

Результаты и обсуждение исследований.

Для широкого распространения и популяризации биогазовых установок необходимы следующие факторы:

1) низкая стоимость установок;

2) полнота переработки сброженной массы и биогаза в наиболее ценные продукты;

- 3) эксплуатационная надежность и простота в обслуживании;
- 4) желание получить энергонезависимость;
- 5) покупка государством излишков энергии по «зеленым тарифам», ввести надбавки для производителей биоэнергии.

Стоимость биогазовой установки во многом определяется сложностью ее конструкции и отсутствием в ней оригинальных деталей. Несмотря на то, что биогазовый реактор является наибольшей частью установки, затраты на него не превышают 30% всех затрат на саму установку. Поэтому необходимо увеличивать эффективность переработки сырья и, как следствие, уменьшение объема реактора.

Помимо всего прочего, существует ряд проблем, заставляющих взглянуть на биогазовые технологии по-новому:

Во-первых, низкая плотность покрытия газовых и электрических распределительных сетей. По данным статистики, только 37% сельхозпроизводителей имеют доступ к газовым сетям и 20% – к тепловым. Такие условия снижают производительность внутреннего рынка, вынуждая импортировать сельхозпродукцию, и ограничивают развитие новых предприятий.

Во-вторых, отсутствие норм по утилизации отходов агропромышленного сектора приводит к проблемам окисления почв и застаиванию сельскохозяйственных земель, загрязнению подземных вод.

Библиографический список

1. *Дмитриева, Н.П.* Биоэнергетика в России и мире/ Н.П. Дмитриева // Биоэнергетика: Межд. специализированное издание. 2006. №3, С.20-29.
2. *Ковалев, А.А.* Повышение энергетической эффективности биогазовых установок Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва – 2014.
3. Методы промышленного сжигания древесины // Лес и бизнес. 2006. №3, С.10-19.
4. *Панцхава, Е.С.* Биогазовые технологии. Проблемы экологии, энергетики, сельскохозяйственного производства / Е.С. Панцхава, М.Г. Беренгартен, С.И. Ванштейн. – М.: МГУИЭ, ЗАО Центр «ЭКОРОС», 2008. – 217 с.

Сведения об авторах

ФИО	Иванова И.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия

SPIN-код	9124-7866
e-mail	irenalta@mail.ru
ФИО	Ходорыч Н.Д.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	3253-9032
e-mail	ltuttsu@mail.ru

Аннотация

Проведен анализ новых методов и объектов исследования в области биоэнергетики. Рассмотрены современные требования, предъявляемые к малым биогазовым установкам.

Стоимость биогазовой установки во многом определяется сложностью ее конструкции и отсутствием в ней оригинальных деталей. Несмотря на то, что биогазовый реактор является наибольшей частью установки, затраты на него не превышают 30% всех затрат на саму установку. Поэтому необходимо увеличивать эффективность переработки сырья и, как следствие, уменьшение объема реактора.

Помимо всего прочего, существует ряд проблем, заставляющих взглянуть на биогазовые технологии по-новому. Во-первых, низкая плотность покрытия газовых и электрических распределительных сетей. По данным статистики, только 37% сельхозпроизводителей имеют доступ к газовым сетям и 20% – к тепловым. Такие условия снижают производительность внутреннего рынка, вынуждая импортировать сельхозпродукцию, и ограничивают развитие новых предприятий. Во-вторых, отсутствие норм по утилизации отходов агропромышленного сектора приводит к проблемам окисления почв и застаиванию сельскохозяйственных земель, загрязнению подземных вод.

Ключевые слова: биоэнергетика, биомасса, биотопливо, метантен, реактор, органические отходы, bio-energetics, biomass, biofuel, metanten, reactor, organic waste.

УДК 620.91

Раздел рубрикатора ГРНТИ: 62.35.33

Эффективные способы химической переработки древесных отходов

Синицын Б.В., Угрюмов С.А.

Введение.

На всех стадиях технологического процесса лесозаготовки и последующей механической обработки древесного сырья неизбежно образуются отходы, в различном количестве в зависимости от применяемой технологии и уровня организации производства. Древесные отходы не всегда эффективно перерабатываются или утилизируются. Как правило, перед всеми лесозаготовителями и деревопереработчиками актуальна проблема переработки древесных отходов с получением востребованных продуктов с высокой добавочной стоимостью. В последние годы повышается интерес к химической переработке древесины и древесных отходов, что обусловлено востребованностью получаемых продуктов и высокой прибыльностью данного производства. Термическая переработка древесины с получением древесного угля широко распространена на предприятиях различной мощности, однако малая отпускная цена данной продукции на внутреннем рынке не позволяет получать существенную прибыль. В связи с этим повышается интерес к иным способам химической переработки древесных отходов в том числе к гидролизу с получением целлюлозы и фурфурола, как основного сырья для производства высокостойких смол и полимеров. Однако в нашей стране практически не осталось крупных химических заводов по переработке древесины с получением фурфурола и его производных, поэтому данный продукт является преимущественно импортным и дорогостоящим. В настоящий период необходимости импортозамещения организация малых производств, в том числе мобильных установок для переработки древесины с получением фурфурола, является перспективным направлением переработки древесных отходов с позиций ресурсосбережения и экономической привлекательности технологических процессов.

Эффективные способы переработки древесных отходов.

В настоящее время химическая переработка древесины осуществляется методом пиролиза и гидролиза. Теоретический выход фурфурола оценивается в 14% от массы абсолютно сухой древесины, на практике выход не превышает 8-10%. При пиролизе выход фурфурола и иных химических продуктов не велик, так как их часть разлагается при воздействии высокой температуры, а сложность улавливания и осаждения образующихся паров и газов делает процесс дорогостоящим с точки зрения аппаратного оформления. При гидролизе имеется возможность повысить практический выход готового

продукта за счет более полного ведения процесса разложения древесины с ужесточением режимов основного процесса.

Известен периодический способ гидролизного получения фурфурола из древесного сырья в кислой среде на основе серной кислоты высокой концентрации, при котором происходит гидролиз пентозанов и дегидратация пентоз [1]. При реализации данного способа лесосечные или другие древесные отходы, влажностью до 20%, измельчают до частиц размерами 5...20 мм, смачивают серной кислотой концентрации не ниже 20%, взятой в количестве до 30% от веса сырья, и подвергают гидролизу и дегидратации острым паром, перегретым до 150...250°C, в течение 45...90 мин. При такой обработке происходит разложение пентоз с выделением фурфурола. Конденсат содержит 3...7% фурфурола, который извлекают путем отстаивания и перегонки.

Простым с технической точки зрения является давно известный периодический способ получения фурфурола из измельченных древесных частиц, заключающийся в их пропитке раствором соляной кислоты с последующей отгонкой и разделением жидких продуктов. Для увеличения выхода отгонку необходимо фурфурола вести в среде теплоносителя (как правило органического растворителя), при этом выход фурфурола увеличивается и составляет примерно 8% [2].

Научный и практический опыт химической переработки древесины свидетельствует о том, что наибольший выход продуктов при минимальном времени обработки достигается при использовании в качестве гидролизатора раствора серной кислоты, обычно 10%-ной концентрации. Интенсифицировать данный процесс можно путем применения воздействия на сырье электромагнитных излучений, а также полей токов высокой и сверхвысокой частоты. При этом на первом этапе методом гидролиза получают пентозный гидролизат, который направляется в СВЧ-реактор непрерывного действия для продолжения реакций гидролиза. Под воздействием электромагнитного излучения с частотой 2400 МГц осуществляется дегидратация пентоз. Выход фурфурола повышается до 10% и более [3].

Скорость разложения древесины при гидролизе с выходом полезных химических продуктов во многом определяется видом катализатора среды. В этой связи эффективным является метод гидролиза с предварительной пропиткой древесных частиц катализатором - смесью перекиси водорода и серной кислоты в соотношении 1:10, с последующим отжимом и термообработкой древесных частиц водяным паром или инертным газом. При таком методе выход фурфурола превышает 8,5% [4].

В качестве катализаторов широко применяются различные соли, в частности хлористый натрий, бисульфат натрия, сульфат хрома и

суперфосфатная вытяжка. Более реакционно способными являются сернокислая соль железа или цинка, алюмокалиевые или железоаммониевые квасцы. При их использовании реакция протекает непрерывно при нормальных условиях. Выход фурфурола составляет порядка 10% и более [5].

Один из промышленных солевых периодических способов заключается в применении водяной вытяжки из суперфосфата, а также растворов фосфоросодержащих солей. Измельченное древесное сырье, смешанное с суперфосфатной вытяжкой концентрацией 3%, обрабатывается паром при 190°C в течение 150 минут. Выход фурфурола в этих условиях составляет 11 % и более. Повысить выход фурфурола можно ужесточением режимов гидролиза – повышением температуры и давления [6].

Наряду с периодическими широко применяются непрерывные способы гидролиза. Они позволяют эффективно использовать большой объем древесного сырья, вступающего в реакцию путем совмещения операций загрузки сырья его прогрева до необходимой температуры и выгрузки остатков, а также снижать энергоемкость производства. В настоящее время разработаны, освоены и промышленно используются множество непрерывных способов получения фурфурола. Один из первых вариантов производства фурфурола на установках непрерывного действия реализовала компания «Дефибратор» (Швеция) по бескислотному способу. В данном способе измельченное древесное сырье подается в верхнюю часть конического автоклава, постепенно перемещаясь сверху вниз под действием собственной массы. В аппарате поддерживается давление 1,1-1,2 МПа, а сырье прогревается до температуры 180-190°C. Снизу реактора подается пар, который проходит вверх и нагревает реакционную массу, обогащаясь образующимся фурфуролом и выводится из верхней части аппарата. Далее он направляется в сетчатые цилиндрические фильтры, где очищается от механических примесей. После этого пар поступает в общий коллектор и затем в парорегенерационную установку. В результате постепенного движения древесной массы сверху вниз идет реакция гидролиза, образуются органические кислоты, благодаря которым происходит процесс образования фурфурола из пентозанов [7].

Интенсификация непрерывного метода гидролиза возможна путем разделения процесса на стадии, при этом на первой стадии с использованием концентрированной кислоты получают фурфуролосодержащие пары, на второй стадии методом перколяционного гидролиза целлолигнина – гексозный гидролизат [8]. Это позволяет осуществлять процесс разложения древесины с увеличением выхода фурфурола за счет более полного разложения углеводородного комплекса древесины.

Заключение.

Организация малых производств, в том числе мобильных установок для химической переработки древесины с получением фурфурола, является перспективным направлением переработки древесных отходов с позиций ресурсосбережения и повышения экономической привлекательности. В большинстве промышленных способов гидролиза с получением фурфурола и иных веществ актуальны вопросы, связанные с экологией и комплексной переработкой древесной биомассы. При осуществлении химической переработки в условиях малых предприятий, в том числе в условиях лесосек, имеется возможность сокращения объемов вредных выбросов в окружающую среду за счет подбора щадящих способов гидролиза, в том числе бескислотных. Использование в технологическом процессе всех возможных видов древесных отходов позволяет повысить степень использования древесного сырья.

Библиографический список

1. Пат. 259904. Способ получения фурфурола / Н.А. Ведерников, П.Н. Одинцов, А. И. Калниньш, Н.С. Максименко, А.К. Кальнина, А.Б. Вейпс, Б.А. Глазман, С.В. Павлов; заявл. 24.07.62; опубл. 22.12.69. Бюл. №3. – 2 с.
2. Пат. №154255. Способ получения фурфурола / А.К. Славянский, Б.Ф. Никандров; заявл. 13.07.60; опубл. 30.09. 63, Бюл. №30. – 2 с.
3. *Болтовский В.С.* Комплексная гидролитическая переработка пентозансодержащей растительной биомассы с получением фурфурола и белоксодержащей кормовой добавки / В.С. Болтовский // Химия растительного сырья, 2014. –№ 2. –С. 5-12.
4. *Завьялов А.Н.* Получение фурфурола при направленном каталитическом пиролизе древесины / А.Н. Завьялов, В.В. Мороз, Л.И. Петровичева // Гидролизная и лесохимическая промышленность. – 1979. –№3. – С. 7- 8.
5. Пат. EP2632911A2. Способ получения фурфурола из пентоз и водорастворимых пентозанов / В.Йонг, Д. Маркотулио; заявл. 26.10.2011; опубл. 4.09.2013. –4 с.
6. *Шкут В.М.* Получение фурфурола из древесины лиственных пород с применением солевых катализаторов: дисс... канд. техн. наук : 05.21.04. – Минск: БТИ им. С.М. Кирова, 1984. – 221 с.
7. *Морозов Е.Ф.* Производство фурфурола / Е.Ф. Морозов. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 200 с.
8. *Сушкова В. И.* Безотходная конверсия растительного сырья в биологически активные вещества / В.И. Сушкова, Г.И. Воробьева. – Киров: ДеЛипринт, 2007. – 204 с.

Сведения об авторах

ФИО	Синицын Б.В.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	отсутствует
e-mail	borismail@ro.ru
ФИО	Угрюмов С.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	6246-6269
e-mail	ugr-s@yandex.ru

Аннотация

Приведен обзор основных способов химической переработки древесных отходов методом гидролиза с получением фурфурола. Предложена организация малых производств, в том числе мобильных установок для химической переработки древесины, с целью ресурсосбережения и повышения экономической эффективности деревопереработки.

Ключевые слова: древесные отходы, ресурсосбережение, гидролиз, фурфурол

УДК 674.8

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.51.29

Зондирование слабых грунтов

Фурсов К.А.

Введение

Одним из перспективных, высокопроизводительных и экономичных методов полевых испытаний грунтов является метод статического зондирования грунтов, сущность которого заключается в непрерывном с постоянной скоростью вдавливания в грунт конусного индентора. жестко закрепленного на штанге зонда, непрерывной или через каждые не более чем 0,2 м регистрации силы сопротивления грунта вдавливаю конусного индентора и расчете удельного сопротивления грунта под конусным

индентором и общее сопротивление грунта боковой поверхности зонда или удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности зонда (ГОСТ 19912-2001).

Цели и задачи

Сравнение экспериментальных данных с теоретическими данными.

Методика исследования

Этот метод в настоящее время широко применяется при производстве инженерно-строительных изысканий, однако он имеет следующие недостатки:

- не позволяет получать используемые в инженерной геологии силовые микроструктурные и микрореологические характеристики грунтов [4-9]. в частности; расстояния между глинистыми поверхностями при ближней и при дальней агрегации, при максимальной дальности взаимодействия глинистых поверхностей и при положении, соответствующему энергетическому барьеру; силы между глинистыми поверхностями - максимальной притяжения при ближней агрегации, максимальной отталкивания при дальней агрегации, притяжения при дальней агрегации и расклинивания при ближней агрегации; градиенты силы между глинистыми поверхностями отталкивания при дальней агрегации и притяжения при ближней агрегации; период релаксации силы сопротивления грунта; коэффициент вязкости жидкости в зазоре (микропоре) между глинистыми поверхностями при дальней агрегации;
- обеспечивают получение на каждой глубине испытания только одного значения сопротивления грунта вдавливаю зонда и для повышения достоверности и точности результатов требуют проведения нескольких испытаний на такой же глубине в близлежащих точках испытываемой площадки, что существенно увеличивает трудоемкость и стоимость изысканий.

В последнее время при усилении фундаментов реконструируемых зданий на слабых глинистых грунтах широко применяется способ, позволяющий передавать часть нагрузки от здания на инъекционные сваи [1,2].

Инъекционные сваи выполняются путем вдавливания, теряемого инъектора и последующей закачки бетонной смеси в образовавшуюся скважину под давлением 0,1-0,5 МПа, что приводит к ее расширению в радиальном направлении. Инъектор выполняется из стальных перфорированных труб длиной 0,5-1,0 м, свариваемых между собой в процессе погружения, или имеет иную конструкцию [2]. Отличительная особенность инъектора – уширение в уровне нижнего конца в виде плоского стального диска, диаметр которого превышает диаметр инъекторной трубы на 50-60 %. Подача бетонной смеси в скважину, образовавшуюся при погружении инъектора, может выполняться

непосредственно через иньектор [1] или восходящим способом (снизу-вверх) через бетоноподающий рукав, опущенный внутрь иньектора, в забой скважины [3].

Расширение скважины в радиальном направлении бетонной смесью приводит к изменению физико-механических характеристик околосвайного грунта. При этом соотношение объемных и сдвиговых деформаций в грунте существенно меняется в зависимости от величины создаваемого давления и продолжительности нагнетания бетона. Аналогичные процессы происходят при погружении готовых (предварительно изготовленных) свай забивкой или вдавливанием в слабые глинистые грунты.

Наиболее достоверными методами определения несущей способности свай считаются методы, основанные на результатах натуральных (полевых) испытаний. К ним относится и метод определения несущей способности свай по результатам статического зондирования грунтов [4,5]. Однако в настоящее время он практически не применяется для определения несущей способности иньекционных свай.

Для оценки возможности применения результатов статического зондирования для расчета несущей способности иньекционных свай в 2004-2007 гг. были выполнены экспериментальные исследования, включающие устройство более 20 иньекционных свай длиной от 3,5 до 5,0 м на трех экспериментальных площадках. Площадки были сложены глинистыми грунтами – супесями от пластичной до текучей консистенции и суглинками от мягкопластичной до текучей консистенции.

В ходе проведения инженерно-геологических изысканий на площадках было выполнено статическое зондирование грунтов. Зондирование выполнялось зондами первого и второго типов, в соответствии с требованиями ГОСТ 19912-2001 «Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием» [8].

Несущая способность устроенных иньекционных свай определялась путем испытаний статической вдавливающей нагрузкой в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-2012 [9]. Согласно СП 24.1330.2011 [5], частное значение предельного сопротивления забивной висячей сваи в точке зондирования следует определять по формуле:

$$F_u = R_s A + f h u, \quad (1)$$

где $R_s = q_s \beta_v$ – предельное сопротивление грунта под нижним концом сваи (кПа), определяемое по [5], $R = f$ - среднее значение предельного сопротивления грунта на боковой поверхности сваи (кН) по данным статического зондирования по [5].

С использованием формулы (1) были выполнены расчеты несущей способности устроенных натурных инъекционных свай. Затем полученные результаты были сопоставлены с экспериментально определенными значениями (табл. 1).

Таблица 1.

Марка сваи	Длина сваи, м /диаметр, м	Несущая способность сваи, кН		Превышение экспериментального значения над расчетным, %
		экспериментальная	расчетная	
Си1	4,6/0,25	200,0	171,0	14,5
Си3	4,6/0,25	200,0	181,5	9,5
Си4	4,6/0,26	230,0	192,5	16,3
Ис8	3,5/0,27	120,0	119,5	0,4
Ис9	3,5/0,3	137,5	130,3	5,2
Ис10	3,5/0,3	137,5	130,3	5,2
Ис11	3,5/0,34	187,5	166,4	11,3
С-7	4,5/0,22	287,0	242,5	15,5
С-12	4,7/0,23	287,0	257,1	10,4

Сопоставление несущей способности инъекционных свай, рассчитанной по формуле (1) и определенной экспериментально, показало превышение (до 16 %) экспериментальной несущей способности над расчетной.

В ходе численного моделирования работы инъекционных свай в программном комплексе Plaxis 3D и анализа результатов экспериментальных исследований (откопки натурных свай) было установлено, что увеличение несущей способности свай объясняется улучшением условий работы глинистого грунта на боковой поверхности ствола за счет формирования волнообразной (неровной) поверхности и образования цементно-грунтовой рубашки на границе «свая-грунт основания».

Для определения характеристик околосвайного грунта основания после расширения скважины необходимо проведение специальных исследований, которые обычно не входят в стандартный комплекс инженерно-геологических изысканий (определение коэффициентов Пуассона, бокового давления, фильтрации и т. д.). Поэтому увеличение несущей способности инъекционной сваи на боковой поверхности $F_{бок}$ было решено учитывать коэффициентом условия работы грунта γ_{cf} . Анализ полученных результатов показал, что значения коэффициента γ_{cf} колеблются от 1,05 до 1,5. При этом в слабых глинистых грунтах наибольшая сходимость экспериментальных и расчетных данных при наименьшем среднеарифметическом и среднеквадратичном отклонениях достигается при $\gamma_{cf} = 1,25$ (для пластичных текучих супесей) и $\gamma_{cf} = 1,05$ (для текучепластичных суглинков).

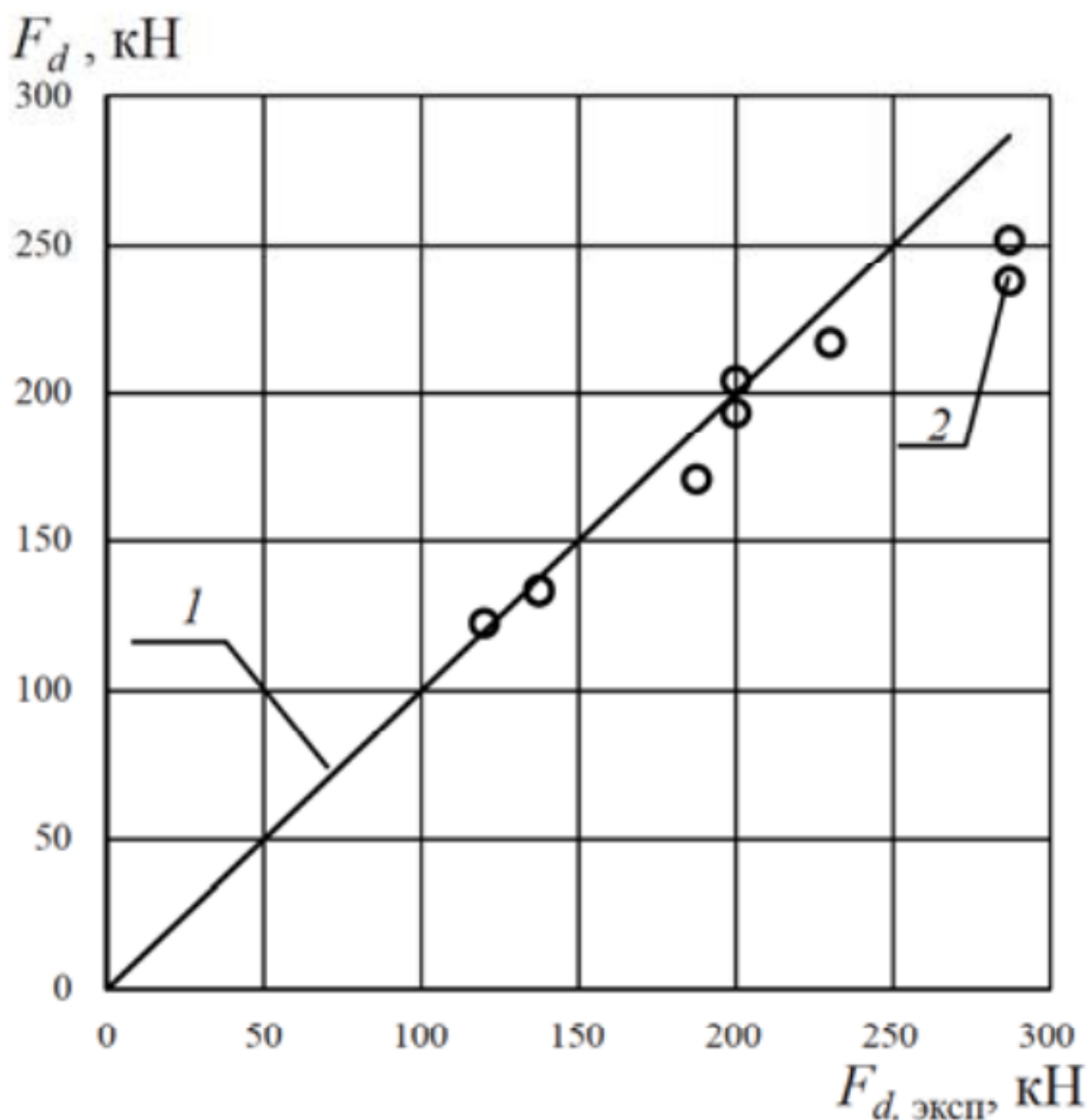


Рис. 1. Сопоставление данных об экспериментальной и расчетной несущей способности инъекционных свай: 1 – линия абсолютной сходимости; 2 – расчет по формуле (2) с учетом коэффициента условий работы грунта γ_{cf}

Следовательно, частное значение предельного сопротивления (несущей способности) инъекционной сваи в точке статического зондирования F_u может быть определено по формуле

$$F_u = R_s A + \gamma_{cf} \alpha f_{lu}, \quad (2)$$

где γ_{cf} – коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи: $\gamma_{cf} = 1,05$ для суглинков текучепластичных, $\gamma_{cf} = 1,25$ для супесей пластичных текучих.

Выводы

В результате исследований установлено, что при проектировании свайных фундаментов из инъекционных свай в слабых глинистых грунтах расчет

несущей способности свай можно вести по формуле (2), используя данные статического зондирования грунтов и руководствуясь методикой [5] (аналогично забивным сваям).

Расхождение результатов определения несущей способности по формуле (2) с экспериментальными данными не превышает 17 % (рис. 1).

Библиографический список

1. Пат.№ 2238366. Российская Федерация: E02 D 5/34 / Способ устройства инъекционной сваи / А. И. Полищук, О. В. Герасимов, А. А. Петухов, Ю.Б. Андриенко, С. С. Нуйкин. Заявл. 04.03.2003. Оpubл. 20.10.2004.
2. Пат. №87718. Российская Федерация: E 02 D 5/34/ Инъекционная свая / А.И. Полищук, А. А. Тарасов, Р. В. Шалгинов. Заявл. 11.01.2009. Оpubл. 20.10.2009.
3. Пат. № 129522. Российская Федерация: МПК7 E 02 D 5/34. Инъекционная свая для слабых глинистых грунтов / А. И. Полищук, А. А. Тарасов. Оpubл. 15.01.13.
4. Трофименков Ю. Г., Воробков Я. Н. Полевые методы исследований строительных свойств грунтов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1974.176 с.
5. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Введ. 20.05.2011 / НИИОСП им. Н. М. Герсевичева. М.: Мин-регион России, 2011.
6. Петухов А. А. Совершенствование способа устройства инъекционных свай в слабых глинистых грунтах для условий реконструкции зданий: автореф. дис__канд. техн. наук. Томск, 2006. 23 с.
7. Шалгинов Р. В. Совершенствование метода расчета инъекционных свай в глинистых грунтах для фундаментов реконструируемых зданий: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2010. 22 с.
8. ГОСТ 19912-2001. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. Введ. 01.01.2002 / НИИОСП им. Н. М. Герсевичева Госстроя РФ. М.: ГУП ЦПП, 2001.
9. ГОСТ 5686-2012. Грунты. Методы полевых испытаний сваями. Введ. 01.07.13 / НИИОСП им. Н. М. Герсевичева Госстроя РФ. М.: Стандартинформ, 2014.

Сведения об авторах

ФИО	Фурсов К.А.
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	отсутствует
e-mail	Kiraf00rs@yandex.ru

Аннотация

Оценка состояния зданий и сооружений предполагает получение информации о свойствах, составе, структуре и состоянии грунтового основания. В статье рассматривается метод расчета несущей способности инъекционных свай в слабых глинистых грунтах, с помощью статического зондирования. Проводится сравнение экспериментальных и расчетных данных.

Ключевые слова: статическое зондирование грунтов, инъекционная свая, несущая способность свай.

УДК 692.113

Разделы рубрикатора ГРНТИ 67.21.15

Использование системы комплексной безопасности на базе ПАК «Купол»

Березний Н.А.

Введение. Из года в год по всему земному шару происходят самые различные происшествия, аномалии и катастрофы. Одними из них являются пожары. Каждый год в мире уничтожаются огромные площади лесных насаждений, что влечёт за собой, как большие экологические так, и экономические последствия, не говоря уже о том, какое число жизней людей, животных, птиц и других живых существ при уносит этом огонь.

Метод исследования. За метод исследования взят метод описания системы комплексной безопасности на базе ПАК "Купол".

В современных социально-экономических и технологических условиях одной из первостепеннейших задач минимизации падения уровня жизни и экономического развития, становится оптимизация имеющихся ресурсов, их максимально эффективное использование и кооперация в работе со всеми субъектами хозяйственных отношений.

Неутешительный опыт выстраивания работы, в частности, в сфере пожарной безопасности, традиционным способом без привлечения инновационных разработок, можно считать частичным подтверждением необходимости модернизации современных информационно-коммуникационных технологий.

В удаленных районах слабо развита система телекоммуникации, что приводит к стагнации процессов ввода современных технологических решений. Отсутствие не только широкополосного интернета, но даже и мобильной связи (GPRS, 2G, 3G, 4G и т.д.) значительно сокращают число возможных технологических решений и в то же время значительно удорожают существующие[3].

Одним из основных факторов привлекательности жизни на селе является развитая инфраструктура социальных и культурных объектов. Даже при наличии минимума данных факторов стоит задача как их поддержания в работоспособном состоянии, так и их сохранения. Поскольку большинство сельских частных, коммерческих и социальных зданий выполнены из горючих материалов и с учетом удаленности от пожарных подразделений, любая задержка по прохождению тревожного сообщения (вызову пожарной охраны) приводит к полному уничтожению, как самого здания, так и соседних сооружений. В такой ситуации необходима эффективная система обеспечения в первую очередь пожарной безопасности.

Суть проблемы коллективной безопасности заключается в определении комплексного системного подхода и учета всего множества угроз и опасностей, а также мероприятий по их предупреждению, или, иными словами, по снижению рисков.

Уникальность разработки заключается в том, что объектовый прибор системы Купол не только обеспечивает безопасность объекта, где установлен, но и работает в режиме базовой станции (БС) системы Купол и за счет радио расширителя создает зону безопасности в радиусе до 8–12 км от базовой станции (в зависимости от рельефа местности). То есть при установке базовой станции, например, на сельской школе (рис. 1), можно обеспечить контроль систем безопасности (датчики дыма, температуры, утечки воды и т.п.), как здания самой школы, так и в радиусе до 12 км подключать другие объекты, например, сельские клубы, ФАПы, библиотеки, спортзалы, частные и коммерческие объекты.

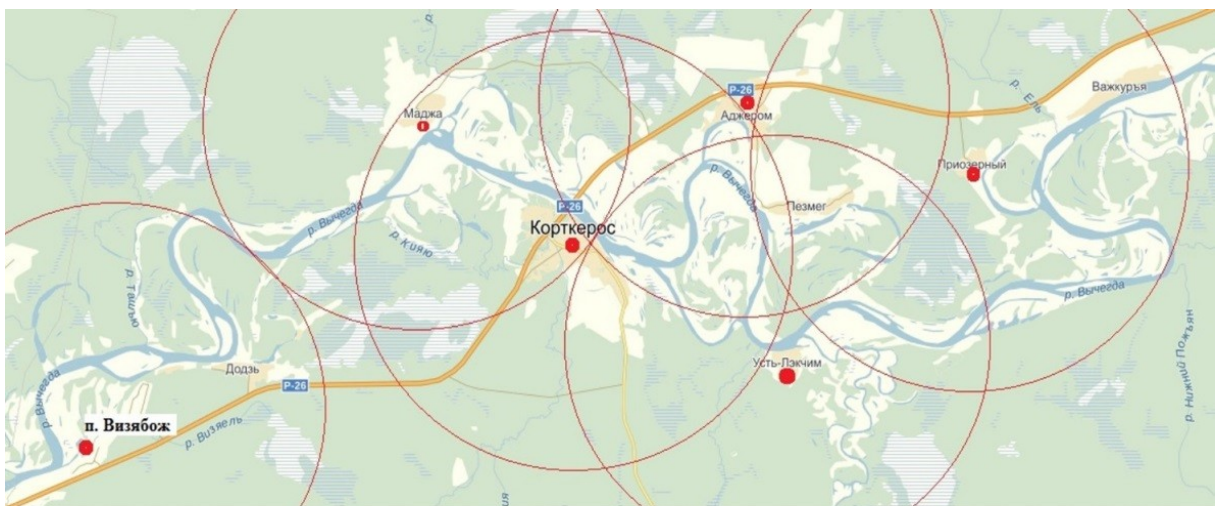
Также при использовании системы «Купол», можно организовать дистанционный мониторинг состояния различных устройств и приборов (систем охраны, контроля доступа, утечки газа, протечки воды, затопления, контроля тепло и электроснабжения, контроля температурного режима, состояния тревожных кнопок). Можно организовать снятие показаний с приборов учета и др. То есть на базе системы Купол можно развернуть информационно-аналитический комплекс более известный как «Умный дом».

Так как на одну базовую станцию можно подключать до 1000 абонентских радиомодулей установленных, как на частных (квартиры, гаражи, дачи), так и коммерческих объектах (магазины, склады, фермы) при использовании системы Купол появляется возможность распределить финансовую нагрузку на всех участников коллективной системы безопасности сельского поселения.

Таким образом, удастся создать локальные зоны безопасности на больших территориях (рис. 2). Благодаря системе «Купол» возможно разворачивать «купольные» системы безопасности на различных территориях (рис. 3).



Рисунок 1 – Схема построения системы Купол на базе сельской школы.



- Зона действия БС системы «Купол» (8-12 км)
- Радиоканальная связь между БС системы «Купол» (до 70 км)
- Базовая станция (БС) системы «Купол»
- Радиомодуль (РМ) системы «Купол»

Рисунок 2 – Локальные зоны безопасности на базе системы «Купол» в сельской местности.



Рисунок 3 – Локальные зоны безопасности на базе системы «Купол» в городской местности.

В плотной городской застройке система позволит установить ряд базовых станций и свести вывести сигналы с объектовых приборов на них. И уже через базовые станции осуществлять непрерывный сбор и анализ получаемых данных.

Система Купол строится на открытой платформе и разработчики системы заинтересованы в интеграции системы Купол со всеми изделиями российских разработчиков и отечественных производителей систем безопасности (Болид, Альтоника, ТЕКО, Сибирский арсенал, Ритм и др.)

Так как система Купол выполнена полностью на базе отечественных устройств и приборов, а также функционирует при поддержке российского программного обеспечения, уровень зависимости системы Купол от импортируемой продукции минимальна. Соответственно система Купол может выступать в качестве одного из элементов комплекса национальной гражданской обороны.

В соответствии со ст. 19, 36 Федерального закона «О пожарной безопасности» [1] на органы местного самоуправления возложены полномочия и обязанности по обучению населения мерам пожарной безопасности. Для проведения обучения населения в каждом органе местного самоуправления должно быть принято соответствующее постановление. А в случае наличия комплексных систем обеспечения безопасности – привлечение структур, их обслуживающих. Это позволит не только обеспечить минимальный уровень подготовки, но и познакомить руководство и инженерный состав, т.е. лиц,

отвечающих за безопасность населения, с возможными «слабыми» местами системы или обслуживаемой инфраструктуры – получить обратную связь от населения.

На сегодняшний день многие здания, особенно с массовым пребыванием людей, оснащены системой пожарной сигнализации. Однако в большинстве случаев сигналы пожарной тревоги, генерируемые пожарной сигнализацией, требуют передачи сообщения о пожаре на пульт «01» силами персонала, а значит, в экстренной ситуации оперативность прибытия пожарных служб на помощь зависит в первую очередь от «человеческого фактора», что может привести к серьезным последствиям [2].

Разработанный комплекс может быть размещен в том числе на специализированных аэростатах (рис. 4). Уникальная форма аэростата заключается в торообразной конструкции, которая лучше сопротивляется потокам ветра, имеет легкий и прочный каркас жесткости, менее заметна в небе в сравнении с классическими каплевидными аэростатами.

Аппаратный комплекс может быть оснащен любым видом радиооборудования, обеспечивая передачу различной телеметрии, аудио/видео связь, доступ в интернет, ретрансляцию сигнала, навигацию и сопровождение и т.д. Благодаря торообразной форме имеется возможность устанавливать прямую спутниковую связь, вести видео/радионаблюдение практически сферического обхвата без слепых зон.

За счет высоты размещения передающего и принимающего оборудования, увеличиваются ретрансляционные возможности комплекса (рис.5). Они позволяют выстраивать систему не только по цепочке, увеличивая дальность связи между крайними точками, но и выстраивать так называемые, ячеистые сети при выходе одного узла которой система продолжает работать через обходные маршруты.

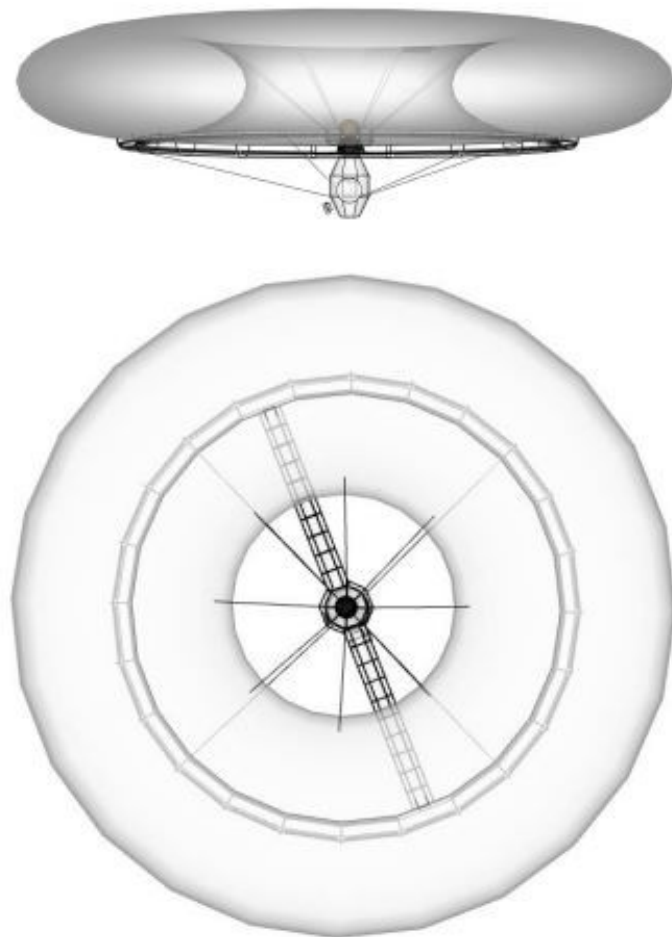


Рисунок 4 – Аэростат для размещения конструктивных элементов системы.

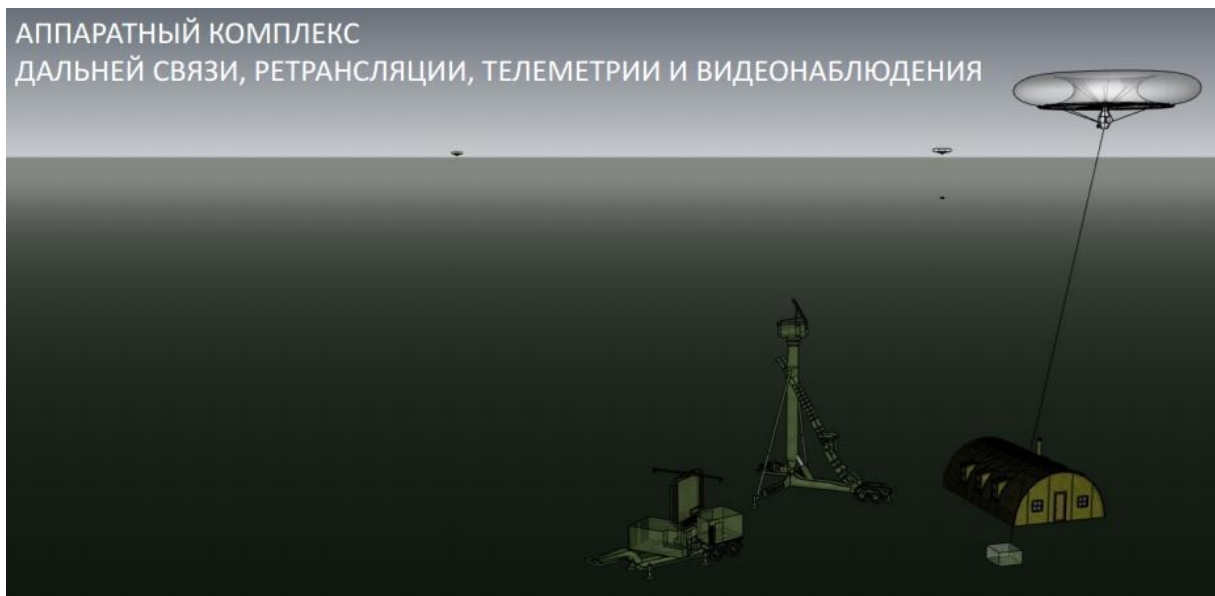


Рисунок 3.80 – Использование аэростата в системе «Купол»

Система «Купол» в совокупности с выносным на аэростате оборудованием может быть использован и в гражданском, и в промышленно, и в военном назначении. Комплекс может быть мобильным и разворачиваться оперативно в

пределах заранее установленного времени. Благодаря конструктивным система становится еще и довольно автономной, что позволяет использовать ее в значительной удаленности от населенных пунктов, промышленных объектов и иных инфраструктур, имеющих стационарные энергетические ресурсы. Таким образом, система «Купол» органично объединяет ИКТ-технологии и эффективное управление в задачах создания систем комплексной безопасности и особенно сокращения бюджетных затрат, что наиболее актуально на территориях с низкой плотностью населения северных и арктических территориях России.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. №69-ФЗ «О пожарной безопасности» // Собрание законодательства Российской Федерации от 26 декабря 1994 г. № 35 ст. 3649 // Российская газета. – 5 января 1995 г. – № 3.
2. Пожарная безопасность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aspr-omr.ru/selskoe-poselenie/pozharnaya-bezopasnost.html>. – Загл. с экрана.
3. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации [Текст] : от 7 февраля 2008 г. № Пр-212. – Российская газета. – 16 февраля 2008 г. – Федеральный выпуск № 4591.

Сведения об авторах

ФИО	Березний Николай Анатольевич
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	2469-7665
e-mail	deadmen1777@yandex.ru

Аннотация

Система «Купол» органично объединяет ИКТ-технологии и эффективное управление в задачах создания систем комплексной безопасности и особенно сокращения бюджетных затрат, что наиболее актуально на территориях с низкой плотностью населения северных и арктических территориях России.

Ключевые слова: пожар, система “Купол”.

УДК 630.432

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 81.92.01; 81.92.37; 81.92.05; 81.92.15.

Роль и значение метрологической экспертизы технической документации в производстве

**Черных Л.Г., Соколова В.А., Алексеева Е.А.,
Богатов И.Ю., Мажирин Д.А.**

Введение:

Вопросы повышения надежности, долговечности, в том числе и качества продукции необходимо рассматривать на ранних стадиях и решаются путем метрологической экспертизы технической документации. Это мощный инструмент повышения качества метрологического обеспечения, который дает возможность создавать эффективные технологические процессы, позволяет внедрение гибкого автоматизированного производства.

Цели и задачи:

Основная цель данной статьи провести анализ значения метрологической экспертизы нормативно технической документации и влияние ее на повышение качества технологических процессов.

Методика исследования:

Основной мотив существования метрологической экспертизы технической документации в целом-возможность выпуска конкурентоспособной продукции высокого качества, так как метрологические ошибки, выявленные на этапе разработки, устранить будет намного легче, чем на последующих этапах жизненного цикла продукции.

Основными задачами при метрологической экспертизе технической документации являются:

- анализ рациональности принятых решений в области метрологического обеспечения;
- оценка соблюдения правил в области метрологической терминологии, применения единиц физических величин, обработки результатов измерений;
- оценка соблюдения требований обеспечения единства точности и достоверности измерений, охватывающих стадии подготовки, проведения, обработки и представления результатов измерений;
- установление соответствия содержания объектов МЭД требованиям метрологических правил и норм, руководящей и нормативной документации по метрологическому обеспечению;
- оценка соответствия оформления требованиям ГОСТ ЕСКД.

Важный организационный момент – установление стадий разработки технической документации, на которых будет проводиться метрологическая экспертиза, и видов документов, подвергаемых ей.

Порядок проведения метрологической экспертизы технической документации в общем, включает в себя следующие этапы:

- собеседование со специалистом-разработчиком документации, предоставленной на метрологической экспертизу. Проверка комплектности технической документации.

- изучение конструкции либо технологического процесса производства данного изделия (по технической документации и на рабочих местах), сбор и изучение необходимой нормативной документации.

- анализ и оценка технических решений в части метрологического обеспечения. Фиксирование замечаний и предложений. Установление возможности реализации предложений эксперта метролога (эксперта комиссии).

- оформление результатов метрологической экспертизы нормативной и технической документации в виде списка замечаний и предложений или экспертного заключения

- возврат документации разработчику с результатом метрологической экспертизы для устранения существенных замечаний

- после устранения замечаний, документация вновь предъявляется на метрологическую экспертизу.

Для оптимального выбора номенклатуры контролируемых параметров необходимо исключение избыточных параметров при разработке и экспертизе нормативных технических документов, которое заключается в определении вероятности того, что, если измеренное в процессе контроля изделия некоторое значение параметра X_1 (X_2) лежит в границах заданных допусков, то и значение параметра X_2 (X_1) также лежит в границах заданных для него допусков.

События, соответствующие наименьшему значению этой вероятности, определяются неравенствами (1) и (2).

$$X_{н2}(X_{н1}) \leq X_2(X_1) \leq X_{в2}(X_{в1}) / X_1(X_2) = X_{н1}(X_{н2}) \quad (1)$$

$$X_{н2}(X_{н1}) \leq X_2(X_1) \leq X_{в2}(X_{в1}) / X_1(X_2) = X_{в1}(X_{в2}) \quad (2)$$

Это означает, что значение параметра X_2 (или X_1) находится в пределах нижнего $X_{н2}$ ($X_{н1}$) и верхнего $X_{в2}$ ($X_{в1}$) заданных допусков,

когда измеренное значение другого параметра X_1 (или X_2) лежит на нижней или верхней границах допусков.

Общим принципом решения указанной задачи является определение условных вероятностей (3), (4) и (5), (6).

$$P_1(X_{н2}) \leq X_2 \leq X_{в2} / X_1 = X_{н1} \quad (3)$$

$$P_2(X_{н1}) \leq X_1 \leq X_{в1} / X_2 = X_{в1} \quad (4)$$

или

$$P3(X_{н1}) \leq X_1 \leq X_{\epsilon_1} / X_2 = X_{н2} \quad (5)$$

$$P4(X_{н1}) \leq X_1 \leq X_{\epsilon_1} / X_2 = X_{\epsilon_2} \quad (6)$$

Если полученные значения вероятностей P_1 и P_2 больше или равны допускаемому значению вероятности P_d , то целесообразно осуществлять контроль лишь параметра X_1 , не контролируя параметр X_2 , т. е. параметр X_2 из рационализированной номенклатуры исключается. Если P_3 и P_4 меньше или равны P_d , то исключается параметр X_1 .

Значение P_d может принято равным $P_d = 1 - P_o$, где P_o – вероятность ошибки контроля второго рода исключаемого параметра.

Вероятность ошибки контроля первого рода при этом можно не учитывать, так как при выходе значений оставшегося контролируемого параметра за границы допусков изделие уже будет забраковано.

В ряде случаев может оказаться, что все рассчитанные вероятности P_1, P_2, P_3, P_4 больше допустимой вероятности P_d . Тогда вопрос об исключении контролируемого параметра решается исходя из техникоэкономических соображений, например путем сопоставления сложности или стоимости процессов контроля.

Рассмотренный статистический прием анализа оптимальности номенклатуры измеряемых (контролируемых) параметров не в полной мере решает проблемы их оптимального выбора. Что необходимо измерять и с какой целью, решают конструктор на стадии проектирования изделий и технолог при разработке технологических процессов их изготовления [1,2,3].

При установлении видов документов, подвергаемых метрологической экспертизе, можно руководствоваться положениями ГОСТ 2.102-68 «ЕСКД. Виды и комплектность конструкторской документации» для конструкторской документации и ГОСТ 3.1102-81 «ЕСТД. Виды технологических документов» для технологической документации. Виды документов подлежащих метрологической экспертизе и состав лиц, представляющих и проводящих ее, представлены на рис.1.

Результаты и обсуждение исследований.

Как видно из вышеописанного, значимость процедуры метрологической экспертизы технической документации для обеспечения единства измерений убедительно доказана метрологической практикой. Можно отметить такой факт, что метрологическая экспертиза была создана как методология метрологического обеспечения для повышения качества. Сегодня, метрологическая экспертиза – это анализ заложенного метрологического обеспечения и проектирование рекомендаций по его совершенствованию.

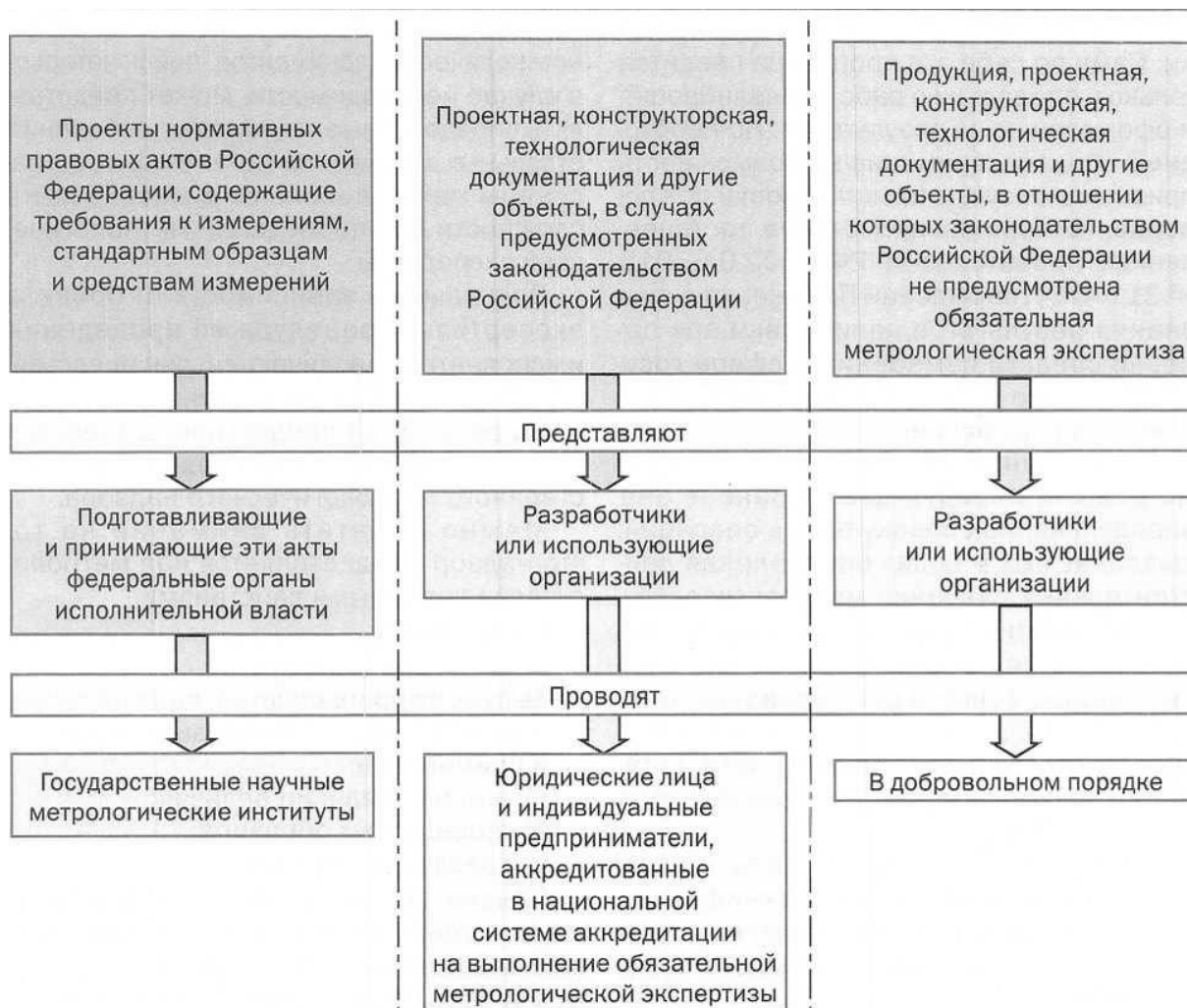


Рис.1. Схема представления и проведения метрологической экспертизы технической и технологической документации.

Библиографический список

1. Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и технические измерения / Ю.В. Димов. – СПб. : Питер, 2010,410с.
2. Сергеев, А. Г. Метрология и метрологическое обеспечение / А. Г. Сергеев. – М. : Высш. образование, 2008,273с.
3. Шиманский, А. Ф. Метрологическая аттестация методик и количественного анализа / А. Ф. Шиманский, И. В. Якимов, Е.Д. Кравцова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2012, 124с.

Сведения об авторах

ФИО Черных Лариса Георгиевна
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия

SPIN-код
e-mail 2904180@mail.ru

ФИО Соколова Виктория Александровна
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 5116-5102
e-mail sokolova_vika@inbox.ru

ФИО Алексеева Елена Аркадьевна
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail alexeyevalena@mail.ru

ФИО Богатов Игорь Юрьевич
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail mmu49@mail.ru

ФИО Мажирин Дмитрий Александрович
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5 литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail mmu49@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрена процедура и предпосылки проведения метрологической экспертизы технической документации на производстве в порядке, установленном действующими государственными стандартами и

нормативными актами. Также рассматриваются основные источники нормативной документации на основании которых проводится МЭТД технической документации.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, процесс, техническая документация, производство.

УДК 006.91.001.

Разделы рубрикатора ГРНТИ: 90.21.03

Анализ библиометрических показателей сборника статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам НИР 2017 года

Бачериков И.В.

Введение

Наукометрия – область науковедения, проводящая исследование науки количественными методами. Несмотря на многочисленную критику необъективности, наукометрические показатели [3], в настоящее время, являются одним из критериев оценки работы ученого. В 2018 году институтом технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета был опубликован сборник статей по итогам года [1].

Цель работы

1. Проанализировать востребованность работ, опубликованных Институтом технологических машин и транспорта леса за 2018 в сборнике статей.
2. Выявить самых продуктивных авторов.
3. Наметить курс развития сборника на 2020 год.

Методы исследования

Научная электронная библиотека (НЭБ, elibrary.ru) предоставляет достаточно много инструментов для анализа библиотерических показателей как отдельного автора, так и организации целиком. Проанализируем имеющуюся статистику просмотров по сборнику, таблица 1. Индексы Херфиндаля, Джини и Хирша не рассчитывались.

Таблица 1. [2]

№	Название издания	Аннотация	Полные тексты
1.	Реологическая модель древесины при затухающих необратимых деформациях	2	1
2.	Оптимизация параметров моторно-трансмиссионной установки лесопромышленных тракторов	3	3
3.	Разработка методики расчета элементов машин, механизмов и	1	0

	сооружений лесного комплекса на динамические нагрузки		
4.	Заготовка древесины, поврежденной энтомовредителями	4	2
5.	Максимальная сила при поперечном ударе цилиндрического деревянного тела по жесткой конструкции	1	1
6.	Оптимизация параметров технологического процесса сушки стружки при производстве древесностружечных плит	8	5
7.	Оптимизация процесса раскроя необрезных пиломатериалов	3	2
8.	Анализ влияния стажа работы оператора на производительность харвестера	6	2
9.	Производство топливной щепы из лесосечных отходов при сортиментном способе лесозаготовки	3	1
10.	Формулы для расчета осадки штампа при вдавливании в кусочно-неоднородную среду	4	1
11.	Комбинированная реологическая модель лесного почвогрунта	4	1
12.	Особенности обработки опытных данных при оценке реологических параметров лесного почвогрунта	4	1
13.	Технологии лесозаготовок с промежуточным складом	9	2
14.	Анализ факторов, оказывающих влияние на производительность лесотранспортных машин в Северо-Западном регионе РФ	10	3
15.	Исследование параметров структуры терминальных сетей	3	0
16.	Перспективы увеличения объемов лесозаготовок в РФ и пути решения на примере увеличения объемов плотового лесосплава в Сибирском ФО	6	1
17.	Моделирование процесса использования передаточных чисел механической трансмиссии трелевочного трактора	1	1
18.	Выявление проблемных участков лесной дорожной сети на основе данных ГСП	3	1
19.	Исследование физико-механических свойств дорожно-строительного материала на основе смеси песчаного грунта и нефелинового шлама	3	2
20.	Использование климатической информации для определения расчетных параметров при проектировании лесных дорог	1	2
21.	Металлургический шлак в смесях с местными грунтами - материал прочных дорожных одежд лесных регионов Северо-Запада РФ	3	1
22.	Совершенствование структуры лесотранспортной сети Усть-Илимского ЛПК	2	1
23.	Формирование оптимальных грузопотоков в лесопромышленном комплексе	1	2
24.	Перспективы создания колесного харвестера на базе сельскохозяйственного трактора "Кировец"	5	2
25.	Оценка динамической нагруженности силовой передачи лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата на стадии проектирования	3	2

26.	Перспективы внедрения технических мышц в машины и оборудование лесного комплекса	1	0
27.	Повышение характеристик топливной щепы в условиях лесосеки	3	1
28.	Исследование параметров древесины, определяющих качество древесного угля	5	3
29.	К вопросу о напольных покрытиях из древесины	5	3
30.	Анализ технических решений по технологическим процессам термохимической переработке биомассы	13	8
31.	Изменение потенциальной энергии несжимаемой жидкости в центробежном насосе и при дросселировании	7	2
32.	Повышение эффективности деятельности малых лесозаготовительных предприятий	4	3
33.	Система сертификации как модель повышения качества машиностроительного производства	5	2
34.	Современные проблемы метрологии и пути их решения	6	6
35.	Личностные особенности студентов ВУЗа лесного профиля	6	5
36.	Оптимизация состава дорожно-строительного комплекса методом динамического программирования	5	1
37.	Влияние технологических факторов на процесс деформирования древесины	1	0
38.	Анализ условия самозатягивания при прокатке древесины	1	0
39.	Комплексная оценка транспортной освоенности лесов методами геоанализа	10	5
40.	Исследование процесса пленкообразования на основе водно-дисперсионных лакокрасочных материалов	1	1
41.	Диагностирование автомобилей и проектирование станций технического обслуживания	3	4
42.	Проектирование участка для технического обслуживания и ремонта автомобилей	4	3
43.	Повышения эффективности тормозной системы колесного лесопромышленного трактора	2	1
44.	Инновационные способы повышения работоспособности конструкций лесных автомобильных дорог	6	2
45.	Анализ способов термохимической переработки в технологии производства древесного угля	4	2
46.	Исследование дорожно-строительного материала для лесных дорог с использованием осадка промывных вод ГУП "Водоканал СПб", укрепленного вяжущими	3	1
47.	Повышение надежности и снижение энергоемкости машин и оборудования в лесном комплексе	4	3

Результаты исследования

В сборнике статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам НИР 2018 года

было опубликовано 47 статей. Общее число авторов статей в сборнике – 132, из них уникальных авторов – 82. Аннотация самого сборника была просмотрена 44 раза 21 уникальным посетителем, суммарное число просмотров аннотаций статей сборника составило 192 раза, а полные тексты статей были просмотрены 96 раз.

Самыми активно пишущими авторами являются Бирман А.Р., Локштанов Б.М., Соколова В.А., Кривоногова А.С. и Теппоев А.В. Как видно из таблицы 2, особого пересечения между теми, кто активно пишет, и теми, кого читают – нет.

Стоит отметить, что работа из сборника была процитирована 1 (один) раз в материалах международной научно-технической конференции в рамках Международного молодежного форума по лесопромышленному образованию в Минске авторским же коллективом.

Таблица 2.

Авторы	Название издания	Аннотация	Полные тексты
Иванова И.В., Шеменич Ю.Е.	Анализ технических решений по технологическим процессам термохимической переработке биомассы	13	8
Парфенопуло Г.К., Соколова В.А., Теппоев А.В., Марков В.А.	Современные проблемы метрологии и пути их решения	6	6
Тюрин Н.А., Громская Л.Я., Антонова Т.С.	Комплексная оценка транспортной освоенности лесов методами геоанализа	10	5
Шифрин Б.М., Елисеев И.В.	Оптимизация параметров технологического процесса сушки стружки при производстве древесностружечных плит	8	5
Теппоев А.В., Хитров Е.Г., Сафонова Н.Ю.	Личностные особенности студентов ВУЗа лесного профиля	6	5
Каманен И.А.	Диагностирование автомобилей и проектирование станций технического обслуживания	3	4

Выводы и обсуждение

От конференции-«лягушатника», на которой бакалавров и магистрантов учат оформлять статьи и дают возможность потренироваться выступать, высоких наукометрических показателей ожидать бессмысленно, однако несколько выводов все же можно сделать:

Число читателей у сборника меньше, чем число авторов. Это можно объяснить следующим образом:

1. Для серьезных авторов эта конференция проходная – отчитались по итогам года и забыли.

2. Для части магистрантов не имеет особого значения в какую работу их вписали, потому и читать ее незачем.

3. Уникальность посетителей рассчитывается неверно, вполне возможно, что уникальность учитывается по IP-адресам пользователей, таким образом, разные читатели были подсчитаны как один уникальный посетитель.

Востребованность работ – низкая, использование опубликованного материала год спустя составило 2%. Этот показатель можно трактовать по-разному:

1. В период аккредитации (2018-2019 учебный год) основным авторам было не до научной деятельности, а студенты без научных руководителей не смогли самостоятельно написать что-либо.

2. У сборника сложное название и авторы статей, при цитировании его сокращают, меняют и таким образом elibrary не может точно отследить, где была процитирована та или иная статья.

3. Статьи имеют низкий академический уровень, в них описываются уже известные вещи, научной новизны нет и они просто невостребованы.

4. Статьи имеют высокий академический уровень, в них поднимаются сложные узкопрофильные вопросы и широкому кругу читателей они не интересны.

Мерами по развитию сборника могут являться:

1. Корректировка названия. По опыту работы с различными базами цитирования (Scopus, Web of Science, РИНЦ, AGRIS), ошибка хотя бы в одной букве может вести к появлению в базе нового автора или нового журнала. Название следует упрощать и сокращать.

2. Повышение уровня издания. Таким шагом может являться превращение непериодического издания в периодическое, путем получения номера ISSN и регистрации как средства массовой информации.

3. Повышение прозрачности издания. Издание учитывается в одной наукометрической базе (РИНЦ), индексация в других базах позволит увеличить читаемость и востребованность статей.

В следующем году можно провести аналогичный анализ и посмотреть на динамику библиометрических показателей.

Библиографический список

1. Сборник статей по материалам научно-технической конференции института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ 2017 / отв. ред. В.А. Соколова – СПб: СПбГЛТУ, 2018. – 330 с. DOI: 10.21266/SPBFTU.2018.NTK.1
2. Статистика по договору URL: https://elibrary.ru/projects/contracts/publisher/contracts/book/stats/stat_general.asp (дата обращения: 19.07.2019)
3. Bibliometric indicators: quality measurements of scientific publication. Durieux V, Gevenois PA. Radiology. 2010 May; 255(2):342-51. DOI: 10.1148/radiol.09090626.

Сведения об авторах

ФИО	Бачериков Иван Викторович
Организация	Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации	194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код	7210-3600
e-mail	ivashka512@gmail.com

Аннотация

В статье проведен анализ наукометрических показателей сборник статей по итогам НИР 2018 года, предложены меры по его развитию.

Ключевые слова: наукометрия, библиометрические показатели, scientometry, bibliometric indicators

УДК 001.815 + 005

Разделы рубрикатора ГРНТИ 12.41.55, 12.41.21, 66.01.13

Основы оптимизации технологического процесса работы с лесными культурами

Залевский А.П., Бачериков И.В.

Введение/

Для перехода к интенсивной модели лесопользования необходимо обеспечить рациональное лесовосстановление с учетом возможностей лесных питомников, их транспортной доступности и экономической целесообразности различных видов и способов лесовосстановления.

Цели и задачи

1. Определить ключевые факторы в для проектируемой математической модели
2. Составить предварительную математическую модель оптимизации работы с лесными культурами.
3. Определить дальнейшее направление развития математической модели.

Методика исследования

На производительность (прирост запаса, m^3) лесных культур влияют естественные, трансформируемые и эндогенные факторы [4]. Кратко к ним можно отнести: качество посадочного материала, почвенно-грунтовые условия, густота посадки, лесохозяйственные мероприятия, влажность и прогреваемость почвы.

Таблица 1. Множества

Множество	Индекс	Описание
sP	i	Плантации
sS	sp	Породы древесины

Таблица 2. Параметры

Параметр	Описание
pA	Площадь плантации i , га
pB	Бюджет на лесовосстановление плантации i , руб.
pS	Потери деревьев на плантации i , шт.
pT_z	Стоимость обработки лесных культур, руб/га
pS_t	Сохранность деревьев на плантации i , шт.
pD	Густота посадки деревьев на плантации i , шт/га
pP	Доход от одного дерева породы sp , руб/шт

pC_t	Количество деревьев, шт.
--------	--------------------------

Ограничения в модели отсутствуют, в дальнейших исследованиях этот недостаток будет исправлен.

Таблица 4. Переменные

Переменная	Описание
vP_t	Доход от каждого дерева на плантации i , руб

Целевая функция

$$\sum_{i=1}^i \sum_{1}^{sp} (pB_i - pT_{zi} * pA_i + vP_{t_{sp}}) \rightarrow \min \quad (1)$$

Выводы

По данной математической модели в AIMMS было построена система поддержки принятия решений (СППР), создан малый набор данных и проведен вычислительный эксперимент. Оптимальное решение находится решателем CPLEX 12.8 методом линейного программирования за 37-39 секунд.

Что получилось реализовать в СППР:

1. Породы древесины
2. Густота посадки
3. Оценка наилучшей для лесовосстановления породы

Что не получилось сделать на данном этапе:

1. Виды обработки лесной плантации методами линейного программирования.
2. Реализовать расчет выхода сортиментов по категориям крупности – сейчас ценность дерева задается усредненным значением в зависимости от породы;
3. Привязать продуктивность заложенных лесных культур к эдафической сетке Погребняка-Алексеева – данный вопрос требует глубокой проработки с уклоном в почвоведение;
4. Учесть лесохозяйственные мероприятия (1-ое и 2-ое прореживания) и их влияние на густоту посадки и выход кубатуры/сортиментов;
5. В модель необходимо добавить транспортно-технологическую часть [1-3].

Библиографический список

1. Симоненков, М.В. Оптимизационная модель ежегодного планирования снабжения круглыми лесоматериалами / М.В. Симоненков, Э.О. Салминен // Научное обозрение. – 2016. – № 15. – С. 187–195.

2. Симоненков, М.В. Оптимизация ежемесячного планирования лесных грузопотоков / М.В. Симоненков, Э.О. Салминен, И.В. Бачериков // Resources and Technology. – 2016. – № 13 (3). – С. 1–29.
3. Симоненков, М.В. Оптимизация транспортно-технологических процессов лесозаготовительных производств : дис. ... канд. техн. наук / Симоненков М.В. – Санкт-Петербург : СПбЛТУ, 2017. – 282 с.
4. Маркова, И.А. Ускоренное производство древесины в Европейско-Уральской зоне Российской Федерации : учеб. пособие / И.А. Маркова. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. - 116 с. Тираж 100 экз.

Сведения об авторах

ФИО Залевский Анатолий Петрович
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код –
e-mail neylis.com@gmail.com

ФИО Бачериков Иван Викторович
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 7210-3600
e-mail ivashka512@gmail.com

Аннотация

Начата разработка математической модели по оптимизации лесовосстановления, на основе математической модели написана программа. Сделана оценка важных факторов, определены направления улучшения математической модели.

Ключевые слова: математическая модель, лесные культуры, лесовосстановление, лесопользование.

УДК 630.3

Разделы рубрикатора ГРНТИ 68.47.29

Результаты предварительных экспериментов по изучению извлекаемости радиочастотных меток типа «Nail Tag»

Бачериков И.В., Фурин А.И.

Введение.

В ряде предыдущих публикаций [1-3] нами рассматривались предпосылки для создания системы поштучной идентификации круглых лесоматериалов. Был получен патент на способ мониторинга перемещения круглых лесоматериалов в цепи поставок [4]. В публикации [5] подведены итоги работы по данной теме и в диссертации Симоненкова М.В. [6] рекомендуется использование радиочастотных идентификационных меток (в тексте также – метки, радиометки, RFID-метки) на поверхностно-акустических волнах (ПАВ).

Разработка идентификационных ПАВ-меток, НИОКР и внедрение в производственные процессы займет большое время. На данном этапе целесообразно рассмотреть уже имеющиеся на рынке метки и адаптировать методику поштучной идентификации круглых лесоматериалов под них. Известна метка типа «Nail Tag», применяемая в лесном и садово-парковом хозяйстве для учета деревьев на корню.

В ходе дискуссий на кафедре Промышленного транспорта был сделан следующий вывод: RFID-метка должна быть извлекаемой из древесины, в особенности – из балансовой древесины, чтобы не снижать сортность как пиломатериалов, так и технологической щепы посторонними включениями.

Цели и задачи

Целью исследования является: оценка возможности извлечения из дерева для повторного использования радиочастотных идентификационных меток типа «Nail Tag».

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить возможность забивания метки в древесину молотком и выживаемость метки после этого
2. Изучить возможность извлечения метки из дерева при помощи ручного инструмента
3. Определить максимально допустимую нагрузку на метку при извлечении из дерева

Методика исследования

Изучались радиочастотные идентификационные метки типа «Nail Tag».

Согласно технической спецификации [7] метки имеют следующие характеристики, табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики [7]

Параметр	Значение
Рабочая частота	125 кГц ± 6
Память	64 бит, только для чтения
Тип чипа	Уникальный
Габариты	Ø 4 x 35.5 мм
Материал корпуса	Полиамид и стеклопластик
Вода	IP67, 20° С, 1 м x 1 ч
Вибрация	IEC 68.2.6 [10 г, 10 to 2000 Гц, 3 осей, 2.5 ч]
Шок	IEC 68.2.29 [40 г, 18 мс, 6 осей, 2000 раз]
Температура хранения	-25° до +85° С, 1000 часов
Рабочая температура	-25° до +85° С

«Nail Tag» представляет собой гвоздь из полиамидной пластмассы с цилиндрическим ферритовым сердечником с обмоткой из медной проволоки (рис. 1).

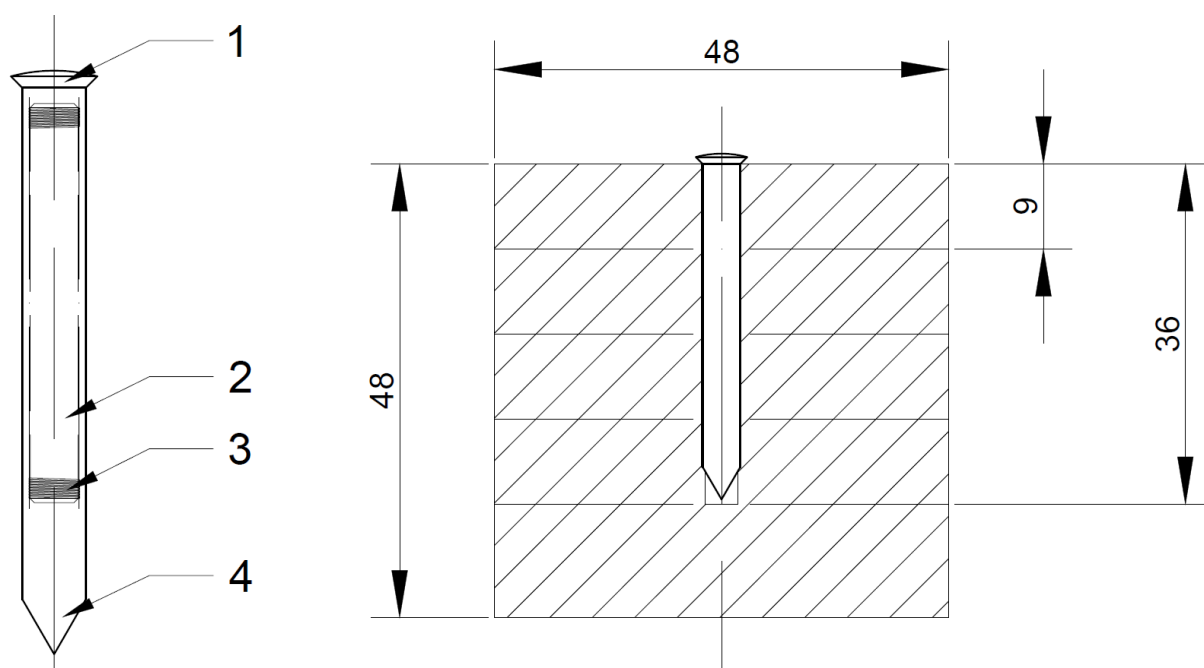


Рисунок 1. Схема «Nail Tag»

1 – шляпка; 2 – ферритовый стержневой сердечник; 3 – обмотка; 4 – острие.

Выживаемость метки проверялась считывателем 2014FR-FZQ05CD. Если метка после той или иной операции считывается (на считывателе отображается ее идентификационный номер), то она считается рабочей, если метка не считывается (считыватель не может распознать/найти идентификационный номер после неоднократных попыток), то она считается поврежденной.

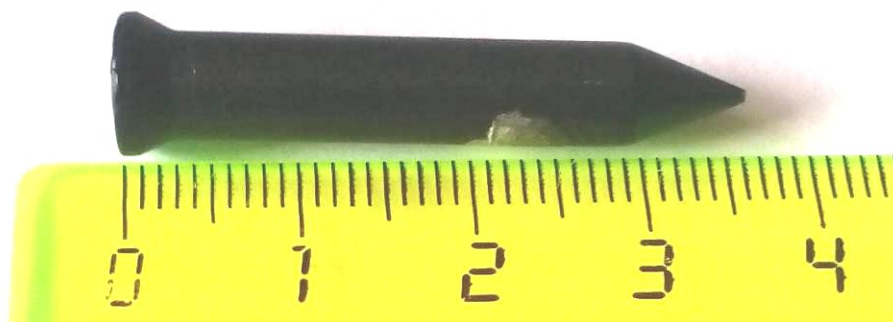


Рисунок 2. Фотография «Nail Tag»



Рисунок 3. Считывание метки:

слева – считывание поврежденной метки, справа – считывание рабочей метки

В опытах по забиванию метки в древесину использовались: образец древесины липы размерами 100 мм x 48 мм x 48 мм, молоток со стальной головкой, молоток с резиновой головкой, электродрель с набором сверел, радиометки.

Была сделана попытка забить метку молотком со стальной головкой в образец без высверливания отверстия. Результатом стала деформация острия метки о поверхность образца древесины и точечное углубление на поверхности образца. Подобные опыты было решено не продолжать ввиду их нерезультативности.

Далее была сделана попытка забить метку молотком со стальной головкой в образец с высверливанием отверстия диаметрами 3.0 мм, 3.2 мм, 3.5 мм, 4.0 мм и глубиной 36 мм. Одна метка была повреждена молотком со стальной головкой, в дальнейшем все метки забивались при помощи молотка с резиновой головкой. Метка заглублялась в образец на 25%, 50%, 75% и 100% длины. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты опытов

	25%	50%	75%	100%
3.0 мм	Метка в отверстие не входит.			
3.2 мм				
3.5 мм	Метка в отверстие входит при помощи молотка с резиновой головкой и извлекается с помощью плоскогубцев. В одном случае была повреждена шляпка, метку считать удалось. В другом случае метку удалось извлечь с повреждением шляпки, метка не считывалась.		Метка входит в отверстие при помощи молотка, извлечь метку не удалось.	
4.0 мм	Метка в отверстие входит и извлекается вручную.			

В опытах по извлечению использовались плоскогубцы. Метка зажималась плоскогубцами и вытаскивалась.

В опытах по определению максимальной допустимой нагрузки (рис. 4) образец древесины 1 размещался на жестких опорах. В образец в отверстие диаметром 3.5 мм забивалась метка на 75%, к метке крепилась металлическая пластина с отверстиями 3. За отверстия пластины крепился подвес 4, на который размещались грузы 5, 6 весом по 10 кг. Прибавляя по грузу за раз, определялась максимально допустимая нагрузка. Опыт проводился пять раз.

Обсуждение и выводы

1. Опыты по забиванию молотком в образец из липы показал, что молотки со стальной головкой разрушают шляпку гвоздя и повреждают ферритовый сердечник (трещины, сколы), делая считывание метки невозможным. Рабочим способом является высверливание отверстий в образце сверлом Ø 3.5 мм и забивание метки молотком с резиновой головкой. Выживаемость меток в случае использования молотка со стальной головкой стремится к нулю, в случае использования молотка с резиновой головкой составила 100%.

2. Извлечь забитую заподлицо в отверстие Ø 3.5 x 36 мм метку ручным инструментом не представляется возможным. Как максимум – удалось оторвать шляпку метки, сама метка осталась в образце.

3. Опыты по определению допустимой нагрузки показали, что при усилии в 500 Н, приложенных к шляпке метки, достаточно, чтобы её оторвать, тем самым разрушив метку. Сама метка при этом не меняла своего положения относительно образца древесины.

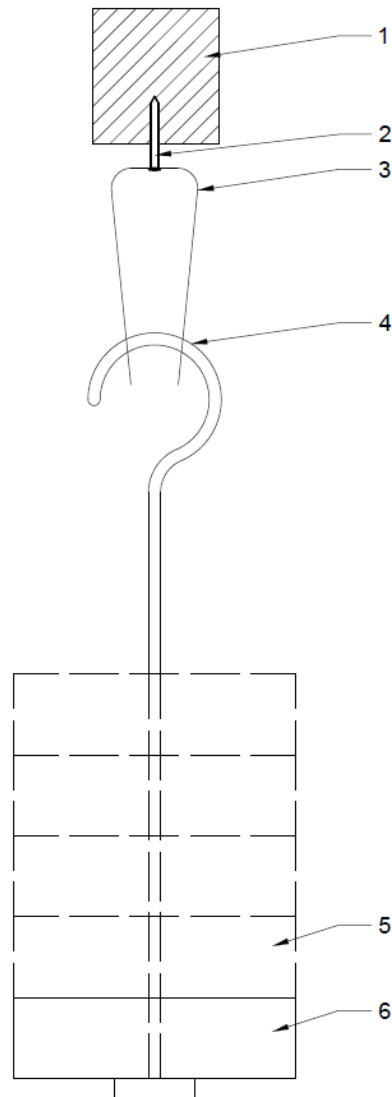


Рисунок 4. Схема опыта

1 – образец древесины; 2 – метка; 3 – металлическая пластина;
4 – подвес; 5, 6 – грузы

Из экспериментов можно следующие выводы:

1. Слабым местом радиочастотных идентификационных меток типа «Nail Tag» является шляпка либо хрупкость материала корпуса.
2. Оборудование для извлечения меток должно развивать усилие, достаточное для извлечения метки без её разрушения, чего нам экспериментально добиться не удалось. Вопрос «Как устройство для извлечения метки сможет ухватиться за забитую заподлицо метку?» также решить не удалось.
3. Делать вывод о непригодности меток данного типа для идентификации круглых лесоматериалов преждевременно. Подобные метки возможно применить, при условии, что габаритные размеры меток будут уменьшены, а материал корпуса будет более прочным.

4. В дальнейших работах целесообразнее рассмотреть применение меток кольцевой формы с отверстием.

Библиографический список

1. Симоненков, М.В. и др. Система мониторинга и управления цепи поставок лесопродукции на рынок ЕС / Симоненков М.В., Салминен Э.О., Бачериков И.В., Темкина Д.А., Сардак Н.А., Зайцев Д.А. // СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ РЫНКА Сборник материалов Международной научно-технической конференции преподавателей, студентов, аспирантов и докторантов в рамках научной темы. 2014. С. 474-479.
2. Симоненков, М.В. и др. Обзор технологий маркировки и автоматической идентификации лесоматериалов ценных лесных пород / Симоненков М.В., Бачериков И.В., Салминен Э.О., Никитина И.С. // ЛЕСА РОССИИ В XXI ВЕКЕ Материалы одиннадцатой международной научно-технической интернет-конференции, посвященной 85-летию Лесоинженерного факультета СПбГЛТУ и 95-летию кафедры Сухопутного транспорта леса. Коллектив авторов. 2014. С. 69-77.
3. Салминен, Э.О. и др. Создание системы мониторинга перемещения и поштучной автоматической идентификации круглых лесоматериалов в цепи поставок / Салминен Э.О., Борозна А.А., Черная Н.В., Симоненков М.В., Бачериков И.В. // Новейшие достижения в области инновационного развития в химической промышленности и производстве строительных материалов Международная научно-техническая конференция. 2015. С. 332-336.
4. Симоненков М.В., Салминен Э.О., Бачериков И.В. Способ мониторинга перемещения и автоматического контроля легальности заготовки круглых лесоматериалов в цепи поставок // патент на изобретение RUS 2589325 28.01.2015
5. Симоненков, М.В. и др. Основы для разработки системы мониторинга перемещения и поштучной автоматической идентификации круглых лесоматериалов в цепи поставок / Симоненков М.В., Салминен Э.О., Бачериков И.В. // Resources and Technology. 2016. Т. 13. № 4. С. 12-26.
6. Симоненков, М.В. Оптимизация транспортно-технологических процессов лесозаготовительных производств : дис. ... канд. техн. наук / Симоненков М.В. – Санкт-Петербург : СПбЛТУ, 2017. – 282 с.
7. Спецификация Nail Tag [Электронный ресурс] https://www.hidglobal.com/sites/default/files/resource_files/hid-rfid-il-nail-tag-ds-en.pdf (дата обращения: 28.07.2019 2:51)

Сведения об авторах

ФИО Бачериков Иван Викторович
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код 7210-3600
e-mail ivashka512@gmail.com

ФИО Фурин Анатолий Иванович
Организация Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова
Адрес организации 194021, Институтский пер., д. 5, литер У, Санкт-Петербург, Россия
SPIN-код
e-mail

Аннотация

В работе приводятся результаты экспериментов по изучению прочностных свойств радиочастотных меток типа Nail Tag.

Ключевые слова: идентификация, радиочастотные метки, прочность, цепь поставок, RFID.

УДК 630.3

Разделы рубрикатора ГРНТИ 66.17.01, 66.19.90

Научное издание

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ИТОГАМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ 2018 года

Материалы научно-технической конференции по итогам научно-
исследовательских работ