

СОВРЕМЕННЫЙ ЛЕСНОЙ КОМПЛЕКС СТРАНЫ: ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции

Воронеж, 3 октября 2024 г.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Ф. МОРОЗОВА»

СОВРЕМЕННЫЙ ЛЕСНОЙ КОМПЛЕКС СТРАНЫ:
ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции

Воронеж, 3 октября 2024 г.

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION
FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION
OF HIGHER EDUCATION
«VORONEZH STATE UNIVERSITY OF FORESTRY AND TECHNOLOGIES
NAMED AFTER G. F. MOROZOV»

MODERN FORESTRY COMPLEX OF THE COUNTRY:
INNOVATIVE DEVELOPMENTS AND RESEARCH

Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference

Voronezh, October 3, 2024

Voronezh 2024

УДК 630*37

С56

С56 Современный лесной комплекс страны: инновационные разработки и исследования : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 3 октября 2024 г. / отв. ред. А. А. Платонов ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2024. – 197 с. – URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2024/vserossijskaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-sovremennyj-lesnoj-kompleks-strany-innovacionnye-razrabotki-i-issledovaniya/>. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-7994-1137-4

В сборник включены материалы Всероссийской научно-практической конференции «Современный лесной комплекс страны: инновационные разработки и исследования», освещающие актуальные вопросы в области прогрессивных технологий, современного оборудования и перспективных видов транспорта в лесном комплексе, а также направлений инновационного развития лесного комплекса на основе ресурсо- и энергосбережения.

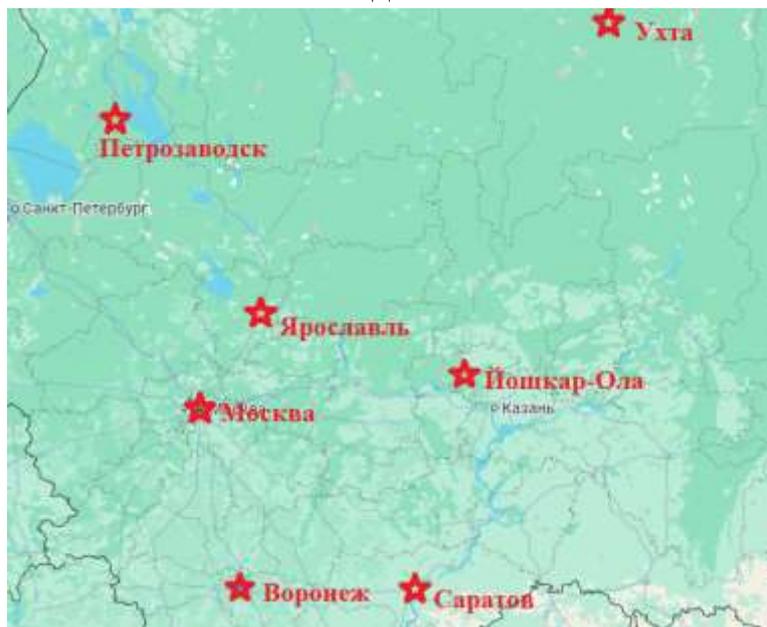
Материалы конференции рассчитаны на специалистов, направление деятельности которых связано с лесным комплексом, а также могут быть использованы преподавателями, аспирантами, магистрантами и студентами при изучении ими различных дисциплин.

УДК 630*37

ISBN 978-5-7994-1137-4

© ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2024

Города-участники Всероссийской научно-практической конференции
«Современный лесной комплекс страны: инновационные разработки
и исследования»:



Вузы и организации-участники
Всероссийской научно-практической конференции
«Современный лесной комплекс страны: инновационные разработки
и исследования»:

1. Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж
2. Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I
3. Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова
4. Воронежский институт высоких технологий
5. Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, Пушкино Московской области
6. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, филиал в г. Ярославль
7. Петрозаводский государственный университет
8. Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола
9. Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
10. Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова
11. Ухтинский государственный технический университет

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

<i>Анисимов Н.С.</i> Многозвенный комбинированный манипулятор для рубок ухода за лесом	6
<i>Болгов А.В., Малюков С.В., Попов М.А.</i> Предпосылки автоматизации обработки почвы в рядах лесных насаждений	12
<i>Бухтояров Л.Д., Виноградов А.Д., Нардая Л.Е.</i> Обоснование выбора лесозаготовительного оборудования	18
<i>Васильев В.В., Афоничев Д.Н.</i> Технологические схемы расформирования плотов на базе плоских сплочных единиц	21
<i>Галактионов О.Н., Суханов Ю.В., Васильев А.С.</i> Опыт создания прототипа посадочной машины в рамках студенческого проекта	28
<i>Казаков В.И., Проказин Н.Е., Казаков И.В., Лобанова Е.Н.</i> Особенности конструкций машин и технологий создания лесных культур на вырубках	33
<i>Матяев И.М.</i> Силовое взаимодействие элементов устройства для очистки ледового слоя с поверхностями различного назначения	38
<i>Платонов А.А., Платонова М.А.</i> Системный подход к формированию первичной информации при проведении исследований технических средств	43
<i>Попиков П.И., Евсиков И.Д., Путятин П.А., Полумиско А.А.</i> Повышение эффективности технологий и лесотранспортных машин манипуляторного типа при рубках ухода за лесом	49
<i>Савинков М.А., Посметьев В.И., Никонов В.О.</i> Состояние и пути повышения эффективности лесных дисковых культиваторов на вырубках и гарях	54
<i>Фокин С.В., Есков Д.В., Шпортко О.Н.</i> Теоретическое исследование влияния конструктивных и технологических параметров рубильной машины на ее эффективность	63

СЕКЦИЯ 2

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

<i>Богданова Л.Н., Шадрина Е.Л.</i> О направлениях развития беспилотных систем для сфер лесохозяйственной деятельности	71
<i>Воскобойник М.Ю., Дручинин Д.Ю.</i> Технологии и механизированные средства для создания лесосеменных плантаций	77
<i>Гудков В.В., Сокол П.А.</i> Анализ потерь мощности в трансмиссиях с ведущими мостами и балансирным приводом ведущих колес	83
<i>Ивашнев М.В., Тулина А.В., Калинин Р.К.</i> Особенности лесовосстановления ...	89
<i>Платонов А.А.</i> Видовое богатство и видовое разнообразие нежелательной растительности, произрастающей на участках охранных зон линий электропередачи	93
<i>Стородубцева Т.Н., Кастрикин А.А., Довгаль В.А.</i> Разработка композитов на основе древесных и растительных отходов для строительных и транспортных изделий	101

<i>Татаренко И.Р., Сердюкова Н.А., Шевцов А.А.</i> Исследование влияния условий хранения биодизельного топлива на его свойства	105
--	-----

СЕКЦИЯ 3
ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ,
СИСТЕМ И СОСТОЯНИЙ

<i>Анисимов И.С.</i> Структурный анализ комбинированного многозвенного манипулятора с одной степенью подвижности	111
<i>Дерепаско И.В., Четверикова И.В., Болгов А.В.</i> Математическая модель колебаний трелевочного агрегата с системой рекуперации в продольно-вертикальной плоскости	117
<i>Зленко А.В., Петков А.Ф., Попиков В.П., Поздняков А.К.</i> Моделирование рабочего процесса шнекороторного лесопожарного грунтомета	122
<i>Лилеева Т.А.</i> Искусственный интеллект в лесной отрасли	127
<i>Макарова Т.В.</i> Перевозка леса на железнодорожном транспорте	130
<i>Михитаров А.Р.</i> Динамика механизма гидроцилиндра при вибрационной нагрузке	134
<i>Платонов А.А.</i> Содержание и обработка результатов учебного таксационного обследования участка линейного инфраструктурного объекта	138
<i>Попиков П.И., Платонов А.А.</i> Подходы к определению площади отверстия золотника гидравлического пульсатора	147
<i>Попиков С.К., Яловегин А.Н., Попикова А.В.</i> Математическая модель рабочего процесса гидроманипулятора лесотранспортной машины с учетом уклона при проседании слабонесущего грунта под аутригерами	154
<i>Потахин А.Г., Карпов М.В., Галактионов О.Н.</i> Исследование теплопроводности перспективного строительного материала «гофрошпон» ...	159
<i>Рыжов Я.А.</i> Моделирование процесса управления системой оценки вторичных лесных ресурсов с применением спутниковых данных на участке ЛЭП в Воронежской области	165
<i>Стородубцева Т.Н., Калашников Д.А., Макаров Т.Е.</i> Звено, совершающее вращательное движение. Кинематический расчет	173
<i>Фокин С.В., Медведева П.Ю.</i> Теоретическое исследование механизма привода рубильной машины для измельчения древесного сырья	179
<i>Хоменко К.Г., Попиков П.И., Кравченко К.И.</i> Математическая модель поворота колонны манипулятора автосортиментовоза	185
<i>Четверикова И.В., Зимарин С.В., Черенков Д.С.</i> Многомерный анализ гидроманипуляторов лесных машин	190

СЕКЦИЯ 1
ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

DOI: 10.58168/MFCC2024_6-11
УДК 621.865.8:625.8:630*36

МНОГОЗВЕННЫЙ КОМБИНИРОВАННЫЙ МАНИПУЛЯТОР
ДЛЯ РУБОК УХОДА ЗА ЛЕСОМ

Анисимов Н.С.

*Поволжский государственный технологический университет,
Йошкар-Ола, Россия*

MULTI-LINK COMBINED MANIPULATOR
FOR FOREST TENDERING

Anisimov N.S.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

Аннотация. В статье представлена конструкция многозвенного комбинированного манипулятора с возможностью трансформации длины телескопической рукоятки за счет использования шарнирно-сочлененного механизма (фермы). При этом транспортно-энергетический модуль самой базовой машины сохраняет максимальное число унифицированных его узлов.

Abstract. The article presents the design of a multi-link combined manipulator with the ability to transform the length of the telescopic handle by using an articulated mechanism (farm). At the same time, the transport and energy module of the basic machine itself retains the maximum number of its unified units.

Ключевые слова: многозвенный манипулятор, комбинированный манипулятор, шарнирно-сочлененная ферма, транспортно-энергетический модуль, рубки прореживания, проходные рубки.

Keywords: multi-link manipulator, combined manipulator, articulated truss, transport and energy module, thinning felling, passage felling.

На сплошных рубках и рубках ухода с заготовкой сортиментов различают технологии, основанные на принципах:

1. Харвестерных машин (валка, обрезка сучьев, раскряжевка);
2. Протаскивания ствола дерева через процессорную головку вниз за счет собственного веса с раскряжкой;
3. Обработки деревьев на сортименты сверху вниз [1, 2].

Сущность способа обработки деревьев сверху вниз заключается в многоступенчатой раскряжке деревьев по высоте, заканчивающейся отделением дерева от пня [1]. Для этого необходимо оснастить валочно-пакетирующую машину специальным многозвенным комбинированным манипулятором.

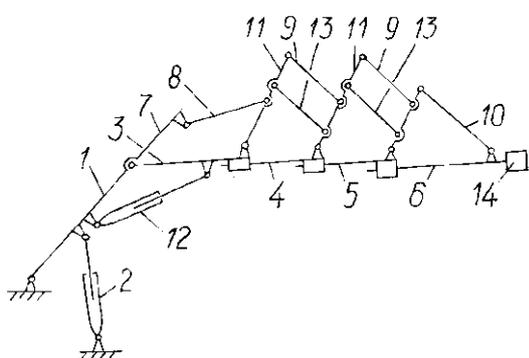
Цель работы. Целью исследований является разработка многозвенного комбинированного манипулятора с вылетом ЗСУ до 18 м (при рубках прореживания и проходных) и 12,5 м - при сплошных рубках [2, 3]. Одним из возможных путей решения данной задачи является изменение длины рукояти [4-7].

Решение задачи. Представлена конструкция шарнирно-сочлененного многозвенного комбинированного манипулятора (рис. 1) [8]. Компонентно-структурная схема манипулятора продемонстрирована на рис. (рис. 1, а) и его модель, выполненная в масштабе 1:10 (рис. 1, б).

Многозвенный комбинированный манипулятор состоит из стрелы 1, подъем и опускание которой осуществляется гидроцилиндром 2.

Неподвижное основание 3 и подвижные секции 4, 5 и 6 образуют динамическую телескопическую рукоять. Шарнирно-соединенные звенья 9, 10, 11 и 13 формируют выдвижной механизм подвижных секций 4, 5 и 6 в виде шарнирно-сочлененной фермы. Посредством поворотных 11 и толкающих 9, 10 и 13 рычагов осуществляется выдвижение и выдвигание секций телескопической рукояти.

За счет поворота корпуса 3 телескопической рукояти гидроцилиндром 12 срезающего органа 14 движется в вертикальной плоскости. Механизм синхронизации поворота корпуса 3 рукояти и выдвигания (втягивания) срезающего органа 14 происходит посредством тяги 8 и гуська стрелы 7.



а)

б)

Рисунок 1 – Многозвенный комбинированный манипулятор:

а) кинематическая схема манипулятора; б) модель многозвенного комбинированного манипулятора:

1 – стрела манипулятора; 2 – гидроцилиндр привода стрелы; 3 – корпус телескопической рукояти; 4, 5 и 6 – секции телескопической рукояти; 7 – гусек стрелы манипулятора; 8 – тяга; 9 и 10 – толкающие звенья шарнирно-сочлененной фермы; 11 – поворотные звенья шарнирно-сочлененной фермы; 12 – гидроцилиндр привода рукояти; 13 – звенья шарнирно-сочлененной фермы, образующие шарнирные параллелограммы пантографов, 14 – рабочий орган

Проведем его структурный анализ. Механизм является плоским и состоит из подвижных звеньев $n_1=24$ и неподвижных звеньев $n_2=1$. Структурно-кинематическая схема многозвенного комбинированного манипулятора представлена на рис. 2.

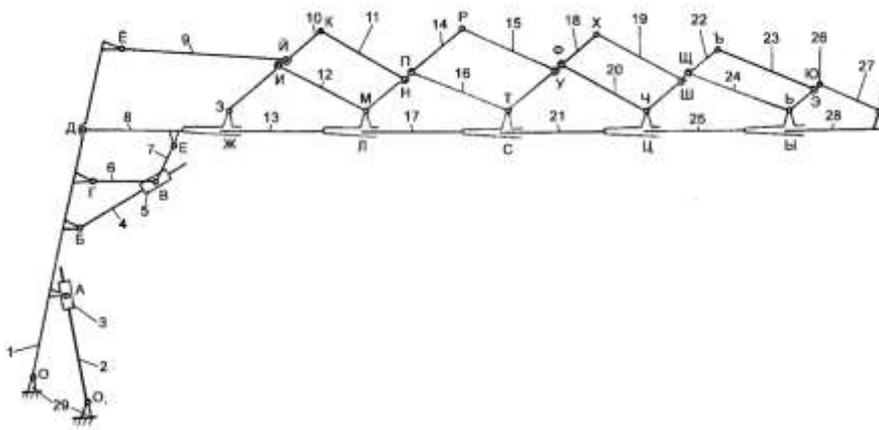


Рисунок 2 – Структурно-кинематическая схема многозвенного комбинированного манипулятора (1...28 – звенья манипулятора)

Число, класс и вид каждой кинематической представлено в табл. 1.

Таблица 1

Кинематические пары		
A ₁ (2,3) – ПППК	В (4,5) – ПППК	Ж (8,13) – ПППК
Л (13,17) – ПППК	С (17,21) – ПППК	Ц (21,25) – ПППК
Ы (25,28) – ПППК	A ₂ (1,3) – ВППК	О (1,29) – ВППК
O ₁ (2,29) – ВППК	Б (1,4) – ВППК	Г (1,6) – ВППК
B ₁ (5,6) – ВППК	B ₂ (5,7) – ВППК	B ₃ (6,7) – ВППК
Е (7,8) – ВППК	Д (1,8) – ВППК	Ё (1,9) – ВППК
З (8,10) – ВППК	И (10,12) – ВППК	Й (9,10) – ВППК
К (10,11) – ВППК	M ₁ (12,13) – ВППК	M ₂ (12,14) – ВППК
M ₃ (13,14) – ВППК	Н (11,14) – ВППК	П (14,16) – ВППК
Р (14,15) – ВППК	T ₁ (16,18) – ВППК	У (16,18) – ВППК
T ₂ (16,17) – ВППК	T ₃ (17,18) – ВППК	Ф (18,20) – ВППК
Х (18,19) – ВППК	Ч ₁ (20,21) – ВППК	Ч ₂ (20,22) – ВППК
Ч ₃ (21,22) – ВППК	Ш (19,22) – ВППК	Щ (22,24) – ВППК
Ъ (22,23) – ВППК	Ъ ₁ (24,25) – ВППК	Ъ ₂ (24,26) – ВППК
Ь ₃ (25,26) – ВППК	Э (23,26) – ВППК	Ю (26,27) – ВППК
Я (27,28) – ВППК		

Примечание: в скобках указаны номера звеньев, образующих кинематическую пару (ПППК – поступательная пара пятого класса, ВППК – вращательная пара пятого класса). Причем кинематические пары А и В образуют несколько пар: А₁, А₂. В₁, В₂, В₃, М₁, М₂, М₃, Т₁, Т₂, Т₃, Ч₁, Ч₂, Ч₃, Ъ₁, Ъ₂, Ъ₃.

В целом данный манипулятор имеет 41 кинематическую пару пятого класса, из них 34 – вращательных и 7 – поступательных. Определим число степеней свободы манипулятора по формуле Чебышева [9-11]:

Число степеней свободы данного манипулятора равно

$$W=3 \cdot 28 - 2 \cdot 41 = 2, \quad (1)$$

то есть, рассматриваемая кинематическая цепь данного манипулятора обладает двумя степенями свободы, что соответствует числу приводов, обеспечивающих работоспособность данного манипулятора.

Фрагменты структурных исследований модели манипулятора на разных вылетах отражены на рис. 3.

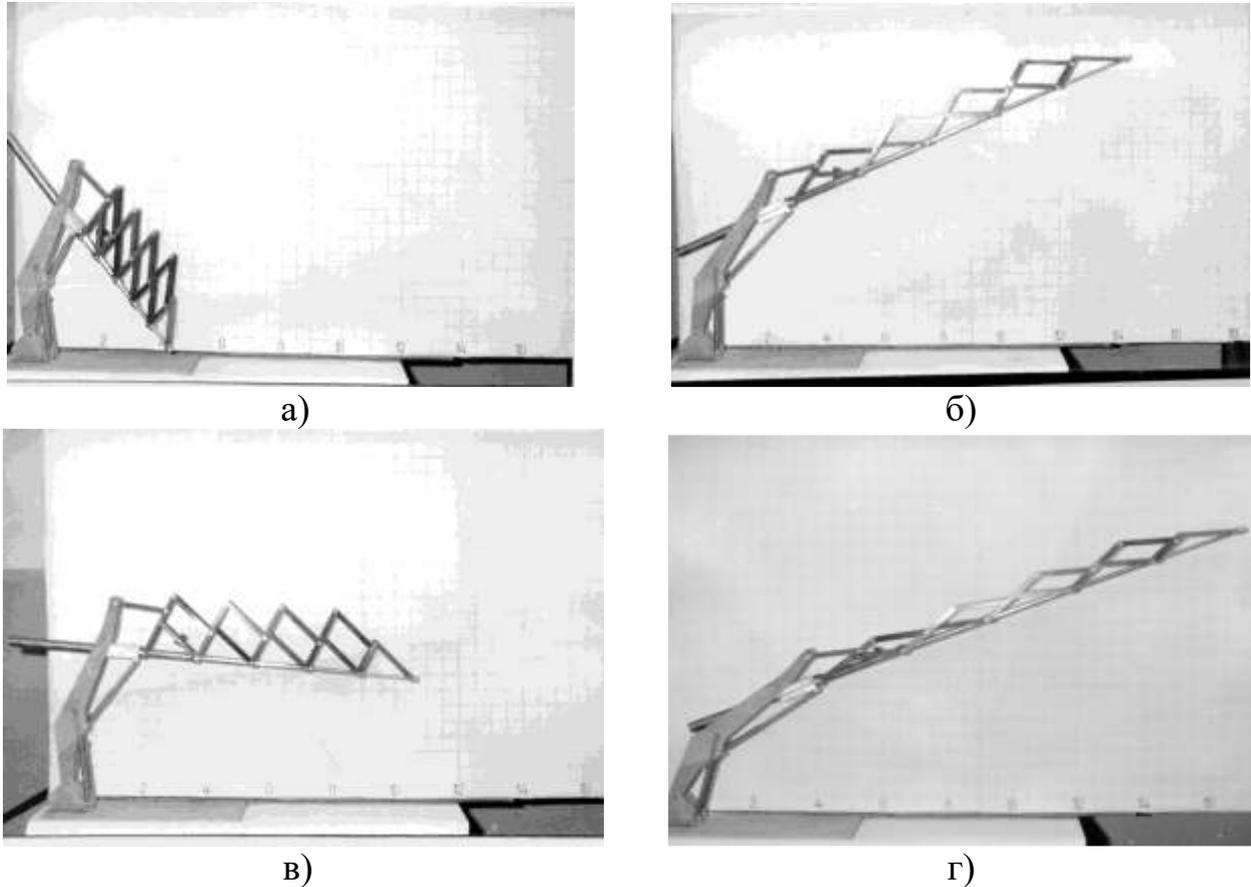


Рисунок 3 – Фрагменты структурных исследований модели многозвенного комбинированного манипулятора:

а – минимальный вылет, б...в – промежуточные вылеты,
г – максимальный вылет

Вывод. В настоящее время в машиностроении при проектировании манипуляторов лесных машин (в частности телескопических и комбинированных) для выдвигания рабочего (или исполнительного) органа на значительное расстояние свыше 12,5 м используются гидроцилиндры и канатно-блочные системы. Общими недостатками которых является то, что транспортно-энергетический модуль не является унифицированным, а требует его модернизации, усложнения. Использование шарнирно-сочлененной конструкции в виде фермы в качестве механизма выдвижения-выдвижения подвижных секций рукоятки создает условие сохранения транспортно-энергетического модуля унифицированным.

На основе проведенного структурного анализа многозвенного комбинированного манипулятора доказана его работоспособность.

Для данной конфигурации модели манипулятора характерно (рис. 3): длины выдвижения секций рукояти одинаковы при различных значениях вылета (1,2 м), обеспечивается вылет рабочего органа манипулятора на заданную длину (18м), обеспечивается требуемая точность доставки рабочего органа в заданное место.

Научная работа выполнена под руководством к.т.н., доцента кафедры Транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО «Поволжского государственного технологического университета» Макарова Владимира Евгеньевича.

Список литературы

1. Анисимов С.Е. Многозвенные манипуляторы: научное издание / С.Е. Анисимов, П.М. Мазуркин; М-во образования Рос. Федерации, Мар. гос. техн. ун-т. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 73 с.

2. Лесоводственные требования к технологическим процессам рубок ухода / Федеральная служба лесного хозяйства России. – М., 1993. – 26 с.

3. Шегельман И.Р. Обоснование вылета манипулятора и режимов работы валочно-трелевочно-процессорной машины / И.Р. Шегельман, П.В. Будник // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2011, № 4(117). С. 81-83.

4. Бартенев И.М. Гидроманипуляторы и лесное технологическое оборудование. / И.М. Бартенев, З.К. Емтыль, А.П. Татаренко, М.В. Драпалюк, П.И. Попиков, Л.Д. Бухтояров – М: ФЛИНТА, 2011. – 408 с.

5. Кононович Д.А. Особенности конструкционного исполнения технологического оборудования лесных погрузочно-транспортных машин / Д.А. Кононович, С.П. Мохов, С.Е. Арико, С.А. Голякевич // Труды БГТУ. №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2015. № 2(175). С. 59-62.

6. Матвеев В.И. Погрузочно-разгрузочный манипулятор / В.И. Матвеев // Инновационное развитие подъемно-транспортной техники: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Брянск, 27-28 мая 2021 года, Брянск: Брянский государственный технический университет. 2021. С. 93-100.

7. Платонова М.А. К исследованию кинематических схем манипуляторов машин для удаления нежелательной растительности / М.А. Платонова, М.В. Драпалюк, А.А. Платонов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 5-2(16-2). – С. 108-112. – DOI 10.12737/15982.

8. Патент № 2135347 Российская Федерация, МПК В25J5/00 , В66С23/68, В66С23/687, А 01G23/08. Манипулятор машины для обработки деревьев / П.М. Мазуркин, С.Е. Анисимов, заявитель и патентообладатель Марийский государственный технический университет, заявл. 15.06.1998, опубл. 27.08.1999.

9. Prajapati J.M. Synthesis of Parallel Mechanism Based Robot Manipulators from Structural Point of View / M.J. Prajapati et al. // International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST). Vol.3, № 2 Feb.2011. pp. 1228-1232.

10. Kong X. Generation of parallel manipulators with three translational degrees of freedom based on screw theory / X. Kong, C. Gosselin // Proceedings of

2001 CCToMMSyn-posium on Mechanisms, Machines and Mechatronics. Saint-Hubert, Montreal, Canada. 2001.

11. Добрачев А.А. Исследование кинематики работы звеньев манипулятора в обобщенном виде / А.А. Добрачев, Л.Т. Раевская, А.В. Швец // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2008. – № 3. С. 118-121.

References

1. Anisimov S.E. Multi-link manipulators: scientific publication / S.E. Anisimov, P.M. Mazurkin; Ministry of Education of the Russian Federation, MarSTU, Yoshkar-Ola: MarSTU, 2003. – 73 p.

2. Silvicultural requirements for technological processes of thinning / Federal Forestry Service of Russia. – Moscow, 1993. – 26 p.

3. Shegelman I.R. Justification of the manipulator reach and operating modes of the felling-skidding-processing machine / I.R. Shegelman, P.V. Budnik // Scientific notes of Petrozavodsk State University. 2011. № 4 (117). pp. 81-83.

4. Bartenev I.M. Hydraulic manipulators and forestry technological equipment. / I.M. Bartenev, Z.K. Emyl, A.P. Tatarenko, M.V. Drapalyuk, P.I. Popikov, L.D. Bukhtoyarov. – Moscow: FLINTA, 2011. 408 p.

5. Kononovich D.A. Features of the design of technological equipment for forestry loading and transport machines / D.A. Kononovich, S.P. Mokhov, S.E. Ariko, S.A. Golyakevich // Proceedings of BSTU. № 2. Forestry and woodworking industry. 2015. № 2 (175). pp. 59-62.

6. Matveenko V.I. Loading and unloading manipulator / V.I. Matvienko // Innovative development of lifting and transport equipment: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, Bryansk, May 27-28, 2021, Bryansk: Bryansk State Technical University. 2021. pp. 93-100.

7. Platonova M.A. On the study of kinematic schemes of manipulators of machines for removing unwanted vegetation / M.A. Platonova, M.V. Drapalyuk, A.A. Platonov // Current areas of scientific research in the 21st century: theory and practice. - 2015. - V. 3, No. 5-2 (16-2). - P. 108-112. - DOI 10.12737/15982.

8. Patent № 2135347 Russian Federation, IPC B25J5/00, B66C23/68, B66C23/687, A 01G23/08, Manipulator of tree treating machine / P.M. Mazurkin, S.E. Anisimov, applicant and patent holder Mari State Technical University, decl. 05.15.1998, publ. 08.27.1999.

9. Prajapati J.M. Synthesis of Parallel Mechanism Based Robot Manipulators from Structural Point of View / M.J. Prajapati et al. // International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST). Vol.3, № 2 Feb.2011. pp. 1228-1232.

10. Kong X. Generation of parallel manipulators with three translational degrees of freedom based on screw theory / X. Kong, C. Gosselin // Proceedings of 2001 CCToMMSyn-posium on Mechanisms, Machines and Mechatronics. Saint-Hubert, Montreal, Canada. 2001.

11. Dobrachev A. A. Study of the kinematics of the manipulator links in a generalized form / A.A. Dobrachev, L.T. Raevskaya, A.V. Shvets // Bulletin of the Moscow State Forest University - Forest Bulletin. 2008. – № 3. pp. 118-121.

**ПРЕДПОСЫЛКИ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ
В РЯДАХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ**

Болгов А.В., Малюков С.В., Попов М.А.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**PREREQUISITES FOR AUTOMATION OF TILLAGE
IN ROWS OF FOREST PLANTATIONS**

Bolgov A.V., Malyukov S.V., Popov M.A.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: Проведен анализ конструкций и материалов исследований устройств для управления обходом лесных культур. Приведены достоинства и недостатки орудий с ротационными рабочими органами. Показаны особенности обработки почвы в рядах лесных насаждений, виноградниках и садах.

Abstract: An analysis of the designs and materials of research devices for managing the bypass of forest crops was carried out. The advantages and disadvantages of tools with rotary working bodies are given. The features of soil cultivation in rows of forest plantations, vineyards and orchards are shown.

Ключевые слова: ротационный культиватор, лесные культуры, обработка почвы, виноградники, сады.

Keywords: rotary cultivator, forest crops, soil cultivation, vineyards, orchards.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10010, <https://rscf.ru/project/22-79-10010/>

Введение

В выращивании защитных лесных насаждений до сих пор не решена задача механизированной обработки почвы в рядах насаждений высотой более одного метра. Эта задача приобретает всё большее значение не только из-за увеличения объёма работ, но и в связи с направлением в полезащитном лесоразведении в сторону увеличения ширины междурядий и расстояния между растениями в рядах для создания лесополос [1, 2]. В зонах с недостаточным увлажнением более редкое расположение растений является благоприятным фактором и для роста самих растений. Уменьшение густоты посадок требует более длительного ухода в рядах и междурядьях.

Сплошной уход за почвой в рядах и междурядьях иногда требуется и в зонах с достаточным увлажнением. Например, тополевые культуры для нормального роста требуют аэрации почвы и не выносят задернения там, где травяной

покров представлен не лесной, а луговой растительностью. Значительную долю от общего объёма посадок составляют посадки крупномерным посадочным материалом и быстрорастущими породами, которые к концу первого года имеют высоту более 1 м и не могут быть обработаны ротационными культиваторами типа КРЛ-1. Ещё одним фактором, вызывающим необходимость создания орудия для обработки почвы в рядах лесных насаждений высотой более 1 м, является развитие защитного лесоразведения на орошаемых землях, где древесные растения растут в 2 раза быстрее.

Следует отметить, что при выращивании лесных насаждений, так же, как и в садоводстве, некоторое применение нашла обработка почвы в продольно-поперечных направлениях в посадках массивного типа и диагональная обработка в лесных полосах, исключая необходимость обработки почвы в рядах. Результаты применения этих способов даны П.С. Нартовым [3]. Продольно-поперечная и диагональная обработка почвы имеют известные существенные недостатки: двойная проработка почвы снижение производительности агрегата, наличие непроработанных участков, отсутствие лесопосадочных машин для точного размещения семян.

Накопив обширный отечественный и зарубежный опыт по применению всевозможных устройств, в сельскохозяйственном производстве при обработке межствольных полос в садах и междустовой обработке виноградников пошли по пути создания орудий с автоматическими устройствами для управления обходом рабочими органами культурных растений.

Попытки решить вопрос обработки почвы в рядах лесных насаждений высотой более 1 м применением устройств без автоматического управления для аналогичных операций в сельскохозяйственном производстве являются прошедшим этапом. На большую перспективность направления, основанного на применении автоматических средств для управления обходом рабочего органа лесных культур, указывает история развития орудий для обработки почвы в садах и виноградниках.

Материалы и методы

Для ухода в рядах лесных насаждений, позволяющих вести обработку способом седлания агрегатом рядка растений, в настоящее время широко применяются ротационные рабочие органы пассивного действия [4, 5]. Они представляют собой свободно вращающиеся роторы, ось которых расположена под некоторым углом к поверхности почвы. При движении агрегата над рядком рабочие элементы ротора заглубляются в почву и, совершая движение под действием силы тяги, приложенной к оси вращения, и сил реакции почвы, разрыхляют почву и уничтожают сорняки. Рабочие органы орудий отличаются главным образом конструкцией рабочих элементов ротора (лопасти, круглый стержень, игольчатый диск). В основе работы этих ротационных рабочих органов лежит принцип, по которому обрабатываемые растения должны находиться в зоне наименьшего воздействия рабочих элементов и физико-механические свойства сорняков должны быть такими, чтобы воздействие рабочих элементов и деформация почвы рабочими органами приводили их к гибели.

Один из вариантов орудий с ротационными рабочими органами – культиватор КРЛ-1А, показан на рис. 1. Пассивные ротационные рабочие органы имеют два больших достоинства: простота конструкции и большая производительность (рабочая скорость агрегата 2,2-2,8 м/сек). Но принципы, на которых основана работа пассивных ротационных рабочих органов, ограничивают их применение. С увеличением возраста культур, вследствие уменьшения гибкости стволика, затруднения точного направления движения агрегата, увеличения вероятности торцевой встречи рабочего элемента со стволиком происходит увеличение повреждений, наносимых рабочими органами.



Рисунок 1 – Культиватор ротационный лесной КРЛ-1А

Уничтожение сорной растительности пассивными ротационными органами зависит от степени её укоренения, однолетние сорняки уничтожаются удовлетворительно, многолетние – неудовлетворительно. С увеличением возраста насаждений доля многолетних сорняков увеличивается, так как лесные насаждения создаются, как правило, по системе чёрного пара с глубокой вспашкой и в первые годы в лесных насаждениях многолетних сорняков меньше, чем в последующие. Таким образом, с ростом насаждений эффективность применения ротационных рабочих органов снижается. Да и по агротехническим требованиям указанные марки орудий предназначаются для работы способом «седлания» ряда растений агрегатом, что связано с необходимостью точного вождения агрегата по рядам растений и парной работы двух крыльчаток для увеличения деформации почвы. Способ обработки также ограничивает предельную высоту насаждений, в которых применяются орудия с пассивными ротационными рабочими органами. Эта предельная высота будет различной для разных культур. Например, культиватор КРЛ-1 без повреждения саженцев трактором может работать на белой акации высотой до 70 см, тополе канадской высотой – до 150 см.

Для устранения повреждений от рамы трактора или культиватора, что имеет место при «седлании» ряда, предлагается использовать пассивные ротационные рабочие органы для обработки почвы в рядах лесных насаждений путём подсоединения их по краям культиватора для междурядной обработки или путём подсоединения и арке, закреплённой сбоку на раме трактора. Но отсут-

ствуют какие-либо убедительные материалы в пользу такого решения вопроса обработки почвы в рядах насаждений высотой более 1 м.

Данные о работе лесных культиваторов [6-8] показывают на необходимость создания орудия для обработки почвы в рядах лесных насаждений с ориентировочной высотой, начиная с 1 м, основанного на обходе растений рабочими органами. Известные устройства для управления обходом растений рабочими органами (здесь ручное управление исключается) можно разделить на две группы:

– рычажно-пружинные управляющие устройства, рабочие органы с этими устройствами обходят растения за счёт вызываемого сопротивлением растения перераспределения сил, действующих на рабочий орган;

– автоматические управляющие устройства, рабочие органы с этими устройствами обходят растения за счёт вызываемого механизмами этого устройства перераспределения сил, действующих на рабочий орган.

Обработка почвы в рядах лесных культур имеет ряд специфических особенностей.

Шаг посадки в лесных насаждениях обычно равен 0,75-1,5 м и в более редких случаях доходит до 3 м. Садовые орудия по агротехническим требованиям предназначены для работы при расстоянии между растениями не менее 2,5 м, а допускаемая необработанная площадь вокруг штамба составляет 0,5 м. Более близкими в этом отношении являются условия работы на виноградниках, где расстояние между растениями 1-1,5 м, а допускаемая необработанная зона вокруг растения 0,06 м². Но и в этом случае быстроедействие системы, удовлетворяющее условиям работы на виноградниках, для работы в лесных насаждениях оказывается недостаточным. Такое положение обуславливается не только меньшим шагом посадки, но и наличием у лесных культур более раскидистых низкоопущенных крон.

Условия работы в части твёрдости и засоренности почвы в лесных насаждениях являются более тяжёлыми вследствие планируемого сокращения количества обработок по мере роста растений.

В садоводстве для различных почвенно-растительных условий рекомендуются применять орудия, отличающиеся типом рабочего органа. В лесном хозяйстве на данном этапе из-за меньшего объёма работы нецелесообразно ориентироваться на различные типы орудий. Тяжёлые почвенные условия соответственно повышают требования к энергетике привода выдвигаемых рабочих органов, к крошению почвы и вычёсыванию сорняков рабочими органами.

Стволики растений в лесных насаждениях имеют меньшую жёсткость, чем та, на которую рассчитаны выпускаемые орудия.

В лесных насаждениях [9] затруднено вождение агрегата относительно ряда растений из-за меньшей прямолинейности рядков и наличия раскидистых низкоопущенных крон. В садах всегда формируется определенной высоты штаб, а большие расстояния между растениями в ряду позволяют осуществлять направленный подход агрегата к каждому растению. На виноградниках агротребованиями оговорено, что отклонение ширины междурядий от заданной величины и отклонение отдельных растений от оси ряда не должны превышать

+10 см, а ширина кустов на высоте 40-60 см от поверхности почвы не должна превышать 60 см [10]. Посадки в лесных насаждениях не соответствуют этим требованиям.

Вывод. Работа в лесных насаждениях предъявляет свои требования и к компоновке орудия. Наиболее распространённая ширина междурядий лесных насаждений 3 и 4 м, виноградниковые орудия рассчитаны на работу с междурядьями 2 и 2,5 м, а садовые – не менее 4,5 м.

Приведённые особенности обработки почвы в рядах лесных насаждений не позволяют полностью принять известные решения по механизации аналогичных процессов в садоводстве и виноградарстве.

Список литературы

1. Бартенев И.М. Совершенствование технологий и средств механизации лесовосстановления : монография / И.М. Бартенев, М.В. Драпалюк, В.И. Казаков. – М. : ФЛИНТА-Наука, 2013. – 208 с.

2. Обзор конструкций почвообрабатывающих машин, применяемых для междурядной обработки лесных культур / С.В. Малюков, А.А. Аксенов, А.В. Князев [и др.] // Воронежский научно-технический Вестник. – 2019. – Т. 1. – № 1 (27). – С. 107-118.

3. Нартов П.С. Новая техника и технология на уходе за почвой в молодых насаждениях / П.С. Нартов // Механизация сбора и обработки лесных семян, выращивание посадочного материала, лесовосстановления и защитного лесоразведения. – М: 1980. – С. 44-98.

4. Пархоменко Г.Г. Совершенствование технологического процесса обработки почвы в рядах многолетних насаждений: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Г.Г. Пархоменко. – Зерноград, 2000. – 192 с.

5. Review of designs of cultivators for agricultural care of forest crops / S.V. Malyukov, L.D. Bukhtoyarov, M.N. Lysych [et al.] // E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum «Sustainable Development of Industrial Region» (UESF-2023). – Chelyabinsk, 2023. – Vol. 389. – Article Number 03016. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903016>

6. Маштаков Д.А. Защитные лесные насаждения в лесостепи Приволжской возвышенности : монография / Д.А. Маштаков, А.Н. Автономов, П.Н. Проездов. – Чебоксары, 2018. – 420 с.

7. Латышева М.А. Результаты экспериментального исследования гидравлического приспособления к навесному устройству трактора / М.А. Латышева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 104. – С. 1092-1113.

8. Основные причины недостаточной эффективности лесных почвообрабатывающих агрегатов и пути ее повышения / В.И. Посметьев, В.А. Зеликов, М.А. Латышева, В.В. Посметьев // Воронежский научно-технический вестник. – 2015. – Т. 4. – № 3-3 (13). – С. 45-59. – DOI: 10.12737/14008.

9. Жданов Ю.М. Технологии и средства механизации агролесомелиоративных работ / Ю.М. Жданов, И.М. Бартенеv. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. – 192 с.

10. Мусурмонов А.Т. Научно-техническое решение обработки почвы в междурядьях и приствольных полос деревьев в садах: дис. ... д-ра техн. наук : 05.07.01 / А.Т. Мусурмонов. – Самарканд :2019. – 207 с.

References

1. Bartenev I.M. Improving technologies and means of mechanization of forest restoration: monograph / I.M. Bartenev, M.V. Drapalyuk, V.I. Kazakov. – M: FLINTA-Science, 2013. – 208 p.

2. Review of designs of tillage machines used for inter-row cultivation of forest crops / S.V. Malyukov, A.A. Aksenov, A.V. Knyazev [et al.] // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. – 2019. – Vol. 1. – № 1 (27). – pp. 107-118.

3. Nartov P.S. New equipment and technology for soil care in young plantations / P.S. Nartov // Mechanization of collection and processing of forest seeds, cultivation of planting material, reforestation and protective afforestation. – M: 1980. – pp. 44-98.

4. Parkhomenko G.G. Improving the technological process of soil cultivation in the rows of perennial plantings: dis. ... Cand. of Engineering Sciences: 05.20.01 / G.G. Parkhomenko. – Zernograd: 2000. – 192 p.

5. Review of designs of cultivators for agricultural care of forest crops / S.V. Malyukov, L.D. Bukhtoyarov, M.N. Lysych [et al.] // In the collection: E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum «Sustainable Development of Industrial Region» (UESF-2023). – Chelyabinsk, 2023. – Vol. 389. – Article Number 03016. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903016>

6. Mashtakov D.A. Protective forest plantations in the forest-steppe of the Volga Upland: monograph / D.A. Mashtakov, A.N. Avtonomov, P.N. Proezdov. – Cheboksary, 2018. – 420 p.

7. Latysheva M.A. Results of an experimental study of a hydraulic device for a tractor hitch / M.A. Latysheva // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2014. – № 104. – pp. 1092-1113.

8. The Main Causes of Insufficient Efficiency of Forest Tillage Units and Ways to Improve It / V.I. Posmetyev, V.A. Zelikov, M.A. Latysheva, V.V. Posmetyev // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. - 2015. – Vol. 4. – № 3-3 (13). – pp. 45-59. – DOI: 10.12737/14008

9. Zhdanov Yu.M. Technologies and Means of Mechanization of Agroforestry Reclamation Works / Yu.M. Zhdanov, I.M. Bartenev. – Volgograd: VNIALMI, 2011. – 192 p.

10. Musurmonov A.T. Scientific and Technical Solution for Tilling Soil in Row Spacing and Tree Trunk Strips in Orchards: Dis. ... Doc. Tech. sciences: 05.07.01 / A.T. Musurmonov. – Samarkand: 2019. – 207 p.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Бухтояров Л.Д., Виноградов А.Д., Нардая Л.Е.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF LOGGING EQUIPMENT

Bukhtoyarov L.D., Vinogradov A.D., Nardaya I.E.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: Рассмотрены ключевые аспекты выбора оборудования, применяемого в лесозаготовительных работах. Оборудование и технологии лесозаготовки условно разделены на ручные и автоматизированные. Ручные методы остаются актуальными для работы в сложных условиях и на небольших участках, в то время как автоматизированные значительно ускоряют процесс и повышают производительность при больших объемах работ.

Abstract: The key aspects of the equipment used in logging operations are considered. Logging equipment and technologies are conditionally divided into manual and automated. Manual methods remain relevant for working in difficult conditions and in small areas, while automated methods significantly speed up the process and increase productivity with large volumes of work.

Ключевые слова: лесозаготовка, харветсеры, форвардеры, бензопилы, производительность.

Keywords: logging, harvesters, forwarders, chainsaws, productivity.

Лесозаготовительные работы играют ключевую роль в лесной индустрии, обеспечивая древесиной не только строительную сферу, но и множество других отраслей экономики. В процессе лесозаготовки используются различные методы и оборудование, которые можно условно разделить на ручные и автоматизированные. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, что требует тщательного анализа при выборе оптимального варианта для конкретных условий. Лесозаготовка включает в себя целый ряд процессов, начиная от валки деревьев и заканчивая их транспортировкой. Выбор оборудования и методов выполнения работ существенно влияет на общие затраты, сроки выполнения и качество готовой продукции.

Ручной метод заготовки леса остается актуальным, особенно в условиях сложного рельефа или на небольших участках. Бензопилы Husqvarna, Stihl обеспечивают быструю и эффективную валку деревьев. Трелевочные тракторы используются для транспортировки древесины с лесосеки (ТДТ-55, ТТ-4). Ло-

паты, топоры и другие ручные инструменты необходимы для подготовки и обработки территории. Преимущества ручного метода: низкие начальные затраты на оборудование; высокая гибкость в выборе маршрутов и способов обработки леса; возможность работы в труднодоступных местах. Недостатки ручного метода: длительность процессов из-за ручного труда; более высокие трудозатраты; низкая производительность. Оценка работы ручного метода может быть выполнена с помощью комплексного критерия эффективности выполнения обрабатываемых операций лесосечных работ, основанного на удельных приведенных энергозатратах [1].

Автоматизированный метод значительно ускоряет процессы заготовки и требует специализированного оборудования. Харвестеры – машины, которые автоматически валют, обрубает сучья, раскряжевывают и сортируют деревья (Komatsu 931 XC, Ponsse Scorpion). Форвардеры используют для транспортировки древесины с лесосеки на лесопрогрузочный пункт (John Deere 1110G, Valmet 860.3). Большая разница в таксационных характеристиках древостоев, почвенно-грунтовых и рельефных условиях оказывает определяющее влияние на выбор харвестеров и форвардеров [2]. При работе форвардеров следует учитывать параметры размещения лесовозного уса на лесосеке и погрузочных пунктов вдоль него, а также величину расстояния трелевки и критерий воздействия на почву [3, 4]. Оптимизация маршрутов для трелевочных тракторов и форвардеров снижает затраты на транспортировку древесины. Автоматизированные системы управления маршрутом, работающие на основе GPS, позволяют выбирать кратчайшие и наиболее экономичные пути для перемещения древесины к пункту обработки или транспортировки. Преимущества автоматизированного метода: высокая производительность и скорость выполнения работ; снижение влияния человеческого фактора на качество выполнения операций; оптимизация процессов и снижение общих затрат на заготовку при больших объемах. Недостатки автоматизированного метода: высокие начальные инвестиции в покупку и обслуживание техники; необходимость в квалифицированных операторах; ограничения по доступности в труднопроходимых участках.

При выборе лесозаготовительного оборудования необходимо учитывать соответствие его задачам и условиям работы. Для каждого вида лесозаготовки (валка, трелевка, погрузка) необходимо подобрать наиболее подходящие машины и инструменты. Перед покупкой оборудования стоит провести подробный анализ рынка, включая изучение различных моделей, их технических характеристик, стоимости и сервисного обслуживания. Провести оценку затрат на топливо, запчасти и техническое обслуживание что поможет сократить расходы в будущем. Аренда или лизинг оборудования для тестирования – хороший способ избежать необдуманных затрат на покупку дорогостоящей техники.

Использование цифровых технологий для управления всем процессом лесозаготовки – от валки деревьев до их транспортировки на склад может значительно снизить операционные издержки. Такие системы могут анализировать информацию в реальном времени, рассчитывать оптимальные схемы работы техники и прогнозировать потребности в ресурсах. Оборудование для лесозаготовительных работ продолжает развиваться, предлагая новые технологии и ме-

тоды, которые способны повысить эффективность и снизить затраты. Выбор между ручным и автоматизированным методом зависит от конкретных условий работы, площади лесосек и доступного бюджета. Оптимизация процессов заготовки включает в себя выбор правильного оборудования, регулярное обслуживание и обучение персонала, что позволяет значительно повысить производительность и снизить общие затраты.

Список литературы

1. Исследование технологических вариантов выполнения обрабатывающих операций лесосечных работ бензопилами / И.Н. Троянов, В.В. Абрамов, Л.Д. Бухтояров, Д.Н. Афоничев, А.С. Черных, А.И. Максименков // Лесотехнический журнал. – 2019. – Т. 9, № 3(35). – С. 114-130. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2019.3/11.

2. Анализ конструкций и технологий работы форвардеров на лесозаготовках / Л.Д. Бухтояров, В.В. Абрамов, А.А. Просужих, С.Е. Рудов, О.А. Куницкая, И.В. Григорьев // Resources and Technology. – 2020. – Т. 17, № 3. – С. 1-35. – DOI 10.15393/j2.art.2020.5283.

3. Афоничев Д.Н. Математическое обеспечение системы автоматизированного проектирования объектов производственно-транспортной инфраструктуры лесопромышленного комплекса / Д.Н. Афоничев, А.Д. Данилов, В.С. Петровский // Лесотехнический журнал. – 2014. – Т. 4, № 1(13). – С. 75-80. – DOI 10.12737/3348.

4. Григорьев И.В. Оптимизация работы транспорта леса на лесосеках четвертой категории почвенно-грунтовых условий / И.В. Григорьев, А.И. Жукова, В.В. Лавришин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2005. – № 172. – С. 48-55.

References

1. Study of technological options for performing processing operations of logging works with chainsaws / I.N. Troyanov, V.V. Abramov, L.D. Bukhtoyarov, D.N. Afonichev, A.S. Chernykh, A.I. Maksimenkov // Forestry journal. – 2019. – Vol. 9, № 3 (35). – pp. 114-130. – DOI 10.34220 / issn.2222-7962/2019.3/11.

2. Analysis of designs and technologies of forwarders in logging / L.D. Bukhtoyarov, V.V. Abramov, A.A. Prosuzhikh, S.E. Rudov, O.A. Kunitskaya, I.V. Grigoriev // Resources and Technology. – 2020. – Vol. 17, № 3. – pp. 1-35. – DOI 10.15393/j2.art.2020.5283

3. Afonichev D.N. Mathematical support for the automated design system of production and transport infrastructure facilities of the forest industry complex / D.N. Afonichev, A.D. Danilov, V.S. Petrovsky // Forestry journal. – 2014. – Vol. 4, № 1(13). – pp. 75-80. – DOI 10.12737/3348

4. Grigoriev I.V. Optimization of timber transport operations in felling areas of the fourth category of soil and ground conditions / I.V. Grigoriev, A.I. Zhukova, V.V. Lavrishin // Bulletin of the St. Petersburg Forest Engineering Academy. – 2005. – № 172. – pp. 48-55.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ РАСФОРМИРОВАНИЯ ПЛОТОВ
НА БАЗЕ ПЛОСКИХ СПЛОТОЧНЫХ ЕДИНИЦ**

Васильев В.В., Афоничев Д.Н.

*Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I, Воронеж, Россия*

**TECHNOLOGICAL SCHEMES FOR DISBANDING RAFTS
BASED ON FLAT RAFT UNITS**

Vasiliev V.V., Afonichev D.N.

*Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Voronezh, Russia*

Аннотация. Приведены технологические схемы расформирования навигационных и межнавигационных плотов, сформированных на базе усовершенствованных плоских сплотовых единиц. Все рассмотренные технологические схемы основаны на использовании роликового транспортера для выгрузки усовершенствованных плоских сплотовых единиц из воды на берег и модернизированных технических средств для расформирования и перемещения по суше плоских сплотовых единиц. Для каждой технологической схемы приведена последовательность выполнения всех операций на каждом этапе процесса расформирования плота.

Abstract. Technological schemes for the disbandment of navigation and inter-navigation rafts formed on the basis of improved flat-flow units are presented. All the considered technological schemes are based on the use of a roller conveyor for unloading improved flat-flow units from the water to the shore and modernized technical means for disbanding and moving flat-flow units over land. For each technological scheme, the sequence of all operations at each stage of the raft disbandment process is shown.

Ключевые слова: технологическая схема, плот, расформирование, плоская сплотовая единица, наклонный роликовый транспортер, сплотовая машина.

Keywords: flow chart, raft, disbandment, flat flat unit, inclined roller conveyor, flat machine.

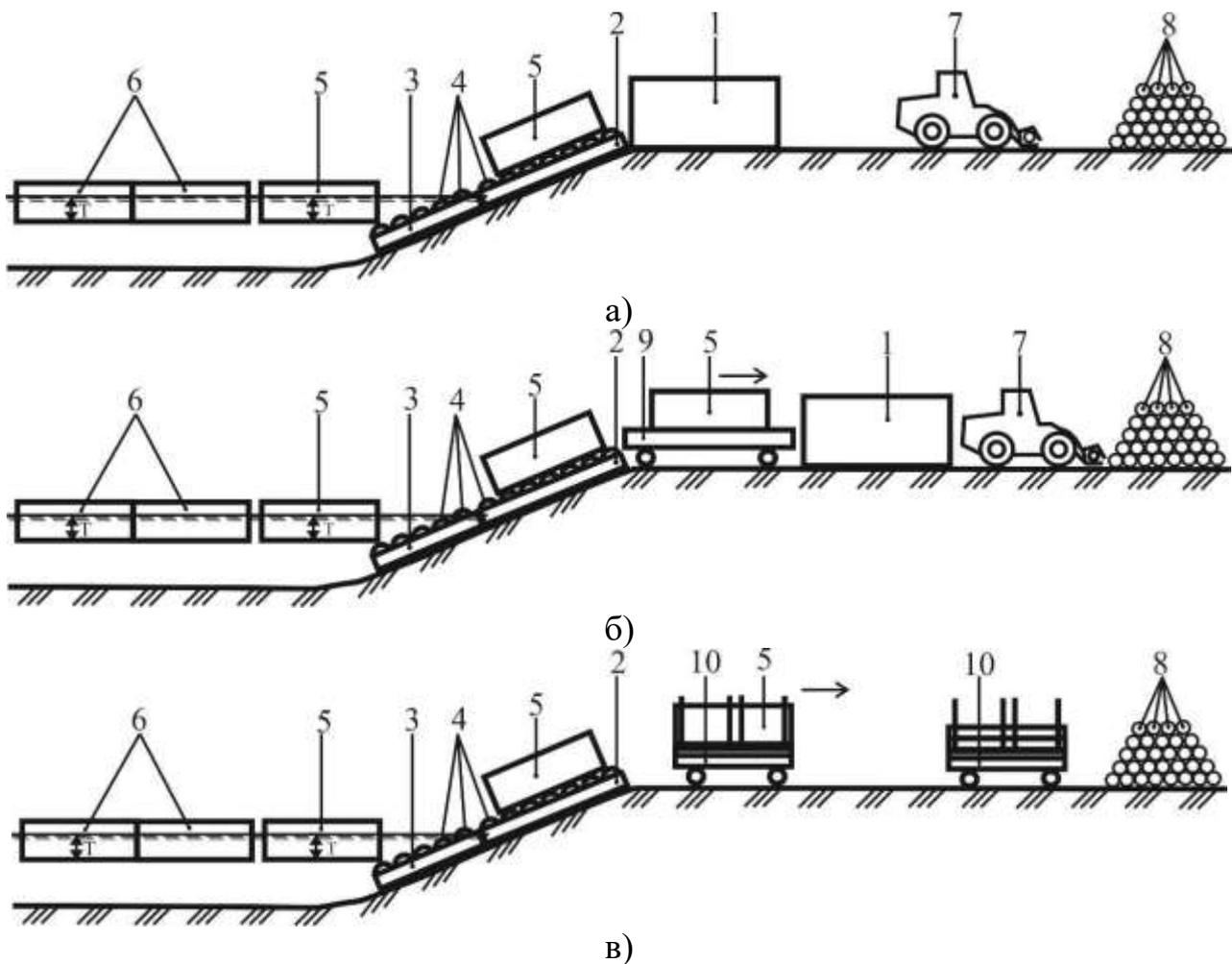
Расформирование плотов навигационного формирования (навигационной сплотовки) и плотов межнавигационного формирования (береговой сплотовки), как правило, выполняется в навигационный период года на рейдах приплава, лесосырьевых биржах и на других объектах, позволяющих реализовать данное мероприятие [1-3]. При расформировании плотов применяются различные технические средства, позволяющие эффективно производить выгрузку сплотовых единиц из воды на берег и их последующую разборку или расформирование

сплоточных единиц на воде, и выгрузку круглых лесоматериалов из воды на берег.

Технологический процесс расформирования плотов [4, 5] на базе усовершенствованных плоских сплоточных единиц [6-8] является сложным, требует применения специализированных технических средств. В качестве данных технических средств могут использоваться [3-10]: наклонный роликовый транспортер; устройство для захвата плоских сплоточных единиц; сплоточные машины; грузовая платформа; погрузчик со специальным захватом; подъемно-транспортный агрегат. Комбинация применяемых технических средств на расформировании плотов в первую очередь определяется выбранной технологической схемой. Наиболее перспективными технологическими схемами расформирования плотов на базе усовершенствованных плоских сплоточных единиц являются схемы, которые предусматривают выгрузку сплоточных единиц из воды на берег по наклонному роликовому транспортеру. Данные технологические схемы представлены на рис. 1.

Технологическая схема, изображенная на рис. 1а, включает в себя сплоточную машину 1 или грузовую платформу 1, установленную на площадке для выгрузки сплоточных единиц рядом с наклонным роликовым транспортером. Наклонный роликовый транспортер [9] состоит из береговой секции 2, установленной на берегу, русловой секции 3, установленной в русле водоема, конец русловой секции 3 находится на глубине не менее осадки плоской сплоточной единицы T . Береговая 2 и русловая 3 секции содержат ролики 4. Плоские сплоточные единицы 5 после снятия формовочного такелажа с плота 6 направляются по наклонному роликовому транспортеру в сплоточную машину 1 или грузовую платформу 1 торцевой стороной (торцами лесоматериалов). Выгрузка круглых лесоматериалов из сплоточной машины 1 или грузовой платформы 1 после разборки плоских сплоточных единиц 5 осуществляется челюстным погрузчиком 7 с последующей укладкой данных круглых лесоматериалов в штабель 8.

Технологическая схема, представленная на рис. 1б, отличается от технологической схемы, приведенной на рис. 1а, тем, что сплоточная машина 1 или грузовая платформа 1 установлена на площадке для расформирования плоских сплоточных единиц. В результате это возникает необходимость транспортировки плоских сплоточных единиц 5 от наклонного роликового транспортера до сплоточной машины 1 или грузовой платформы 1, а также укладки сплоточных единиц для разборки в данные технические средства. Указанная процедура может осуществляться, например, подъемно-транспортным агрегатом 9.



- а) выгрузка – разборка – транспортировка – штабелевка;
 б) выгрузка – транспортировка – разборка – транспортировка – штабелевка;
 в) выгрузка – транспортировка с последующей разборкой – штабелевка

Рисунок 1 – Технологические схемы расформирования плотов на базе усовершенствованных плоских сплочных единиц

Следующая технологическая схема, которая изображена на рис. 1в, имеет определенные отличия от технологических схем, показанных на рис. 1а и 1б. Отличительной особенностью рассматриваемой технологической схемы является то, что плоские сплочные единицы 5 с береговой секции 2 наклонного роликового транспортера перегружаются в грузовую платформу 10, установленную на транспортном средстве. В грузовой платформе 10 плоские сплочные единицы 5 транспортируются к месту разборки, где разбираются, а круглые лесоматериалы укладываются в штабель 8.

Для технологических схем, изображенных на рис. 1, количество сплочных машин или грузовых платформ, в том числе установленных на транспортных средствах, наклонных роликовых транспортеров, челюстных погрузчиков, подъемно-транспортных агрегатов для каждой технологической схемы определяется расчетным путем и зависит от их производительности и от объема годового оборота лесоматериалов на береговом складе.

Реализация технологического процесса расформирования плота на базе усовершенствованных плоских сплоточных единиц, согласно технологической схеме, представленной на рис. 1а, необходимо осуществлять в следующей последовательности. Плот 6 [4, 5], состоящий из плоских сплоточных единиц 5 [6, 7, 8], с формировочного рейда, переформировочного рейда или с плотостоянки доставляется на расформировочный участок. На расформировочном участке плот 6 расформировывается в обратной последовательности своего формирования, то есть снимается формировочный такелаж и он разделяется на отдельные плоские сплоточные единицы 5. Затем плоская сплоточная единица 5 подводится к русловой секции 3 и устанавливается, таким образом, чтобы была направлена по наклонному роликовому транспортеру в сплоточную машину 1 или грузовую платформу 1 торцевой стороной (торцами лесоматериалов). После этого за счет приводов роликов 4 плоская сплоточная единица 5 поднимается по русловой секции 3, а затем по береговой секции 2 наклонного роликового транспортера, и загружается в сплоточную машину 1 или грузовую платформу 1. При этом плоская сплоточная единица 5 поднимается по наклонному роликовому транспортеру лебедкой, установленной на берегу. В данном случае плоская сплоточная единица 5 сплоточным такелажем зацепляется за лебедку. В сплоточной машине 1 или грузовой платформе 1 плоская сплоточная единица 5 разбирается в обратной последовательности своей сборки. Круглые лесоматериалы челюстным погрузчиком 7 выгружаются из сплоточной машины 1 или грузовой платформы 1 и транспортируются на площадку для хранения круглых лесоматериалов, где укладываются в штабель 8. Аналогичным способом реализуется процесс расформирования каждого плота, установленного на расформировочном участке, а также выгрузка всех плоских сплоточных единиц из воды на берег и их разборка.

Расформирование плота на базе усовершенствованных плоских сплоточных единиц по технологической схеме, представленной на рис. 1б, выполняется следующим образом. Плот 6 [4, 5], состоящий из плоских сплоточных единиц 5 [6-8], с формировочного рейда, переформировочного рейда или с плотостоянки доставляется на расформировочный участок. На расформировочном участке плот 6 расформировывается в обратной последовательности своего формирования, то есть снимается формировочный такелаж и он разделяется на отдельные плоские сплоточные единицы 5. Каждая плоская сплоточная единица 5 подводится к русловой секции 3 и устанавливается, таким образом, чтобы была направлена по наклонному роликовому транспортеру торцевой стороной (торцами лесоматериалов). После этого за счет приводов роликов 4 плоская сплоточная единица 5 поднимается по русловой секции 3, а затем по береговой секции 2 наклонного роликового транспортера, где в конце секции сплоточная единица снимается с транспортера подъемно-транспортным агрегатом 9. Плоская сплоточная единица 5 поднимается по наклонному роликовому транспортеру лебедкой, установленной на берегу. При данных обстоятельствах плоская сплоточная единица 5 сплоточным такелажем зацепляется за лебедку, и по вращающимся роликам 4 наклонного роликового транспортера поднимается на берег, в конце береговой секции сплоточная единица снимается с транспортера

подъемно-транспортном агрегатом 9. Подъемно-транспортным агрегатом 9 плоская сплottedная единица 5 транспортируется к сплottedной машине 1 или грузовой платформе 1, где загружается в данное техническое средство для разборки. Далее все производится аналогично технологическому процессу, описанному для технологической схемы, представленной на рис. 1а.

Технологический процесс расформирования плота на базе усовершенствованных плоских сплottedных единиц по технологической схеме, изображенной на рис. 1в, реализуется в следующей последовательности. Первоначально плот б [4, 5], состоящий из плоских сплottedных единиц 5 [6-8], с формировочного рейда, переформировочного рейда или с плотостоянки доставляется на расформировочный участок. На данном участке плот б расформировывается в обратной последовательности своего формирования, то есть снимается формировочный такелаж и он разделяется на отдельные плоские сплottedные единицы 5. В последующем каждая плоская сплottedная единица 5 подводится к русловой секции 3 и устанавливается, таким образом, чтобы была направлена по наклонному роликовому транспортеру торцевой стороной (торцами лесоматериалов). Благодаря приводу роликов 4 плоская сплottedная единица 5 поднимается по русловой секции 3, а затем по береговой секции 2 наклонного роликового транспортера и загружается в грузовую платформу 10, установленную на транспортном средстве. Выгрузка плоской сплottedной единицы 5 из воды на берег и загрузка ее в грузовую платформу 10 осуществляется лебедкой, установленной на берегу. Плоская сплottedная единица 5 сплottedным такелажом зацепляется за лебедку и по вращающимся роликам 4 наклонного роликового транспортера поднимается на берег и загружается в грузовую платформу 10. В грузовой платформе 10, установленной на транспортном средстве, плоская сплottedная единица 5 транспортируется на площадку для хранения круглых лесоматериалов, где разбирается в обратной последовательности своей сборки, а круглые лесоматериалы укладываются в штабель 8. Аналогичным способом реализуется процесс расформирования каждого плота, установленного на расформировочном участке, а также выгрузка всех плоских сплottedных единиц из воды на берег и их разборка.

Все рассмотренные технологические схемы расформирования плотов навигационного и межнавигационного формирования на базе усовершенствованных плоских сплottedных единиц используют роликовый транспортер, что позволяет отказаться от грузоподъемных машин, выполняющих непосредственную выгрузку сплottedных единиц из воды на берег. Таким образом, рассмотренные технологические схемы могут реализовываться в местах, где использование грузоподъемных машин невозможно или с экономической точки зрения не рационально.

Список литературы

1. Войтко П.Ф. Водные поставки древесного сырья на ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК» по реке Вычегда / П.Ф. Войтко, И.Г. Гайсин // Труды Поволжского государственного технологического университета. – 2013. – С. 137–144.

2. Митрофанов А.А. Лесосплав. Новые технологии, научное и техническое обеспечение: монография / А.А. Митрофанов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – 492 с.

3. Васильев В.В. Усовершенствованные системы плотового сплава лесоматериалов / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев. – Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2014. – 284 с.

4. Патент № 2804911 РФ С1, МПК В63В35/62. Плот / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, В.В. Абрамов, Е.В. Поздняков (РФ). – Патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (RU). – № 2023114620; заявл. 02.06.2023; опубл. 09.10.2023. – Бюл. № 28. – 9 с.

5. Патент № 2811178 РФ С1, МПК В63В35/62. Плот / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, В.В. Абрамов, Е.В. Поздняков (РФ). – Патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (RU). – № 2023121796; заявл. 21.08.2023; опубл. 11.01.2024. – Бюл. № 2. – 9 с.

6. Патент № 2777674 РФ, МПК В65В 35/02, В65G 69/20. Плоская сплottedная единица / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, В.В. Абрамов, Е.В. Поздняков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». – № 2021140068; заявл. 30.12.2021; опубл. 08.08.2022. – Бюл. № 22. – 8 с.

7. Патент № 210485 РФ, МПК В63В 35/62. Плоская сплottedная единица / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, В.В. Абрамов, Е.В. Поздняков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». – № 2021125409; заявл. 19.10.2020; опубл. 18.04.2022. – Бюл. № 11. – 5 с.

8. Патент № 2777676 РФ, МПК В65В 35/02. Плоская сплottedная единица / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, В.А. Морковин, В.В. Абрамов, Е.В. Поздняков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». – № 2021140062; заявл. 30.12.2021; опубл. 08.08.2022. – Бюл. № 22. – 8 с.

9. Патент № 2803459 РФ С1, МПК В65G69/00. Способ спуска сплottedных единиц в водоем / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев (РФ). – Патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2022133702; заявл. 21.12.2022; опубл. 13.09.2023. – Бюл. № 26. – 7 с.

10. Васильев В.В. Совершенствование технических средств для перемещения плоских сплottedных единиц / В.В. Васильев, Д.Н. Афоничев, А.В. Лощенко / Проблемы и перспективы конструктивного совершенствования отечественного автомобилестроения: материалы всероссийской науч.-техн. конф.; г. Воронеж, 12 апреля 2023 г. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова». – С. 33–39.

References

1. Voitko P.F. Water supply of wood raw materials to JSC Mondi Syktyvkar LPC along the Vychegda River / P.F. Voitko, I.G. Gaisin // Proceedings of the Volga State Technological University. – 2013. – pp. 137-144. (In Russ.).
2. Mitrofanov A.A. Lesosplav. New technologies, scientific and technical support: monograph / A.A. Mitrofanov. Arkhangelsk: Publishing House of AGTU, 2007. – 492 p. (In Russ.).
3. Vasiliev V.V. Improved systems of raft alloy of timber materials: monograph / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev. – Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2014. – 284 p. (In Russ.).
4. Patent № 2804911 RF C1, IPC B63B35/62. Raft / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev, V.A. Morkovin, V.V. Abramov, E.V. Pozdnyakov (RF). – Patent Holder: G.F. Morozov Voronezh State Forest Engineering University (RU). – № 2023114620; declared 02.06.2023; published 09.10.2023. – Byul. № 28. – 9 p. (In Russ.).
5. Patent № 2811178 RF C1, IPC B63B35/62. Plot / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev, V.A. Morkovin, V.V. Abramov, E.V. Pozdnyakov (RF). – Patent holder of the Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov (RU). – № 2023121796; application. 08/21/2023; publ. 11.01.2024. – Byul. № 2. – 9 p. (In Russ.).
6. Patent № 2777674 RF, IPC B65B 35/02, B65G 69/20. Flat cohesive unit / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev, V.A. Morkovin, V.V. Abramov, E.V. Pozdnyakov; applicant and patent holder of the Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov. – № 2021140068; application. 12/30/2021; publ. 08/08/2022. – Byul. № 22. – 8 p. (In Russ.).
7. Patent № 210485 RF, IPC B63B 35/62. Flat cohesive unit / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev, V.A. Morkovin, V.V. Abramov, E.V. Pozdnyakov; applicant and patent holder of the Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov. – № 2021125409; application 19.10.2020; publ. 18.04.2022. – Byul. № 11. – 5 p. (In Russ.).
8. Patent № 2777676 RF, IPC B65B 35/02. Flat cohesive unit / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev, V.A. Morkovin, V.V. Abramov, E.V. Pozdnyakov; applicant and patent holder of the Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov. – № 2021140062; application. 12/30/2021; publ. 08/08/2022. – Byul. № 22. – 8 p. (In Russ.).
9. Patent № 2803459 RF C1, IPC B65G69/00. The method of descent flat cohesive unit a pond / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev (RF). – Patent holder of the Voronezh State Agrarian University (RU). – № 2022133702; application. 12/21/2022; publ. 09/13/2023. – Byul. № 26. – 7 p. (In Russ.).
10. Vasiliev V.V. Improvement of technical means for moving flat cohesive units / V.V. Vasiliev, D.N. Afonichev, A.V. Loschenko / Problems and prospects of constructive improvement of the domestic automotive industry: materials of the All-Russian Scientific and Technical conf.; Voronezh, April 12, 2023 – Voronezh: Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov. – pp. 33-39. (In Russ.).

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ПРОТОТИПА ПОСАДОЧНОЙ МАШИНЫ В РАМКАХ СТУДЕНЧЕСКОГО ПРОЕКТА

Галактионов О.Н., Суханов Ю.В., Васильев А.С.

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

EXPERIENCE OF CREATING A PLANTING MACHINE PROTOTYPE AS A STUDENT PROJECT RESULT

Galaktionov O.N., Sukhanov Yu.V., Vasiliev A.S.

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

Аннотация: Рассмотрены проблемы привлечения студентов лесотехнических и лесохозяйственных направлений к НИОКР по автоматизации технологических процессов в отрасли. Приведён опыт создания прототипа машины для автоматизированной посадки сеянцев с закрытой корневой системой в рамках студенческой выпускной квалификационной работы.

Abstract: The problems of forestry students calling in R&D for forestry technological processes automation are considered. The experience of creating a prototype machine for automated containerized tree planting within the framework of student's final qualification work is presented

Ключевые слова: студенческая научно-исследовательская работа, лесное хозяйство, автоматизация, лесовосстановление, сеянцы с закрытой корневой системой

Keywords: student research work, forestry, automation, reforestation, containerized tree seedling

В настоящее время для внедрения в лесной отрасли современных технологий и машин, выпускники соответствующих направлений обучения должны хорошо разбираться в вопросах, связанных с автоматизацией технологических процессов лесного хозяйства, которая должна повысить производительность и качество выполнения работ, снизить объёмы тяжёлого физического труда и привлечь в отрасль новые молодые кадры. Однако, зачастую у выпускников инженерных и естественно-научных направлений обучения нет требуемых «цифровых» знаний и навыков, так как образовательный процесс не всегда успевает за требованиями к современным специалистам. Для решения проблемы недостатка IT-компетенций в России действует проект «Цифровые кафедры» [1], который позволяет студентам без отрыва от основной учёбы получить дополнительную IT-подготовку. Но проект «Цифровые кафедры» не позволяет в полной мере студентам инженерных и естественнонаучных направлений обучения полноценно применять знания, полученные в ходе дополнительной подготовки, для решения задач отрасли, так как, зачастую, они в ходе учёбы по ос-

новному направлению подготовки не получают навыков применения этих IT-знаний для решения конкретных задач.

Проектная деятельность студента позволяет во время обучения в ВУЗе использовать теоретические знания для решения определённых практических задач и в настоящее время этот инструмент обучения рассматривается как один из эффективных способов вырастить будущего специалиста, который будет способен креативно решать производственные задачи, адаптироваться к новым технологиям и условиям труда, а также сможет в дальнейшем самостоятельно обучаться и осуществлять профессиональный рост [2].

В качестве примера можно рассмотреть студенческий проект выпускницы кафедры ТЛКиЛА направления обучения «Лесное дело» Даимовой Фариды по созданию прототипа посадочной машины для семян с закрытой корневой системой для замены ручного посадочного инструмента типа трубы «Поттипутки» [3]. Работа над студенческим проектом началась в конце второго курса бакалавриата после обсуждения со студентами проблематики автоматизации лесопосадочных работ и существующих решениях в этой области [4]. Были изучены существующие решения и, в ходе подключения студента к исследовательской работе, был предложен способ создания посадочных лунок под семена с закрытой корневой системой [5], который имел потенциал реализации на практике в рамках студенческого проекта. С использованием 3D-печати был изготовлен масштабный физический макет рабочего органа, который продемонстрировал работоспособность конструкции. Результаты предварительной работы над проектом позволили обучающейся подготовить хорошую заявку на студенческий грант Фонда содействия инновациям, успешно защитить предложенную идею и получить шанс для реализации полноразмерного прототипа на практике.

Однако имеющихся компетенций студента направления обучения «Лесное дело» не достаточно для полностью самостоятельной реализации подобного проекта. Поэтому быстро реализовать проекты такого объёма студенту сложно и для реализации проекта необходимо продолжительное время, за которое у обучающегося не должен потеряться интерес к идее. Студенту для реализации проекта необходимо было приобрести новые знания и навыки, а при проработке отдельных частей проекта необходима была помощь преподавателей и инженеров института. Была проработана конструкция рабочего органа, спроектирован ленточный механизм для подачи семян, а также предложена конструкция простейшей базовой платформы для размещения на ней остальных узлов машины.

Общая конструкция концепта посадочной машины, реализуемой в рамках проекта Даимовой Фариды, представлена на рис. 1.

Прорабатываемая в рамках проекта машина состоит из трех основных частей: рабочий орган, подготавливающий посадочную лунку и заделывающий корневую систему семени; питающий механизм, позволяющий последовательно подавать семена к рабочему органу; полноприводная колёсная платформа для перемещения машины. В машине применены электроприводы, а питание осуществляется от аккумуляторных батарей.

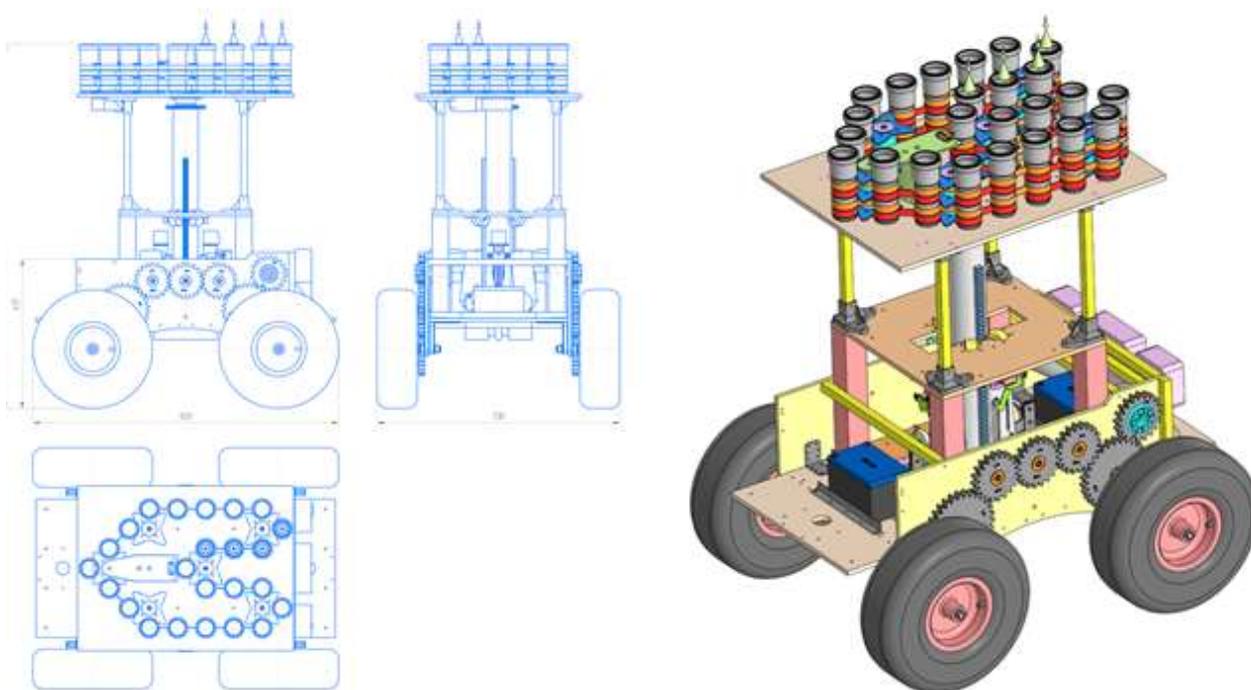


Рисунок 1 – Модель концепта посадочной машины

В распоряжении студенческого проекта была лаборатория университета с набором столярно-слесарного инструмента, FDM 3D-принтер, лазерный станок-гравер для раскроя листового материала, а также доступ к учебным токарному и сверлильному станку. Элементы рабочего органа, взаимодействующие с почвой, были выполнены в Инженерном парке ПетрГУ из стали, для изготовления остальных деталей использовались берёзовая фанера, деревянные бруски, PLA-пластик, металлический крепёж и элементы садового оборудования. В силовой электрической части были использованы детали от отечественных легковых автомобилей, а в качестве источника энергии использовались аккумуляторы от источника бесперебойного питания напряжением 12 В и ёмкостью 12 А·ч.

В ходе реализации студенческого проекта было достаточно много трудностей, связанных как с недостатком компетенций и навыков, так и со сложностью реализации на практике отдельных технических решений. Студенту пришлось осваивать слесарную работу, научиться паять, познакомиться с азами работы в инженерных программах и микроконтроллерным управлением. Исходная конструкция претерпела определённые изменения, однако в итоге была реализована в качестве полноразмерного концептуального прототипа, представленного на рис. 2.

Студент успешно защитила выпускную квалификационную работу по тематике реализуемого проекта. В настоящее время работа над проектом продолжается.

Несмотря на всю перспективность проектной деятельности студента как инструмента для подготовки будущих специалистов, авторы столкнулись с серьёзной проблемой сложности вовлечения студентов в научно-исследовательскую или конструкторскую проектную деятельность.



Рисунок 2 – Испытания полноразмерного прототипа посадочной машины

Студенты часто мотивируют свой отказ недостатком времени, большой загруженностью основной программой обучения. Но, кроме этих причин, студенты часто отказываются от участия в проектной деятельности, ссылаясь на отсутствие у них достаточных знаний и компетенций, связанных с электротехникой, программированием и с работой в специализированном программном обеспечении. К сожалению, большинство студентов лесоинженерных направлений обучения не готовы участвовать в проектах, связанных с использованием элементов автоматизации. С другой стороны, студенты ИТ-направлений обучения не могут применить свои знания и навыки для решения практических задач отраслей народного хозяйства, так как в полной мере не понимают их специфики. Выходом из сложившейся ситуации может быть создание смешанных рабочих групп студентов из разных направлений обучения. Например, в Петрозаводском государственном университете уже не первый год развивается тематика, связанная с лесными роботехническими системами [6], где осуществляется возможность привлечения к проектной деятельности студентов разных институтов университета и образования из них смешанных рабочих групп. Работа в студенческой группе над определенным проектом может раскрыть лучшие стороны каждого обучающегося, научить их работать в группе. Кроме того, групповая работа предохранит проект от ещё одной проблемы реализации индивидуальных студенческих проектов – быстрое «перегорание» обучающихся, когда студент теряет интерес раньше, чем успевает получить определённые результаты, а любой серьёзный студенческий проект требует от обучающегося не менее года ритмичной работы.

Список литературы

1. На «цифровые кафедры» в 2023 году поступили 170 тыс. человек // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [сайт]. – URL: <https://digital.gov.ru/ru/events/47608/> (дата обращения: 18.09.2024).
2. Бреднева Н.А. Технология организации проектной деятельности магистрантов // Гуманитарные и социальные науки. 2024. №3. – С. 165-171. doi:10.18522/2070-1403-2024-104-3-165-171
3. Даимова Ф.Д. Разработка машины для создания лесных культур / Ф.Д. Даимова, Н.В. Макарова, Ю.В. Суханов // Сборник статей Всероссийской

научно-практической конференции «Лесоэксплуатация и комплексное использование древесины». 24 марта 2023 года. – Красноярск: 2023. – С.154-158.

4. Галактионов О.Н. Применение системного анализа техники и технологий лесовосстановления для выявления перспектив использования роботизированных лесопосадочных машин / О.Н. Галактионов, Ю.В. Суханов, А.С. Васильев // Инженерный вестник Дона. 2022. №6 (90). – С. 834-844.

5. Патент № 2793838 С1 Российская Федерация, МПК А01С 5/02. Способ формирования посадочных лунок: № 2022124292: заявл. 13.09.2022: опубл. 07.04.2023 / Ю.В. Суханов, А.С. Васильев, П.В. Будник, Ф.Д. Даимова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петрозаводский государственный университет».

6. Интеллектуальная роботизированная система для автономного проведения лесовосстановительных работ / О.Н. Галактионов, С.А. Завьялов, Л.В. Щеголева, Д.Ж. Корзун // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе : материалы XIV всероссийской науч.-практ. конф. – Петрозаводск: 2020. – С. 35-37.

References

1. 170 thousand people entered the «digital departments» in 2023 // Ministry of Digital Development, Communications and Mass Media of the Russian Federation [website]. – URL: <https://digital.gov.ru/ru/events/47608/> (date of access: 09/18/2024).

2. Bredneva N.A. Technology of organizing project activities of master's students // Humanities and social sciences. 2024. № 3. – pp. 165-171. doi: 10.18522/2070-1403-2024-104-3-165-171

3. Daimova F.D. Development of a machine for creating forest crops / F.D. Daimova, N.V. Makarova, Yu.V. Sukhanov // Collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference «Forest exploitation and integrated use of wood». March 24, 2023. – Krasnoyarsk: 2023. – pp. 154-158

4. Galaktionov O.N. Application of systems analysis of forest restoration equipment and technologies to identify prospects for using robotic forest planting machines / O.N. Galaktionov, Yu.V. Sukhanov, A.S. Vasiliev // Engineering Bulletin of the Don. 2022. № 6 (90). – pp. 834-844

5. Patent № 2793838 C1 Russian Federation, IPC A01C 5/02. Method for forming planting holes: № 2022124292: declared. 09.13.2022: publ. 07.04.2023 / Yu.V. Sukhanov, A.S. Vasiliev, P.V. Budnik, F.D. Daimova; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Petrozavodsk State University».

6. Galaktionov O.N. Intelligent robotic system for autonomous reforestation work / O.N. Galaktionov, S.A. Zavyalov, L.V. Schegoleva, D.Zh. Korzun // Digital technologies in education, science, society: materials of the XIV All-Russian scientific and practical. conf. – Petrozavodsk: 2020. – pp.35-37

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЙ
СОЗДАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР НА ВЫРУБКАХ**

Казаков В.И., Проказин Н.Е., Казаков И.В., Лобанова Е.Н.

*ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства
и механизации лесного хозяйства», г. Пушкино, Россия*

**FEATURES OF MACHINE DESIGNS AND TECHNOLOGIES
FOR CREATING FOREST CROPS IN DEFORESTATION**

Kazakov V.I., Prokazin N.E., Kazakov I.V., Lobanova E.N.

*Federal State Budgetary Institution «All-Russian Scientific Research Institute
of Forestry and Mechanization of Forestry», Pushkino, Russia*

Аннотация: Приведены технологические операции создания лесных культур на временно переувлажненных и дренированных вырубках на базе новых машин и орудий, включающий орудие для расчистки вырубок ОРВ-1,5, плуг дисковый ПДВ-1,5, плуг-рыхлитель ПРЛ-70, лесопосадочную машину МПС-1 и каток универсальный КУЛ-2А. Эти машины обеспечивают комплексную механизацию создания лесных культур по эколого-ресурсосберегающей технологии с минимальными затратами средств при существенном повышении качества работ.

Abstract: The technological operations of creating forest crops on temporarily waterlogged and drained cuttings based on new machines and tools, including a tool for clearing cuttings ORV-1.5, a disk plow PDV-1.5, a plough-ripper PRL-70, a planting machine MPS-1 and a universal roller KUL-2A, are presented. These machines provide comprehensive mechanization of the creation of forest crops using eco-resource-saving technology with minimal cost while significantly improving the quality of work.

Ключевые слова: вырубка, культуры, орудие, плуг, лесопосадочная машина, каток.

Keywords: cutting, crops, tool, plow, planting machine, skating rink.

Основными технологическими операциями при создании лесных культур на вырубках являются: подготовка площади, обработка почвы, посадка лесных культур и уход за ними [1, 2]. Для выполнения этих технологических операций предназначен комплекс новых машин и орудий, включающий орудие для расчистки вырубок ОРВ-1,5, плуг дисковый ПДВ-1,5, плуг-рыхлитель лесной ПРЛ-70, лесопосадочную машину МПС-1 и каток универсальный лесной КУЛ-2А. Эти машины и орудия объединяются в два технологических комплекса [1, 2]:

– ОРВ-1,5; ПДВ-1,5; МПС-1 и КУЛ-2А для выполнения работ на временно переувлажненных вырубках;

– ОРВ-1,5; ПРЛ-70; МПС-1 и КУЛ-2А для выполнения работ на дренированных вырубках.

Ключевые различия этих комплексов заключаются в обработке почвы. Так на временно переувлажненных вырубках создают микроповышения с целью создания наиболее благоприятных условий для приживаемости высаживаемых растений. В то время как на дренированных вырубках обработка почвы проводится путем образования борозд с подготовкой посадочного места в средней ее части.

Особенность конструкций машин и орудий, предназначенных для выполнения основных технологических операций при создании лесных культур на вырубках, заключается в следующем.

Орудие для расчистки вырубок от порубочных остатков ОРВ-1,5 агрегируется с тракторами ЛХТ-55 (ЛХТ-100) и представляет собой клиновидный отвал с устройством в виде клык-ножа для корчевки пней. В процессе работы клиновидный отвал обеспечивает расчистку от порубочных остатков полосы шириной 1,5 м, а корчевальное устройство при встрече с пнями раскалывает их и перемещает эту массу под гусеницы трактора [3-5]. Таким образом, готовится расчищенная полоса с минимальным воздействием на почву и сохранением верхнего ее плодородного слоя, в зоне посадки растений, пригодная для создания лесных культур по эколого-ресурсосберегающей технологии.

Для обработки почвы на вырубках с временным их переувлажнением путем образования микроповышений предназначен плуг дисковый ПДВ-1,5, агрегируемый с тракторами ЛХТ-55 (ЛХТ-100) [3-5]. Рабочие органы этого плуга выполнены в виде двух правооборачивающих и двух левооборачивающих сферических дисков диаметром 650 мм, установленных «всвал» под углом наклона 20° относительно вертикали и с регулируемым углом атаки от 35° до 45° . Для защиты рабочих органов от поломок при встрече с препятствиями плуг снабжен предохранительными устройствами в виде пружин сжатия с регулируемым усилием от 300 до 350 кгс. В процессе работы дисковые корпуса подрезают пласты почвы, оборачивают их и перемещают к середине полосы и в результате образуется микроповышение высотой от 15 до 20 см. Глубина хода рабочих органов изменяется от 10 до 18 см с помощью грузов в балластном ящике. Ширина захвата плуга составляет 1,5 м.

На вырубках с дренированными почвами обработку почвы под посадку лесных культур проводят плугом-рыхлителем ПРЛ-70 (рис. 1). Агрегируется этот плуг с тракторами ЛХТ-55 (ЛХТ-100) и МТЗ-80/82 [3-5, 6]. Особенностью конструкции плуга-рыхлителя ПРЛ-70 является мощный вертикальный нож, с тупым (135°) углом вхождения в почву, который обеспечивает разрезание почвы. В задней части этого ножа размещен сошник, выполненный в виде двух поверхностей, сходящихся впереди в виде клина, и обеспечивающего подготовку посадочного места шириной до 8 см и глубиной до 15 см. С обеих сторон сошника установлены стреловидные рыхлители, обеспечивающие рыхление почвы в нижней части образуемой щели. С двух сторон вертикального ножа закреплены отвалы шириной захвата каждого по 35 см. Эти отвалы представляют собой цилиндрические поверхности с заточкой в нижней их части и предназначенные

для подрезания и оборота пластов почвы с укладыванием их на не обработанную поверхность рядом с бороздой. Глубина борозды регулируется от 5 до 15 см с помощью опорных полозков, смонтированных на вертикальном ноже. С учетом борозды и обернутых пластов почвы общая ширина минерализованной полосы составляет 140...150 см.



Рисунок 1 – Плуг-рыхлитель лесной ПРЛ-70

Обработанная таким способом полоса с образованием щели в средней ее части предназначена как для ручной, так и механизированной посадки лесных культур. Такой способ подготовки почвы под посадку лесных культур на вырубках существенно снижает усилие внедрения в почву рабочего органа (меча Колесова) при ручной посадке и обеспечивает стабильную глубину хода сошника лесопосадочной машины при механизированной посадке.

Для посадки лесных культур с использованием крупномерного посадочного материала высотой до 50 см предназначена лесопосадочная машина МПС-1 (рис. 2), агрегируемая с трактором ЛХТ-55 (ЛХТ-100) [3-5, 7]. Процесс посадки растений включает следующие технологические приемы: подготовку посадочного места, подачу растений к посадочному месту и заделку корневой системы высаживаемых растений почвой с ее уплотнением.

В лесопосадочной машине МПС-1 отсутствует посадочный аппарат и заделка корневой системы растений почвой осуществляется корытообразными лыжами. В процессе работы сажальщик опускает растение во внутреннюю полость сошника и подает ее в сторону набегающей почвенной волны, образуемой корытообразными лыжами, которые заделывают корневую систему растений почвой с одновременным ее уплотнением в вертикальной плоскости. Отсутствие посадочного аппарата позволяет обеспечить шаг посадки в пределах от 1 до 2 м. Глубина хода сошника достигает 30 см.



Рисунок 2 – Машина лесопосадочная для крупномера МПС-1

Для ухода за лесными культурами, созданными крупномерным посадочным материалом, предназначен каток универсальный лесной КУЛ-2А, монтируемый на переднюю или заднюю навесную систему трактора ЛХТ-55 (ЛХТ-100) [3-5]. Рабочий орган катка КУЛ-2А состоит из двух самовращающихся ножевых барабанов диаметром 100 см и шириной захвата каждого по 75 см, установленных на двух отдельных секциях с расстоянием 50 см между ними для обеспечения защитной зоны по 25 см с каждой стороны от рядка растений. В процессе работы ножевые барабаны катка рыхлят верхний задернелый слой почвы с обеих сторон от рядка растений и уничтожают возобновившуюся нежелательную травянистую и древесную растительность диаметром до 8 см, путем ее дробления и оставления этих остатков на поверхности почвы в качестве мульчи. Рыхление проводят по всей ширине обработанной полосы почвы, за исключением сохраняемой защитной зоны вдоль рядка растений.

Таким образом, комплекс новых машин и орудий обеспечивает комплексную механизацию создания лесных культур на дренированных и временно переувлажненных вырубках по эколого-ресурсосберегающей технологии при существенном повышении качества выполняемых технологических операций.

Список литературы

1. Рекомендации по проектированию и технологиям лесоразведения в защитных лесах малолесной зоны европейской части России при облесении песков и овражно-балочных склонов / Н.Е. Проказин, С.А. Родин, В.И. Казаков, Е.Н. Лобанова, С.А. Румянцева, Н.Р. Гарипов, Т.А. Турчина. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2021. – 68 с.
2. Бартенев И.М. Перспективные направления технологии и механизации лесозаготовительных и лесохозяйственных работ: учебник / И.М. Бартенев, М.В. Драпалюк, Д.Ю. Дручинин, В.И. Казаков; М-во науки и высшего образования РФ ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2020. – 155 с.

3. Технология и механизация лесохозяйственных работ: учеб. для вузов / И.В. Казаков, Н.Е. Проказин, С.А. Родин [и др.]; под ред. В.И. Казакова. – М.: Юрайт, 2022. – 348 с.

4. Механизация лесного и лесопаркового хозяйства: учебник для вузов / В.Н. Винокуров, Г.В. Силаев, И.В. Казаков; под общ. ред. В.И. Казакова. – М.: Юрайт, 2021. – 599 с.

5. Бартенев И.М. Совершенствование технологий и средств механизации лесовосстановления: И.М. Бартенев, М.В. Драпалюк, В.И. Казаков. – М.: ФЛИНТА-Наука, 2013. – 208 с.

6. Патент на полезную модель № 157538 РФ, А01В 13/14. Лесной плуг / А.А. Мартынюк, Б.М. Большаков, В.И. Казаков, Н.Е. Проказин, Е.Н. Лобанова Бюл. № 34 от 10.12.2015 г.

7. Патент на изобретение № 2323562 РФ, А01С 11/00, А01G 23/00. Лесопосадочная машина для вырубок / В.И. Казаков, С.А. Родин, В.Н. Галанов, В.И. Суворов, И.В. Казаков. Бюл. № 13 от 10.05.2008 г.

References

1. Recommendations for the design and technologies of afforestation in protective forests of the sparsely forested zone of the European part of Russia during afforestation of sand and gully-gully slopes / N.E. Prokazin, S.A. Rodin, V.I. Kazakov, E.N. Lobanova, S.A. Rummyantseva, N.R. Garipov, T.A. Turchin. – Pushkino: VNIILM, 2021. – 68 p.

2. Bartenev I.M. Prospective directions of technology and mechanization of logging and forestry work: textbook / I.M. Bartenev, M.V. Drapalyuk, D.Yu. Druchinin, V.I. Kazakov; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation FSBEI HE «VSLTU». – Voronezh, 2020. – 155 p.

3. Technology and mechanization of forestry work: a textbook for universities / I.V. Kazakov, N.E. Prokazin, S.A. Rodin [etc.]; edited by V.I. Kazakova. – Moscow: Yurayt Publishing House, 2022. – 348 p.

4. Mechanization of forestry and forest park management: a textbook for universities / V.N. Vinokurov, G.V. Silaev, I.V. Kazakov; under the general editorship of V.I. Kazakov. – Moscow: Yurayt Publishing House, 2021. – 599 p.

5. Bartenev I.M. Improving technologies and means of mechanization of reforestation: I.M. Bartenev, M.V. Drapalyuk, V.I. Kazakov. – М.: FLINTA-Nauka, 2013. – 208 p.

6. Utility model patent № 157538 RF, А01В 13/14. Forest plow / А.А. Martynyuk, В.М. Bolshakov, V.I. Kazakov, N.E. Prokazin, E.N. Lobanova. Bull. № 34 of December 10, 2015.

7. Patent for invention № 2323562 RF, А01С 11/00, А01G 23/00. Forest planting machine for felling / V.I. Kazakov, S.A. Rodin, V.N. Galanov, V.I. Suvorov, I.V. Kazakov. Bull № 13 dated May 10, 2008.

СИЛОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ЛЕДОВОГО СЛОЯ С ПОВЕРХНОСТЯМИ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Матяев И.М.

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Воронеж, Россия*

FORCE INTERACTION OF DEVICE ELEMENTS FOR CLEANING ICE LAYER WITH SURFACES FOR VARIOUS PURPOSE

Matyaev I.M.

*Military Education and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky
and Y.A Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russia*

Аннотация: Для обеспечения возможности перемещения различных транспортных средств в зимний период целесообразно производить очистку опорных поверхностей от снега и льда. В статье рассматриваются вопросы силового разрушения ледового покрытия элементами разработанного устройства, формулируется вывод о возможностях оптимизации соотношения вращающего момента и момента трения в указанном устройстве.

Abstract: To ensure the possibility of moving various vehicles in winter, it is advisable to clean the supporting surfaces from snow and ice. The article discusses the issues of force destruction of ice coating by the elements of the developed device, formulates a conclusion about the possibilities of optimizing the ratio of torque and friction moment in the specified device.

Ключевые слова: транспортное средство, поверхность, очистка, снег, лёд, устройство, воздействие, сила.

Keywords: vehicle, surface, cleaning, snow, ice, device, impact, force.

Обеспечение возможности перемещения наземных (автомобильных, железнодорожных) и воздушных (в момент осуществления ими взлётно-посадочных операций) транспортных средств сопряжено с некоторыми трудностями, усугубляемыми в зимний период [1, 2], а также в период неустойчивой осенне-весенней погоды, сопровождаемой переходами через нулевые температурные значения. Так, работа автомобильного транспорта [3-8], осуществляющего, например, вывозку древесины в условиях нестабильных температур [9], приводит, нередко, к снижению производительности труда ввиду образовавшегося на поверхности дороги ледового наката и, как следствие, снижению скоростей движения лесовозных автомобильных поездов. При этом даже пустой лесовоз может сойти с трассы ввиду ледовой корки под снегом (рис. 1).



Рисунок 1 – Последствия образования ледяной корки на лесовозной автомобильной дороге

Железнодорожный транспорт, привлекаемый к вывозке древесины по узкоколейным железным дорогам, при движении на подъём по обледеневшим рельсам может вообще остановиться [10], а при движении на спусках – приобрести неконтролируемое движение, чреватое крушением на крутых поворотах железнодорожной насыпи. Авиационный транспорт, привлекаемый к перевозке людских ресурсов на малоосвоенных лесных территориях, ввиду изначально большой скорости движения может не совершить посадку в условиях обледенения взлётно-посадочной полосы.

Указанные факты обуславливают необходимость принятия мер по очистке различных дорожных покрытий ото льда и снежно-ледовых масс.

В ВУНЦ ВВС ВВА было разработано устройство для очистки снежно-ледовых масс с поверхности автомобильных и железных дорог, а также взлётно-посадочных полос аэродрома, принципиальная схема которого представлена на рис. 2, при этом детальное описание указанной конструкции не входит в цели и задачи этой статьи.

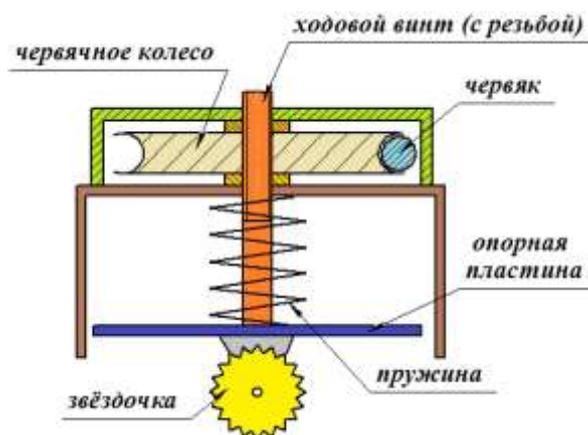


Рисунок 2 – Принципиальная схема устройства очистки снежно-ледовых масс с поверхности дорог

Разработанная конструкция позволяет выполнять очистку дорожных покрытий ото льда с возможностью регулирования усилия прижатия непосредственного рабочего органа в зависимости от сложности работ.

При разрушении ледового покрытия определяющим фактором является усилие P_n , которым звёздочка воздействует на сформировавшийся ледовый слой (рис. 3). При $P_n > P_{\min}$ (где P_{\min} – минимальное усилие воздействия, Н) будет осуществляться разрушение слоя льда ведущим (по направлению движения устройства) зубом звёздочки с последующим доразрушением ледового слоя на поверхности ВПП ведомым зубом звёздочки.

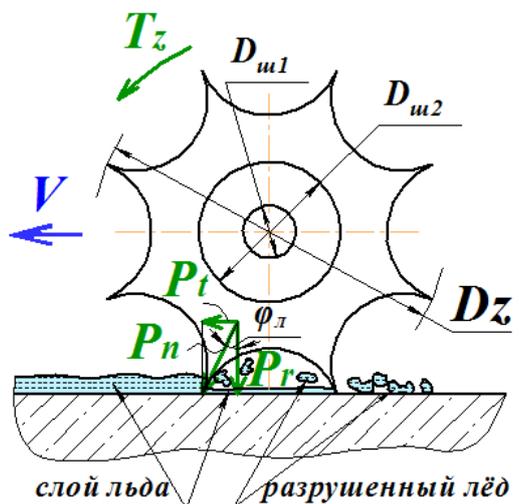


Рисунок 3 – Силевая схема разрушения ледового покрытия

Анализ вышеприведённых сил показывает следующее. Окружная сила P_t , путём создания ею (через пару соответствующих сил с точкой поворота в центре оси звёздочки) вращающего момента T_z (Н·м), является причиной проворота звёздочки вокруг её оси в случае встречи последней с непреодолимым препятствием (например, камни), в том числе – большим количеством ледовой массы чрезвычайно большой плотности. Величина вращающего момента T_z зависит от диаметра вершин D_z (мм) звёздочки и в данном случае может быть определена по формуле

$$T_z = P_t \cdot D_z \cdot \cos \varphi_{\text{л}} = P_r \cdot \text{tg} \varphi_{\text{л}} \cdot D_z \cdot \cos \varphi_{\text{л}}, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (1)$$

При этом указанного вращения не будет в случае обеспечения условия $T_z \leq T_{\text{ТР}}$, где $T_{\text{ТР}}$ – момент трения, создаваемый в месте контакта звёздочки с антифрикционными шайбами. Момент трения зависит от пары трущихся между собой материалов, что определяется коэффициентом трения $f_{\text{ТР}}$, а также от усилия затяжки $F_{\text{зам}}$, формируемого вдоль оси вращения звёздочки. Кроме того, в расчёт принимается средний радиус поверхности трения антифрикционных шайб ($R_{\text{ср}} = (D_{\text{ш2}} - D_{\text{ш1}})/2$, мм), а также количество пар поверхностей трения i_z

$$T_{\text{ТР}} = f_{\text{ТР}} \cdot F_{\text{зам}} \cdot R_{\text{ср}} \cdot i_z, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2)$$

Таким образом, окружная сила P_t , составляющая некоторую часть общего усилия P_n , является фактически бесполезной и не обеспечивающей вклад в должный уровень очистки взлётно-посадочной полосы ото льда. Нейтрализация указанной силы в принципе обеспечивается жёстким закреплением звёздочки на оси, обеспечив ей нулевую степень свободы, и расположением зуба звёздочки вертикально по направлению к оси вращения. Однако при такой конструктивной схеме теряется смысл в очищающем элементе в виде звёздочки с относительно большим количеством зубьев, переходящей в этом случае в разряд скребка-рыхлителя (один неподвижный зуб). Кроме того, не обеспечивается предохранение контактной поверхности очищающего элемента от поломок при его встрече с непреодолимым препятствием. С учётом этого, оптимизация соотношения вращающего момента T_z и момента трения T_{TP} позволит обеспечить качественную очистку поверхности ВПП с уменьшением нерасчищенных участков.

Работа выполнена под руководством доцента Платонова А.А.

Список литературы

1. Макаров В.С. Об изменении характеристик снежного покрова в течение зимы и их влияние на проходимость транспортных средств / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 8-2. – С. 89-90.
2. Минаков Д.Е. Вопросы обеспечения безопасности движения подвижного состава в зимний период / Д.Е. Минаков, А.А. Платонов, М.А. Платонова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 3-1(8-1). – С. 291-296. – DOI 10.12737/4605.
3. Платонов А.А. Особенности эксплуатации специального самоходного подвижного состава на комбинированном ходу / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2013. – № 1. – С. 152-155.
4. Платонов А.А. Легковые автомобили-внедорожники на комбинированном ходу / А.А. Платонов, Н.Н. Киселева // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – С. 182.
5. Драпалюк М.В. Современные машины и оборудование для лесного хозяйства на комбинированном ходу / М.В. Драпалюк, А.А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3. – С. 12.
6. Платонов А.А. Анализ энергетических характеристик двигателей автомобильной техники на комбинированном ходу / А.А. Платонов, А.Ю. Коверина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 5. – С. 212-215.
7. Платонов А.А. Унификация названий транспортных средств на комбинированном ходу / А.А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 224.
8. Платонов А.А. Специализированные грузовые транспортные средства на комбинированном ходу / А.А. Платонов, Н.Н. Киселева // Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 3. – С. 179-183.

9. Васильев А.С. Некоторые особенности эксплуатации лесовозных автомобилей в зимний период / А.С. Васильев, Ю.В. Суханов, И.Р. Шегельман // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития : сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 17 января 2020 года. – Чебоксары: Интерактив плюс, 2020. – С. 209-210.

10. Патент № 2556898 С1 РФ. Устройство для очистки рельсовых путей: № 2014107412/13: заявл. 26.02.2014: опубл. 20.07.2015 / Р.В. Юдин, А.А. Платонов, М.А. Платонова.

References

1. Makarov V.S. On changes in the characteristics of snow cover during winter and their influence on the cross-country ability of vehicles / V.S. Makarov, D.V. Zezyulin, V.V. Belyakov // International Journal of Experimental Education. – 2014. – № 8-2. – pp. 89-90.

2. Minakov D.E. Issues of ensuring the safety of rolling stock traffic in winter / D.E. Minakov, A.A. Platonov, M.A. Platonova // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. – 2014. – Т. 2, No. 3-1(8-1). – pp. 291-296. – DOI 10.12737/4605.

3. Platonov A.A. Features of the operation of special self-propelled rolling stock on combined speed / A.A. Platonov, M.A. Platonova // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. – 2013. – № 1. – pp. 152-155.

4. Platonov A.A. Passenger SUVs on a combined drive / A.A. Platonov, N.N. Kiseleva // Modern problems of science and education. – 2013. – № 1. – p. 182.

5. Drapalyuk M.V. Modern machines and equipment for combined forestry / M.V. Drapalyuk, A.A. Platonov // Modern problems of science and education. – 2013. – № 3. – p. 12.

6. Platonov A.A. Analysis of energy characteristics of motor vehicle engines on combined speed / A.A. Platonov, A.Yu. Koverina // Bulletin of the Belgorod State Technological University. V.G. Shukhova. – 2013. – № 5. – pp. 212-215.

7. Platonov A.A. Unification of names of combined vehicles / A.A. Platonov // Modern problems of science and education. – 2014. – № 1. – p. 224.

8. Platonov A.A. Specialized cargo vehicles on combined speed / A.A. Platonov, N.N. Kiseleva // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. – 2014. – № 3. – pp. 179-183.

9. Vasiliev A.S. Some features of the operation of timber trucks in winter / A.S. Vasiliev, Yu.V. Sukhanov, I.R. Shegelman // Science, education, society: trends and development prospects: Collection of materials from the XVII International Scientific and Practical Conference, Cheboksary, January 17, 2020. – Cheboksary: Interactive Plus, 2020. – pp. 209-210.

10. Patent № 2556898 С1 RF. Device for cleaning rail tracks: № 2014107412/13: application. 02/26/2014: publ. 07.20.2015 / R.V. Yudin, A.A. Platonov, M.A. Platonova.

**СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ПЕРВИЧНОЙ
ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЙ
ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

Платонов А.А.¹, Платонова М.А.²

*¹Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

²Воронежский институт высоких технологий, г. Воронеж, Россия

**SYSTEM APPROACH TO FORMATION OF PRIMARY INFORMATION
WHEN CONDUCTING RESEARCH OF TECHNICAL MEANS**

Platonov A.A.¹, Platonova M.A.²

*¹Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

²Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russia

Аннотация: При исследовании средств механизации удаления срезанной или вырубленной нежелательной растительности было установлено отсутствие в научной и справочной литературе каких-либо сведений о систематизации указанных технических средств. В статье рассматриваются вопросы обоснования принципов формирования первичной выборки данных при исследовании указанных средств механизации.

Abstract: When studying the means of mechanizing the removal of cut or felled undesirable vegetation, it was found that there is no information in the scientific and reference literature about the systematization of these technical means. The article discusses the issues of substantiation of the principles of formation of the primary sample of data in the study of these means of mechanization.

Ключевые слова: нежелательная растительность, удаление, механизация, информация, принцип формирования.

Keywords: unwanted vegetation, removal, mechanization, information, formation principle.

При проведении системного поиска [1] по информационно-коммуникационной сети Internet, связанного с вопросом о наличии или отсутствии в мировой и отечественной практике средств механизации удаления с ряда инфраструктурных территорий срезанной или вырубленной нежелательной растительности [2-5], нами было установлено большое количество моделей соответствующих технических средств отечественного и зарубежного производства, обладающих при этом различными эксплуатационными и конструктивными характеристиками. Ввиду выявленного отсутствия в научной и справочной литературе каких-либо сведений о систематизации основных конструктивных пара-

метров указанных средств механизации, была проведена работа по сбору и анализу информации об основных конструктивных параметрах данных технических средств.

Целью исследования являлось обоснование принципов формирования первичной выборки данных, связанных с основными конструктивными параметрами средств механизации удаления срезанной или вырубленной нежелательной растительности.

Для реализации цели исследования был проведён сбор и анализ соответствующей информации [6], при этом основными информационными источниками являлись каталоги рассматриваемых в данной работе технических средств, размещаемые как на официальных сайтах производителей указанных средств механизации, так и на сайтах их дилеров (например, сайте МТЗ-ХОЛДИНГ, Беларусь; Fravizel Engineering, Португалия; Kenco Corporation, США и т.д. [7-9]).

В качестве основных принципов формирования первичной выборки данных были приняты принципы:

- доступности для открытого использования принимаемой в исследовании информации;
- возможности однозначного её толкования для обеспечения отнесения к тому или иному классифицируемому признаку;
- осуществимости статистической обработки получаемых данных;
- визуализации информации.

Принцип доступности подразумевал, что информация, принимаемая в исследование, должна находиться в открытом доступе, не нарушать ничьих интересов и не быть коммерческой тайной со стороны каких-либо организаций.

Принцип возможности однозначного толкования информации подразумевал, что сведения, принимаемые в исследование, не должны допускать двоякого толкования при их отнесении по какому-либо классификационному ряду одного классификационного признака.

Принцип осуществимости статистической обработки подразумевал, что информация, принимаемая в исследование, должна быть пригодна для её проверки стандартными методами статистики, однако при этом указанная проверка не обязательно должна подтвердить статистическую значимость всех без исключения полученных уравнений регрессий.

Принцип визуализации информации подразумевал, что информация, принимаемая в исследование, должна быть пригодна для графического её изображения в какой-либо из программ для ЭВМ.

С учётом принятых в исследование принципов для фиксации основных конструктивных параметров рассматриваемых средств механизации удаления срезанной или вырубленной нежелательной растительности, в том числе информации об их производителе и базовом транспортном средстве, нами была разработана карта, пример заполнения которой приведён в табл. 1.

По указанной карте требуется дать следующие пояснения.

Таблица 1 – Карта фиксации основных конструктивных параметров средств механизации удаления нежелательной растительности

№ пп	Марка (производитель, страна)	Параметры				Базовое транспортное средство	Изображение
		ширина захвата, мм	количество зубьев	ширина одного зуба, мм	Масса граблей, кг		
1	МТЗ Горыныч Т15, Россия	1750	4	42	600	трактор	
2	ОУЛ-24, Беларусь	2480	5	115	400	трактор	
3	Digga Stick Rake-1200, Австралия	1232	11	16	194	многофункциональный мини-погрузчик	
4	Kenco KCER48-2, США	1220	6	25	696	многофункциональная машина	
5	EA DR120 6x6, США	3050	10	38	612	бульдозер	

В графе «Марка (производитель, страна)» фиксировалась марка (в отдельных случаях – название, в том числе – торговое название рассматриваемых средств механизации на рынке продажи данного оборудования), производитель («головная» компания, в отдельных случаях – её «дочерняя» организация; в исключительных случаях производитель нами установлен не был), страна (фиксируемая по официальному адресу организации). Ширина захвата средств механизации принималась по предоставляемым производителем сведениям, в исключительных случаях – определялась расчётным путём по наибольшему габаритному размеру данных технических средств. Ширина одного зуба принималась по наибольшему размеру соответствующего профиля рабочей поверхности без учёта размеров «косынок» и иных элементов (при их наличии), усиливаю-

щих прикреплению зуба. В качестве базовых транспортных средств фиксировались трактора (преимущественно – на пневмоколёсном ходу), многофункциональные погрузчики (в том числе – мини-погрузчики Cat), многофункциональные машины со стрелой-манипулятором, бульдозеры и специальные шасси.

В [10] был рассмотрен процесс визуализации полученной выборки данных, элементы которой представлены на рис. 1. Отметим, что для визуализации распределения параметров рассматриваемых средств механизации были смоделированы координатные оси и соответствующие им шкалы, после чего указанные параметры отмечались в получившейся трёхмерной системе координат (рис. 1).

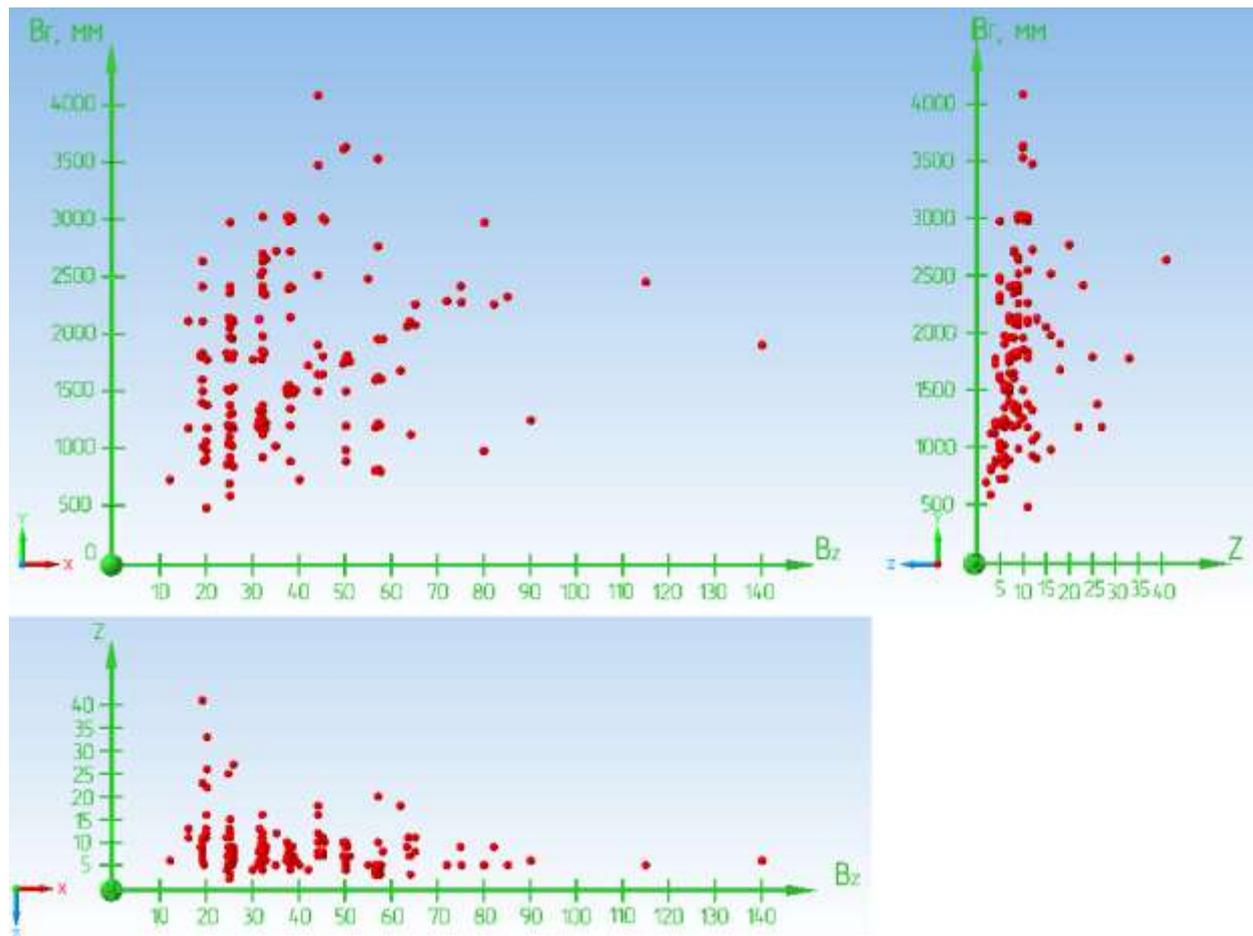


Рисунок 1 – Визуализированные элементы выборки основных конструктивных параметров средств механизации удаления нежелательной растительности

Таким образом, применение вышеуказанных принципов позволило сформировать первичную выборку данных, связанных с основными конструктивными параметрами средств механизации удаления срезанной или вырубленной нежелательной растительности. При этом на основе открытых источников информации при однозначном толковании полученных данных нам удалось классифицировать рассматриваемые технические средства по ряду классификационных признаков (что не нашло отражения в данной статье ввиду ограничения её объёма), а также выполнить статистическую обработку получаемых данных

и визуализацию распределения основных конструктивных параметров указанных средств механизации.

Список литературы

1. Системный анализ конструкций тяговых приводов и поиск новых технических решений / Д.Я. Антипин, В.И. Воробьев, О.В. Измеров [и др.]. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2019. – 268 с.
2. Платонов А.А. Грабли лесные: назначение, область применения, классификация / А.А. Платонов // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2023. – Т. 27, № 6. – DOI 10.18698/2542-1468-2023-6-139-150.
3. Терновская О.В. Моделирование классификационных признаков лесных граблей / О.В. Терновская, А.А. Платонов // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11, № 3(43). – С. 172-182. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2021.3/14.
4. Платонов А.А. Математическое моделирование и классификация технических средств для сбора порубочных остатков / А.А. Платонов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – № 240. – С. 149-162. – DOI 10.21266/2079-4304.2022.240.149-162.
5. Platonova M.A. Practical implementation of the methodology for assessing the density of unwanted growth in the overgrowing of infrastructure facilities / M.A. Platonova, A.A. Platonov, P.N. Shcheblykin // Journal of Agriculture and Environment. – 2022. – № 7(27). – DOI 10.23649/jae.2022.27.7.007.
6. Платонов А.А. Формирование выборки данных об удалении нежелательной растительности с территорий транспортных инфраструктур / А.А. Платонов, М.А. Платонова // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2020. – № 1. – С. 117-121.
7. Оборудование уборочное лесохозяйственное // МТЗ-ХОЛДИНГ [сайт]. – URL: <http://www.belarus-tractor.com/catalog/forest-machines/the-oulu-24/> (дата обращения: 7.02.2021).
8. Alfaia De Rechega // Fravizel Engineering [сайт]. – URL: <https://www.fravizel.com/pt/produtos/funcao/limpeza-de-terras/alfaia-de-rechega-131> (дата обращения: 7.02.2021).
9. Kenco Brush & Debris Rake // Kenco Corporation [сайт]. – URL: <https://kenco.com/products/brush-debris-rake/> (дата обращения: 7.02.2021).
10. Платонов А.А. Визуализация выборки данных в процессе проведения научного исследования / А.А. Платонов // Актуальные проблемы современного транспорта. – 2021. – № 1. – С. 14-20.

References

1. □ System analysis of traction drive designs and search for new technical solutions / D.Ya. Antipin, V.I. Vorobyov, O.V. Izmerov [and others]. – Bryansk: Bryansk State Technical University, 2019. – 268 p.
2. Platonov A.A. Forest rake: purpose, scope, classification / A.A. Platonov // Lesnoy Vestnik. Forestry Bulletin. – 2023. – Vol. 27, № 6. – DOI 10.18698/2542-1468-2023-6-139-150.

3. Ternovskaya O.V. Modeling of classification characteristics of forest rakes / O.V. Ternovskaya, A.A. Platonov // Forestry Journal. – 2021. – Vol. 11, № 3(43). – pp. 172-182. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2021.3/14.
4. Platonov A.A. Mathematical modeling and classification of technical means for collecting logging residues / A.A. Platonov // News of the St. Petersburg Forestry Academy. – 2022. – № 240. – pp. 149-162. – DOI 10.21266/2079-4304.2022.240.149-162.
5. Platonova M.A. Practical implementation of the methodology for assessing the density of unwanted growth in the overgrowing of infrastructure facilities / M.A. Platonova, A.A. Platonov, P.N. Shcheblykin // Journal of Agriculture and Environment. – 2022. – № 7(27). – DOI 10.23649/jae.2022.27.7.007.
6. Platonov A.A. Formation of a sample of data on the removal of unwanted vegetation from the territories of transport infrastructures / A.A. Platonov, M.A. Platonova // History and prospects for the development of transport in the north of Russia. – 2020. – № 1. – pp. 117-121.
7. Forestry harvesting equipment // MTZ-HOLDING [website]. – URL: <http://www.belarus-tractor.com/catalog/forest-machines/the-oulu-24/> (Access date: 02/7/2021)
8. Alfaia De Recheга // Fravizel Engineering [website]. – URL: <https://www.fravizel.com/pt/produtos/funcao/limpeza-de-terras/alfaia-de-recheга-131> (Date of access: 02/07/2021)
9. Kenco Brush & Debris Rake // Kenco Corporation [website]. – URL: <https://kenco.com/products/brush-debris-rake/> (Access date: 02/7/2021)
10. Platonov A.A. Visualization of data sampling in the process of conducting scientific research / A.A. Platonov // Current problems of modern transport. – 2021. – № 1. – pp. 14-20.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ
И ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН МАНИПУЛЯТОРНОГО ТИПА
ПРИ РУБКАХ УХОДА ЗА ЛЕСОМ**

Попиков П.И., Евсиков И.Д., Путятин П.А., Полумиско А.А.
*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF MANIPULATOR-TYPE
TECHNOLOGIES AND FOREST TRANSPORTATION MACHINES
IN LOGGING**

Popikov P.I., Evsikov I.D., Putyatin P.A., Polumisko A.A.
*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: Проведён анализ эффективности различных технологий лесозаготовки: сортиментной, хлыстовой и заготовки целыми деревьями. Описаны преимущества модульных лесозаготовительных машин и гидравлических кранов-манипуляторов, произведенных Майкопским машиностроительным заводом. Предложено новое техническое решение для снижения динамической нагрузки и энергозатрат, включающее упругодемпфирующее устройство.

Abstract: The analysis of the effectiveness of various logging technologies has been carried out: grading, whiplash and harvesting of whole trees. The advantages of modular logging machines and hydraulic cranes produced by the Maikop Machine-Building Plant are described. A new technical solution has been proposed to reduce dynamic load and energy consumption, including an elastic damping device.

Ключевые слова: манипуляторы, лесотранспортные машины, сортиментная технология, гидравлические краны.

Keywords: manipulators, timber transport machines, sorting technology, hydraulic cranes.

В настоящее время в лесном комплексе при лесозаготовках находят широкое распространение хлыстовая и сортиментная технологии. Технологические процессы включают в себя разновидность способов обработки материала с помощью разных технических, физических или химических средств, с целью повышения качественного и количественного состояния. Технологический процесс состоит из отдельных частей технологических операций.

В статье Тетерина Н.Н. [1] проведена сравнительная характеристика различных технологий: сортиментной хлыстовой и целыми деревьями.

Первая сортиментная технология лесозаготовки включает вывозку сортиментов в погруженном состоянии на форвардере. На погрузочной площадке

сортименты получают путем раскряжевки поваленных деревьев после обрезки сучьев.

Вторая технология называется хлыстовой, потому что после валки деревьев и обрезки сучьев получают хлысты, которые трелюются на погрузочные площадки обычно с помощью трелевочных захватов.

Третья технология предполагает заготовку древесины целыми деревьями без обрезки сучьев, которую производят на погрузочной площадке.

Хлыстовая технология обладает наименьшей производительностью. Более эффективной по сравнению с хлыстовой является заготовка деревьями, которая механизирована в 2,7 раза выше, а также сортиментная (превышает на 21,3%).

В статье Мушкаровой О.М. [2] разработана методика оценки уровня ресурсосбережения технологии лесозаготовок. Согласно этой методике различают первичные ресурсы – заготавливаемая древесина и вторичные ресурсы – отходы переработки: технологическая щепка, зелень. Составлена матрица оценки эффективности технологии заготовки древесины целыми деревьями, хлыстами и сортиментами по технологическим, экологическим, и экономическим показателям.

В статье Сухих А.Н. и других [3] рассмотрены актуальные аспекты повышения эффективности технологии лесозаготовок. Одним из способов повышения эффективности является разработка лесозаготовительных машин модульного типа в виде лесозаготовительного комбайна. Технологическое оборудование может быть навесным или прицепным в агрегате с энергетическим модулем в виде шасси общего назначения. Установлено, что в технологическом процессе заготовки леса трелевочные машины составляют 9,4%, сучкорезные машины 18,4%, а погрузчики 16,2%. Вторым направлением совершенствования лесозаготовительных машин является создание парка новых лесных машин, предложена валочно-трелевочная машина с выравнивающей платформой при работе на склонах. Модульная машину можно использовать на всех этапах заготовки древесины, включая строительство дорог, срезание мелких деревьев и кустарников, валку, обрезку сучьев, раскряжевку, погрузку леса в хлыстах или сортиментах.

В статье Демчук А.В. [4] дана классификация методов повышения вместимости лесотранспортных машин. С помощью компьютерного 3D моделирования проектируются лесосечные машины с максимальным использованием свободного грузового пространства, учитываемый коэффициентом уложенных сортиментов в пределах 0,4-0,7, а для распиленных досок этот коэффициент повышается до 0,9-1.

При вывозке лесоматериалов в основном применяются лесотранспортные машины манипуляторного типа [5, 6]. Основным производителем гидравлических кранов-манипуляторов является Майкопский машиностроительный завод, который производит их более 35 лет [7]. Огромный опыт помог создать ряд гидравлических кран-манипуляторов с грузоподъемностью от 30 кН·м до 140 кН·м. На сегодняшний день разновидность выпускаемых модификаций кранов-манипуляторов «Майман-100S» позволяет избегать проблемы как в лесохозяйственной промышленности, так и в погрузочно-разгрузочных, ремонт-

ных и монтажных работах в нефтегазодобывающем комплексе, железнодорожном транспорте, на водных судах, коммунальных хозяйствах и строительстве.

Кран-манипуляторы могут быть оборудованы захватом для леса, площадью сечения 0,35 или 0,5 м². В нефтегазодобывающей отрасли и строительстве крановое оборудование кран-манипуляторов оснащено крюком. Присоединительные размеры кран-манипуляторов универсальны, что дает возможность крепить их на различные автомобильные базы («КРАЗ», «УРАЛ», «МАЗ», «КАМАЗ»), как на задней части рамы автомобиля, так и за кабиной. Модификация кран-манипуляторов с аутригерами можно установить на автомобиль без доработки рамы, гарантируя надежность крепления и устойчивость во время работы и в транспортном положении. Стационарная установка кран-манипулятора, а также установка на трактор, железнодорожную дрезину или судно, возможна в модификации без аутригеров. Гидравлические кран-манипуляторы надежны в работе и просты в управлении. Несмотря на небольшую массу, развивают большую грузоподъемность.

Так, например, в Липецкой области в ГАУ «Чаплыгинский лесхоз» используются следующие технологические операции при заготовке древесины при рубках ухода:

- валка древесины производится бензопилой МП-5 «Урал»;
- трелевка древесины с применением трелевочного захвата «Муравей»;
- вывозка древесины на склад производится сортиментовозом УРАЛ-5557, оборудованным гидравлическим манипулятором Майкопского машиностроительного завода «Майман-100S» (рис. 1).



Рисунок 1 – Гидроманипулятор «МАЙМАН-100S» на базе УРАЛ-5557

Гидроманипулятор МАЙМАН-100S имеет грузовой момент 100 кНм, и большую производительность по сравнению с другими манипуляторами за счет большего вылета манипулятора и может производить погрузку и разгрузку сортиментов за меньшее время.

Нами предлагается новый механизм подъема стрелы лесного гидроманипулятора с упругодемпфирующим энергосберегающим устройством для снижения динамической нагруженности и энергозатрат. Новым техническим решением является то, что для снижения всплесков давления при пуско-тормозных режимах между гидролиниями гидроцилиндра стрелы, вместо малоэффективного и ненадежного гидромеханического демпфера с подпружиненным массивным плунжером и обратными клапанами, установлен новый демпфер, включающий корпус из немагнитного материала, два подвижных поршня и неподвижную перегородку из магнитного материала, обращенных друг к другу одноименными полюсами. В неподвижной перегородке имеется по центру дроссельное отверстие. Кроме того, в новом механизме подъема стрелы установлен дополнительный гидроцилиндр рекуперации параллельно гидроцилиндру стрелы, а гидроаккумулятор отключен от насоса за счет дополнительных обратных клапанов и обводной гидролинии, чтобы насос не затрачивал энергию для подзарядки гидроаккумулятора.

Таким образом, анализ исследований технологических, динамических и кинематических характеристик машин манипуляторного типа показал, что из-за высоких динамических нагрузок отказы рукавов высокого давления составляют 29,7...56%, а гидроцилиндров 14,0...24,1%. Для снижения динамической нагруженности и энергоемкости рабочих процессов автолесовозов предлагается упругодемпфирующий гидропривод механизма подъема стрелы лесного манипулятора, который позволяет снизить пиковое давление в 1,7 раза, запасает энергию при опускании стрелы с грузом и возвращает ее обратно при последующем подъеме груза.

Список литературы

1. Тетерин Н.М. Сравнение технологий лесозаготовок (обзор) / Н.М. Тетерин // Научные чтения. Сборник материалов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Сыктывкарского лесного института по итогам научно-исследовательской работы в 2008 году. Ответственный редактор В.В. Жиделева. Ответственная за выпуск А.М. Попова. 2009. С. 536-540.
2. Мушкарова О.М. Методика оценки уровня ресурсосбережения технологии лесозаготовок / О.М. Мушкарова, М.Ф. Михеева // Актуальные вопросы транспорта в лесном комплексе. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова. 2020. С. 53-56.
3. Сухих А.Н. Повышение эффективности технологии лесозаготовок / А.Н. Сухих // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2016. Т. 2. С. 111-112.
4. Демчук А.В. Классификация методов повышения вместимости транспортных средств при сортиментной технологии лесозаготовок / А.В. Демчук // Опыт внедрения устойчивого лесопользования и лесопользования в практику. Материалы международной научно-практической конференции. 2013. С. 46-49.

5. Платонов А.А. Принципы создания перспективных конструкций малозвенных манипуляторов лесных машин / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Воронежский научно-технический Вестник. – 2016. – Т. 2, № 2(16). – С. 35-42.

6. Патент № 2780834 С1 Российская Федерация, МПК А01G 23/02, В66С 1/68. Манипулятор лесохозяйственной машины: № 2022111654: заявл. 28.04.2022: опубл. 04.10.2022 / А.А. Платонов, М.В. Драпалюк, Р.В. Юдин, С.В. Зимарин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова».

7. Гидроманипулятор МАЙМАН-100S // ООО «Майкопский машзавод» [сайт]. – URL: <http://maykop-mmz.com/good/31> (Дата обращения 27.06.2024).

References

1. Teterin N.M. Comparison of logging technologies (overview) / N.M. Teterin // Scientific readings. Collection of materials of the scientific and practical conference of the faculty of Syktyvkar Forest Institute based on the results of research work in 2008. The responsible editor is V.V. Zhideleva. Responsible for the release of A.M. Popov. 2009. pp. 536-540.

2. Makarova O.M. Methodology for assessing the level of resource conservation of logging technology / O.M. Makarova, M.F. Mikheeva // Current issues of transport in the forest complex. Materials of the All-Russian scientific and practical conference. St. Petersburg State Forestry Engineering University named after S.M. Kirov. 2020. pp. 53-56.

3. Sukhoi A.N. Improving the efficiency of logging technology / A.N. Sukhoi // Proceedings of the Bratsk State University. Series: Natural and Engineering Sciences. 2016. Vol. 2. pp. 111-112.

4. Demchuk A.V. Classification of methods for increasing the capacity of vehicles in the sorting technology of logging / A.V. Demchuk // The experience of introducing sustainable forest management and forest management into practice. Materials of the international scientific and practical conference. 2013. pp. 46-49.

5. Platonov A.A. Principles of creating promising designs of small-link manipulators for forestry machines / A.A. Platonov, M.A. Platonova // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. – 2016. – Vol. 2, № 2 (16). - pp. 35-42.

6. Patent № 2780834 C1 Russian Federation, IPC A01G 23/02, B66C 1/68. Forestry machine manipulator: № 2022111654: declared 28.04.2022: published 04.10.2022 / A.A. Platonov, M.V. Drapalyuk, R.V. Yudin, S.V. Zimarin; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov».

7. Hydraulic manipulator МАИМАН-100S // LLC «Maikop Machine-Building Plant» [Website] [2024]. – URL: <http://maykop-mmz.com/good/31> (Accessed 27.06.2024).

СОСТОЯНИЕ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСНЫХ ДИСКОВЫХ КУЛЬТИВАТОРОВ НА ВЫРУБКАХ И ГАРЯХ

Савинков М.А., Посметьев В.И., Никонов В.О.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

STATE AND WAYS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF FOREST DISC CULTIVATORS IN FELLING AREAS AND BURNED FIRES

Savinkov M.A., Posmetev V.I., Nikonov V.O.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: Проанализированы достоинства и недостатки серийных культиваторов и влияние на их эффективность используемых навесных устройств агрегируемых тракторов. Представлены результаты теоретических работ отечественных и зарубежных исследователей, направленных на совершенствование конструкций, как самих культиваторов, так и навесных устройств, и систем тракторов. Выявлено, что лесные дисковые культиваторы оснащаются недостаточно надежными средствами защиты от перегрузок, что приводит к неоправданно низкой долговечности этих орудий. Установлено также, что традиционные конструкции навесных устройств, используемых в тракторах, эксплуатируемых в условиях вырубок и гарей не обеспечивают необходимые показатели качества обработки почвы, а также надежность лесных дисковых культиваторов.

Abstract: The advantages and disadvantages of serial cultivators and the impact on their effectiveness of the used attachments of the agricultural tractors are analyzed. The results of theoretical work by domestic and foreign researchers aimed at improving the designs of both cultivators themselves and attachments, and tractor systems are presented. It has been revealed that forest disc cultivators are equipped with insufficiently reliable overload protection, which leads to an unreasonably low durability of these tools. It has also been established that the traditional designs of attachments used in tractors operated in conditions of logging and harem do not provide the necessary indicators of the quality of tillage, as well as the reliability of forest disc cultivators.

Ключевые слова: лесные дисковые культиваторы, надежность, мгновенные центры вращения, навесные устройства тракторов, приспособления к навесным устройствам, гидроприводы, рекуперация.

Keywords: forest disc cultivators, reliability, instantaneous centers of rotation, tractor attachments, attachments, hydraulic drives, recovery.

Лесное хозяйство является одним из приоритетных направлений рационального природопользования РФ. Основной задачей лесного хозяйства, является восстановление лесных площадей, утраченных в результате лесозаготовок, лесных пожаров, а также создание лесозащитных полос в степных регионах страны. В процессе восстановления леса в условиях вырубок, а также гарей, эффективное применение почвообрабатывающих орудий сдерживается неоднородностью лесных почв, высокой плотностью лесонасаждений, наличием различных препятствий и резко пересеченной местностью. В этих условиях большое значение играют манёвренность, габариты используемых почвообрабатывающих агрегатов, их надежность, простота обслуживания и ремонтпригодность. При лесовосстановлении существенные затраты времени и энергии затрачиваются на обработку почвы в процессе ухода за лесными культурами, так как для увеличения приживаемости саженцев за один сезон на протяжении трех-четырех лет, культиватор используется минимум три раза. При этом некачественная обработка почвы, приводит к нарушению агротехнических сроков ухода за саженцами, к снижению их приживаемости, к необходимости повторных обработок, и, как следствие к повышению трудоемкости ухода за лесными культурами. На основании этого, становится актуальной проблема, связанная с использованием в процессе лесовосстановления перспективных ресурсосберегающих технологий и новых почвообрабатывающих орудий, более приспособленных к условиям их работы на вырубках и гарях [1].

В процессе лесовосстановления для осуществления ухода за лесными культурами используются бороздные культиваторы отечественного производства, такие как ротационные культиваторы КРЛ-1М, КБЛ-1А и дисковые культиваторы КЛП-2,5, КДС-1,8, КЛБ-1,7М. Дисковые культиваторы получили наибольшее распространение, так как они способны преодолевать не перерезаемые препятствия за счет использования на них сферических дисковых рабочих органов, позволяющих перекатываться культиватору через встречающиеся на их пути порубочные остатки, пни, камни, корни и т.п. Кроме этого, дисковые культиваторы в сравнении с культиваторами других типов, являются более простыми и надежными в эксплуатации.

Для осуществления ухода за междурядьями, ширина которых составляет от 3 до 4 м, и которые расположены на песчаных почвах, используют культиватор лесной КЛП-2,5. Он способен проводить обработку саженцев высотой до 70 см, с шириной обработки 2,5 м, рабочей скоростью движения до 4,8 км/ч и глубиной обработки 8-15 см. Культиватор агрегируется с тракторами МТЗ-82.1 и ДТ-75М. Глубина обработки дисковых орудий (ДОР) регулируется с помощью опорных колес. Особенностью конструкции культиватора является то, что за счет объединения ротационных рабочих органов и дисковых батарей такое орудие более качественно обрабатывает почву и уничтожает до 95-97 % сорной растительности, а также оно практически не повреждает культурные растения. Несмотря на достоинства у культиватора есть ряд недостатков, к которым относятся: низкая надежность по причине отсутствия предохранителей, предотвращающих поломки культиваторов; большие габариты, что делает его менее манёвренным на вырубках; неудовлетворительное копирование обрабатываемой

мой поверхности в поперечно-вертикальной плоскости; значительный расход топлива агрегируемым трактором [2].

Для удаления сорной растительности, а также поросли, произрастающей в горной местности на склонах крутизной до 12° , используют культиватор КДС-1,8, который позволяет осуществлять обработку саженцев, достигающих высотой 50 см. При этом ширина обработки таким культиватором составляет 1,8 м, рабочая скорость движения до 3,6 км/ч и глубина обработки 8-12 см. Культиватор агрегируется с тракторами: ДТ-75, ДТ-75М, ЛХТ-55М. В процессе ухода за лесными культурами, посаженными в дно борозды, задние батареи устанавливаются с наклоном в сторону борозды под углом до 30° посредством механизма поворота. Особенностью конструкции культиватора является, то, что его устойчивая работа на склонах обеспечивается автоматически за счет изменения углов у атаки рабочих органов устройством, установленным на передних батареях. В случае сползания орудия вниз по склону угол атаки батареи, обращенной вниз, увеличивается, а обращенной вверх – уменьшается, за счет чего действующие силы перераспределяются и дисковые батареи выравниваются относительно продольной оси агрегата. К основным недостаткам относятся: предохранительный механизм дисковых батарей не способствуют эффективной защите рабочих органов при работе в сложных условиях; нецелесообразность использования культиватора на равнинной местности из-за агрегирования с тракторами более высокого тягового класса и, соответственно, с большим расходом топлива; большие габариты, что делает устройство менее маневренным на вырубках; неудовлетворительное копирование обрабатываемой поверхности в поперечно-вертикальной плоскости; большой вес орудия, составляющий 880 кг.

В настоящее время в лесном хозяйстве страны для осуществления ухода за саженцами в бороздах, высаженных на вырубках, используется большое количество модификаций лесных дисковых культиваторов (ЛДК) разных производителей отечественного и ближнего зарубежья (ООО «Полесье Агро-Комплект», ОАО «ЦОКБлесхозмаш», Завод лесной техники «Леспромресурс», ООО ПКФ «Вятка-АгроДизель», ОАО «АСМ-Запчасть», ТВП «Новатор», ОАО «Лидсельмаш», ООО «Лесхозснаб» и др.). Отличительными особенностями этих ЛДК являются размеры, количество в дисковой батарее, а также способы крепления рабочих органов на опорных плитах и подвеска самих дисковых батарей к раме культиватора. У ЛДК КЛБ-1,7 традиционной конструкции в каждой дисковой батарее по четыре диска диаметром 510 мм, и они закреплены либо на одной общей оси, либо две секции по два спаренных диска. Дисковая батарея ЛДК КЛБ-1,7М оснащается тремя индивидуально закрепленными на стойках цельными или вырезными дисками, диаметр которых достигает 560 мм.

Такие ЛДК применяются в условиях равнинной местности для удаления нежелательной сорной растительности и поросли, а также для обработки саженцев высота, которых достигает 50 см, при ширине обработки 1,7 м, рабочей скорости движения до 4,5 км/ч и глубине обработки 6-12 см, при массе орудия составляющем 510 кг. Угол атаки дисковых батарей во всех модификациях ЛДК варьируется в пределах от 0° до 30° с интервалом 10° , а угол наклона дисковых батарей в вертикальной плоскости варьируется в пределах от 0° до 20° с

интервалом 5°. Также на ЛДК имеется возможность регулировки ширины защитной зоны от 20 до 50 см. ЛДК агрегируется с тракторами: ЛТЗ-55А, ЛТЗ-60, МТЗ-80, МТЗ-82, МТЗ-82.1, ДТ-75, ДТ-75М, ЛХТ-55М. Несмотря на достоинства ЛДК КЛБ-1,7 и его модификации имеют ряд недостатков, таких как; необходимость использования балластных грузов; либо совсем отсутствуют, либо установлены пружинные амортизаторы вместо полноценных предохранителей; неудовлетворительное копирование обрабатываемой поверхности в поперечно-вертикальной плоскости, негативным последствием которого является низкая стабильность хода дисков на заданной глубине обработки почвы; увеличенный расход топлива трактором [3].

Одним из путей повышения надежности, а также качества функционирования ЛДК в условиях вырубок, является дополнительное оснащение его разработанным во ВНИИЛМ амортизационным устройством к навеске трактора НЗ-2А. Установка такого амортизационного устройства осуществляется между орудием и навесным механизмом трактора (НМТ) (рис. 1) [4]. Основными элементами такого устройства являются: пружина 1; шайба 2; цапфа 3; гидроцилиндр 4; рычаг 5; шпилька 6; стакан для пружины 7; кронштейн 8; регулировочный винт 9. При встрече орудия с возможным препятствием или же при выполнении поворота трактором, нижняя рама навесной системы за счет натяжения пружин амортизационного устройства удерживает орудие от резкого отклонения в стороны. После преодоления препятствий и дальнейшем установившемся режиме движения трактора по прямой пружины амортизационного устройства возвращают орудие в исходное положение. Кроме этого, амортизационное устройство позволяет ограничить угол поворота нижней рамки НМТ на 15°. Преимуществами использования амортизационного устройства, являются: улучшение проходимости серийного ЛДК в условиях вырубок, повышение его маневренности, а также надежности. Несмотря на это, такое устройство не используется массово, связано это со следующими особенностями его конструкции: увеличенная трудоемкость установки и технического обслуживания, высокая себестоимость, отсутствие возможности защиты рабочих органов от нагрузок, воспринимаемых в вертикальной плоскости; ограниченная совместимость использования с НМТ, задействованных в лесном хозяйстве [5].

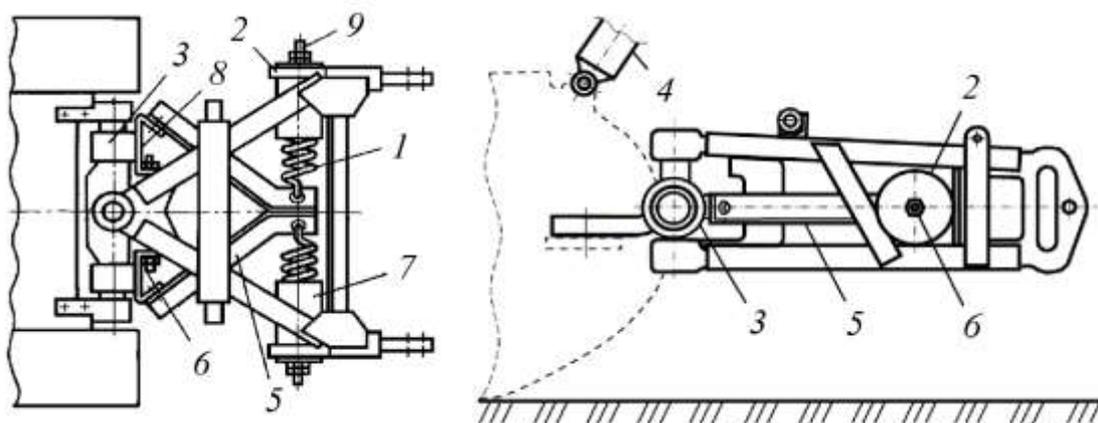
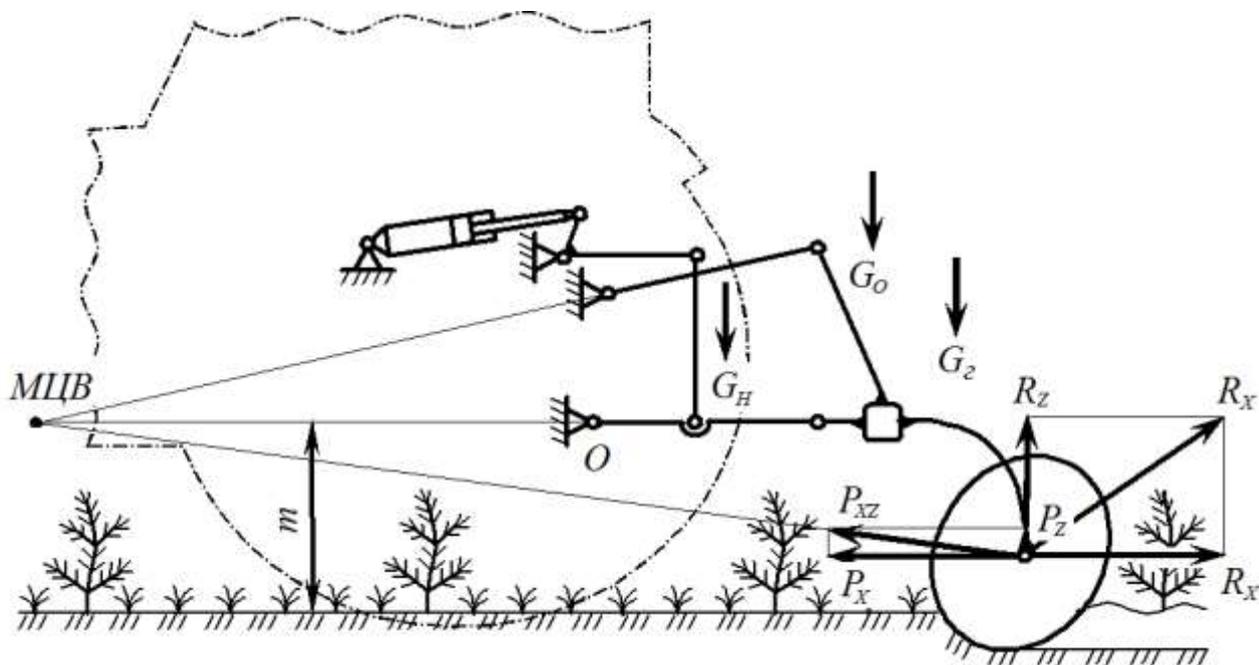


Рисунок 1 – Амортизационное устройство НЗ-2А для НМТ

К основным, существующим в настоящее время способам выполнения регулирования хода рабочих органов навесных орудий на требуемую глубину в процессе обработки почвы, относят: силовой, высотный, позиционный и позиционно-силовой. Такие способы неприменимы для эксплуатации ДОР в условиях вырубок и гарей, по причине отсутствия в конструкциях лесных дисковых орудий опорных колес. Кроме этого, известно, что дисковые рабочие органы имеют выпуклую сферическую форму, вследствие чего они, в отличие от других типов рабочих органов, практически не обладают эффектом самозаглубления, а скорее наоборот склонны к выталкиванию из почвы. По этим причинам глубина обработки почвы на лесных ДОР выполняется в большинстве случаев с помощью специальных грузов, массы которых составляют 40-50 % массы ДОР.

В процессе проектирования навесных безопорных ДОР, разработчики в большинстве случаев не учитывают влияние мгновенного центра вращения (МЦВ) звеньев НМТ на заглубляемость ДОР в почву. Это связано с тем, что существующий стандарт регламентирует требования только к параметрам конструкций серийных задних навесных устройств типоразмеров НУ-2, НУ-3 и НУ-4, и не распространяется на лесные навесные ДОР. В этой связи механизаторы вынуждены применять стандартные навесные устройства серийных тракторов, конструкции которых не предусматривают возможность изменения на требуемую высоту положения МЦВ их звеньев (рис. 2). По этой причине выталкивающую силу P_z , действующую со стороны дисковых рабочих органов, приходится уравнивать большими по массе грузами G_2 [6].



G_H – масса навесного устройства; m – высота подвеса ДОР относительно опорной поверхности; P_x и P_z – горизонтальная и вертикальная составляющие силы тяги трактора; O – ось подвеса ДОР; G_2 – масса груза; R_z – вертикальная составляющая реакции почвы; G_{op} – масса орудия

Рисунок 2 – Схема сил, действующих при движении трактора на ЛДК, оснащенный стандартной навесной системой

Несмотря на все преимущества ЛДК, многолетняя практика их использования на вырубках и гарях показала, что они имеют такие недостатки как: неустойчивый ход дисков на заданной глубине обработки; низкую надежность из-за отсутствия эффективных предохранительных механизмов; необходимость использования больших по массе балластных грузов и неоправданно высокие энергозатраты при уходе за лесными культурами.

Для сведения к минимуму выше рассмотренных недостатков, учеными ФГБОУ ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова было разработано приспособление для стандартных навесных систем тракторов, прошедшее опытно-производственную проверку (рис. 3).

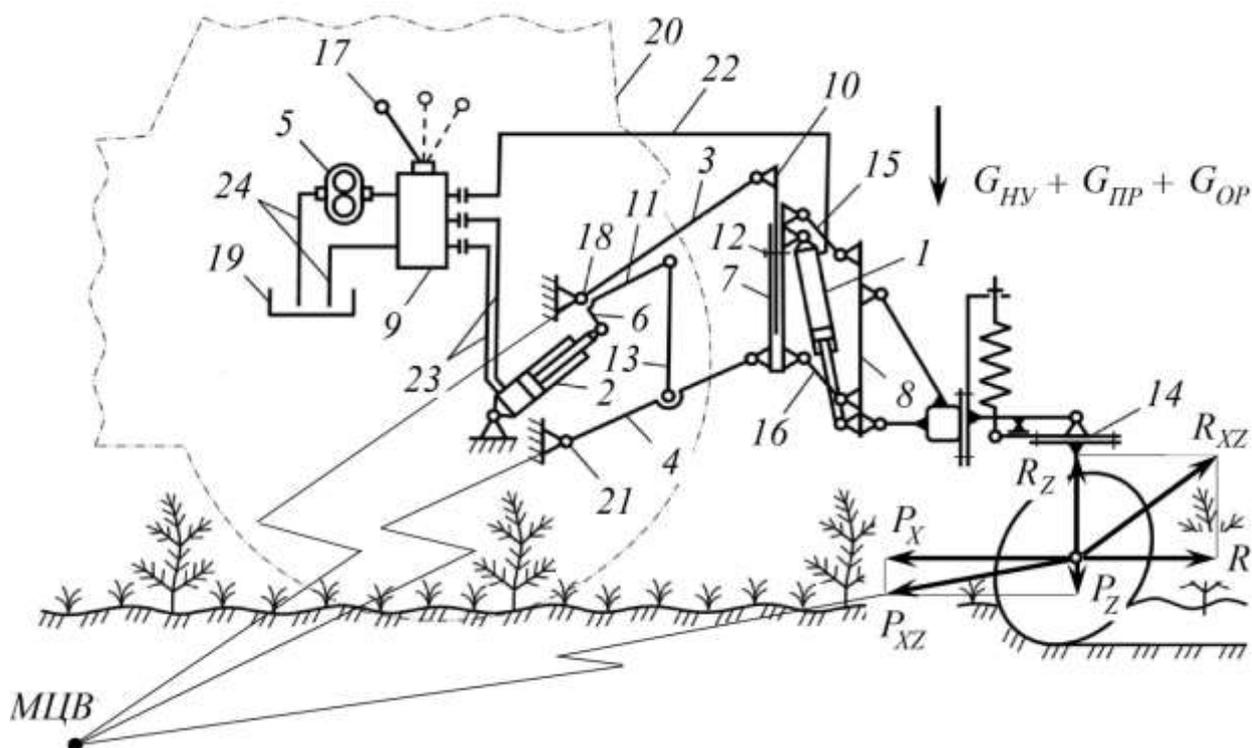


Рисунок 3 – Схема приспособления к навесным устройствам тракторов

Основными составляющими такого приспособления, являются: гидравлические цилиндры 1, 2; тяги навесного устройства 3, 4; гидронасос 5; рычаг штока 6; передняя 7 и задняя 8 фермы сцепки; гидрораспределитель 9; выдвигающая стойка 10; рычаги 11; фиксатор 12; раскос 13; культиватор 14; тяги приспособления 15, 16; рукоятка управления золотниками 17; вал 18; гидробак 19; трактор 20; ось 21; трубопроводы 22-24. Приспособление дает возможность агрегатировать лесные ДОР со всеми типами тракторов, эксплуатируемых в условиях вырубок и задействованных в процессе лесовосстановления. Кроме этого, оно обеспечивает изменение расположения МЦВ тяг НМТ ниже поверхности обрабатываемой почвы. При этом массы НМТ G_{HY} , приспособления G_{HP} , орудия G_{OP} и вертикальная составляющая силы тяги трактора P_z , направлены вниз и противодействуют приведенной к оси рабочих органов вертикальной составляющей реакции почвы R_z , направленной вверх. Это обеспечивает заглубление ДОР без использования дополнительного груза. Работа приспособления осуществляется

при «плавающем» положении НМТ, которое обеспечивает копирование ДОР ЛДК при преодолении возникающих неровностей на поверхности обрабатываемой почвы. К тому же, положение МЦВ может изменяться в зависимости от насыщенности почвы сорной растительностью и ее твердости за счет, как выдвинутой стойки 10 и фиксатора 12, так и дистанционно из кабины трактора при его движении путем управления гидроприводом приспособления и, в частности, его гидроцилиндром 1 [7].

Несмотря на перечисленные достоинства, выявленные в процессе осуществления опытно-производственной проверки исследуемого почвообрабатывающего агрегата, состоящего из трактора ДТ-75, приспособления и ЛДК КЛБ-1.7, также были выявлены и недостатки рассматриваемого приспособления. Вследствие высокой инерционности работы стандартных НМТ ухудшается копирование ДОР обрабатываемой поверхности, и, как следствие, снижается качество обрабатываемой почвы в условиях вырубков. Приспособление не оснащено рекуперативной системой и не обеспечивает ресурсосбережение лесных почвообрабатывающих агрегатов на вырубках, работа которых в этих тяжелых условиях связана с высокими энергозатратами. Из-за неспособности НМТ и приспособления быстро реагировать на частые динамические воздействия со стороны многочисленных препятствий на вырубках; такое приспособление не способствует надежной защите рабочих органов от возможных перегрузок. Кроме этого, при обработке сильно захламленных и твердых почв эффект влияния местоположения МЦВ на заглубляемость ДОР оказывается все же недостаточным для надежного заглубления дисков в почву, вследствие чего приходится снижать скорость движения агрегата или устанавливать грузы [7].

Накопленный в ВГЛТУ опыт исследования по созданию эффективных средств защиты от перегрузок рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий, НМТ и приспособлений к ним, а также рекуперативных систем, позволил выявить перспективные пути исследования по разработке эффективной конструкции приспособления к НМТ при агрегатировании их с ЛДК, предназначенными для работы в условиях вырубков и гарей:

1) Разработку приспособления, функционирующего при фиксированном положении НМТ, а также обладающего минимальной инерционностью при работе с целью полноценного копирования обрабатываемой поверхности и повышения стабильности хода ДОР на заданной глубине обработки почвы.

2) Исследовать возможность и разработать эффективное устройство для демпфирования динамических нагрузок на детали конструкций ЛДК, приспособления и НМТ и таким образом повысить их надежность.

3) С целью снижения расхода топлива агрегируемым трактором разработать систему рекуперации энергии безвозвратных потерь при совместной работе НМТ и приспособления к нему.

4) Вместо неэффективных традиционных амортизаторов и предохранителей предусмотреть в конструкции перспективного приспособления поворот рамы ЛДК в поперечно-вертикальной плоскости относительно тяг НМТ, а также обеспечить автоматический возврат рамы культиватора в исходное положение

в горизонтальной плоскости после преодоления его дисковой батареей не перерезаемых препятствий.

5) Автоматизировать процесс управления приспособлением с целью обеспечения заданной глубины хода ДОР ЛДК с учетом большого разброса по величине действующих усилий на рабочие органы и орудие в целом со стороны различной по плотности и твердости обрабатываемой почвы, насыщенной препятствиями и растительными включениями на вырубках.

Список литературы

1. Бартенев И.М. Совершенствование технологий и средств механизации лесовосстановления: монография / И.М. Бартенев, М.В. Драпалюк, В.И. Казаков; под ред. И.М. Бартенева. – М. : Фланта-Наука, 2013. – 208 с.

2. Справочник механизатора лесного хозяйства / М.П. Албяков, Е.М. Желтов, Г.П. Ильин и др. – М. : Лесн. пром-сть, 1977. – 296 с.

3. Зеликов В.А. Повышение эффективности почвообрабатывающих агрегатов при лесовосстановлении на вырубках: дисс. ... докт. техн. наук: 05.21.01 / В.А. Зеликов; [Место защиты: Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова]. – Воронеж: 2018. – 348 с.

4. Патент на изобретение 165342 РФ, МПК А01В45/00, А01В3945/14. Амортизационное устройство к двухточечной навесной системе / Г.А. Котомина, Е.И. Пожилов; патентообладатель Г.А. Котомина, Е.И. Пожилов. – № 827970/30-15; заявл. 28.03.1963; опубл. 23.09.64, Бюл. № 18.

5. Посметьев В.И. Состояние и пути повышения эффективности почвообрабатывающих агрегатов при лесовосстановлении на вырубках: монография / В.И. Посметьев, В.А. Зеликов. – Воронеж, 2015. – 236 с.

6. ГОСТ 10677-2001 Устройство навесное заднее сельскохозяйственных тракторов классов 0,6-8. Типы, основные параметры и размеры. – Введ. 2004-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2015. – 11 с.

7. Латышева М.А. Обоснование параметров приспособления к навесным устройствам тракторов при агрегатировании их с лесными дисковыми орудиями: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / М. А. Латышева; [Место защиты: Воронеж. гос. лесотехн. акад.]. – Воронеж: 2015. – 215 с.

References

1. Bartenev I.M. Improving the technologies and means of mechanization of forest restoration: monograph. / I.M. Bartenev, M.V. Drapalyuk, V.I. Kazakov; edited by I.M. Bartenev. – M. : Flinta-Science, 2013. – 208 p.

2. Handbook of a forestry machine operator / M.P. Albyakov, E.M. Zheltov, G.P. Ilyin et al. – 2nd ed., revised. and enlarged. – M: Forestry industry, 1977. – 296 p.

3. Zelikov V.A. Increasing the efficiency of tillage units in forest restoration in clearings : diss. ... Doctor of Technical Sciences: 05.21.01 / V.A. Zelikov; [Place of protection: Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov]. – Voronezh, 2018. – 348 p.

4. Patent for invention 165342 RF, IPC A01B45/00, A01B3945/14. Shock-absorbing device for a two-point hitch system / G.A. Kotomina, E.I. Pozhilov; patent

holder G.A. Kotomina, E.I. Pozhilov. – № 827970/30-15; declared 28.03.1963; published 23.09.64, Bull. № 18.

5. Posmetyev V.I. Status and ways to improve the efficiency of tillage units in reforestation on clearings: monograph / V.I. Posmetyev, V.A. Zelikov. – Voronezh, 2015. – 236 p.

6. GOST 10677-2001 Rear mounted device of agricultural tractors of classes 0.6-8. Types, main parameters and dimensions. – Introduced 2004-01-01. – M. : Publishing house of standards, 2015. - 11 p.

7. Latysheva M.A. Justification of the parameters of adaptation to tractor mounted devices when aggregating them with forest disk tools: dissertation ... candidate of technical sciences: 05.21.01 / M.A. Latysheva; [Place of protection: Voronezh state forestry academy]. – Voronezh: 2015. – 215 p.

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
РУБИЛЬНОЙ МАШИНЫ НА ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

Фокин С.В.¹, Есков Д.В.¹, Шпортко О.Н.²

¹*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия*

²*Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А., Саратов, Россия*

**THEORETICAL STUDY OF THE INFLUENCE OF DESIGN
AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE CHOPPING MACHINE
ON ITS EFFICIENCY**

Fokin S.V.¹, Eskov D.V.¹, Shportko O.N.²

¹*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

²*Saratov State Technical University named after Gagarin Y.A., Saratov, Russia*

Аннотация: В статье приводятся результаты проведения компьютерных экспериментов по исследованию влияния конструктивных и технологических параметров рубильной машины на эффективность измельчения порубочных остатков.

Abstract: The paper presents the results of computer experiments to investigate the influence of design and technological parameters of the chopping machine on the efficiency of chopping of felling residues.

Ключевые слова: дисковая рубильная машина, топливная щепа, измельчение порубочных остатков, имитационная модель измельчения порубочных остатков.

Keywords: disc chipper, fuel chips, chipping of chipping residues, simulation model of chipping residues chopping.

Моделирование процесса измельчения порубочных остатков является ключом к повышению эффективности рабочего процесса измельчения порубочных остатков, которая представляет собой задачу, требующую не только физических усилий, но и глубокого понимания технологических процессов резания древесины.

Разработанная нами компьютерная программа для моделирования этого процесса, представленная на рис. 1, позволяет исследовать влияние множества факторов на эффективность измельчения [1, 2]. Данная инновационная математическая система открывает новые возможности в оптимизации процесса рубки древесных отходов и позволяет сделать его более производительным. Схема

взаимосвязи параметров на рис. 2 демонстрирует сложность и многофакторность данного процесса. В данной статье рассмотрим полученную модель рубильной машины, где выделены три группы ключевых параметров, влияющих на эффективность измельчения древесных отходов [3, 4].

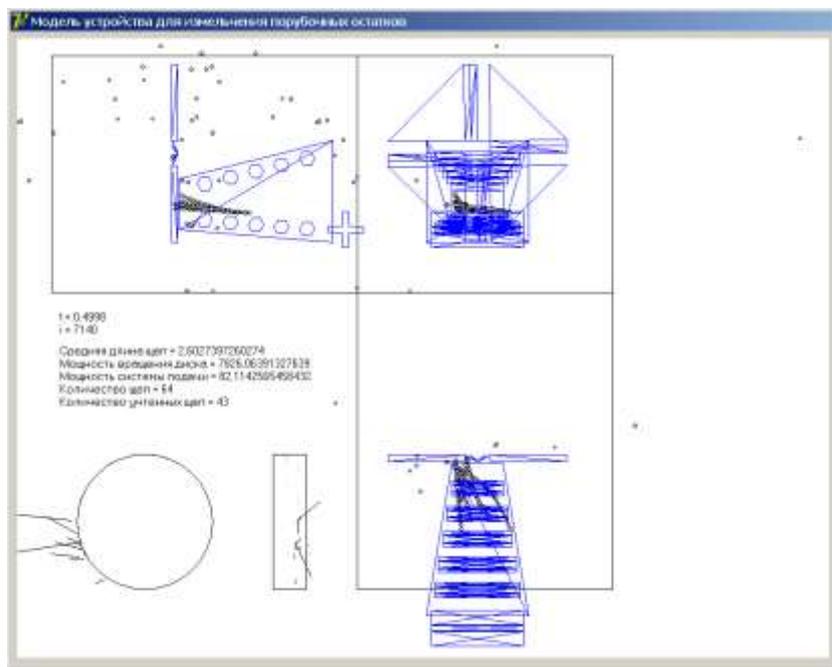


Рисунок 1 – Формат представления итогов компьютерного эксперимента в программном обеспечении, предназначенном для моделирования устройства, используемого для переработки остатков древесины



Рисунок 2 – Показатели моделирования

Группа 1: Параметры устройства – к этой группе относятся конструктивные и технологические параметры измельчителя, которые напрямую влияют на процесс измельчения. В качестве ключевых параметров для исследования выбраны:

а) ω_d – частота вращения рубильного диска, которая определяет скорость движения режущих элементов, напрямую влияя на скорость и степень измельчения.

б) ω_B – частота вращения подающих вальцов (и подающего барабана), которая определяет скорость подачи порубочных остатков в измельчитель, влияя на равномерность процесса и предотвращение перегрузки.

в) Δu_C – смещение центра диска в горизонтальном направлении по отношению к центру выходного окна загрузочного патрона, которое определяет угол встречи порубочных остатков с рубительным диском, влияя на степень измельчения и равномерность распределения щепы.

В рамках теоретического исследования необходимо определить оптимальные значения этих параметров, обеспечивающие максимальную производительность, качество измельчения и минимальные затраты.

Группа 2: Параметры порубочных остатков – в качестве ключевого параметра в этой группе выбрана средняя длина порубочных остатков ($l_{\text{по}}$). Для моделирования задается разброс длин сучьев и веток в пределах 10% от их среднего значения. Важным аспектом является исследование влияния изменения $l_{\text{по}}$ в широком диапазоне. Исследование должно показать, каким образом влияет изменение размера исходного материала на эффективность измельчения предлагаемой конструкцией машины.

Группа 3: Показатели эффективности – данная группа включает характеристики процесса измельчения, которые определяются в ходе теоретического исследования.

В качестве выходных факторов обычно рассматриваются показатели, характеризующие:

– производительность, которая определяется максимальным объемом измельченного материала за единицу времени (максимальная производительность за время компьютерного эксперимента).

– качество обработки материала, которая оценивается по среднему размеру полученной щепы (d).

– экономические затраты, которые включают затраты на электроэнергию, износ деталей, амортизацию оборудования [5, 6].

Для проведения теоретических исследований и моделирования процесса измельчения используется система уравнений (2), описывающая взаимосвязь между параметрами устройства, параметрами порубочных остатков и показателями эффективности функционирования машины. Эта система позволяет анализировать влияние изменений входных параметров на выходные характеристики и оптимизировать процесс измельчения.

Для оптимизации параметров устройства с целью повышения производительности (P) и снижения среднего размера элементов измельченной древесины (d) и уменьшения потребляемой мощности (N), можно использовать несколько подходов:

1. Анализ зависимостей: позволяет определить, каким образом P , d и N взаимосвязаны друг с другом, что можно сделать с помощью статистического анализа или моделирования. После чего выстраиваются графики зависимости P от d и N , чтобы визуализировать, как изменение одного параметра влияет на другие.

2. Экспериментальные данные: позволяют провести серию экспериментов с различными настройками устройства для получения значений P , d и N , используя которые можно прогнозировать работу устройства при разных режимах.

3. Оптимизация параметров: использование методов оптимизации для нахождения оптимальных значений параметров измельчителя, которые максимизируют значение P и минимизируют величины d и N . Проверяются различные варианты работы устройства (скорость вращения, тип измельчителя) для нахождения наилучших настроек.

4. Параметризация:

– установите диапазоны значений для каждого из параметров на основе теоретических расчетов и экспериментов;

– например, определите минимальные и максимальные значения для скорости подачи материала, размера загрузки и других факторов.

5. Моделирование: создается математическая модель или симуляция процесса, чтобы протестировать различные сценарии без необходимости в реальных экспериментах, что помогает быстрее найти оптимальные условия работы рубильной машины.

6. Анализ чувствительности: позволяет оценить, какие из параметров наиболее сильно влияют на величину P , d и N . Это помогает найти аспекты, требующие улучшения.

7. Обратная связь и итерации: после реализации изменений необходимо отслеживать результаты исследований, что отображается в обратной связи значений при проведении компьютерного эксперимента. Следует учитывать тот факт, что потребуется несколько итераций для достижения желаемых результатов при выборе наилучших параметров машины и ее режимов работы.

Таким образом, комплексный подход к исследованию параметров устройства позволит максимально повысить его эффективность [7, 8].

Кроме того, следует стремиться к тому, чтобы производительность устройства не была сильно зависима от характеристик порубочных остатков. Таким образом, в контексте полного исследования задача формулируется следующим образом:

$$\begin{cases} \left\{ \begin{array}{l} P(\omega_D, \omega_B, \Delta y_C) \rightarrow \max; \\ d(\omega_D, \omega_B, \Delta y_C) \rightarrow \min; \\ N(\omega_D, \omega_B, \Delta y_C) \rightarrow \min; \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} P \rightarrow \text{const}(l_{\text{НО}}) \\ d \rightarrow \text{const}(l_{\text{НО}}) \\ N \rightarrow \text{const}(l_{\text{НО}}) \end{array} \right. \end{cases} \quad (1)$$

С математической точки зрения задача поиска тройного оптимума в трехфакторном пространстве с тремя условиями постоянства представляет собой весьма сложную проблему [9, 10]. Поэтому на первом этапе теоретического исследования следует изучить влияние каждого фактора отдельно.

Частота вращения рубильного диска ω_D играет критическую роль в процессе измельчения порубочных остатков. Оптимальный диапазон частоты, от 15 до 20 1/с, обеспечивает максимальную производительность устройства P , что связано с эффективностью взаимодействия диска с материалом.

При низкой частоте вращения может наблюдаться недостаточная энергия воздействия на материал, что приводит к снижению качества измельчения. В то же время, слишком высокая частота может привести к перегреву и увеличению износа деталей, а также повышенному потреблению энергии.

Таким образом, для достижения оптимальных результатов измельчения древесины важно правильно выбирать частоту вращения в зависимости от типа обрабатываемого материала и требований к конечному продукту.

При малой частоте от 0 до 10 1/с вращения диска наблюдается недостаточное количество энергии, передаваемой на ветви, что приводит к низкой производительности. В этом случае ветви могут застревать, и процесс измельчения становится неэффективным.

С другой стороны, при высокой частоте вращения (25...30 1/с) ветви получают слишком большой импульс, что вызывает их отскакивание в разные стороны. Данный факт нарушает непрерывность подачи материала к рубильному диску, что также негативно сказывается на производительности и качестве измельчения.

Таким образом, для достижения оптимального результата важно находить баланс между частотой вращения диска и подачей материала. Это позволит обеспечить стабильный поток порубочных остатков и эффективное их измельчение. Регулировка частоты вращения в зависимости от типа обрабатываемого материала и условий работы устройства может значительно повысить его эффективность.

При частоте вращения диска от 0 до 5 1/с ветви успевают перемещаться на значительное расстояние, что приводит к образованию крупных щеп. Это связано с тем, что время контакта ветви с рубильным диском увеличивается, и он не успевает эффективно измельчить материал.

С другой стороны, при высокой частоте вращения от 20 до 30 1/с возникает хаотичное движение порубочных остатков, что вызвано вследствие значительных импульсов, которые передаются на ветви при их столкновении с диском. В результате порубочные остатки могут не успевать нормально взаимодействовать с диском, что приводит к неравномерному измельчению и снижению качества конечного продукта.

В диапазоне частот вращения 10...15 1/с наблюдается оптимизация процесса измельчения, что приводит к минимальному размеру щепы и при данных величинах окружных скоростей достигается баланс между временем контакта материала с рубильным диском и его движением.

При увеличении частоты вращения до 20 1/с производительность и качество измельчения продолжают расти, однако, как мы отметили, в диапазоне 25–30 1/с наблюдается значительное увеличение потребляемой мощности, что может привести к снижению эффективности процесса. На высоких частотах возникают проблемы с качеством измельчения из-за недостаточного времени взаимодействия материала с диском и хаотичного движения порубочных остатков.

Таким образом, для достижения наилучших результатов важно тщательно регулировать частоту вращения в зависимости от типа обрабатываемого материала и желаемых характеристик конечного продукта. Оптимизация значений данных параметров позволит не только улучшить качество щепы, но и снизить энергозатраты на процесс измельчения.

Результаты исследования диапазонов частот вращения диска от 12 до 15 $1/c$ подтвердили тот факт, что в данном диапазоне действительно можно достичь оптимального баланса между производительностью, размером щепы и потребляемой мощностью:

1. Производительность: 70...80 кг/мин является хорошим показателем, особенно при минимальном размере щепы около 2 см, что делает процесс более эффективным для дальнейшей переработки.

2. Потребляемая мощность: 5...6 кВт в этом диапазоне частот указывает на то, что система работает эффективно, не перегружая привод машины.

3. Угол вылета щепы: частота вращения практически не влияет на угол вылета. Это может означать, что другие факторы, такие как конструкция устройства или форма рубящих элементов, играют более значимую роль.

Таким образом, анализ подчеркивает важность выбора оптимальных параметров для достижения максимальной эффективности процесса измельчения. Это может быть полезно для дальнейших исследований и практического применения в области переработки древесины.

Эффективность работы рубильной машины во многом зависит от скорости подачи порубочных остатков на рубильный диск, которая, в свою очередь, определяется частотой вращения подающих вальцов ω_B . В ходе данной серии компьютерных исследований было выяснено, что с увеличением скорости вращения вальцов, производительность возрастает равномерно, достигая максимума при частоте 25 $1/c$.

При этом размер щепы, начиная с 8 $1/c$, остается практически неизменным, составляя порядка 2,2 см. В то же время, потребляемая мощность начинает снижаться, начиная с 8 $1/c$. Таким образом, результаты моделирования подтверждают, что в процессе работы устройства целесообразно придерживаться высокой частоты вращения подающих вальцов в диапазоне от 20 до 25 $1/c$.

Условия разделения древесных остатков во многом зависят от угла между режущими кромками ножа рубильного диска и контрножа. Положение оси рубильного диска относительно окна выхода загрузочного патрона существенно влияет на этот угол. В рамках проведенного исследования с помощью компьютерной модели было проанализировано влияние горизонтального смещения Δu_C оси рубильного диска по отношению к окну загрузочного патрона. В серии виртуальных экспериментов значение смещения Δu_C варьировалось от 12 до 9 см с шагом 3 см.

Исследования показали, что изменение положения диска оказывает незначительное влияние как на качество дробления порубочных остатков, так и размер щепы. Так же практически не коррелирует с величиной смещения измельчителя потребляемая мощность, демонстрируя слабую зависимость от Δu_C .

Список литературы

1. Фокин С.В. К вопросу переработки древесных отходов на предприятиях АПК / С.В. Фокин, О.Н. Шпортько, К.С. Манышев // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: II международная научно-практическая интернет-конференция, с. Соленое Займище, 28 февраля 2017 года / ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». – с. Соленое Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2017. – С. 1822-1825.
2. Фокин С.В. О конструктивных особенностях дисковой рубительной машины для измельчения порубочных остатков / С.В. Фокин, О.А. Фомина // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: Материалы VII Международной научно-практической конференции, Саратов, 17–19 марта 2020 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2020. – С. 390-393.
3. Фокин С.В. К обоснованию параметров и режимов работы устройства для измельчения порубочных остатков / С.В. Фокин // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 36-44.
4. Перспективные направления совершенствования рабочих органов пожарных грунтометов / Д.В. Есков, В.В. Цыплаков, С.В. Фокин, Д.В. Цыбаев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 2-2(7-2). – С. 214-219.
5. Фокин С.В. Теоретическое обоснование основных конструктивно-технологических параметров устройства для измельчения порубочных остатков / С.В. Фокин, А.С. Бурлаков // Инновационная деятельность. – 2011. – № 4-1(17). – С. 123-130.
6. Фокин С.В. Об использовании математических методов моделирования рубительных машин / С.В. Фокин, О.А. Фомина // Фундаментальные исследования, методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике: Материалы 17-й Международной молодежной научно-практической конференции, Новочеркасск, 06–07 сентября 2018 года. – Новочеркасск: ООО «Лик», 2018. – С. 158-159.
7. Фетяев А.Н. Об имитационной модели процесса измельчения порубочных остатков / А.Н. Фетяев, С.В. Фокин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 2. – С. 291-294.
8. Фокин С.В. О применении метода конечных элементов при проектировании рабочих элементов рубительных машин / С.В. Фокин, О.А. Фомина // Научная жизнь. – 2017. – № 12. – С. 65-75.
9. Фокин С.В. Совершенствование технических средств переработки отходов лесосечных работ на топливную щепу в условиях вырубki / С.В. Фокин. – М.: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2018. – 187 с.
10. Фокин С.В. Моделирование машины для измельчения порубочных остатков / С.В. Фокин // Научное обозрение. – 2011. – № 5. – С. 258-265.

References

1. Fokin S.V. To the issue of wood waste processing at the enterprises of agro-industrial complex / S.V. Fokin, O.N. Shportko, K.S. Manyshev // Modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management: II international scientific and practical internet-conference, s. Solenoye Zaimishche, 28 February 2017 / FGBNU «Pre-Caspian Research Institute of Arid Agriculture». Solenoye Zaimishche, 28 February 2017 / FGBNU «Caspian Research Institute of Arid Agriculture». - Solenoye Zaimishche village: Caspian Research Institute of Arid Agriculture, 2017. - pp. 1822-1825.
2. Fokin S.V. On the design features of the disc chipper for chopping felling residues / S.V. Fokin, O.A. Fomina // Innovations in environmental management and protection in emergency situations: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference, Saratov, 17-19 March 2020. - Saratov: Limited Liability Company «Amirit», 2020. - pp. 390-393.
3. Fokin S.V. To substantiation of parameters and operating modes of the device for chopping felling residues / S.V. Fokin // Bulletin of Mari State Technical University. Series: Forest. Ecology. Nature management. – 2011. – № 3. – pp. 36-44.
4. Perspective directions of improvement of the working bodies of fire primers / D.V. Eskov, V.V. Tsyplakov, S.V. Fokin, D.V. Tsybaev // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. – 2014. – Vol. 2, № 2-2(7-2). – pp. 214-219.
5. Fokin S.V. Theoretical substantiation of the main design and technological parameters of the device for chopping felling residues / S.V. Fokin, A.S. Burlakov // Innovation activity. – 2011. – № 4-1(17). – pp. 123-130.
6. Fokin S.V. On the use of mathematical methods of chopping machine modelling / S.V. Fokin, O.A. Fomina // Fundamental research, methods and algorithms of applied mathematics in engineering, medicine and economics: Proceedings of the 17th International Youth Scientific and Practical Conference, Novochoerkassk, 06-07 September 2018. – Novochoerkassk: LLC «Lik», 2018. – pp. 158-159.
7. Fetyaev A.N. About the simulation model of the process of chopping felling residues / A.N. Fetyaev, S.V. Fokin // Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. – 2012. – № 2. - pp. 291-294.
8. Fokin S.V. On the application of the finite element method for designing the working elements of chopping machines / S.V. Fokin, O.A. Fomina // Scientific Life. - 2017. – № 12. – pp. 65-75.
9. Fokin S.V. Improvement of technical means of processing of waste wood-cutting operations for fuel chips in the conditions of felling / S.V. Fokin. – M: Limited Liability Company «Scientific and Publishing Centre INFRA-M», 2018. – 187 p.
10. Fokin S.V. Modelling of the machine for chopping felling residues / S.V. Fokin // Scientific review. – 2011. – № 5. – pp. 258-265.

СЕКЦИЯ 2
ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ
РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

DOI: 10.58168/MFCC2024_71-76

УДК 623.746

О НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ
ДЛЯ СФЕР ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Богданова Л.Н., Шадрина Е.Л.

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Воронеж, Россия*

ON THE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF UNMANNED SYSTEMS
FOR FORESTRY ACTIVITIES

Bogdanova L.N., Shadrina E.L.

*Military Education and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky
and Y.A Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russia*

Аннотация: Беспилотные летательные аппараты получили широкое признание благодаря своему применению в самых разных сферах человеческой деятельности. В статье рассматриваются вопросы совершенствования и развития беспилотных систем в области лесного хозяйства при акцентировании на сфере использования дронов для инспекции лесов.

Abstract: Unmanned aerial vehicles have gained wide recognition due to their application in various spheres of human activity. The article discusses the issues of improvement and development of unmanned systems in the field of forestry, focusing on the use of drones for forest inspection.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, автономность, растительность, инспекция, выявление, анализ.

Keywords: unmanned aerial vehicles, autonomy, vegetation, inspection, detection, analysis.

Достижения последних лет в области микроконтроллеров и сенсорных технологий привели к существенному снижению стоимости беспилотных летательных аппаратов (БПЛА, дронов), сделав их ещё более экономически доступными для широкого круга пользователей. Беспилотные летательные аппараты получили широкое признание [1] благодаря своему применению в самых разных сферах человеческой деятельности, в том числе – в управлении дорожным движением [2, 3], инспекции общественной безопасности [4]. Дроны находят применение в секторе здравоохранения, включая доставку медицинских принадлежностей в отдаленные или труднодоступные районы, а также транспорти-

ровку образцов крови и результатов лабораторных исследований [5]. БПЛА играют важную роль в геологической разведке вокруг вулканов, повышая эффективность работы, точность и безопасность, одновременно снижая затраты за счет минимизации необходимости вмешательства человека в опасные зоны. Эта технология также облегчает планирование и контроль миссии с контрольной станции. Они широко используются и в коммерческих проектах, при этом как в гражданском, так и в промышленном секторе дроны доказали свою эффективность в оптимизации процессов и выполнении миссий в сложных условиях, некоторые из которых могут быть полностью недоступны для человека.

В сельском и лесном хозяйствах дроны предлагают эффективные и экономичные средства сбора данных об экосистемах [6-8] и их изменениях (рис. 1) из-за таких факторов, как изменение климата, эрозия почвы, доступность воды и экстремальные погодные явления. Дроны также используются для таких видов деятельности, как опрыскивание посевов, экономия времени и оптимизация урожайности.



Рисунок 1 – Осмотр труднопроходимых мест при расчистке просек ЛЭП

В соответствии с [9], БПЛА можно классифицировать на основе различных параметров. Эти классификации обеспечивают основу для организации БПЛА и понимания их возможностей, ограничений и потенциальных применений. Непрерывный прогресс и эволюция технологии БПЛА привели к появлению новых классификаций, размывая традиционные границы между ними.

Например, многороторные БПЛА обладают возможностями вертикального взлета и посадки, что позволяет эксплуатировать их в условиях сложной лесной местности, хотя и с ограничениями по емкости аккумулятора.

Напротив, традиционные БПЛА с фиксированным крылом требуют выделенных взлетно-посадочных полос для разворачивания. Таким образом, БПЛА с наклонным ротором (TRUAV) появился как решение, которое сочетает в себе преимущества обеих форм БПЛА, предлагая гибкие возможности взлета/посадки и увеличенную эксплуатационную выносливость. Для улучшения возможностей, для которых предназначены беспилотники, использование ис-

кусственного интеллекта (ИИ) стало широко используемой технологией в настоящее время [10].

Что касается использования винтокрылых летательных аппаратов, таких как вертолеты и мультикоптеры (например, квадрокоптеры, октокоптеры), они могут быть не оптимальными в крупных общественных лесах, поскольку они имеют ограниченную дальность и выносливость из-за их высокой потребности в энергии относительно емкости аккумулятора. Тем не менее, они могут быть предпочтительнее дронов с фиксированным крылом в ситуациях, когда требуется вертикальный подъем и спуск, но нет посадочной полосы. Напротив, беспилотники с фиксированным крылом обладают возможностями планирования, которые обеспечивают большую продолжительность полета по сравнению с винтокрылыми машинами, что позволяет им эффективно работать на больших расстояниях.

По всему миру целый ряд компаний работают над совершенствованием и развитием беспилотных систем в области лесного хозяйства, в частности чешская компания Fly4Future получила значительный опыт в разработке автономных или полуавтономных систем для лесохозяйственных целей. Разработанные беспилотные системы способны эффективно обследовать обширные площади лесов, легко ориентироваться в густой растительности и собирать точные и ценные данные, включая идентификацию значительного присутствия мертвой древесины на лесной подстилке. Это позволяет проводить комплексный анализ здоровья экосистемы, помогая в оценке биоразнообразия и картировании местообитаний. Используя возможности автоматизации в мониторинге лесов, компания разрабатывает все более эффективные и устойчивые стратегии управления лесными ресурсами, уделяя большое внимание при этом охране окружающей среды.

Указанная компания разработала сотрудничающую сеть роботов и датчиков, которые могут работать как на воде, так и на суше. Основное внимание уделялось использованию технологий для преодоления проблем, связанных с дорогими, неэффективными, неэкологичными или трудоемкими традиционными способами развертывания системы лесохозяйственных маркеров. Основное внимание уделяется разработке взаимодействующих устройств-дронов, при этом целью такого направления исследований было продемонстрировать, как эти устройства могут работать вместе в синергии.

В целом, в последние годы в лесном хозяйстве наблюдается рост использования дронов для инспекции лесов. Применение беспилотных систем для инспекции лесных угодий продолжает оставаться актуальным в опасных или недоступных районах, где традиционные методы наблюдения за лесом неэффективны или нецелесообразны. Имея очень динамичную природу, леса нуждаются в регулярном и своевременном сборе данных, особенно когда речь идет о заражении короедом. Поскольку такое заражение может распространяться очень быстро и приводить к большим потерям лесных ресурсов, использование дронов для мониторинга здоровья лесов становится необходимым. Это позволяет быстро и эффективно реагировать уже на ранних стадиях появления короеда.

В то время как обычные методы дистанционного зондирования часто оказывались недостаточными в таких случаях, БПЛА могут работать гибко и выдавать данные с высоким пространственным разрешением. Также возможно изучать динамику нападений короедов на основе карт, созданных на основе фотосъемок в сочетании с аэрофотоснимками и спутниковыми данными для улучшения раннего обнаружения короедов. И последнее, но не менее важное: некоторые парки, имеющие статус особо охраняемых территорий, могут использовать данные, полученные с помощью БПЛА, для регулярного мониторинга и инвентаризации лесов, например, для картирования мертвой древесины на лесной подстилке.

Одним из перспективных решений в области беспилотной авиации для лесного хозяйства является разработка компании Fly4Future, направленная на обследование лесов и ликвидацию нашествия европейского елового короеда.

Это решение включает в себя два автономно работающих дрона: дрон-детектор и дрон-маркировщик. Дрон-детектор, оснащенный мультиспектральной камерой, обнаруживает зараженные деревья, пролетая над лесом. При обнаружении зараженного дерева информация отправляется на дрон-маркировщик (рис. 2). Он сканирует кору дерева на предмет небольших отверстий в короеде, используя RGB-камеру высокого разрешения и алгоритм, основанный на глубоком обучении.



Рисунок 2 – Дрон осматривает лес с помощью мультиспектральной камеры

После сегментации ствола дерева, обнаружения отверстий и окончательной классификации, 3D-лидар используется для точного захвата изображения и измерения расстояния до дерева. Если короед подтверждается, дрон использует свое распылительное устройство, чтобы пометить дерево краской (рис. 3).

Таким образом, создание универсальной и надежной беспилотной воздушной платформы на базе нескольких взаимодействующих беспилотников может успешно решать различные операционные задачи лесного хозяйства, обеспечивая при этом безопасность, экономичность, экологичность и эффективность лесной среды.



Рисунок 3 – Модульный дрон Т650 для обнаружения короеда с распылительным механизмом для маркировки зараженного дерева

Список литературы

1. Основные положения общей концепции создания и применения беспилотных систем / Д.Л. Инешин, Р.С. Кукарцев, И.А. Тютюнников, Д.Р. Культыгин // Матрица научного познания. – 2024. – № 2-2. – С. 61-66.
2. Платонов А.А. Социальная значимость организации пассажирских перевозок дорожно-рельсовыми транспортными средствами / А.А. Платонов // Ученые заметки ТОГУ. – 2015. – Т. 6, № 1. – С. 109-113.
3. Платонов А.А. К вопросу обеспечения транспортной доступности отдаленных населенных пунктов дорожно-рельсовыми автобусами / А.А. Платонов // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2017. – № 1. – С. 45-49.
4. Николаев В.А. Возможные направления применения беспилотных авиационных систем при обеспечении охраны объектов / В.А. Николаев, Р.М. Ляшко // Охрана, безопасность, связь. – 2024. – № 9-2. – С. 47-51.
5. Рославцева С.А. Успешное применение беспилотных авиационных систем в медицинской дезинсекции / С.А. Рославцева // Материалы юбилейной конференции, посвящённой 90-летию Научно-исследовательского института дезинфектологии: Материалы конференции, Москва, 21–22 сентября 2023 года. – М.: Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора, 2023. – С. 77-79.
6. Платонов А.А. Оценка видового разнообразия растительности, произрастающей на территориях линейных инфраструктурных объектов Центральной России / А.А. Платонов // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13, № 1(49). – С. 180-193. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12.
7. Платонов А.А. Вопросы утилизации нежелательной растительности при содержании охранных зон трасс ВЛ / А.А. Платонов // Воронежский научно-технический Вестник. – 2020. – Т. 1, № 1(31). – С. 95-102.
8. Платонов А.А. Анализ критериев оценки качества работ по удалению нежелательной поросли / А.А. Платонов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2022. – № 1. – С. 177-181.

9. Классификация и кластеризация моделей беспилотных воздушных судов / А.В. Крянев, А.В. Полтавский, С.Г. Климанов, С.С. Семенов // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2021. – Т. 1. – С. 62-74.

10. Матюха С.В. Развитие применения искусственного интеллекта в беспилотных авиационных системах / С.В. Матюха // Транспортное дело России. – 2024. – № 3. – С. 252-256.

References

1. The main provisions of the general concept of creation and application of unmanned systems / D.L. Ineshin, R.S. Kukartsev, I.A. Tyutyunnikov, D.R. Kultigin // Matrix of scientific knowledge. – 2024. – № 2-2. – pp. 61-66.

2. Platonov A.A. Social significance of the organization of passenger transportation by road and rail vehicles / A.A. Platonov // Scientific notes of TNU. – 2015. – Vol. 6, № 1. – pp. 109-113.

3. Platonov A.A. On the issue of ensuring transport accessibility of remote settlements by road and rail buses / A.A. Platonov // History and prospects for the development of transport in the north of Russia. – 2017. - № 1. – pp. 45-49.

4. Nikolaev V.A. Possible areas of application of unmanned aerial systems in ensuring the protection of facilities / V.A. Nikolaev, R.M. Lyashko // Security, safety, communication. – 2024. – № 9-2. – pp. 47-51.

5. Roslavtseva S.A. Successful use of unmanned aerial systems in medical disinsection / S.A. Roslavtseva // Proceedings of the jubilee conference dedicated to the 90th anniversary of the Research Institute of Disinfection: Conference Proceedings, Moscow, September 21-22, 2023. – Moscow: Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of Rospotrebnadzor, 2023. – pp. 77-79.

6. Platonov A.A. Assessment of the species diversity of vegetation growing in the territories of linear infrastructure facilities of Central Russia / A.A. Platonov // Forestry Journal. – 2023. – Vol. 13, № 1 (49). – pp. 180-193. – DOI 10.34220 / issn.2222-7962 / 2023.1 / 12.

7. Platonov A. A. Issues of disposal of unwanted vegetation in the maintenance of security zones of overhead power lines / A. A. Platonov // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. – 2020. – Vol. 1, № 1 (31). – pp. 95-102.

8. Platonov A.A. Analysis of criteria for assessing the quality of work on removing unwanted growth / A.A. Platonov // Science. Technology. Technologies (Polytechnical Bulletin). – 2022. – № 1. – pp. 177-181.

9. Classification and clustering of unmanned aerial vehicle models / A.V. Kryanev, A.V. Poltavsky, S.G. Klimanov, S.S. Semenov // Proceedings of the international symposium «Reliability and Quality». – 2021. – Vol. 1. – pp. 62-74.

10. Matyukha S.V. Development of the application of artificial intelligence in unmanned aircraft systems / S.V. Matyukha // Transport business of Russia. – 2024. – № 3. – pp. 252-256.

**ТЕХНОЛОГИИ И МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА
ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЙ**

Воскобойник М.Ю., Дручинин Д.Ю.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**TECHNOLOGIES AND MECHANIZED MEANS FOR THE CREATION
OF FOREST SEED PLANTATIONS**

Voskoboynik M.Yu., Druchinin D.Yu.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: Лесосеменные плантации рассматриваются как постоянные лесосеменные базы для получения семян с ценными наследственными свойствами, используемых в лесовосстановлении для сохранения биоразнообразия. Авторами рассмотрен процесс и механизированные средства для создания лесосеменных плантаций, в том числе с использованием крупномерного посадочного материала, и ухода за ними.

Abstract: Forest seed plantations are considered as permanent forest seed bases for obtaining seeds with valuable hereditary properties used in reforestation to preserve biodiversity. The authors consider the process and mechanized means for the creation of forest seed plantations, including using large-sized planting material, and their care.

Ключевые слова: лесное хозяйство, лесосеменная плантация, создание, крупномерный посадочный материал, выкопочное оборудование

Keywords: forestry, forest seed plantation, creation, large planting material, lifting equipment

Лесное семеноводство – это одно из ведущих направлений деятельности лесного хозяйства, направленное на получение качественного семенного материала с ценными наследственными свойствами для последующего выращивания лесных растений. Основными видами работ в лесном семеноводстве являются создание высокопродуктивных семенных плантаций, сбор, хранение и изучение генетического фонда, а также контроль качества семян, обеспечивающий их соответствие высоким стандартам для обеспечения посевных качеств и наследственных свойств [1].

Лесосеменные плантации (ЛСП) – искусственно созданные насаждения, предназначенные для выращивания и сбора лесных семян, которые затем используются для восстановления лесных участков. Создание таких плантаций

позволяет организовать правильное управление лесными ресурсами для развития устойчивого лесопользования.

В практике получения высококачественных лесных семян также используются клоновые плантации, которые в отличие от лесосеменных, предполагают высокую генетическую однородность и быстрый плодонос, но требуют больших затрат на их получение и последующий уход. В сравнении с семенными плантациями, клоновые плантации, созданные из привитых саженцев или укорененных черенков, предлагают более высокую генетическую однородность и контроль над качеством получаемых семян.

Семенные плантации, напротив, имеют более простой процесс создания и требуют меньших затрат, что делает их экономичнее. Они обеспечивают большее генетическое разнообразие, так как создаются из семян плюсовых деревьев, что способствует долгосрочной экологической устойчивости будущих лесонасаждений.

Выбор между клоновыми и семенными плантациями зависит от целей и условий создания ЛСП, а также от соотношения затрат и требуемых характеристик семенного материала.

Правильный выбор площади для произрастания насаждений, соблюдение агротехнических мероприятий и уход за культурами являются критически важными для успешного создания и эксплуатации плантаций.

Планируемый под закладку ЛСП участок должен быть достаточно большим, оптимально от 20 до 30 гектаров, чтобы избежать ухудшения качества работ, увеличения затрат и затруднений в организации семенной базы. Необходимо учитывать и лесорастительные условия: участок должен соответствовать требованиям конкретной породы. Например, сосна обыкновенная требует свежих супесчаных почв, а ель – влажных суглинистых.

Предпочтение следует отдавать свежим лесосекам, поскольку их почвенный покров сохраняет свойства лесной подстилки. Участки из-под сельхозугодий могут быть более удобными, но подвержены риску заражения корневой губкой, что может представлять опасность для семенных деревьев. Рельеф участка должен быть ровным, чтобы облегчить работу машин, равномерно увлажнить почву и избежать морозобойных мест, которые могут повредить цветки деревьев в случае поздних заморозков. ЛСП также должна располагаться вблизи населённых пунктов и иметь удобные подъездные пути для эффективного управления и эксплуатации.

Выбор метода размещения для создания семейственных ЛСП определяется целым рядом факторов, включая цели воспроизводства леса, экологические условия региона и доступные ресурсы. Для закладки плантаций используют селекционный посадочный материал, который может быть представлен лесными сеянцами, саженцами или семенами плюсовых деревьев либо их клонов, с корневой системой как открытого, так и закрытого типа [2].

Для подготовки участка для закладки семенных плантаций планируется ряд агротехнических мероприятий. Процесс начинается с корчевания пней с использованием машины МРП-2А. Затем остатки пней и деревьев собираются и перемещаются за пределы участка с помощью машины Д-606, после чего засыпаются ямы,

образовавшиеся после корчевания. Далее проводится вспашка почвы, освобожденной от леса, с использованием плуга ПЛН-3-35, затем дискование бороной БДН-3,0. В качестве дополнительной обработки почвы может выполняться боронование с одновременным внесением удобрений с помощью бороны ЗБЗС-1 и последующая культивация почвы с использованием культиватора 2КПС-4. Посев семян может осуществляться сеялками «Литва-25» или СКБ-5-3 [3, 4].

Для подготовки места под посадку саженцев в настоящее время устанавливаются вешки и участки маркируются вручную. Посадку сеянцев осуществляют вручную при помощи меча Колесова, посадочной трубы (для сеянцев с зкс) или задействуют лесопосадочную машину МЛУ-1А.

Для посадки черенков вручную копаются ямы для посадки, куда высаживаются привитые саженцы.

На основе анализа технологии создания ЛСП и технических особенностей машин и орудий для их закладки, можно сделать вывод о перспективности создания плантаций крупномерным посадочным материалом, пересаживаемым с комом почвы [2].

В процессе выращивания крупномеров для ЛСП для заготовки саженцев используются механизированные средства: специализированные бульдозеры, экскаваторы и крано-манипуляторные установки для выкопки и перемещения растений.

Однако существующие методы и средства использования крупномерных саженцев не всегда эффективны и могут приводить к повреждениям растений и снижению их последующей приживаемости. Поэтому акцент следует сместить на разработку специальных машин для выкопки и подготовки мест под посадку крупномерного посадочного материала на площади, отведенной под создание ЛСП.

Разработка техники для подготовки посадочных мест включает создание автоматизированных вешек и маркировщиков, которые позволят точно обозначить участки для посадки с учетом особенностей почвы и рельефа. Также необходимы комбинированные машины для рыхления и подготовки почвы, которые одновременно будут рыхлить почву удалять сорняки и создавать ямы нужного размера и глубины. Для улучшения свойств и состояния почвы можно использовать мобильные системы для внесения удобрений и других добавок.

В рамках рассматриваемой тематики был разработан ряд устройств, предназначенных для оптимизации процесса выкопки и пересадки крупномерных растений и снижения трудозатрат на работы в лесных питомниках.

Устройство для пересадки подроста (патент РФ № 2508626, рис. 1) работает по принципу захвата ствола подроста между двумя захватными челюстями.

Внедрение устройства в грунт происходит при помощи шнека. В дальнейшем выполняется перенос подроста с глыбкой грунта в тележку [5].

Устройство для пересадки мелкоколесья и садовых деревьев (патент № 204167, рис. 2) предназначено для пересадки плодовых и декоративных деревьев на малогабаритных участках и труднодоступных зонах. Оно осуществляет выкапывание объекта из почвы двумя ковшами, движущимися навстречу друг другу, с сохранением основной доли прикорневой почвы [6].

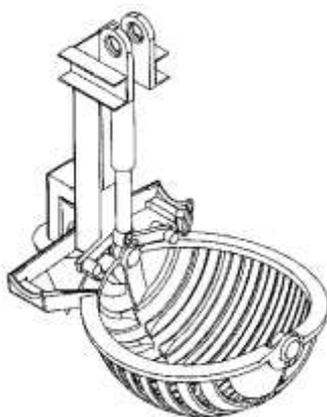


Рисунок 1 – Устройство для пересадки подроста (патент РФ № 2508626)

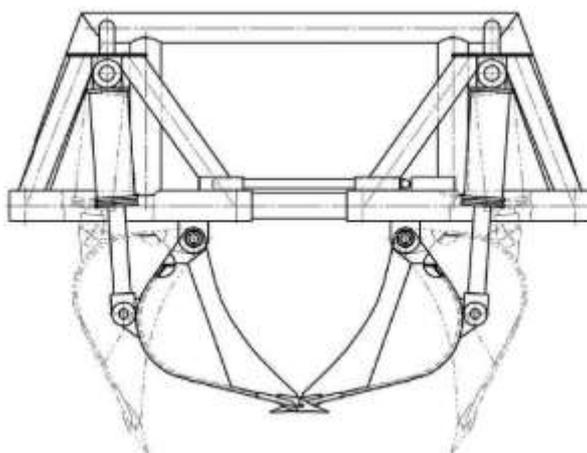


Рисунок 2 – Устройство для пересадки мелкокося и садовых деревьев (патент РФ № 204167)

Устройство для выкопки посадочного материала с почвенным комом (патент РФ № 207580, рис. 3) имеет две захватные челюсти, гидроцилиндр для сведения и разведения челюстей, а также Г-образные стойки и режущие кромки для подкапывания почвы [7].

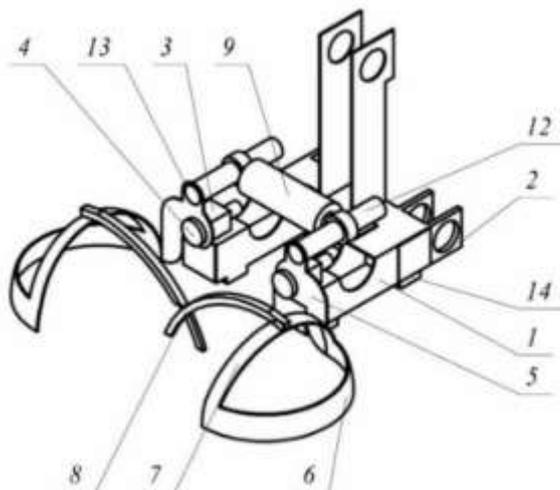


Рисунок 3 – Устройство для выкопки посадочного материала с комом почвы (патент РФ № 207580)

Таким образом, разработка специализированных устройств для подготовки мест под посадку лесных культур является важным направлением лесного машиностроения, позволяя получать качественный исходный посадочный материал и повысить эффективность труда при создании лесосеменных плантаций.

Уход за культурами в междурядьях осуществляется механизированно с помощью культиватора КЛБ-1,7. Удаление сорной растительности и рыхление почвы непосредственно вокруг высаженных растений проводятся вручную. Формирование крон деревьев и разреживание плотных насаждений выполняется либо ручным инструментом, либо при помощи тракторных обрезчиков. Площадь, занятая ЛСП, огораживается. Внесение минеральных удобрений выполняется с помощью машины НРУ-206, органических удобрений – с использованием РОУ-6А.

Существующие технологии и средства механизации, применяемые для закладки ЛСП не всегда эффективны и не позволяют задействовать ЛСП для сбора семян в кратчайшие сроки, поэтому необходима разработка новых технологических приемов для создания плантаций, а также специальных технических средств для их реализации. Примером может служить оборудование для выкопки и пересадки крупномерного посадочного материала, который целесообразно использовать взамен часто высаживаемых вручную 1-2 летних сеянцев. Оборудование также позволяет осуществлять подготовку посадочных мест по планируемым схемам закладки ЛСП.

Это открывает возможности для повышения эффективности создания и последующего скорейшего использования ЛСП, снижения затрат и улучшения качества работ, что приведет к увеличению объемов лесовосстановления и повышению продуктивности восстанавливаемых лесных насаждений. Уход за культурами в междурядьях и внесение удобрений помогут поддерживать надлежащее состояние лесосеменной плантации и устойчивое получение качественного посадочного материала.

Список литературы

1. Братилова Н.П. Сееноводство лесобразующих пород : учеб. пособие / Н.П. Братилова, Р.Н. Матвеева, Ю.Е. Щерба; СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2017. – 92 с.
2. Дручинин Д.Ю. Создание лесосеменных плантаций с использованием крупномерного посадочного материала / Д.Ю. Дручинин // Повышение эффективности лесного комплекса: матер. Шестой Всероссийской национальной науч.-практ. конференции с междунар. участием, Петрозаводск, 22 мая 2020 года. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2020. – С. 57-59.
3. Сидор А.И. Курсовое проектирование. Селекция: технологии закладки лесосеменных плантаций : практическое руководство / А.И. Сидор, А.И. Ковалевич, В.В. Трухоновец; Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорин, 2020. – 30 с.
4. Проект создания лесосеменной плантации (ЛСП) лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb) на территории Иркутского лесничества Иркутской области / Н.А. Юсупова-Евсеева, Н.А. Никулина,

В.К. Большедворская, Л.А. Дегтярева // Вестник ИрГСХА. – 2020. – № 99. – С. 131-142.

5. Патент № 2508626 С1 РФ, МПК А01G 23/00. Устройство для пересадки подроста: № 2012133119/13: заявл. 01.08.2012: опубл. 10.03.2014 / К.П. Рукомойников, А.И. Лаптев, А.Ю. Воронцов, А.Ф. Газизов; заявитель ФГБОУ ВПО «ПГТУ».

6. Патент № 204167 U1 РФ, МПК А01G 23/04, А01С 11/00. Устройство для пересадки мелколесья и садовых деревьев: № 2020141781: заявл. 17.12.2020 : опубл. 13.05.2021 / Н.А. Смирнов, Р.А. Смирнов, И.А. Сорокин; заявитель ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

7. Патент № 207580 U1 РФ, МПК А01G 23/04. Устройство для выкопки посадочного материала с почвенным комом: № 2021121473: заявл. 19.07.2021: опубл. 02.11.2021 / Д.Ю. Дручинин, М.В. Драпалюк, М.Ю. Воскобойник; заявитель ФГБОУ ВО «ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова».

References

1. Bratilova N.P. Seed production of forest-forming species : textbook. handbook / N.P. Bratilova, R.N. Matveeva, Y.E. Shcherba; Sibgau named after M.F. Reshetnev. – Krasnoyarsk, 2017. – 92 p.

2. Druchinin D.Y. Creation of forest seed plantations using large-sized planting material / D.Y. Druchinin // Improving the efficiency of the forest complex : materials of the Sixth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation, Petrozavodsk, May 22, 2020. – Petrozavodsk: PetrSU, 2020. – pp. 57-59.

3. Sidor A.I. Course design. Breeding: technologies for laying seed plantations: a practical guide / A.I. Sidor, A.I. Kovalevich, V.V. Trukhonovets; Gomel State University named after F. Skorina. Gomel: F. Skorin State State University, 2020. – 30 p.

4. The project of creating a forest seed plantation (FSP) of Siberian larch (*Larix sibirica Ledeb*) on the territory of the Irkutsk forestry of the Irkutsk region / N.A. Yusupova-Evseeva, N.A. Nikulina, V.K. Bolshedvorskaya, L.A. Degtyareva // Bulletin of the IrGSHA. – 2020. – № 99. – pp. 131-142.

5. Patent № 2508626 C1 of the Russian Federation, IPC A01G 23/00. Device for transplanting undergrowth: № 2012133119/13: application 01.08.2012: publ. 10.03.2014 / K.P. Handmoinikov, A.I. Laptev, A.Yu. Vorontsov, A.F. Gazizov; applicant FGBOU VPO «PSTU».

6. Patent № 204167 U1 of the Russian Federation, IPC A01G 23/04, A01C 11/00. Device for transplanting small forests and garden trees: № 2020141781: application 17.12.2020: publ. 13.05.2021 / N.A. Smirnov, R.A. Smirnov, I.A. Sorokin; applicant GBOU VO Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics.

7. Patent № 207580 U1 of the Russian Federation, IPC A01G 23/04. Device for digging out planting material with a soil lump: № 2021121473: application. 07/19/2021: publ. 11/22/2021 / D.Y. Druzhinin, M.V. Drapalyuk, M.Y. Voskoboynik; applicant FGBOU VO «VSUFT named after G.F. Morozov».

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В ТРАНСМИССИЯХ С ВЕДУЩИМИ МОСТАМИ И БАЛАНСИРНЫМ ПРИВОДОМ ВЕДУЩИХ КОЛЕС

Гудков В.В., Сокол П.А.

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Воронеж, Россия*

ANALYSIS OF POWER LOSSES IN TRANSMISSIONS WITH DRIVE AXELS AND BALANCE DRIVE OF DRIVE WHEELS

Gudkov V.V., Sokol P.A.

*Military Education and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky
and Y.A Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russia*

Аннотация: В статье проанализированы потери полезной и тяговой мощности в механической трансмиссии с ведущими мостами и балансирным приводом ведущих колес лесозаготовительных машин, приведены факторы, способствующие повышению их тяговых показателей.

Abstract: The article analyzes the loss of useful and traction power in a mechanical transmission with drive axels and a balancing drive of the driving wheels of logging machines, and provides factors contributing to an increase in their traction performance.

Ключевые слова: ведущий мост, балансирная передача, потери, мощность, реакции

Keywords: drive axle, balancing gear, losses, power, reactions

В целях снижения материальных затрат на первичную транспортировку пачки деревьев в погруженном состоянии и повышении показателя эффективности применения колесных лесозаготовительных машин, можно выделить несколько направлений, способствующих их достижению. К ним относятся: усовершенствование конструкции трансмиссий существующих лесозаготовительных машин, а также создание новых машин с рациональными параметрами трансмиссии и высокими тяговыми показателями колесного движителя.

В этом контексте особое внимание необходимо уделять надежности конструкции трансмиссии и колесного движителя по конкретным типам лесозаготовительных машин, а также определить участки работы, на которых они будут наиболее эффективны.

При этом различные по своему типу трансмиссии имеют различную и специфическую величину потерь полезной мощности, определяемую конструктивными особенностями ее узлов и агрегатов.

К ним относятся тепловые и механические потери от контактного трения в зацеплении зубьев шестерен (зависящие от числа пар и типа шестерен, находящихся в зацеплении), потери от трения в подшипниках качения, а также гидравлические потери от гидродинамического сопротивления трансмиссионного масла в результате его нагрева и разбрызгивания при вращении ведущих и ведомых валов и шестерен.

Характер распределения полезной мощности и крутящего момента по ведущим колесам также зависит от координат центра масс машины и распределения нагрузки по ее осям, типа и схемы трансмиссии, эксплуатационных условий. При этом, использование машин с единой (жесткой) рамой подразумевает наличие подготовленных лесовозных дорог, что влечет за собой дополнительные материальные вложения на ее оборудование и последующее содержание в соответствии с требованиями технических регламентов.

Также, существует серьезная проблема зависимости эффективности лесного комплекса от природных и климатических условий (сезонности выполнения работ) [1], когда в условиях низких температур гидромеханические трансмиссии теряют свою эффективность и преимущества по сравнению с механическими трансмиссиями.

Колесные машины для первичной транспортировки пачки деревьев могут перемещаться как по лесосекам, так и по дорогам общего пользования, имея более высокие скорости движения, чем гусеничные, что способствует повышению их производительности, при этом, имея меньшую стоимость. Однако, одним из основных недостатков таких машин (особенно с жесткой рамой), является неудовлетворительная проходимость в сложных условиях лесосек. Сочлененные полноприводные машины для первичной транспортировки пачки деревьев и машины для работы в условиях лесосек (рис. 1), способны устойчиво (без отрыва ведущих колес), двигаться по ограниченно подготовленным лесовозным дорогам, а также по слабонесущим опорным поверхностям (ОП).



а)



б)

Рисунок 1 – Сочлененные полноприводные машины с мостовым (а) и балансирным приводом (б)

Повышению проходимости будет способствовать установка пневматических шин низкого давления с ненасыщенным рисунком протектора и высокими грунтозацепами. При этом, на передние колеса сочлененных машин будет при-

ходиться до 55-60 % из веса, что скажется на эффективности выполнения лесозаготовительных работ.

Проходимость сочлененной машины на лесосеке возрастает за счет возможности взаимного перемещения полурам с возможностью расширения колеи. Причем, оптимальным вариантом является применение всех ведущих колес одинакового размера, при условии с приблизительного равенства действующих на них вертикальных нагрузок. Также, когда задние колеса сочлененной машины двигаются по уплотненному следу передних, то, при определенных условиях движения, уменьшится их буксование.

Для наиболее полной реализации тяговых показателей колесных лесозаготовительных машин в конструкции их трансмиссий широко применяется блокированный привод, что обеспечивает лучшую приспособляемость к изменяющимся дорожным условиям. Однако, возникновение большого по величине и длительно действующего кинематического рассогласования может изменить закон распределения крутящего момента по ведущим колесам.

При движении машины по лесосеке сила сцепления ведущих колес с деформируемой ОП, вес, приходящийся на них, постоянно меняются. Следовательно, меняются коэффициенты сцепления ведущих колес с ОП и величины их радиусов качения, что вызывает перераспределение окружных сил, приложенных в области контакта ведущих колес с ОП, а также изменение величин крутящих моментов, подведенных к ним. При передаче крутящего момента к ведущему колесу вследствие тангенциальной деформации шины и деформации ОП, в области контакта будет иметь место буксование, т.е. изменяется коэффициент сцепления ведущего колеса с ОП (который зависит от величины буксования в области контакта). При прямолинейном режиме движения линейные скорости передних и задних колес неодинаковы, однако, их оси, жестко связанные при заблокированном приводе, имеют одинаковые скорости движения. А неравенство скоростей в области контакта с ОП передних и задних колес вызывает появление кинематического рассогласования между ними, т.е. колеса, у которых величина скорости больше – являются забегающими, а колеса с меньшей скоростью – тормозящими.

Для полноприводной колесной лесозаготовительной машины в основном, забегающими будут задние колеса, а тормозящими – передние. Наличие кинематического несоответствия между ведущими колесами ухудшает тяговые и динамические показатели машины в целом, и, способствует возникновению явления циркулирующей мощности в замкнуто контуре «колесный движитель – опорная поверхность». Разность величин пробега передних и задних ведущих колес компенсируется их буксованием или юзом, способствуя дополнительному нагружению элементов раздаточной коробки. При движении колесной лесозаготовительной машины циркулирующая мощность может реализоваться увеличением разности моментов в раздаточной коробке между приводными валами переднего и заднего мостов (паразитный момент скручивания карданных валов).

Автором, в работе [2], было указано на различный характер взаимодействия колесного движителя с балансирным приводом (балансирной тележкой)

и ведущих колес с мостовым приводом и ОП. При взаимодействии ведущих колес балансирной тележки с ОП возникающие реактивные моменты в совокупности с перераспределением между ведущими колесами одновременно действующих вертикальных и горизонтальных реакций ОП будут способствовать разгрузению передних колес балансира и догрузению задних колес. В процессе этого взаимодействия снижаются тяговые показатели колесного движителя из-за возникновения явления циркуляции мощности в замкнутом контуре «колесный движитель – опорная поверхность». В результате значительно возрастают потери полезной и тяговой мощности (на 30...50 %), нагрузка на узлы и агрегаты трансмиссии, колесный движитель, увеличивается расход горюче – смазочных материалов при снижении экологической совместимости системы «колесный движитель – опорная поверхность» [3].

Но, паразитная мощность, циркулирующая в замкнутом контуре двухосной ведущей балансирной тележки трехосной машины, растет с увеличением разности радиусов качения колес осей 2 и 3 балансира, скорости движения, а также с уменьшением тангенциальной эластичности пневматических шин, и, от изменяющихся вертикальных реакций ОП на ведущих колесах, а также с увеличением сил сопротивления качению (при некоторых условиях движения).

А к недостаткам мостового привода ведущих колес можно отнести большую длину и металлоемкость карданных валов, наличие большого числа карданных шарниров, большой вес балок ведущих мостов, наличия значительных углов перекоса мостов в определенных условиях движения машин (рис. 2).



Рисунок 2 – Ведущие мосты сочлененной машины

Также, при наличии заблокированной трансмиссии, сохраняется возможность возникновения явления циркуляции паразитной мощности при движении по ОП с высоким коэффициентом сцепления. Общие потери энергии в агрегатах трансмиссии с мостовой схемой привода ведущих колес значительны.

Если 25 % полезной мощности поступает от силового двигателя к механической трансмиссии, то, в общей системе ее узлов и агрегатов вследствие собственных потерь, эта мощность, передаваемая ведущим колесам, снижается уже до 12 %.

Таким образом, ведущие мосты, рама, трансмиссия и ОП представляют собой замкнутый контур, в котором возникает циркуляция мощности. У полноприводных машин с заблокированным приводом при наличии кинематического рассогласования между ведущими колесами потери мощности возрастают, когда ведущие колеса имеют хорошее сцепление с ОП и пробуксовка или проскальзывание забегающих колес относительно тормозящих требует повышенного расхода полезной мощности. В то же время ведущие валы главных передач мостов соединены между собой жесткой кинематической связью и вращаются с одинаковой угловой скоростью. Таким образом, мощность, создаваемая, на ведущих колесах циркулирует по замкнутому контуру: передние ведущие колеса, трансмиссия, задние ведущие колеса, а от задних колес она передается на раму машины и обратно к передним ведущим колесам. Циркулирующая мощность не является полезной, дополнительно нагружает трансмиссию, колесный движитель и создает в ней дополнительные механические потери.

Поскольку в системе нет других источников энергии кроме двигателя, то циркулирующая мощность снижает общую полезную мощность и снижает КПД машины в целом. Явление циркуляции мощности может возникать везде, где есть разница моментов, сил и плеча (рычага) при жесткой кинематической связи. К механизмам подобного типа относятся ведущие мосты полноприводных машин, редукторы, балансирные приводы и другие жестко связанные между собой механизмы, причем, связь между ними может осуществляться через ОП.

При движении трехосной полноприводной колесной лесозаготовительной машины величина циркуляции мощности между ведущими мостами будет также зависеть и от конструкции подвески мостов. При этом, циркуляция мощности может быть как между отдельными ведущими мостами, так и между задними ведущими мостами и передним ведущим мостом при наличии кинематического рассогласования.

Можно сделать вывод, что при наличии суммарного кинематического рассогласования по осям, подведенного к ведущим мостам крутящего момента, различной по величине реакции ОП, действующей на ведущие колеса, наличия внешних сопротивлений движению машины, характеристик пневматических шин в ее трансмиссии возникает циркулирующая мощность. При этом в механической трансмиссии происходит неодинаковое распределение моментов по ведущим колесам, в результате одни колеса будут перегружены, а другие недогружены. Все это будет отрицательно сказываться на тяговой динамике лесозаготовительных машин, снижать их проходимость, топливную экономичность, надежность и долговечность работы узлов и агрегатов трансмиссии и колесного движителя в целом.

Таким образом, на выбор схемы трансмиссии колесной машины для первичной транспортировки пачки деревьев в погруженном состоянии влияют три группы взаимосвязанных факторов: конструктивные характеристики машин,

преимущественные условия эксплуатации и основные режимы движения. Данная проблема является актуальной и требует дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Старцев В.В. Применение специальных гусениц на колесных лесозаготовительных машинах / В.В. Старцев, А.Д. Арсеньев. – URL: Agriculture Sciences. YARINS. 2020. Issue 11. [http: doi.org /10.26160/2572-4347-2020-11-48-51](http://doi.org/10.26160/2572-4347-2020-11-48-51) (дата обращения: 23.09.2024).

2. Кочнев А.М. Методика выбора конструктивных параметров балансирных тележек колесных лесопромышленных тракторов / А.М. Кочнев // Известия вузов. Лесной журнал. – 1994. №1. – С. 53-57.

3. Сокол П.А. Обоснование параметров несимметричного балансирного привода задних ведущих колес лесотранспортных машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.21.01. – Воронеж: 2019. –16 с.

References

1. Startsev V.V. The use of special tracks on wheeled logging machines / V.V. Startsev, A.D. Arsenyev. Agriculture Sciences. YARINS. 2020. Issue 11. [http: doi.org /10.26160/2572-4347-2020-11-48-51](http://doi.org/10.26160/2572-4347-2020-11-48-51) (date of reference 09/23/2024).

2. Kochnev A.M. Methodology for selecting design parameters of balancing trolleys of wheeled timber tractors / A.M. Kochnev // Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal. – 1994. № 1. – pp. 53-57.

3. Sokol P.A. Substantiation of the parameters of the asymmetric balancing drive of the rear driving wheels of forest transport vehicles: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. 05.21.01. – Voronezh: 2019. – 16 p.

ОСОБЕННОСТИ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

Ивашнев М.В., Тулина А.В., Калинин Р.К.

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

FEATURES OF REFORESTATION

Ivashnev M.V., Tulina A.V., Kalinin R.K.

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

Аннотация: Рассмотрена нормативная база, определяющая основные требования к лесовосстановлению, представлены основные лесообразующие породы на территории Республики Карелия, изложены особенности лесовосстановления.

Abstract: The normative base determining the basic requirements to reforestation is considered, the main forest forming species in the territory of the Republic of Karelia are presented, the peculiarities of reforestation are outlined.

Ключевые слова: агротехнический уход, лесовосстановление, лесообразующая порода, лесотехнический уход, нормативная база.

Keywords: agrotechnical care, reforestation, forest forming species, silvicultural care, regulatory framework.

Лесные насаждения имеют большое экологическое и экономическое значение. Вырубка лесных насаждений, лесные пожары, техногенные аварии воздействуют на различные компоненты природной среды и влекут за собой глобальные изменения в живой и неживой природе.

Одним из негативных воздействий на природную среду является увеличение парниковых газов и, в частности, диоксида углерода. Примерно 20% лесных ресурсов мира расположены на территории нашей страны, что уравнивает около 30% техногенных и промышленных выбросов [1, 2]. Поэтому процесс лесовосстановления приведет к увеличению лесопокрытых площадей и улучшению экологической ситуации в нашей стране [3].

Лесоклиматические проекты направлены на снижение выбросов парниковых газов и увеличение их поглощения лесами. Основой для таких проектов в России может быть нормативная база документов в области лесовосстановления и лесоразведения, представленная на рис. 1.

Сам процесс лесовосстановления включает технологические и организационные мероприятия, с образованием молодняков ценных древесных пород [4-6]. Рассмотрим масштабы лесовосстановления в условиях Республики Карелия. На рис. 2 представлен запас основных лесообразующих пород Республики Карелия.

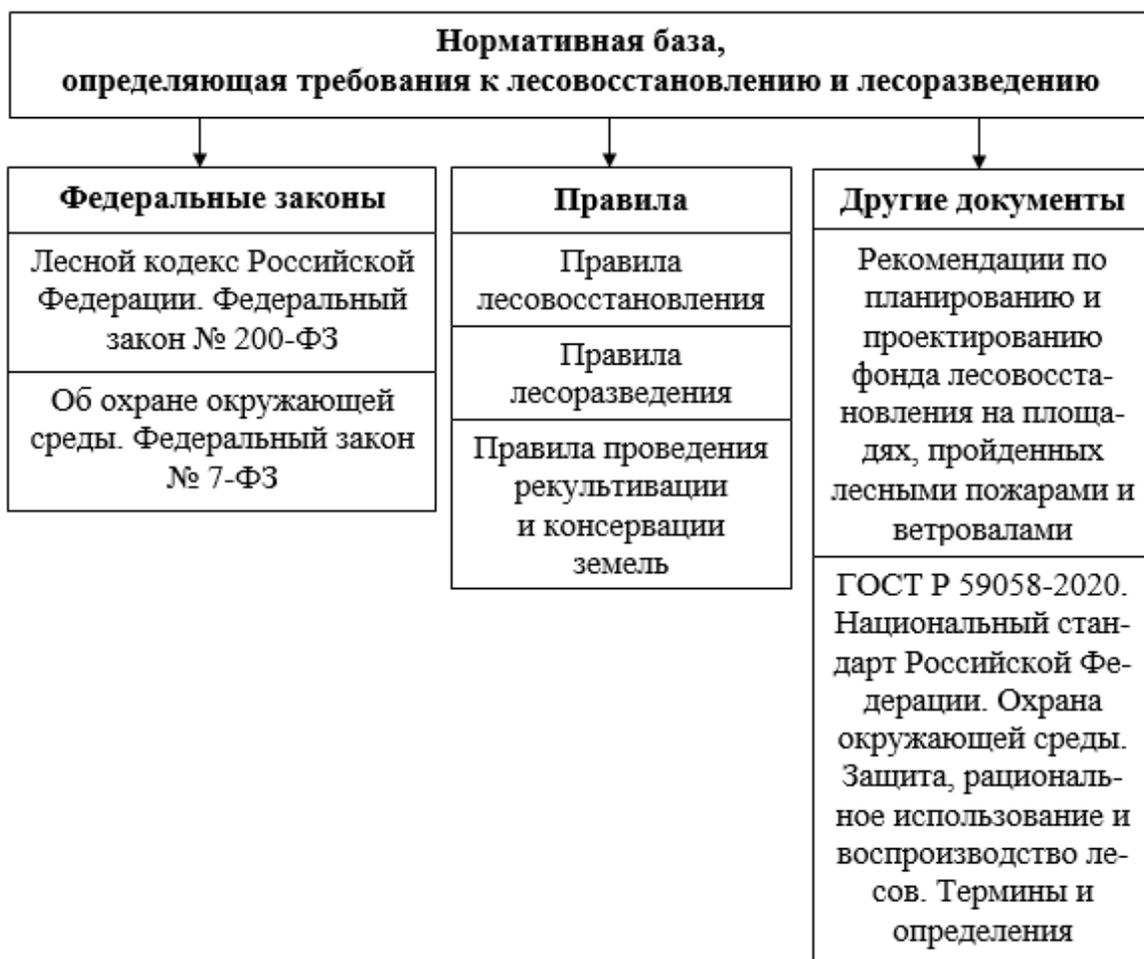


Рисунок 1 – Нормативная база, определяющая требования к лесовосстановлению и лесоразведению

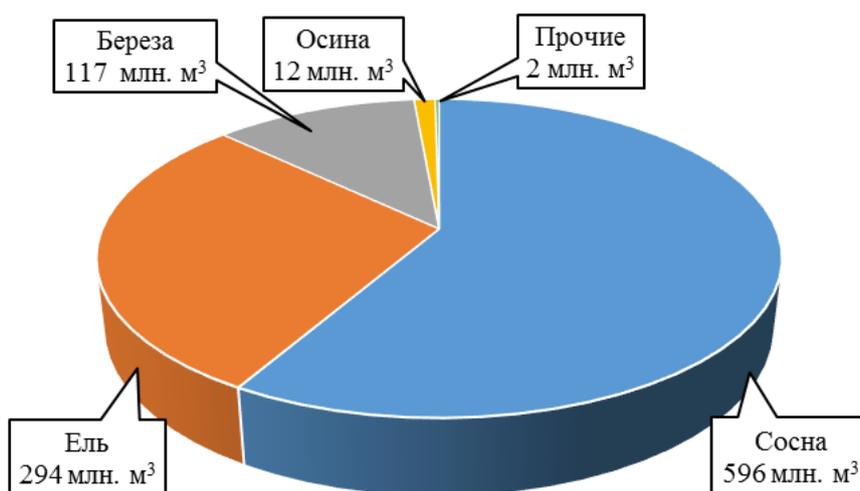


Рисунок 2 – Запас основных лесобразующих пород Республики Карелия

По данным [7] за последние пять лет в условиях Республики Карелия средняя площадь искусственного лесовосстановления составила около 27 тыс.га/год. С учетом площади земель лесного фонда, покрытых лесом, в 2024 году равной 9624 тыс. га, доля искусственного восстановления лесных насаждений ежегодно составляет порядка 0,3 %.

В процессе лесовосстановления специалисты рекомендуют проведение агротехнических уходов методом обработки почвы для уменьшения конкуренции со стороны травянистой растительности и проведение лесоводственных уходов для уменьшения конкуренции со стороны древесно-кустарниковой растительности [8, 9].

Выбор метода подготовки почвы при агротехнических уходах должен учитывать состояние лесных насаждений (после пожаров), состояние лесной площади (каменистость и влажность почвы), угол наклона участка и количество порубочных остатков. Выбор техники для проведения лесоводственных уходов зависит от природно-производственных условий, возраста и густоты древесно-кустарниковой растительности.

Список литературы

1. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2018. – М.: Росгидромет, 2020. – С. 23. – URL: <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2020>.

2. Гершинкова Д.А. О формировании административно-правового регулирования вопросов реализации лесоклиматических проектов в России / Д.А. Гершинкова / Актуальные проблемы российского права. – 2023. – Т. 18. – № 8 (153). – С. 169-178.

3. Когут Б.М. Оценка насыщенности почвы органическим углеродом / Б.М. Когут, В.М. Семенов // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2020. – № 102. – С. 103-124. – DOI 10.19047/0136-1694-2020-102-103-124.

4. Правила лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления. – Утверждены Приказом Минприроды России от 29.12.2021 № 1024.

5. Правила лесоразведения, формы, состава, порядка согласования проекта лесоразведения, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесоразведения. Утверждены Приказом Минприроды от 20 декабря 2021 г. № 978.

6. Правила проведения рекультивации и консервации земель. – Утверждены Постановлением Правительства РФ от 10 июля 2018 № 800.

7. Республика Карелия в цифрах 2024: краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия (Карелиястат). – Петрозаводск, 2024. – 121 с.

8. Буряк Л.В. Технологии лесовосстановления горельников в лесных районах Сибири: методические рекомендации / Л.В. Буряк, А.А. Агеев, Ю.В. Салцевич. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2021. – 64 с.

9. Тищенко С.В. Новеллы законодательства о лесах, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения: проблемы реализации / С.В. Тищенко, А.Р. Лаврентьев // Вестник Воронежского государственного

References

1. National report on the inventory of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases not regulated by the Montreal Protocol for 1990-2018. Moscow: Roshydromet, 2020. – p. 23. URL: <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2020>.

2. Gershinkova D.A. On the formation of administrative and legal regulation of the implementation of forest-climatic projects in Russia / D.A. Gershinkova / Actual problems of Russian law. – М.: 2023. – Т. 18. – № 8 (153). – P. 169-178.

3. Kogut B.M., Assessment of soil saturation organic carbon / B.M. Kogut, V.M. Semenov // Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Institute. 2020. – № 102. – pp. 103-124.

4. The rules of reforestation, the form, composition, the procedure for approving the reforestation project, the grounds for refusing its approval, as well as the requirements for the format in electronic form of the reforestation project. – Approved by Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 12/29/2021 № 1024.

5. Rules of afforestation, form, composition, procedure for approving the afforestation project, grounds for refusal to approve it, as well as requirements for the format in electronic form of the forest management project. Approved by the Order of the Ministry of Natural Resources dated December 20, 2021 № 978.

6. Rules for land reclamation and conservation. – Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated July 10, 2018 № 800.

7. The Republic of Karelia in figures 2024: a short statistical collection / Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Karelia (Kareliastat). – Petrozavodsk, 2024. – 121 p.

8. Buryak L.V. Technologies of reforestation of mountain forests in the forest regions of Siberia: methodological recommendations / L.V. Buryak, A.A. Ageev, Yu.V. Saltsevich. – Pushkino: VNIILM, 2021. – 64 p.

9. Tishchenko S.V. Amendments to the legislation on forests located on agricultural lands: implementation problems / S.V. Tishchenko, A.R. Lavrentiev // Bulletin of the Voronezh State University. Series: Law. – 2022. – № 2 (49). – pp. 193-202. – DOI 10.17308/law/1995-5502/2022/2/193-202.

**ВИДОВОЕ БОГАТСТВО И ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ
НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ
НА УЧАСТКАХ ОХРАННЫХ ЗОН ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

Платонов А.А.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**SPECIES WEALTH AND SPECIES DIVERSITY OF UNWANTED
VEGETATION GROWING IN AREAS OF SECURITY ZONES
OF POWER LINES**

Platonov A.A.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: При выполнении работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности целесообразно организовать учёт и предварительное выявление характеристик указанной растительности. В статье рассматриваются вопросы определения качественных и количественных характеристик нежелательной растительности, произрастающей в охранных зонах трасс ВЛ.

Abstract: When performing work to remove unwanted trees and shrubs, it is advisable to organize a record and preliminary identification of the characteristics of this vegetation. The article discusses the issues of determining the qualitative and quantitative characteristics of unwanted vegetation growing in the protective zones of overhead power lines.

Ключевые слова: нежелательная растительность, удаление, механизация, характеристики, выявление, анализ.

Keywords: unwanted vegetation, removal, mechanization, characteristics, identification, analysis.

При выполнении регламентных работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР) [1, 2], произрастающей в охранных зонах линий электропередачи (рис. 1) [3], нередко возникает проблема по выявлению качественных и количественных характеристик указанной растительности [4, 5]. Зачастую, указанные работы выполняются вручную (механизированными кусторезами [6]) или кусторезами на тракторах без учёта видового состава удаляемой растительности, что приводит к её неконтролируемому самовозобновлению в объёмах, превышающих первоначальные [7, 8]. В тоже время учёт и предварительное выявление характеристик удаляемой растительности позволит повысить качество выполняемых в охранных зонах линий электропередачи рассматриваемых работ [9].



Рисунок 1 – Удаляемая растительность в охранных зонах линий электропередачи

Целью настоящего исследования являлось определение качественных и количественных характеристик нежелательной древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на участках охранных зон линий электропередачи.

Важной мерой оценки разнообразия произрастающей по различным территориям нежелательной растительности, формирующего сообщество, для которого известно число составляющих его видов и особей, является видовое богатство [10].

Различные сочетания $S_{ндкр}$ (количество выявленных видов) и $N_{ндкр}$ (общее количество особей всех $S_{ндкр}$ видов НДКР) формируют принятые нами в исследование для достижения указанной цели показатели видового разнообразия нежелательной растительности, произрастающей по территориям ЛИО:

– индекса видового богатства Маргалефа:
$$D_{Mg} = \frac{S_{ндкр} - 1}{\ln N_{ндкр}}$$

– индекса видового богатства Менхиника:
$$D_{Mn} = \frac{S_{ндкр}}{\sqrt{N_{ндкр}}}$$

– индекса видового разнообразия Шеннона:
$$H_{Sh} = - \sum_{i=1}^{S_{ндкр}} f_i \cdot \ln f_i$$

где f_i – доля численности каждого i -го вида нежелательной растительности.

Индекс Маргалефа отражает видовое богатство нежелательной растительности на определённой территории линейного инфраструктурного объекта, при этом, чем выше значение данного индекса, тем большим видовым богатством характеризуется исследуемое сообщество. То же характерно и для индекса Менхиника. Индекс Шеннона характеризует разнообразие и выравненность в структуре сообщества: чем больше в исследуемом сообществе видов нежелательной растительности и чем меньше отличаются их численности, тем выше значения индекса Шеннона.

Анализ результатов определения видового богатства и видового разнообразия НДСР, произрастающей на участках охранных зон линий электропередачи, выявил следующее (табл. 1).

Таблица 1 – Видовое богатство и видовое разнообразие НДСР, произрастающей на участках охранных зон линий электропередачи

Участок охранной зоны линии электропередачи	Количество выявленных видов $S_{ндкр}$	Индекс Маргалефа D_{Mg}	Индекс Менхеника D_{Mn}	Индекс Шеннона H_{Sh}
ПС Восточная – ПС Земснаряд	11	3,001016	2,078805	2,156088
ПС Истобное – ПС Ледовое	9	1,870616	1,06066	2,090588
ПС Красная Яруга – ПС Томаровка	9	2,066542	1,299038	1,897925
ПС Томаровка – ПС Дмитриевка	8	1,861108	1,219989	2,025676
ПС Губкин – ПС Касторная	7	1,526009	0,980196	1,578407
ПС Ясенки – ПС Горшечное	7	1,615695	1,093216	1,847085
ПС Новобрянская – ПС Железнодорожная	7	1,661627	1,150793	1,807001
ПС Быково – ПС Удобное	6	1,384689	0,986394	1,571719
ПС Скородное – ПС Холодное	6	1,442695	1,06066	1,676477
ПС Железнодорожная – ПС Дмитровская	6	1,329363	0,914991	1,705845
ПС Синдякино – ПС Конь-Колодезь	6	1,384689	0,986394	1,668893
ПС Новая – ПС Южная	6	1,305946	0,884652	1,673955
ПС Дмитровская – ПС Гостомль	5	1,411824	1,212678	1,481117
Курская АЭС – ПС Железнодорожная	5	1,227711	0,980581	1,464333

В среднем на каждом из исследованных участков охранных зон линий электропередачи, расположенных в Центральной части России, встречается 8 видов нежелательной растительности, однако указанную величину во многом определяет небольшой по протяженности (около 1 км), но при этом самый богатый по численности (11 видов НДСР) участок ПС Восточная – ПС Земснаряд. В целом же необходимо отметить, что около 78% участков имеют на своей территории 8 и менее видов произрастающей НДСР, около 50% – 6 и менее видов.

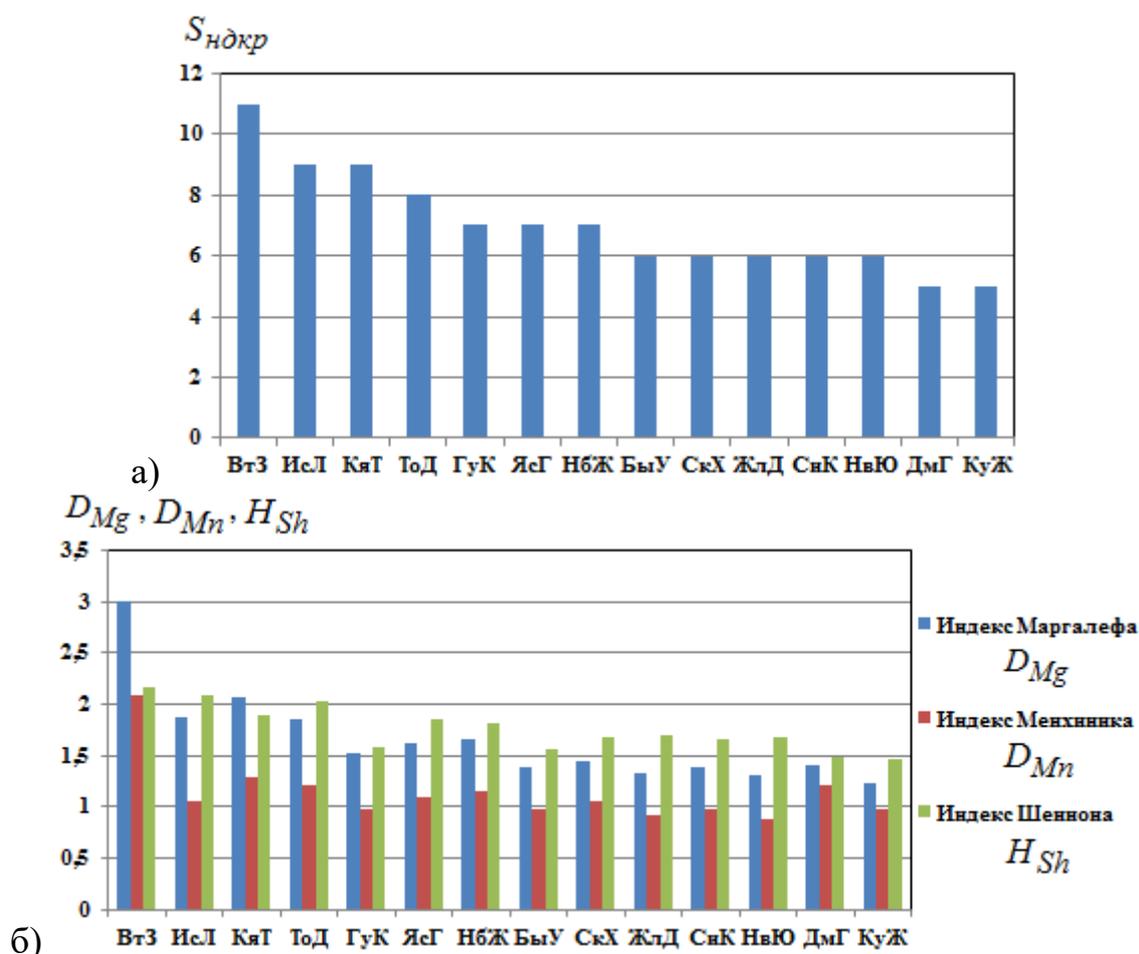


Рисунок 2 – Видовое богатство и видовое разнообразие НДКР, произрастающей на участках охранных зон линий электропередачи

Полученные значения индексов видового богатства Менхиника и Маргалефа для изученных сообществ произрастающей нежелательной растительности в значительной мере зависели как от условий произрастания НДКР, так и от выявленной в ходе натурального обследования численности видов нежелательной растительности, а также их количества, при этом среднее значение индекса видового богатства Маргалефа составило $\bar{D}_{Mg} = 1.649 \pm 0.311$, индекса Менхиника $\bar{D}_{Mn} = 1.136 \pm 0.201$, индекса Шеннона $\bar{H}_{Sh} = 1.76 \pm 0.148$.

Кроме вышеуказанного, самыми богатыми по численности оказались участки охранных зон линий электропередачи ПС Истобное – ПС Ледовое и ПС Красная Яруга – ПС Томаровка, на территории которых было выявлено по 9 различных видов нежелательной растительности (рис. 2, а), однако при этом индексы видового богатства Маргалефа и Менхиника показали незначительное преимущество участка ПС Красная Яруга – ПС Томаровка (рис. 2, б), на территории которого нами были выявлено произрастание таких видов НДКР, как, например, слива колючая и клён ясенелистный (рис. 3).



Рисунок 3 – Нежелательная растительность, произрастающая на территории участка ПС Красная Яруга – ПС Томаровка

Обращает на себя внимание соотношение индексов Маргалефа и Менхиника для участков ПС Томаровка – ПС Дмитриевка (с выявленным произрастанием таких видов НДКР, как, например, шиповник майский и ясень обыкновенный) и ПС Истобное – ПС Ледовое: при меньшем (на 1) для первого участка количестве выявленных видов нежелательной растительности индексы Маргалефа для них фактически одинаковы (соответственно $D_{Mg} = 1,861108$ и $D_{Mg} = 1,870616$), а индекс Менхиника для участка ПС Томаровка – ПС Дмитриевка даже больше (соответственно $D_{Mn} = 1,219989$ и $D_{Mn} = 1,06066$), что в целом указывает на сравнимое видовое богатство произрастающей НДКР по рассмотренным участкам.

Отметим, что для участков ПС Новобрянская – ПС Железнодорожная и ПС Железнодорожная – ПС Дмитровская, расположенных в непосредственной близости друг относительно друга, были выявлено различие видового богатства произрастающей НДКР ($D_{Mg} = 1,661627$ и $D_{Mn} = 1,150793$ для первого участка; $D_{Mg} = 1,329363$ и $D_{Mn} = 0,914991$ для второго), при этом с помощью «кросс-коэффициента» Чекановского ($K_{Ch}^c = 0,7699$) выявлена схожесть видового состава НДКР для данных участков. Аналогично для расположенных в непосредственной близости друг относительно друга участков ПС Красная Яруга – ПС Томаровка и ПС Томаровка – ПС Дмитриевка при схожем видовом составе НДКР («кросс-коэффициент» Чекановского $K_{Ch}^c = 0,6782$) выявлено различие видового богатства произрастающей НДКР ($D_{Mg} = 2,066542$ и $D_{Mn} = 1,299038$ для первого участка; $D_{Mg} = 1,861108$ и $D_{Mn} = 1,219989$ для второго).

Наименее богатым по численности оказались участки охранных зон линий электропередачи ПС Дмитровская – ПС Гостомль (с выявленным произрастанием таких видов нежелательной растительности, как, например, вяз гладкий) и Курская АЭС – ПС Железнодорожная (по 5 видов НДКР), однако ввиду того, что для указанных участков величины индексов Маргалефа и Менхиника ($D_{Mg} =$

1,411824 и $D_{Mn} = 1,212678$ для первого участка; $D_{Mn} = 0,980581$ для второго) превышают аналогичные показатели для других участков, то не следует признавать данные участки наименее скудными по видовому богатству НДКР. В целом же следует отметить, что полученные значения индексов Маргалефа и Менхиника не предоставили нам возможности однозначного суждения о наименее скудном видовом богатстве нежелательной растительности, произрастающей на территориях исследованных участков охранных зон линий электропередачи. Лишь по величине индекса Маргалефа ($D_{Mg} = 1,227711$) на участке Курская АЭС – ПС Железногорская может быть признано скудное видовое богатство произрастающей растительности. При рассмотрении же полученных величин индекса Менхиника таковыми (со скудным видовым богатством) могут быть признаны сразу 6 участков трасс ВЛ, имеющие приблизительно одинаковые значения индекса Менхиника $D_{Mn} < 1$.

Согласно значениям индекса Шеннона для исследованных участков охранных зон линий электропередачи, наибольшее разнообразие и выравнивание в структуре сообщества нежелательной растительности отмечено для вышеуказанного (лидирующего по видовому богатству) участка ПС Восточная – ПС Земснаряд ($H_{Sh} = 2,156088$).

Для рассматриваемых участков охранных зон линий электропередачи индекс Шеннона H_{Sh} имеет относительно небольшие перепады в значениях, что указывает на незначительные различия в выравнивании структуры сообществ произрастающей по указанным участкам нежелательной растительности, при этом наблюдается весьма высокая корреляционная связь (коэффициент корреляции $R = 0,911$) между количеством произрастающих на обследуемых участках видов НДКР и величиной индекса Шеннона. В частности, такие богатые видами ($S_{ндкр} \geq 9$) участки, как вышеуказанная ПС Восточная – ПС Земснаряд и ПС Истобное – ПС Ледовое характеризуются величинами $H_{Sh} > 2$, при этом несколько отстаёт от них участок ПС Красная Яруга – ПС Томаровка: $H_{Sh} = 1,897925$; очевидно из-за значительной доли одного из видов НДКР (клён ясенелистный с долей численности $f_i = 0,3542$) при сравнительно одинаковых долях ($f_i = 0,06 \dots 0,16$) остальных видов. В тоже время для относительно богатого видами участка ПС Губкин – ПС Касторная ($S_{ндкр} = 7$) и бедного видами участка ПС Дмитровская – ПС Гостомль ($S_{ндкр} = 5$) наблюдаются фактически одинаковые значения индекса Шеннона ($H_{Sh} = 1,578407$ и $H_{Sh} = 1,481117$ соответственно), очевидно – из-за значительной доли одного из видов НДКР (клён ясенелистный с долей численности $f_i = 0,4705$) при сравнительно одинаковых долях ($f_i = 0,07 \dots 0,15$) остальных видов. В целом же следует отметить, что полученные значения индексов Шеннона не предоставили нам возможности однозначного суждения о наименьшем разнообразии и выравнивании в структуре сообществ нежелательной растительности, произрастающей на территориях исследованных участков охранных зон линий электропередачи.

Список литературы

1. Шегельман И.Р. Повышение эффективности удаления древесно-кустарниковой растительности при непрерывном движении лесной машины / И.Р. Шегельман, М.В. Ивашнев, П.В. Будник // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 3(30). – С. 79.
2. Ивашнев М.В. Состояние исследований в области создания технологий и техники для удаления древесно-кустарниковой растительности с пахотных земель, вырубок леса и линейных объектов / М.В. Ивашнев // NovaUm.Ru. – 2019. – № 18. – С. 26-28.
3. Платонов А.А. Классификация линейных инфраструктурных объектов: линии электропередачи / А.А. Платонов // Актуальные проблемы современного транспорта. – 2023. – № 1(11). – С. 14-22.
4. Платонов А.А. Оценка видового разнообразия растительности, произрастающей на территориях линейных инфраструктурных объектов Центральной России / А.А. Платонов // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13, № 1(49). – С. 180-193. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12.
5. Платонов А.А. Критические замечания к содержанию технических заданий конкурсных заявок по удалению нежелательной растительности / А.А. Платонов, Л.Н. Богданова // Научная жизнь. – 2020. – Т. 15, № 2(102). – С. 199-211. – DOI 10.35679/1991-9476-2020-15-2-199-211.
6. Платонов А.А. Ручные средства механизации воздействия на нежелательную поросль в охранных зонах транспортных инфраструктур / А.А. Платонов // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2021. – № 1. – С. 94-98.
7. Платонов А.А. Вопросы утилизации нежелательной растительности при содержании охранных зон трасс ВЛ / А.А. Платонов // Воронежский научно-технический Вестник. – 2020. – Т. 1, № 1(31). – С. 95-102.
8. Платонов А.А. О возобновлении видов нежелательной растительности, произрастающей по территориям линейных инфраструктур / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022): Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2022. – С. 158-166.
9. Платонов А.А. Направления совершенствования оценки качества работ по удалению нежелательной растительности / А.А. Платонов // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2024»): Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24–26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 162-166.
10. Минаев В.Н. Таксация леса / В.Н. Минаев, Л.Л. Леонтьев, В.Ф. Ковязин. – СПб: Лань, 2022. – 240 с.

References

1. Shegelman I.R. Increasing the efficiency of tree and shrub vegetation removal during continuous movement of a forest machine / I.R. Shegelman, M.V. Ivashnev, P.V. Budnik // *Engineering Bulletin of the Don*. – 2014. – № 3(30). – p. 79.
2. Ivashnev M.V. The state of research in the field of creating technologies and equipment for removing trees and shrubs from arable lands, forest clearings and linear objects / M.V. Ivashnev // *NovaUm.Ru*. – 2019. – № 18. – pp. 26-28.
3. Platonov A.A. Classification of linear infrastructure facilities: power lines / A.A. Platonov // *Current problems of modern transport*. – 2023. – № 1(11). – pp. 14-22.
4. Platonov A.A. Assessment of species diversity of vegetation growing in the territories of linear infrastructure facilities in Central Russia / A.A. Platonov // *Forestry Journal*. – 2023. – Vol. 13, № 1(49). – pp. 180-193. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12.
5. Platonov A.A. Critical comments on the content of technical specifications of competitive applications for the removal of unwanted vegetation / A.A. Platonov, L.N. Bogdanova // *Scientific life*. – 2020. – Vol. 15, № 2(102). – pp. 199-211. – DOI 10.35679/1991-9476-2020-15-2-199-211.
6. Platonov A.A. Manual means of mechanization of influence on unwanted growth in security zones of transport infrastructures / A.A. Platonov // *History and prospects for the development of transport in the north of Russia*. – 2021. – № 1. – pp. 94-98.
7. Platonov A.A. Issues of disposal of unwanted vegetation when maintaining security zones of overhead line routes / A.A. Platonov // *Voronezh Scientific and Technical Bulletin*. – 2020. – Vol. 1, № 1(31). – pp. 95-102.
8. Platonov A.A. On the renewal of types of unwanted vegetation growing in the territories of linear infrastructures / A.A. Platonov, M.A. Platonova // *Current problems and prospects for the development of transport, industry and the economy of Russia (Transpromek 2022): Proceedings of the scientific and practical conference, Voronezh, November 25, 2022*. – Voronezh: branch of the federal state budgetary educational institution of higher education «Rostov State Transport University» in Voronezh, 2022. – pp. 158-166.
9. Platonov A.A. Directions for improving the quality assessment of work on removing unwanted vegetation / A.A. Platonov // *Transport: science, education, production («Transport-2024»): Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Voronezh, April 24-26, 2024*. – Voronezh: Rostov State Transport University, 2024. – pp. 162-166.
10. Minaev V.N. Forest taxation / V.N. Minaev, L.L. Leontyev, V.F. Kovyazin. – St. Petersburg: Lan, 2022. – 240 p.

**РАЗРАБОТКА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ
И РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ
И ТРАНСПОРТНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Стородубцева Т.Н., Кастрикин А.А., Довгаль В.А.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**DEVELOPMENT OF COMPOSITES BASED ON WOOD AND PLANT
WASTE FOR CONSTRUCTION AND TRANSPORT PRODUCTS**

Storodubtseva T.N., Kastrikin A.A., Dovgal V.A.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: Разработка конкурентно-способного материала на основе древесных и растительных отходов, не уступающих по своим характеристикам общеизвестным изделиям. За счет использования отходов материал будет дешевле, чем любой строительным материал, но по своим функциям и свойствам даже лучше и эффективнее.

Abstract: Development of a competitive material based on wood and plant waste, not inferior in its characteristics to well-known products. Due to the use of waste, the material will be cheaper than any building material, but in its functions and properties even better and more effective.

Ключевые слова: композиционный материал, отходы, древесные, растительные, изделия.

Keywords: composite material, waste, wood, plant, products.

Актуальность. 21 июля 2020 года Президент РФ В.В. Путин подписал Указ о снижении отходов в два раза к 2030 году. Проблема экологии и безотходного производства, как никогда актуальна, и очень важно разработать методы использования отходов в производстве, за счет чего мы сможем сохранить окружающую среду.

Целью работы является создание экологически чистого материала на основе растительных и древесных наполнителей, уменьшение стоимости, и улучшение физико-механических характеристик, которые не будут уступать существующим аналогам [1-3].

Основная задача заключается в дешевизне данного материала, но не исключая его конкурентоспособность на рынке. Также материал будет приближен по техническим характеристикам к строительным материалам и улучшен за счет различных модификаторов.

Описание проблемы. На сегодняшний день одной из основных проблем в экологии является утилизация как древесных, так и растительных отходов, которые в настоящее время закапываются или сжигаются, что пагубно сказывается на окружающей среде. С учетом того, что очень много отходов выходит при различном производстве, весьма важно найти способы безотходного производства [4, 5]. В нашем случае мы будем использовать рисовую шелуху, которая занимает огромные площади и почти не утилизируется, а также отходы древесины, которые утилизируются и не только занимают площадь под закапывание, но и сжигаются, что пагубно влияет на окружающую среду. За счет запуска производства, мы надеемся уменьшить количества отходов и в дальнейшем полностью перейти на безотходное производство, сырьем для которого как раз и будет являться большое количество отходов, как древесных, так и растительных.

Решение проблемы можно считать в активном использовании отходов в производстве, повышение важности данных композитов в строительстве и доказательство того, что композиты могут быть конкурентоспособными на рынке.

Ожидаемый результат – создание композита, имеющий высокие показатели прочности, долговечности. Области применения нашего образца разнообразны, начиная от гаражей и малоэтажных жилых домов, заканчивая различными сельскохозяйственными постройками: фермы, теплицы. Потребителями соответственно будут различные строительные кампании, заинтересованные в использовании нашего образца, транспортное строительство.

За счет использования в материале рисовой шелухи он будет обладать свойствами теплоизоляции, а при использовании цемента марки Holcim, он будет устойчив к высоким и низким температурам, соответственно сможет применяться в регионах крайнего Севера и Юга. За счет небольшого процента цемента и в основном использование рисовой шелухи и древесных отходов, образец будет облегченным и удобен в применении.

На данном этапе, в первую очередь необходима закупка нужных нам материалов, а именно: цемента, песка, рисовой шелухи, древесных отходов (щепа, опилки, стружка), модификаторов [5, 6]. А также необходимо нужное оборудование, спецодежда и подручные средства для проведения опытов и более масштабных экспериментальных испытаний.

Главным научно-техническим решением является создание патента на наш материал и дальнейшее его улучшение. Проведение экспериментов и нахождение перспективного оптимального состава для экспериментальных образцов, которые, в дальнейшем, будут доведены до готовности выхода в производство и продажу.

Сейчас разработка образцов находится на организационном этапе, создаются расчеты и изучаются различные составы для создания экспериментального образца. Уже просчитан количественный состав каждого из ингредиентов, используемых в образце, и мы готовы начать работу над ними и проведение экспериментов.

Данный продукт будет рентабелен за счет своей дешевизны. Также, на сегодняшний день в России еще не набрана популярность композитов, и это от-

личная возможность стать первыми в производстве качественного композита, который будет активно применяться, и будет пример для разработок новых композитов на основе различных отходов [3-5].

Уровень TRL 3 (это уровень технологической готовности продукта, на котором получен макетный образец и продемонстрированы его ключевые характеристики) будет достигнут за счет того, что мы проведем всевозможные эксперименты с различным составом наполнителей и над каждым проведем опыт, для понимания, какой из них является самым перспективным, сможет использоваться в строительстве и будет долговечен. На данный момент определены первые составы, с которых начнется эксперимент и создание образцов, и мы будем готовы предоставить наилучший образец нужного уровня.

С выходом первой партии готовых экземпляров будет предложено их использование в строительстве здания общежития, планируемого у нашего Вуза. При хороших отзывах об удобстве и качестве продукции будет запущена реклама на различные сайты о преимуществах данного образца, куда будут внесены комментарии по использованию. Также будут отправлены заявки в строительные компании с предложением использования данных образцов и дальнейшем сотрудничестве.

При хороших результатах начнем искать способы увеличения разработок по нашей продукции с выходом на цифру 100 экземпляров в месяц, а далее, при получении необходимого оборудования, данная цифра планируется к увеличению в 1000 образцов в месяц. Как уже было сказано, мы будем предлагать свою услугу строительным компаниям, так как мы уверены, что заинтересованность в нашем продукте будет, и спрос на него будет только расти.

Мы понимаем, что первое время расходы будут намного больше, чем доход, так как для организации бизнеса нужно сначала «подготовить почву», и только потом выходить на высокий доход. Для того чтобы окупать расходы, мы будем искать инвесторов, заинтересованных в нашем бизнесе.

Так как мы студенты, каждый из нас планирует поступление в магистратуру и количество фондов готовых поддерживать юных предпринимателей очень высок, мы будем продолжать искать способы развития своего производства за счет различных фондов по поддержке студентов и придем к моменту, когда уже сами сможем удовлетворять свои потребности касаясь расходов.

Список литературы

1. Стородубцева Т.Н. Полимерные композиционные материалы и гипотезы основ структурообразования / Т.Н. Стородубцева // Современные материалы, техника и технология: сб. науч. статей 10 Междунар. научно-практической конференции, Курск, 30 декабря 2020 года / отв. ред. М.С. Разумов; Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2020. – С. 338-346.

2. Saldaev V.A. Wood-Filled Polyurethane Foam and Modeling Properties of the Heat-Insulating Material Obtained from it / V.A. Saldaev, T.N. Storodubtseva, R.G. Safin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : electronic edition, Vladivostok, 02–04 октября 2018 года. Vol. 463, Part 4. – Vladivostok :

Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 042044. – DOI 10.1088/1757-899X/463/4/042044.

3. Кербер М.Л. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин. – СПб. : Профессия. – 2008. – 560 с.

4. Ксантос М.П. Функциональные наполнители для пластмасс / М.П. Ксантос. – СПб. : Научные основы и технологии, 2010. – 462 с.

5. Стородубцева Т.Н. Современные композиционные материалы для гражданского строительства: монография / Т.Н. Стородубцева, А.А. Аксомитный ; Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г.Ф. Морозова. – Воронеж, 2021. – 143 с.

6. Лисичкин Г.В. Химия привитых поверхностных соединений: учеб. пособие / Г.В. Лисичкин, А.Ю. Фадеев, А.А. Сердан. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.

References

1. Storodubtseva T.N. Polymer composite materials and hypotheses of the foundations of structure formation / T.N. Storodubtseva // Modern materials, technique and technology: coll. scientific articles 10 Intern. scientific and practical conference, Kursk, December 30, 2020 / ed. ed. M.S. Razumov; Southwestern State University. – Kursk: 2020. – pp. 338-346.

2. Saldaev V.A. Wood-Filled Polyurethane Foam and Modeling Properties of the Heat-Insulating Material Obtained from it / V.A. Saldaev, T.N. Storodubtseva, R.G. Safin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : electronic edition, Vladivostok, October 2-4, 2018. Vol. 463, Part 4. – Vladivostok: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 042044. – DOI 10.1088/1757-899X/463/4/042044.

3. Kerber M.L. Polymer composite materials: structure, properties, technology: textbook / M.L. Kerber, V.M. Vinogradov, G.S. Golovkin. – St. Petersburg: Profession, 2008. – 560 p.

4. Ksanthos M.P. Functional fillers for plastics / M.P. Ksanthos. – St. Petersburg: Scientific foundations and technologies, 2010. – 462 p.

5. Storodubtseva T.N. Modern composite materials for civil engineering: monograph / T.N. Storodubtseva, A.A. Aksomitny; Voronezh state university of forestry and technologies named after G.F. Morozov. – Voronezh, 2021. – 143 p.

6. Lisichkin G.V. Chemistry of grafted surface compounds: textbook / G.V. Lisichkin, A.Yu. Fadeev, A.A. Serdan. – Moscow: FIZMATLIT, 2003. – 592 p.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ
БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ЕГО СВОЙСТВА**

Татаренко И.Р.¹, Сердюкова Н.А.², Шевцов А.А.¹

¹*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Воронеж, Россия*

²*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**STUDY OF THE INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS
OF BIODIESEL FUEL ON ITS PROPERTIES**

Tatarenko I.R.¹, Serdyukova N.A.², Shevtsov A.A.¹

¹*Military Education and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky
and Y.A. Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russia*

²*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация. В статье представлен анализ данных по хранению биодизельного топлива. Выявлены основные причины возможного неблагоприятного воздействия биодизельного топлива на топливные системы транспортных средств, а так же определены условия хранения обеспечивающие сохранность его физико-химических свойств.

Abstract: The article presents an analysis of the literature data on the storage of biodiesel. The main causes of the possible adverse effects of biodiesel on the fuel systems of vehicles have been identified, as well as storage conditions ensuring the safety of its physico-chemical properties.

Ключевые слова: биодизельное топливо, исследование, хранение, физико-химические свойства.

Keywords: biodiesel, research, storage, physical and chemical properties.

Актуальность работы. С каждым годом в мире повышаются требования к экологической безопасности. Поэтому растет интерес к биодизельному топливу как перспективному, экологически чистому альтернативному топливу для средств механизации и энергетического оборудования. Биодизельное топливо – это кислородсодержащее топливо, которое содержит 10-15% кислорода по массе и не содержит серы. Эти факты приводят к тому, что биодизель полностью сгорает и выделяет меньше выхлопных газов, чем дизельное топливо. Биодизельное топливо имеет более высокую вязкость, плотность, температуру застывания, температуру вспышки и цетановое число, чем дизельное топливо. Использование биодизеля вместо обычного дизельного топлива значительно сни-

жает выбросы выхлопных газов, таких как CO_2 , твердые частицы, углерод монооксид, оксиды серы и несгоревшие углеводороды. При этом возникает необходимость организации правильного его хранения, так как биодизельное топливо может изменяться под воздействием воздуха, света, температуры и влажности. Другие факторы, такие как микроорганизмы или неорганические вещества, также влияют на качество продукта [1,2]. Ухудшение качества биодизельного топлива в процессе хранения из-за процессов окисления и полимеризации может перегрузить фильтры или нарушить работу форсунок, что приведёт к поломке дорогостоящей техники.

Большинство стандартных процедур хранения и транспортировки, применяемых для ископаемого топлива, могут быть успешно использованы и для биодизельного топлива. Резервуары для хранения биотоплива целесообразно изготавливать из металла (алюминий, сталь) и полимерных материалов (полиэтилен, полипропилен, тефлон). Конструкция резервуаров не должна включать цветные металлы и соединительные элементы из резины. Поскольку биодизельное топливо является органической жидкостью, а срок хранения её должен быть не менее шести месяцев с сохранением нормативных показателей качества, рекомендуется применять альгицидную или фунгицидную добавку всякий раз, когда топливо хранится в теплую погоду [3].

Вязкость топлива является одной из основных проблем, связанных с его хранением. Вязкость дизельного топлива составляет от 2,5 до 3,2 $\text{мм}^2/\text{с}$ при 40 °C, а вязкость биодизельного топлива, получаемого из соевого масла, составляет от 4,2 до 4,6 $\text{мм}^2/\text{с}$. Вязкость дизельного топлива должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечивать адекватную смазку деталей двигателя, но достаточно низкой, чтобы оно текло при рабочей температуре.

Общий механизм окисления жиров достаточно хорошо изучен. Для производства биодизельного топлива обычно используются растительные масла, состоящие из жиров с длинными цепочками углеводородов, для уменьшения их вязкости жиры расщепляются на небольшие молекулы сложных эфиров, цепи которых, содержат в основном 16 или 18 атомов углерода и от 0 до 3 двойных связей. Относительные скорости окисления этих сложных эфиров $\text{C18:3} > \text{C18:2}$, потому что ди- и триненасыщенные жирные кислоты содержат наиболее реакционноспособные участки для инициирования последовательности цепных реакций автоокисления. Аллильное положение гораздо менее реакционноспособно, что объясняет гораздо более низкую скорость окисления сложного эфира олеиновой кислоты (C18:1) центры обладают высокой реакционной способностью к образованию свободных радикалов, которые немедленно изомеризуются с образованием более стабильной сопряженной структуры, а затем могут непосредственно реагировать с кислородом с образованием перекисных радикалов. Таким образом, пероксиды и кислоты образуются в последовательном процессе, в то время как олигомеры (и, в конечном счете, нерастворимые вещества) образуются параллельно с образованием кислоты в результате более медленного многоступенчатого процесса. Однако все пути образования отложений включают образование перекиси в качестве начального этапа, что

подчеркивает важность предотвращения образования перекиси на этапе производства биодизельного топлива и по всей цепочке распределения и хранения.

Для определения стабильности биодизельного топлива при хранении используется метод установленный стандартом ГОСТ Р ЕН ИСО 12205-2007. Метод заключается в то, что испытуемый образец биодизельного топлива окисляют при температуре 95 °С в течение 16 ч, барботируя через него кислород, при этом присутствие медной пластины ускоряет изменения, происходящие в топливе, более значительно и сопоставимо с его хранением в течение 2-х лет. После окисления испытуемый образец охлаждают до комнатной температуры и проводят хроматографический анализ [4].

На рис. 1 и 2 показано как изменяется плотность и вязкость биодизельного топлива в зависимости от способа его хранения.

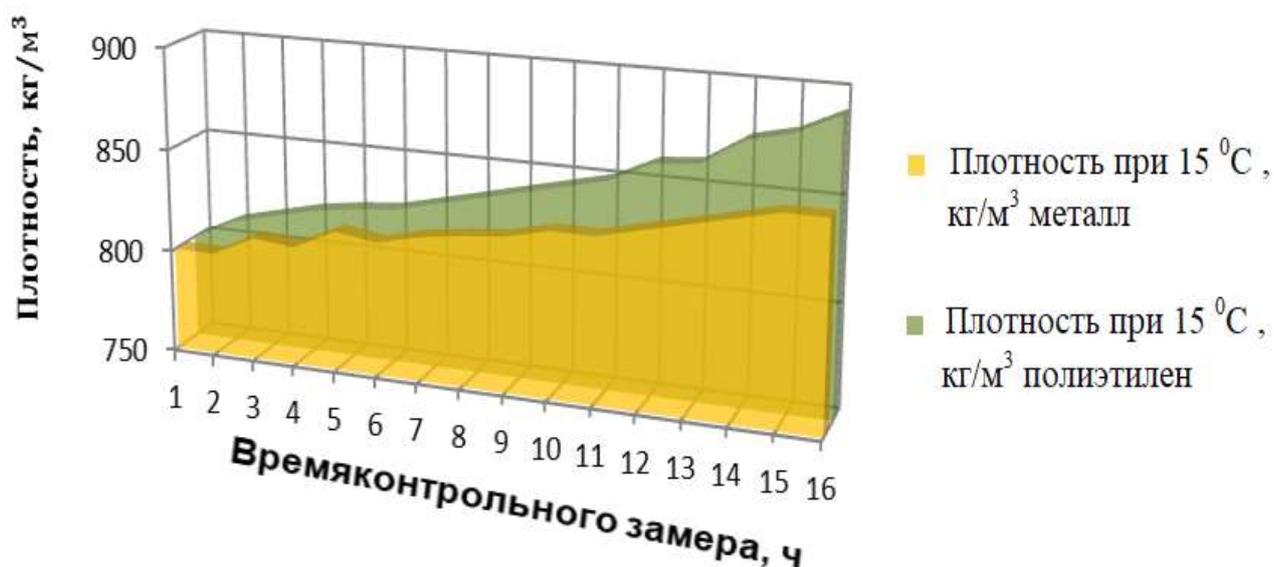


Рисунок 1 – Изменение плотности биодизельного топлива

Результаты показали, что в резервуарах из металла и полимерных материалов биодизельное топливо имеет разный естественный уровень окислительной стабильности, что указывает на то, что катионы металла играют значительную роль в определении окислительной стабильности и приводят к значительному увеличению вязкости и плотности биодизельного топлива при его длительном хранении.

В процессе хранения биодизельного топлива его молекулы испытывают агрессивное воздействие активных форм кислорода, образующихся в топливе: пероксидных или гидропероксидных радикалов. Для достижения стабильности топлива в процессе хранения в резервуарах из металла рекомендуется добавлять в состав биодизельных топлив присадками, исключая радикальные реакции и связывающими катионы металлов [5].

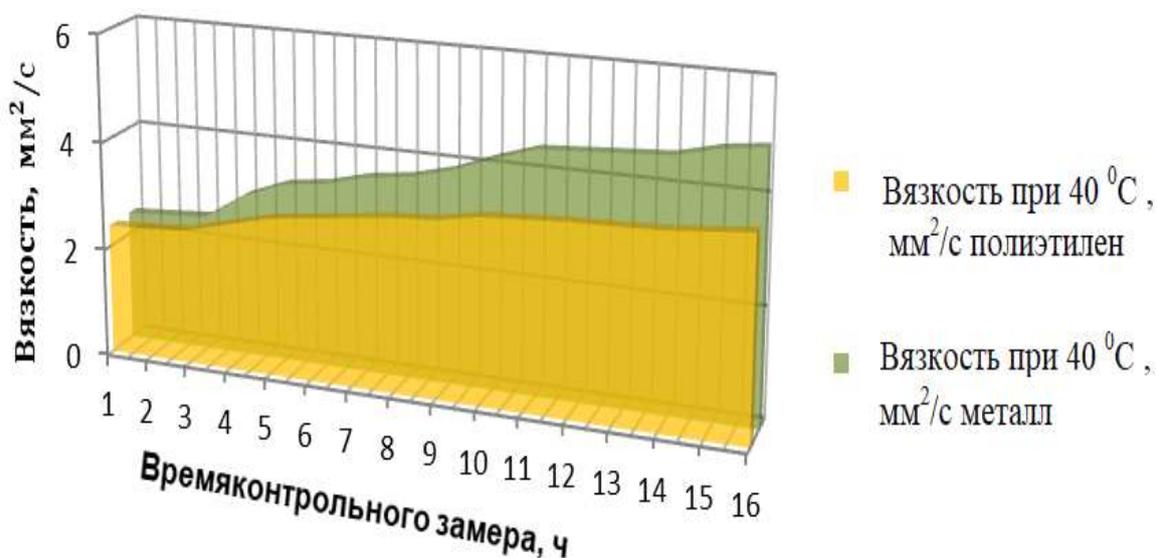


Рисунок 2 – Изменение вязкости биодизельного топлива

Таким образом, можно отметить, что в процессе хранения биодизельного топлива в полиэтиленовых резервуарах его физико-химические свойства сохраняются дольше. Также полиэтиленовые резервуары обладают следующими преимуществами:

- срок службы от 50 лет;
- устойчивость к ультрафиолету и агрессивным веществам;
- антикоррозийность;
- малые габариты и вес;
- бесшовная конструкция, что гарантирует герметичность хранения;
- простота в эксплуатации.

Именно поэтому полиэтиленовые резервуары наиболее предпочтительны при хранении биодизельного топлива, однако они, как правило, имеют небольшие объемы и не подходят для промышленного хранения.

В промышленных масштабах биодизельное топливо хранится в металлических горизонтального (до 100 м³) и вертикального (до 120000 м³) расположения или железобетонных резервуарах. Однако плотность и вязкость топлива в них увеличиваются быстрее, чем в резервуарах из полимерных материалов сокращая, тем самым срок его хранения [6].

В качестве решения данной проблемы в биодизельное топливо рекомендуется добавление антиокислительных присадок, которые не только повысят стабильность при хранении минимум в 1,5 раза и сделают его применение экономически более выгодным. Присадки, используемые для улучшения физико-химических свойств, могут дополнительно улучшить сгорание биодизельного двигателя. Оксигенирующие добавки снижают выбросы твердых частиц и СО₂ при производстве и эксплуатации биодизельного топлива, вступая в реакцию с радикалами и образуя инертные продукты реакции, замедляют процесс расщепления, снижают плотности и вязкости.

Развитие исследований в области синтеза и эффективного применения новых видов присадок к биодизельным топливам в значительной мере обусловле-

но их различными физико-химическими свойствами, которые зависят от исходных компонентов, использованных при его производстве. В виду непрерывного поиска новых источников для производства биодизельного топлива требуется постоянная корректировка состава присадок.

Список литературы

1. Зайченко В.М. Проблемы и перспективы развития российской биоэнергетики (часть 2) / В.М. Зайченко, Д.А. Соловьев, А.А. Чернявский // Окружающая среда и энерговедение. – 2022. – № 1(13). – С. 32-47.

2. Производство биодизельного топлива с использованием теплового насоса / А.А. Шевцов, Н.А. Сердюкова, Д.С. Слепокуров // ССП-2023: Сборник научных трудов по материалам XII Международной научно-практической конференции 23 мая 2023 г. – Воронеж, 2023. – С. 50-55.

3. Возобновляемая энергия: Производство биотоплива / П.Д. Викаш Бабу, П.Д. Ашиш Таплиял, П.Д. Гириеш Кумар Патель. – Изд-во Scrivener Publishing, 2014. – 366 с.

4. Романцова С.В. Стабильность биодизельных топлив при хранении / С.В. Романцова, И.А. Рязанцева, К.С. Малахо // Вестник ТГУ, Т. 14, вып. 1, 2009. – С. 63-66.

5. Изменение физико-химических характеристик биодизельного топлива и его композиций при хранении / Романцова С.В. [и др.] // Наука в центральной России, № 3 (57), 2022. – С. 129-137.

6. О химической стабильности биотоплив при их хранении в стальных резервуарах / С.А. Нагорнов, А.Ю. Корнев, С.В. Романцова [и др.] // Проблемы и перспективы инновационного развития АПК: Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию ФГБНУ ВНИИТиН, Тамбов, 16 октября 2020 года. – Тамбов : Студия печати Галины Золотовой, 2020. – С. 193-197.

References

1. Zaichenko V.M. Problems and prospects of development of Russian bioengineering (part 2) / V.M. Zaichenko, D.A. Solovyov, A.A. Chernyavsky // Environment and energy science. – 2022. – № 1(13). – pp. 32-47.

2. Production of biodiesel fuel using a thermal pump / A.A. Shevtsov, N.A. Serdyukova, D.S. Slepokurov // SSP-2023: Collection of scientific papers based on the materials of the XII International Scientific and Practical Conference on May 23, 2023 – Voronezh, 2023. – pp. 50-55.

3. Renewable energy: Biofuel production / P.D. Vikash Babu, P.D. Ashish Tapliyal, P.D. Giriesh Kumar Patel. Scrivener Publishing, 2014. – 366 p.

4. Romantsova S.V. Stability of biodiesel fuels during storage / S.V. Romantsova, I.A. Ryazantseva, K.S. Malakho // Bulletin of TSU, Vol. 14, issue 1, 2009. – pp. 63-66.

5. Changes in the physico-chemical characteristics of biodiesel fuel and its compositions during storage / S.V. Romantsova [et al.] // Science in Central Russia, № 3 (57), 2022 – pp. 129-137.

6. On the chemical stability of biofuels during their storage in steel containers / S.A. Nagornov, A.Yu. Kornev, S.V. Romantsova [et al.] // Problems and prospects of innovative development of the agro-industrial complex: Collection of scientific reports of the International Scientific and practical Conference dedicated to the 40th anniversary of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Tambov, October 16, 2020 of the year. Tambov: Galina Zolotova Printing Studio, 2020. – pp. 193-197.

СЕКЦИЯ 3
ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ, СИСТЕМ
И СОСТОЯНИЙ

DOI: 10.58168/MFCC2024_111-116

УДК 621.865.8:625.8:630*36

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ КОМБИНИРОВАННОГО
МНОГОЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА С ОДНОЙ
СТЕПЕНЬЮ ПОДВИЖНОСТИ

Анисимов И.С.

*Поволжский государственный технологический университет,
Йошкар-Ола, Россия*

STRUCTURAL ANALYSIS OF A COMBINED MULTI-LINK
MANIPULATOR WITH ONE DEGREE OF MOBILITY

Anisimov I.S.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

Аннотация. В работе представлено новое конструктивное решение комбинированного манипулятора без избыточных степеней подвижности. Для доказательства работоспособности приведен его структурный анализ. Представлен результат физического моделирования работы манипулятора.

Abstract. The paper presents a new design solution for a combined manipulator without redundant degrees of mobility. To prove its operability, its structural analysis is provided. The result of physical modeling of the manipulator's operation is presented.

Ключевые слова: многозвенный комбинированный манипулятор, структурный анализ, степень подвижности, кинематическая пара, компоновочно-кинематическая схема.

Keywords: multi-link combined manipulator, structural analysis, degree of mobility, kinematic pair, layout and kinematic scheme.

Структура лесозаготовительных машин (ЛЗМ) базируется на концепции модульного построения. Так ЛЗМ состоит из двух модулей:

1. Энергетического (базовой машины);
2. Технологического (навесного оборудования).

Навесное оборудование современных лесозаготовительных машин включает манипуляторное оборудование (сам манипулятор) и рабочий орган, для выполнения заданных операций [1].

Проектирование манипуляторного оборудования состоит из нескольких этапов [2, 3].

Рассмотрим основные стадии проектирования технологического оборудования применительно к разработанной конструкции шарнирно-сочлененного комбинированного манипулятора [4].

Постановка задачи поиска технического решения. На рубках ухода в молодняках, расчистке трасс линий электропередач, нефте-газопроводов в большинстве случаев используют моторные кусторезы, бензиномоторные пилы и т.п. С ежегодными лесными пожарами и последующим освоением территорий, подвергшимся пожарам, увеличиваются площади естественных хвойно-лиственных молодняков. Поэтому, при проведении этих рубок, а именно при осветлении и прочистке одной из задач лесного машиностроения становится создание маневренных работоспособных многозвенных манипуляторов со значительным вылетом рабочего органа.

Техническое задание на проектирование. Исходя из технических возможностей транспортно-технологического модуля лесозаготовительной машины, например, валочно-пакетирующей машины ЛП-19В, выпускаемой в Республике Марий Эл, г. Йошкар-Олы на ООО «Лестехком», необходимо серийный шарнирно-сочлененный манипулятор с вылетом до 10 м модульно оснастить многозвенным комбинированным манипулятором с вылетом до 18м, грузоподъемностью 8 кН и грузовым моментом 144 кН*м. [5].

Разработка компоновочно-структурной схемы манипулятора. Компоновочно-структурные схемы строятся как минимум для трех случаев:

- 1) при наибольшем вылете;
- 2) при промежуточном вылете;
- 3) при наименьшем вылете [4].

Структурный анализ манипулятора. Проводится для проверки работоспособности манипулятора в целом [3].

Кинематический анализ манипулятора. Проводится для выявления зависимостей скорости выдвигания рабочего органа от скоростей выдвигания штоков гидроцилиндров привода стрелы и рукояти [6].

Кинестатический анализ манипулятора. Проводится для определения усилий в звеньях шарнирно-сочлененной фермы и изгибающих моментов в звеньях телескопической рукояти в зависимости от вида рабочего органа и способа заготовки сортиментов непосредственно у пня [6].

Рабочее проектирование. На основе структурного, кинематического и кинестатического анализов, т.е. эскизного и технического проектирования манипулятора подбираются гидроцилиндры приводов манипулятора, проводится расчет сечений подвижных секций телескопической рукояти, сечений звеньев шарнирно-сочлененной фермы, выбор материала и т. д. Затем выполняется расчет их на прочность, жесткость, упругость [3].

Цель работы непосредственно связана со структурным анализом исполнительного манипуляторного механизма нового типа с прямолинейно-направляющим механизмом движения-выдвижения рукояти в виде рычажной структуры – рычаг – равнобедренный жесткий треугольник – тяга [7].

Решение задачи. Представлена конструкция шарнирного многозвенного манипулятора с движением-выдвижением секций рукояти за счет рычажной

структуры – рычаг - равносторонний жесткий треугольник-тяги, выполненная в масштабе 1:10 (рис. 1).

Структурная схема данной конструкции отображена на рис. 2.

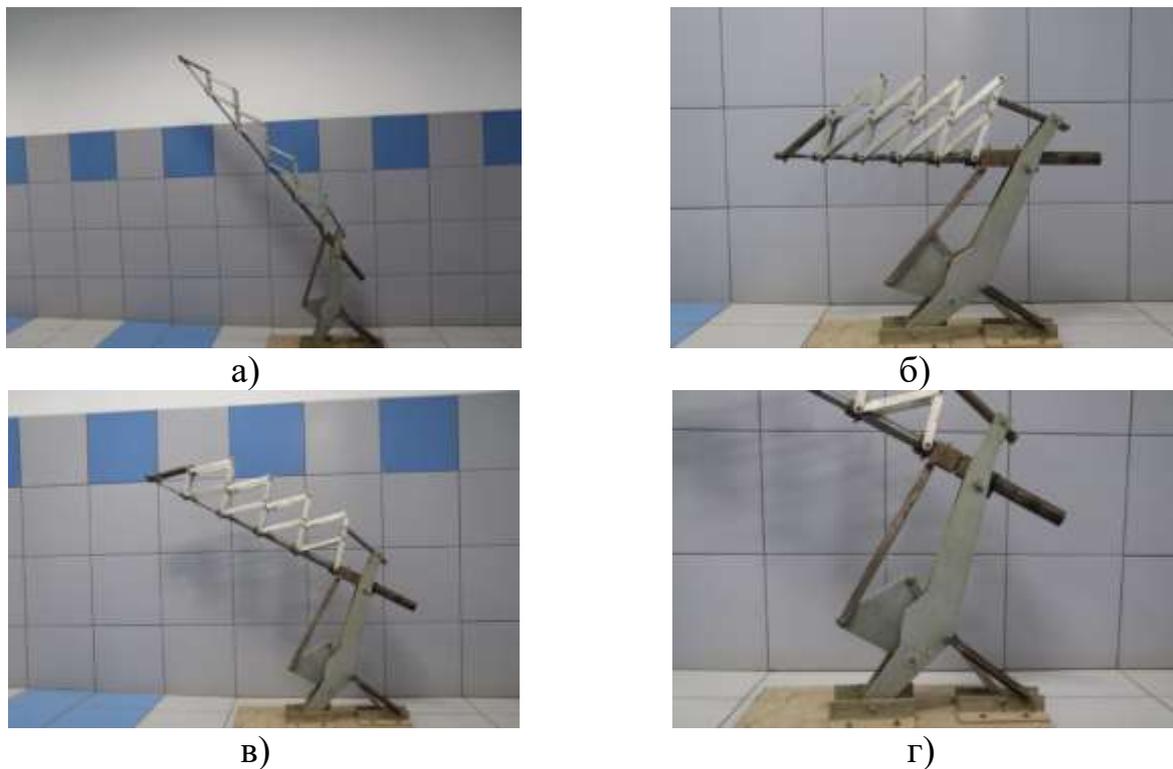


Рисунок 1 – Комбинированный манипулятор:

а) на наибольшем вылете; б) на наименьшем вылете; в) на промежуточном вылете; г) рычажная структура: рычаг – равносторонний жесткий треугольник – тяга

Рассмотрим работу манипулятора на примере, когда необходимо доставить рабочий срезающий орган в заданную точку. Выдвижением штока гидроцилиндра 2 синхронно с поворотом платформы энергетического модуля устанавливают манипулятор в рабочее положение.

При выдвижении штока гидроцилиндра 3 происходит поворот вершин треугольника 5 и корпуса рукояти 7 относительно оси крепления к стреле 2 против часовой стрелки за счет рычага 1 и тяги 6 соответственно.

Подвижные секции 8, 9, 10, 11, 12 относительно корпуса 7 рукояти выдвигаются (рис. 2) через толкатель 27 шарнирно-сочлененной фермы.

Первоначальное положение манипулятор занимает втягиванием штока гидроцилиндра 3.

Выполним его структурный анализ.

При выполнении структурного анализа были приняты обычные допущения [5, 6]:

- 1) Все звенья механизма абсолютно твердые тела;
- 2) Зазоры в подвижных соединениях звеньев отсутствуют;
- 3) Не приняты во внимание собственные степени подвижности рабочего органа – ЗСУ.

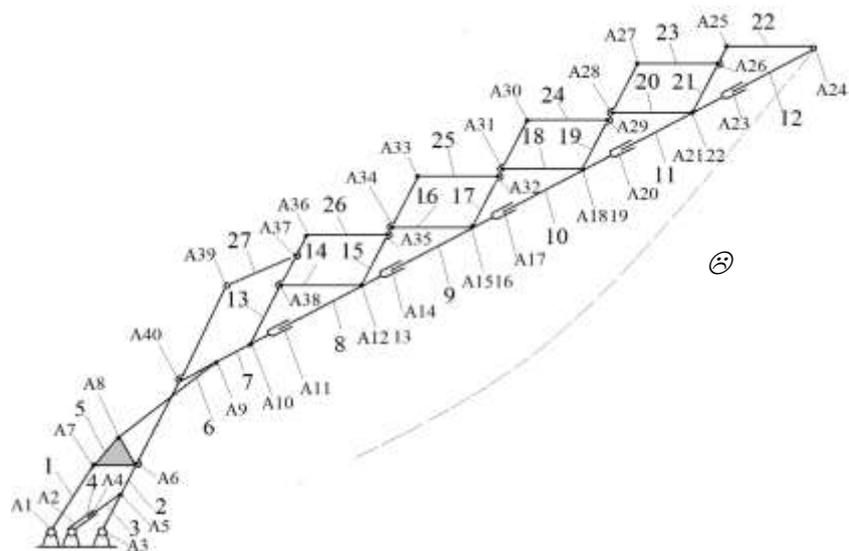


Рисунок 2 – Структурная схема манипулятора:

1 – рычаг; 2 – стрела; 3 – шток гидроцилиндра стрелы; 4 – корпус гидроцилиндра стрелы; 5 – звено равностороннего жесткого треугольника; 6 – тяга; 7 – корпус рукояти; 8, 9, 10, 11 и 12 – подвижные секции рукояти; 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 – рычаги механизма вдвижения-выдвижения секций рукояти; 27 – толкатель

Далее мы ограничиваемся анализом движения механизма в вертикальной плоскости, не учитывая вращение и поступательное перемещение подвижной базы, на которую он устанавливается. Кроме того из технологических соображений операции поворота (наведения) и подъема (выдвижения) рабочего органа (ЗСУ) обычно разделены во времени.

Общепринятые обозначения кинематических пар – A_1, \dots, A_{40} : вращательная пара пятого класса (ВППК), поступательная пара пятого класса (ПППК). Количество и вид кинематических пар отображены в табл. 1.

Таблица 1

Кинематические пары механизма:

$A_1(0;1)$ - ВППК;	$A_{14}(8;9)$ - ПППК;	$A_{27}(19;23)$ - ВППК;
$A_2(0;4)$ - ВППК;	$A_{15}(9;16)$ - ВППК;	$A_{28}(19;20)$ - ВППК;
$A_3(0;2)$ - ВППК;	$A_{16}(16;17)$ - ВППК;	$A_{29}(19;24)$ - ВППК;
$A_4(3;4)$ - ПППК;	$A_{17}(9;10)$ - ПППК;	$A_{30}(17;24)$ - ВППК;
$A_5(2;3)$ - ВППК;	$A_{18}(10;18)$ - ВППК;	$A_{31}(17;18)$ - ВППК;
$A_6(2;5)$ - ВППК;	$A_{19}(18;19)$ - ВППК;	$A_{32}(17;25)$ - ВППК;
$A_7(1;5)$ - ВППК;	$A_{20}(10;11)$ - ПППК;	$A_{33}(15;25)$ - ВППК;
$A_8(5;6)$ - ВППК;	$A_{21}(11;20)$ - ВППК;	$A_{34}(15;16)$ - ВППК;
$A_9(6;7)$ - ВППК;	$A_{22}(20;21)$ - ВППК;	$A_{35}(15;26)$ - ВППК;
$A_{10}(7;13)$ - ВППК;	$A_{23}(11;12)$ - ПППК;	$A_{36}(13;26)$ - ВППК;
$A_{11}(7;8)$ - ПППК;	$A_{24}(12;22)$ - ВППК;	$A_{37}(13;27)$ - ВППК;
$A_{12}(8;14)$ - ВППК;	$A_{25}(21;22)$ - ВППК;	$A_{38}(13;14)$ - ВППК;
$A_{13}(14;15)$ - ВППК;	$A_{26}(21;23)$ - ВППК;	$A_{39}(2;27)$ - ВППК;
		$A_{40}(2;7)$ - ВППК;

Степень подвижности применительно к плоским механизмам рычажного типа рассчитывается по формуле

$$W = 3n - 2P_5 - P_4, \quad (1)$$

где n – численность подвижных звеньев механизма;

P_4 – численность кинематических пар 4-го класса;

P_5 – численность кинематических пар 5-го класса.

$$W = 3 \cdot 27 - 2 \cdot 40 - 0 = 81 - 80 = 1. \quad (2)$$

Выводы. Из проведенного структурного анализа рассмотренной конструкции манипулятора можно сделать вывод об отсутствии избыточных связей. Степень свободы манипулятора равно единице (соответствует числу приводов).

Уменьшение числа степеней свободы упрощает управление механизмом и позволит облегчить работу оператора лесной машины.

При единственной степени подвижности рассмотренного плоского механизма их рабочее пространство вырождается в плоскую кривую L – траекторию концевой точки А24 механизма (рис. 2). Форма этой кривой зависит от геометрических параметров звеньев механизма. Для увеличения размерности и объема рабочего пространства данного манипулятора предполагается использовать вращательную степень подвижности самой поворотной платформы лесной машины, на которую устанавливается манипуляторный механизм, а также поступательные степени подвижности колесной или гусеничной базы машины.

Научная работа выполнена под руководством к.т.н., доцента кафедры Транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО «Поволжского государственного технологического университета» Макарова Владимира Евгеньевича.

Список литературы

1. Валяжонков В.Д. Общая компоновка лесосечных машин последних поколений / В.Д. Валяжонков, Е.А. Васякин, В.Н. Иващенко // Вестник КрасГАУ. 2012. № 3 (66). С. 160-164.
2. Ворков А.А. Направление модернизации технологического оборудования лесозаготовительных машин / А.А. Ворков // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2012. № 32. С. 9-13.
3. Анисимов С.Е. Многозвенные манипуляторы: научное издание / С.Е. Анисимов, П.М. Мазуркин; М-во образования Рос. Федерации, Мар. гос. техн. ун-т. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 73 с.
4. Механика машин: учеб. пособие для ВТУЗов / И.И. Вульфсон, М.Л. Ерихов, М.З. Коловский, Г.А. Смирнов; под ред. Г.А. Смирнова. – М. : Высш. школа, 1996. – 510 с.
5. Мазуркин П.М. Способ и манипуляторная машина для заготовки сортиментов с растущих деревьев / П.М. Мазуркин, С.Е. Анисимов // Вестник

Центрально-Черноземного региона отделения науки о лесе. Академии естественных наук. Воронежская государственная лесотехническая академии. Выпуск. 2. 1999. С.131-134.

6. Воробьев Е.И. Механика промышленных роботов : учеб. пособие для ВТУЗов в 3 кн. Книга 1: Кинематика и динамика / Е.И. Воробьев, С.А. Попов, Г.И. Шевелева. – М. : Высш. школа. 1988. – 304 с.

7. Патент № 2251479 Российская Федерация. МПК В25J5/00, А01G 23/083, В66С 23/687. Манипулятор машины для обработки деревьев. / С.Е. Анисимов, П.М. Мазуркин., А.В. Мельникова Заявитель и патентообладатель Марийский государственный технический университет, заявл. 28.02.2003, опубл. 20.12.2004. Бюл. № 35.

References

1. Valyazhonkov V.D. General configuration of the last generation logging machines / V.D. Valyazhonkov, E.A. Vasyakin, V.N. Ivashchenko // Bulletin of KrasGAU. 2012. № 3 (66). pp. 160-164.

2. Vorkov A.A. Direction of modernization of technological equipment of logging machines / A.A. Vorkov // Current problems of the forestry complex. 2012. № 32. pp. 9-13.

3. Anisimov S.E. Multi-link manipulators: scientific publication / S.E. Anisimov, P.M. Mazurkin; Ministry of Education of the Russian Federation, MarSTU. – Yoshkar-Ola : MarSTU, 2003. – 73 p.

4. Mechanics of machines: Textbook for higher technical educational institutions / I.I. Vulfson, M.L. Erikhov, M.Z. Kolovsky, G.A. Smirnov; edited by G.A. Smirnov. – М.: Higher school, 1996. – 510 p.

5. Mazurkin P.M. Method and manipulator machine for harvesting assortments from growing trees / P.M. Mazurkin, S.E. Anisimov // Bulletin of the Central Black Earth Region, Department of Forest Science. Academy of Natural Sciences. Voronezh State Forest Engineering Academy. Issue 2. 1999. pp. 131-134.

6. Vorobyov E.I. Mechanics of industrial robots : Textbook for Higher Technical Education Institutions in 3 Books. Book 1: Kinematics and Dynamics / E.I. Vorobyov, S.A. Popov, G.I. Sheveleva. – Moscow : Higher School, 1988. 304 p.

7. Патент № 2251479 Russian Federation. IPC В25J5/00, А01G 23/083, В66С 23/687. Manipulator of a tree processing machine. / S.E. Anisimov, P.M. Mazurkin, A.V. Melnikova Applicant and patent holder Mari State Technical University, decl. 02.28.2003, published 12.20. 2004. Bull. № 35.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛЕБАНИЙ ТРЕЛЕВОЧНОГО
АГРЕГАТА С СИСТЕМОЙ РЕКУПЕРАЦИИ
В ПРОДОЛЬНО-ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ**

Дерепаско И.В., Четверикова И.В., Болгов А.В.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**MATHEMATICAL MODEL OF THE SKIDDER OSCILLATION
THE UNIT WITH A RECOVERY SYSTEM
IN THE LONGITUDINAL-VERTICAL PLANE**

Derepasko I.V., Chetverikova I.V., Bolgov A.V.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: В статье рассмотрена актуальность повышения энергоэффективности лесных машин за счет внедрения энергосберегающих гидросистем в бесчokerные трелевочные агрегаты. Рассмотрены основные виды операций по транспортировке сортамента. Приведена классификация трелевочных операций и технические средства, применяемые для их выполнения. Рассмотрена перспективная энергосберегающая гидросхема, в которой реализуется процесс рекуперации энергии при помощи использования дополнительного гидроцилиндра и гидроаккумулятора. Составлена математическая модель перспективной схемы трелевочного агрегата с системой рекуперации энергии, модель движения трактора МТЗ-82, агрегируемого трелевщиком.

Abstract: The article considers the relevance of improving the energy efficiency of forest machines through the introduction of energy-saving hydraulic systems in lockless skidding units. The main types of operations for the transportation of the assortment are considered. The classification of skidding operations and the technical means used to perform them are given. A promising energy-saving hydraulic circuit is considered, in which the process of energy recovery is realized by using an additional hydraulic cylinder and a hydraulic accumulator. A mathematical model of a promising scheme of a skidding unit with an energy recovery system, a model of the movement of the MTZ-82 tractor, aggregated by a skidder, has been compiled.

Ключевые слова: бесчokerная трелёвка, рекуперативная система, гидравлическая система, гидроаккумулятор.

Keywords: non-choker logging, recuperative system, hydraulic system, hydro-accumulator.

В российской лесной промышленности решается вопрос о механизации всех видов работ, что значительно повышает эффективность предприятий. В

связи с этим для сохранения экономической целесообразности большое внимание уделяется поиску энергосберегающих решений.

Одним из наиболее эффективных способов транспортировки древесины является трелевка сортаментов, которая экономически выгодна за счет отсутствия затрат на обустройство пути. В России для этой операции используются две группы машин: специальные харвестеры, форвардеры и другие крупногабаритные машины, а также трелевочные агрегаты, устанавливаемые на тракторы общего назначения. Вторая группа более распространена, так как для небольших предприятий содержание специализированных машин часто оказывается нерентабельным. Таким образом, существует тенденция к увеличению научных исследований, связанных с повышением эффективности подобных машин [1, 2].

Тракторы общего назначения, агрегируемые с трелевочными захватами, имеют ряд преимуществ перед крупногабаритными машинами: низкую стоимость эксплуатации, возможность использования агрегируемых тракторов в других целях, лучшую проходимость благодаря меньшим габаритам и массе, а также возможность подбора отдельных деревьев и регулирования объемов пачки древесины.

Важным элементом всех машин, используемых для подъема грузов, является гидропривод. Повышение его эффективности напрямую влияет на производительность лесных машин. В настоящее время у большинства существующих машин с гидроприводом имеется ряд недостатков. Характерным для трелевочных агрегатов являются значительные колебания в вертикальной плоскости при передвижениях по неровностям рельефа, возникающие в связи с этим утечки рабочего тела и значительные динамические нагрузки на силовую систему агрегата, которые существенно снижают эксплуатационно-технологические характеристики лесной машины.

В настоящее время данную проблему принято решать внедрением системы рекуперации энергии, представляющей собой энергосберегающий гидропривод с гидроаккумулятором. Он позволяет значительно снижать динамические нагрузки в связи с гашением возникающих скачков давления в жидкости и использовать полученную в результате рекуперации энергию в рабочих процессах гидропривода. Такие системы уже применяются в машинах циклического действия в других отраслях промышленности, например, в манипуляторах.

Бесчokerное трелевочное устройство [3, 4] с энергосберегающим гидроприводом способно обеспечить меньшую потерю энергии непроизводительно теряемой из-за колебаний в различных плоскостях пачки деревьев, следовательно, значительно увеличить энергоэффективность рабочего процесса. Кроме этого, за счет демпфирующих качеств энергосберегающего гидропривода снижаются нагрузки на элементы конструкции трелевочного устройства и навесного механизма трактора, и тем самым повышается их надежность.

Трелевка сортамента производится путем захвата ствола дерева за один конец (комлевой или вершинный). На рис. 1 изображена расчетная схема процесса трелёвки деревьев для составления математической модели [3]. Для

упрощения системы уравнений отделим пачку бревен от навесной системы трактора, заменив их реакциями связей $P_x^{бр}$, $P_z^{бр}$.

Движение трактора относительно оси Ox является зависимостью от разности силы тяги $P_{тяги}$ и силы сопротивления P_c :

$$m_{тр} \ddot{X} = P_{тяги} - P_c \quad (1)$$

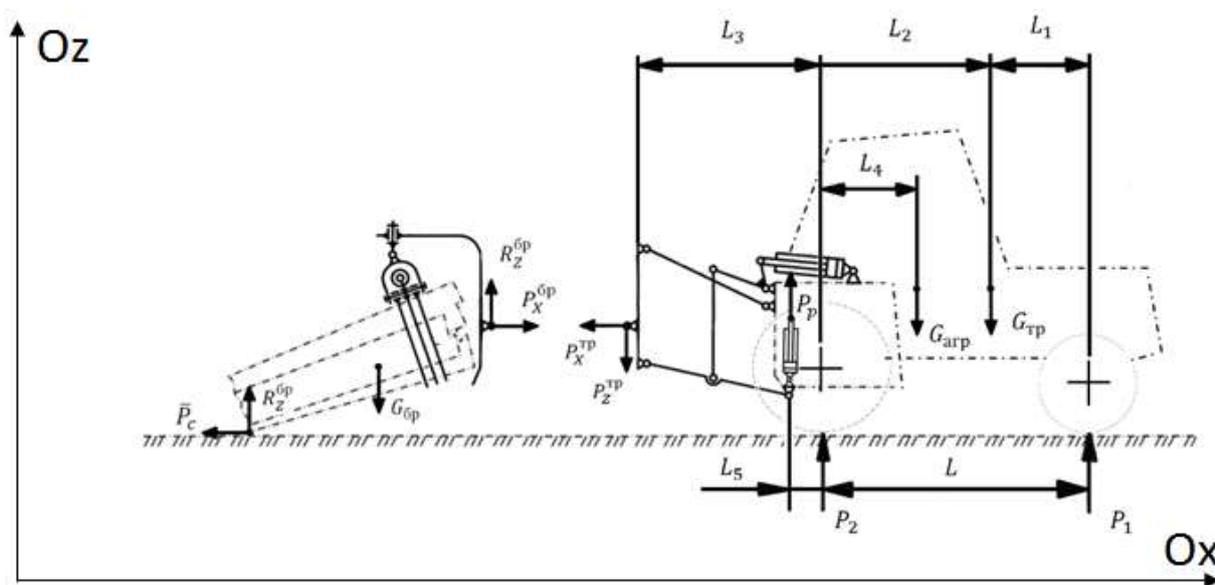


Рисунок 1 – Расчетная схема перемещений трелевочного агрегата.

Рассмотрим колебания тракторного агрегата относительно оси Oz .

$$m_{тр} \ddot{Z} = P_{п1} + P_2 - G_{трз} - R_{арп}^z - S \cdot P \quad (2)$$

где P_1 – сила реакции, возникающая в переднем мосту трактора; P_2 – сила реакции, возникающая во заднем мосту трактора; $G_{трз}$ – вес трелёвочного агрегата; S – площадь поршня рекуперации; P – сила давления в гидроцилиндре рекуперации.

Вращательное движение, появляющееся при колебании трелёвочного агрегата вокруг оси Oy , описывается основным законом динамики и имеет вид:

$$J_{трз} \ddot{\phi} = -P_{п1}(L_1 + L_2 + L_3) + P_2 \cdot L_3 + R_{арп}^z - S \cdot P \cdot l \quad (3)$$

где, $J_{трз}$ – момент инерции агрегата относительно оси Oy , $P_{п1}$ – сила реакции переднего моста, P_2 – сила реакции заднего моста, L_1 и L_2 – расстояния от центра масс трактора до переднего и заднего мостов соответственно, L_3 – расстояние между задней осью трактора и центром масс трелевочного агрегата, l – плечо силы давления на гидроцилиндре рекуперации, относительно центра масс системы.

Таким образом, математическая модель рабочего процесса бесчокерного трелевочного устройства с энергосберегающим гидроприводом при рубках ухода за лесом состоит из следующих дифференциальных уравнений:

1. Уравнение движения агрегата вдоль оси ОХ:

$$m_{\text{тр}} \ddot{X} = P_{\text{тяги}} - P_c = P_2 \cdot \varphi_{cy} \cdot r_k - Q_2 (f \cos \alpha \pm \sin + \frac{\ddot{x}}{y}) ;$$

2. Уравнение вертикальных колебаний агрегата вдоль оси ОZ:

$$m_{\text{тр}} \ddot{Z} = P_{\text{п1}} + P_2 - G_{\text{тр2}} - R_{\text{ар}}^z - S \cdot P ;$$

3. Уравнение профильных колебаний агрегата вокруг оси ОУ:

$$Y_{\text{тр2}} \ddot{\varphi} = -P_{\text{п}} (L_1 + L_2 + L_3) + P_2 \cdot L_3 + R_{\text{ар}}^z - S \cdot P \cdot l ;$$

4. Уравнение расходов жидкости в гидросистеме рекуперации:

$$S \frac{dz}{dt} = k \cdot \sqrt{p - p_0} + k_p \cdot \frac{dp}{dt} + a_y P .$$

Последнее уравнение описывает процесс изменения давления в гидроцилиндре рекуперации. Оно основывается на системе уравнений расходов всей гидросистемы и состоит из следующих величин:

S – площадь поршня;

$p - p_0$ – разность начального и текущего давлений в элементе гидросистемы;

k – коэффициент дросселирования штуцера, равный $k = \frac{\mu \pi d_{\text{шт}}^2}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho}}$.

Данная математическая модель представляет собой систему из четырех уравнений и позволяет определить основные характеристики системы, а также потребные геометрические параметры для гидроцилиндра рекуперации, определить рекуперированную энергию для частных случаев и оценить эффективность системы в целом.

Список литературы

1. Способы снижения динамической нагруженности и энергоемкости технологических машин и оборудования / П.И. Попиков, Д.Н. Афоничев, И.В. Четверикова [и др.] // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 06-07 июня 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2023. – С. 287-294.

2. Исследование и обоснование компоновки и параметров гидропривода механизма подъёма лесного манипулятора / П.И. Попиков, И.В. Четверикова, И.Д. Евсиков [и др.] // Resources and Technology. – 2023. – Т. 20, № 3. – С. 76-93. – DOI 10.15393/j2.art.2023.7063.

3. Четверикова И.В. К вопросу совершенствования гидропривода бесчokerного трелевочного захвата / И.В. Четверикова, С.В. Зимарин, А.В. Бурдыкин // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием, Петрозаводск, 25 мая 2021 года. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2021. – С. 197-199.

4. Математическая модель рабочих процессов бесчokerного трелевочного захвата с энергосберегающим гидроприводом / Р.В. Юдин, П.И. Попиков, В.И. Усков [и др.] // Resources and Technology. – 2022. – Т. 19, № 1. – С. 72-86. – DOI 10.15393/j2.art.2022.6023.

References

1. Methods for reducing the dynamic load and energy intensity of technological machines and equipment / P.I. Popikov, D.N. Afonichev, I.V. Chetverikova [et al.] // Energy efficiency and energy saving in modern production and society: Proceedings of the international scientific and practical conference, Voronezh, June 06-07, 2023. – Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2023. – pp . 287-294.

2. Research and justification of the layout and parameters of the hydraulic drive of the lifting mechanism of the forestry manipulator / P.I. Popikov, I.V. Chetverikova, I.D. Evsikov [et al.] // Resources and Technology. – 2023. – Vol. 20, № 3. – pp. 76-93. – DOI 10.15393/j2.art.2023.7063.

3. Chetverikova I.V. On the issue of improving the hydraulic drive of a chokerless skidding grapple / I.V. Chetverikova, S.V. Zimarin, A.V. Burdykin // Improving the efficiency of the forest complex: Proceedings of the Seventh All-Russian National Scientific and Practical Conference with International Participation, Petrozavodsk, May 25, 2021. – Petrozavodsk: Petrozavodsk State University, 2021. – pp. 197-199.

4. Mathematical model of working processes of a chokerless skidding grapple with an energy-saving hydraulic drive / R.V. Yudin, P.I. Popikov, V.I. Uskov [et al.] // Resources and Technology. – 2022. – Vol. 19, № 1. – Pp. 72-86. – DOI 10.15393/j2.art.2022.6023.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ШНЕКОРОТОРНОГО ЛЕСОПОЖАРНОГО ГРУНТОМЕТА

Зленко А.В., Петков А.Ф., Попиков В.П., Поздняков А.К.
*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

MODELING THE WORKING PROCESS OF A ROTARY FOREST FIRE SOIL THROWER

Zlenko A.V., Petkov A.F., Popikov V.P., Pozdnyakov A.K.
*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: Предложена усовершенствованная конструкция шнекороторного грунтомета с коническим шнеком. Разработана и решена математическая модель. С применением программы ЭВМ построены графики функций. С помощью математической модели можно установить оптимальные параметры и режимы работы для повышения эффективности рабочего процесса лесопожарного грунтомета при профилактике и тушении лесных низовых пожаров.

Abstract: An improved design of a screw-rotor primer with a conical screw is proposed. A mathematical model has been developed and solved. Graphs of functions are constructed using a computer program. With the help of a mathematical model, it is possible to establish optimal parameters and operating modes to increase the efficiency of the working process of a forest fire launcher in the prevention and extinguishing of forest grass-roots fires.

Ключевые слова: лесопожарный грунтомет, шнек, метатель, математическая модель, функция, эффективность, рабочий процесс.

Keywords: forest fire grunt, auger, thrower, mathematical model, function, efficiency, workflow.

Проведенный анализ литературных источников [1-5], посвященных исследованиям рабочих процессов шнековых рабочих органов технологических машин, показал, что вопросы обоснования параметров конических шнеков для подачи грунтов к роторам-метателям грунтометательных машин изучены недостаточно. Поэтому целью исследования является повышение эффективности рабочего процесса шнекороторного лесопожарного грунтомета путем усовершенствования конструкции и обоснования параметров на основе математической модели и её решения.

Нами предлагается конструктивно-технологическая схема шнекороторного лесопожарного грунтомета (рис. 1). Лесопожарный грунтомет с гидроприводом шнекороторного рабочего органа включает раму 1 с навесным устройством,

предохранительные ножи 2, вал шнека 3, лоток с лемехом 5, кожух-рыхлитель 6, ротор-метатель 7, гидромотор 8.

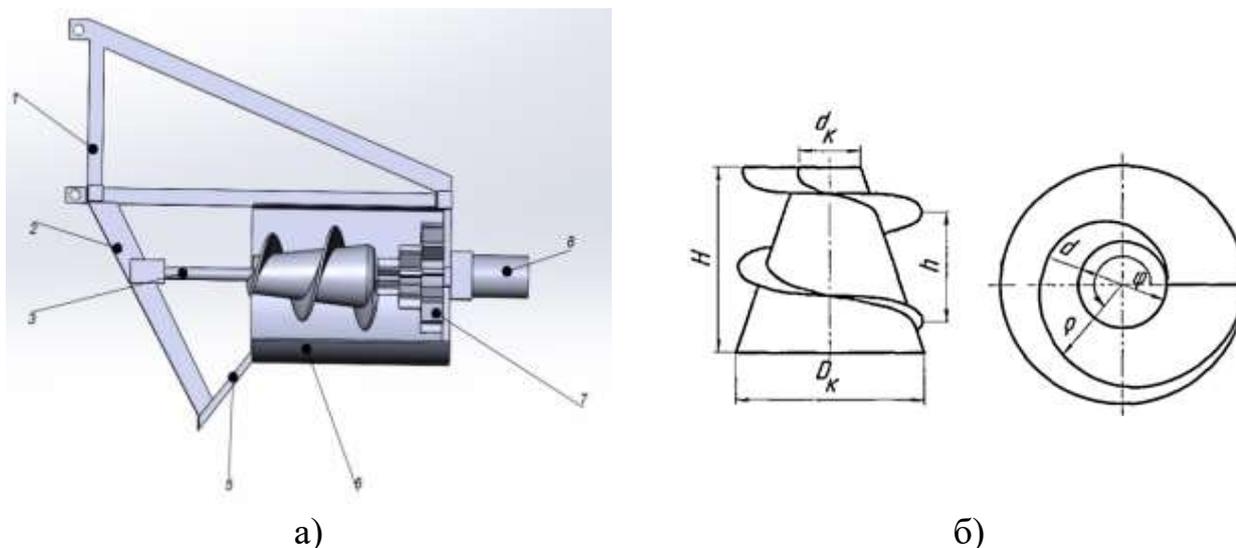


Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема шнекороторного лесопожарного грунтомета (а) и расчетная схема конического шнека (б)

Рабочий процесс шнекороторного лесопожарного грунтомета можно описать системой дифференциальных уравнений, включающих уравнение вращения шнекороторного метателя грунтомета, уравнение расхода рабочей жидкости гидромотора, уравнение движения агрегата (трактор+грунтомет):

$$J_{np} \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{\eta_n q_m p}{2\pi\eta_0} - \frac{1}{3} \mu_k \frac{d\varphi}{dt} (R_i^3 - (R_i - h_{мет})^3) \quad (1)$$

$$\frac{dp}{dt} = \frac{1}{K_p} \left(q_n n_m - \frac{q_m}{\pi} \frac{d\varphi}{dt} - a_y p \right) \quad , \quad (2)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\pi(D_k^2 - d_k^2)}{4ab_c} \cdot \frac{B}{\pi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \rho \cdot K_{ш} \quad , \quad (3)$$

где J_{np} – приведенный момент инерции вращающихся масс рабочего органа к валу гидромотора, кг·м²;

φ – угол поворота шнекороторного рабочего органа, рад;

μ_k – коэффициент, определяемый согласованием элементов шнекороторного метателя;

R_i – радиус соответствующей ступени ротора, м;

$h_{мет}$ – высота выброса грунта из кожуха, м;

μ – вязкость грунта, Па·с;

τ – сопротивление грунта сдвигу, Па;

b – ширина резания равна высоте лопасти (т.к. режет лопасть), м;

β – угол резания, под которым лопасть режет грунт, равен углу наклона винтовой лопасти от перпендикуляра к оси шнека, рад;

h – длина перемещения грунта по шнеку (высота ножа), м.

После подстановки численных значений параметров получены аналитические выражения для определения угла поворота шнекороторного рабочего органа $\varphi(t)$, давления рабочей жидкости в гидроприводе шнекороторного рабочего органа $p(t)$ и функции движения агрегата $x(t)$ на отрезке $t \in [0;2]$, имеющие вид:

$$\varphi(t) \approx 1.72 \cdot t^4 + 5.14 \cdot 10^{-3} t^3 - 5.56 t^2 \quad (4)$$

$$p(t) \approx 1.26 \cdot 10^{32} t^4 - 3.83 \cdot 10^{26} t^3 + 8.71 \cdot 10^{20} t^2 + 2.76 \cdot 10^{13} t \quad (5)$$

$$x(t) \approx 1.94 \cdot 10^{17} t^4 + 5.79 \cdot 10^{14} t^3 - 6.27 \cdot 10^{17} t^2 \quad (6)$$

С применением программы для ЭВМ построены графики функций угла поворота шнекороторного метателя, давления рабочей жидкости в гидроприводе и пути движения лесопожарного агрегата (рис. 2).

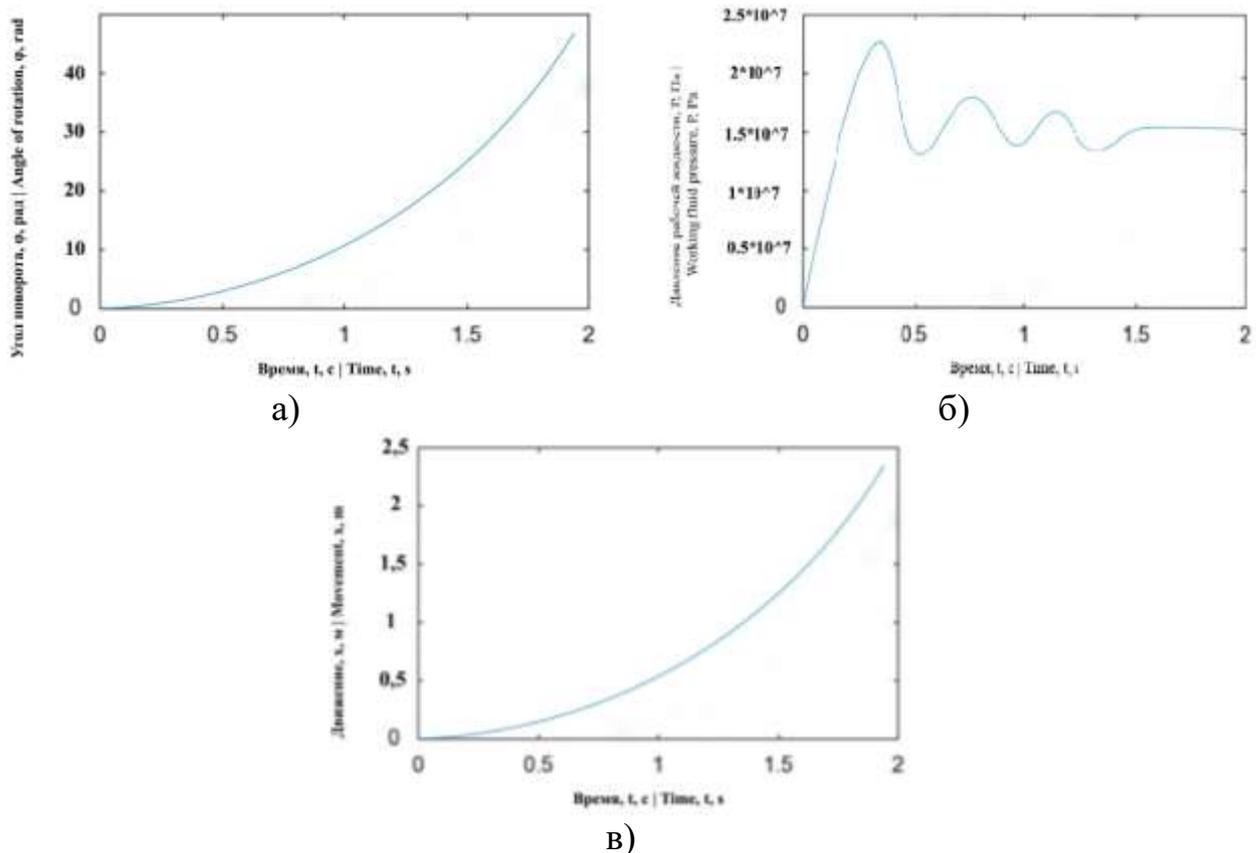


Рисунок 2 – Функции угла $\varphi(t)$ поворота шнекороторного рабочего органа (а), давления $p(t)$ рабочей жидкости в гидроприводе шнекороторного рабочего органа (б), движения $x(t)$ агрегата (в)

Таким образом, с помощью математической модели можно установить оптимальные параметры и режимы работы для повышения эффективности рабо-

чего процесса шнекороторного лесопожарного грунтомета при профилактике и тушении лесных низовых пожаров.

Список литературы

1. Определение рационального количества витков шнекового смесителя с активным каналом обратного хода / С.М. Ведищев, А.И. Завражнов, А.В. Прохоров, А.А. Кжияхметова // Наука в центральной России. – 2022. – № 3(57). – С. 14-23. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-3-14-23.

2. Экспериментальные результаты установленных шнеков перед ковшом планировщика / И.С. Хасанов, П.Г. Хикматов, Х.Х. Олимов, Н.В. Януков, А.И. Камиллов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2021. – № 23. – С. 715-719.

3. Абрамов О.В. Перспективная конструкция снегоочистителя / О.В. Абрамов, И.Н. Абрамова, В.В. Лазукин // Актуальные проблемы науки и техники: Сборник трудов по материалам IX Международного конкурса научно-исследовательских работ, Уфа, 12 сентября 2022 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2022. – С. 21-26.

4. Поздняков А.К. Обзор кинематических и динамических характеристик шнекового рабочего органа грунтомета-полосопрокладывателя на виртуальном стенде в лесных условиях / А.К. Поздняков // Механика и машиностроение. Наука и практика: Материалы международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 09 декабря 2022 года. Том 5. – СПб: Индивидуальный предприниматель Жукова Елена Валерьевна, 2022. – С. 111-112.

5. Gnusov M.A. Theoretical study of forest fire extinguishing machine use / M.A. Gnusov, M.V. Drapalyuk, D.Yu. Druchinin // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies, Krasnoyarsk, 04 марта 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 1515. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 52066. – DOI 10.1088/1742-6596/1515/5/052066.

References

1. Determination of the rational number of turns of a screw mixer with an active reverse channel / S.M. Vedischev, A.I. Zavrazhnov, A.V. Prokhorov, A.A. Kzhiyakhmetova // Science in Central Russia. – 2022. – № 3 (57). – pp. 14-23. – DOI 10.35887 / 2305-2538-2022-3-14-23.

2. Experimental results of installed augers in front of the planner bucket / I.S. Khasanov, P.G. Khikmatov, H.H. Olimov, N.V. Yanukov, A.I. Kamilov // Current issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. – 2021. – № 23. – pp. 715-719.

3. Abramov O.V. Promising design of a snowplow / O.V. Abramov, I.N. Abramova, V.V. Lazukin // Current problems of science and technology:

Collection of papers based on the materials of the IX International Competition of Research Papers, Ufa, September 12, 2022. – Ufa: Limited Liability Company «Scientific Publishing Center «Vestnik Nauki», 2022. – pp. 21-26.

4. Pozdnyakov A.K. Review of kinematic and dynamic characteristics of the auger working element of a soil spreader-strip layer on a virtual stand in forest conditions / A.K. Pozdnyakov // Mechanics and mechanical engineering. Science and practice: Proceedings of the international scientific and practical conference, St. Petersburg, December 09, 2022. Volume 5. – St. Petersburg: Individual entrepreneur Zhukova Elena Valerievna, 2022. – pp. 111-112.

5. Gnusov M.A. Theoretical study of forest fire extinguishing machine use / M.A. Gnusov, M.V. Drapalyuk, D.Yu. Druchinin // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies, Krasnoyarsk, 04 March 2020 / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 1515. – Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 52066. – DOI 10.1088/1742-6596/1515/5/052066.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ

Лилеева Т.А.

Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I, филиал в г. Ярославль, Россия

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE FORESTRY INDUSTRY

Lileeva T.A.

St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I,

branch in Yaroslavl, Russia

Аннотация: В статье рассмотрены основные способы применения искусственного интеллекта в лесной отрасли, приведены примеры использования.

Abstract: the article discusses the main ways of using artificial intelligence in the forestry industry, and provides examples of its use.

Ключевые слова: искусственный интеллект, ИИ, лесная отрасль, применение ИИ, национальные проекты, дроны.

Keywords: artificial intelligence, AI, forestry, AI application, national projects, drones.

Искусственный интеллект (ИИ) – это направление компьютерных наук, которое разрабатывает системы, которые способны анализировать информацию и решать задачи аналогично человеку.

Тема искусственного интеллекта в наше время является одной из самых важных и актуальных в мире. Искусственный интеллект неизменно внедряется во все сферы деятельности человека. Развитие области искусственного интеллекта и нейронных сетей происходит постоянно, и уже можно увидеть кардинальные отличия первых их версий от последних генераций. Многие задачи, которые раньше требовали участия человека, теперь можно решить с помощью нейросетей. Это приносит определённые плоды, в том числе и в лесном хозяйстве.

Искусственный интеллект можно успешно применять в лесном хозяйстве для оптимизации процессов управления лесными ресурсами. Некоторые из возможных способов применения искусственного интеллекта в лесном хозяйстве включают:

Мониторинг и прогнозирование состояния лесов. Алгоритмы машинного обучения могут использоваться для анализа данных, полученных при помощи дронов, спутников и датчиков, чтобы прогнозировать распространение болезней, пожаров, разработку лесных массивов и других изменений, которые могут повлиять на здоровье леса.

Оптимизация лесозаготовки. ИИ может помочь оптимизировать процессы лесозаготовки, например, предсказывать преимущественные маршруты для заготовки древесины, оптимизировать использование лесопильного оборудования и улучшить процессы транспортировки и логистики.

Управление лесными ресурсами. Алгоритмы искусственного интеллекта могут использоваться для разработки стратегий управления лесными ресурсами, включая определение оптимальных сроков вырубki, планирование посадок и обновлений лесов, учет устойчивого развития и биоразнообразия лесных экосистем.

Противопожарная защита. Искусственный интеллект может помочь в противопожарном мониторинге и предотвращении возгораний в лесах, например, путем анализа данных о погоде, топографии, температуре и влажности для определения риска возникновения пожаров и предпринятия мер по их предотвращению [1].

Дроны мониторят обстановку в лесах, а искусственный интеллект анализирует полученное видео. Задача федерального проекта «Сохранение лесов» нацпроекта «Экология» – обеспечить к 2024 году 100-процентный баланс восстановления лесов и сокращение ущерба от лесных пожаров почти в три раза. В проекте участвует 81 субъект РФ.

В 2020 году благодаря нацпроекту удалось сократить ущерб от лесных пожаров на 36% – до 11,4 млрд рублей. При этом отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений при планах 72,8% составило 92,1% [2].

Инвентаризация сеянцев. Для учета сеянцев на лесных питомниках разработан ИИ-алгоритм. Он анализирует видео с беспилотных летательных аппаратов и подсчитывает количество сеянцев. Плотнo растущие сеянцы не являются проблемой для точного подсчета. Сеянцы, высаженные в лесу, могут быть определены и подсчитаны с применением видео с беспилотника и алгоритмов глубокого обучения с точностью 98,5%.

Определение болезней растений. Последние достижения в области компьютерного зрения и детального обучения открыли новые перспективы для автоматизированного обнаружения болезней растений. Подходы, основанные на ИИ, показали многообещающие результаты в обнаружении болезней растений по изображениям, обеспечивая высокую точность и эффективность в выявлении различных болезней растений [3].

Сейчас специалисты Рослесхоза прорабатывают финансово-экономическое обоснование и готовят поправки в КоАП, и уже в ближайшем времени планируется перевести штрафы с ручного на автоматический механизм, чтобы присылать их так же, как за нарушение правил дорожного движения. Предполагается, что это поможет снизить нагрузку на водителей лесовозов и проверяющих, а также сделать движение древесины более прозрачным.

С 2025 года каждый второй регион России попадет под спутниковый мониторинг использования лесов. Площадь последнего увеличится на 20 % и достигнет 300 млн. га. Это составляет около 42% всех земель, покрытых лесами. Таким образом, в первый раз под прицел космомониторинга попадут все

леса, где ведётся интенсивная коммерческая заготовка древесины, это позволит намного быстрее обнаружить вырубку лесов без разрешения.

Проведённый в 2022 году эксперимент, который распознавал лесовозную технику среди потока транспорта в Пермском крае, способствовал повышению эффективности борьбы с «чёрными лесорубами».

Система смогла распознать из потока машин 1052 транспортных средства как лесовозную технику, при этом 370 фактов перевозки не нашли подтверждения в ЛесЕГАИС. Благодаря спутниковому слежению в 2023 году объём заготовленной незаконно древесины в стране уменьшился более чем в 1,5 раза по сравнению с 2022 годом: с 343,5 до 212,2 тыс. куб. м. Количество зафиксированных случаев незаконной рубки тоже существенно снизилось: с 1524 до 980.

Таким образом, применение искусственного интеллекта в лесной отрасли может помочь улучшить устойчивость и эффективность управления лесными ресурсами, сократить затраты на лесохозяйственные работы и повысить продуктивность лесного хозяйства.

Конечно, при внедрении таких решений крайне важно учитывать факторы и условия, в которых сейчас приходится работать. Цифровизация лесного хозяйства должна стать импульсом к развитию предприятий и отрасли в целом, а не препятствием.

Список литературы

1. Лесной комплекс // Искусственный интеллект в лесном хозяйстве [сайт]. – URL: <https://forestcomplex.ru/digital-environment/iskusstvennyj-intellekt-v-lesnom-hozyajstve/> (дата обращения: 23.09.2024 г.)
2. Национальные проекты России // Дроны и ИИ против пожаров [сайт]. – URL: <https://национальныепроекты.рф/news/drony-i-iskusstvennyy-intellekt-protiv-pozharov-kak-v-regionakh-sokhranyayut-les/> (дата обращения: 25.09.2024 г.).
3. Искусственный интеллект и нейронауки // AI Новости [сайт]. – URL: https://vk.com/wall-166353059_61454 (дата обращения: 25.09.2024 г.).

References

1. Forestry complex // Artificial intelligence in forestry [website]. – URL: <https://forestcomplex.ru/digital-environment/iskusstvennyj-intellekt-v-lesnom-hozyajstve/> (date of access: 09/23/2024).
2. National projects of Russia // Drones and AI against fires [website]. – URL: <https://национальныепроекты.рф/news/drony-i-iskusstvennyy-intellekt-protiv-pozharov-kak-v-regionakh-sokhranyayut-les/> (date of access: 09/25/2024)
3. Artificial intelligence and neuroscience // AI News [website]. – URL: https://vk.com/wall-166353059_61454 (date of access: 09.25.2024).

ПЕРЕВОЗКА ЛЕСА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Макарова Т.В.

Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I, филиал в г. Ярославль, Россия

TRANSPORTATION OF TIMBER BY RAIL

Makarova T.V.

St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I,

branch in Yaroslavl, Russia

Аннотация: Рассмотрены особенности перевозки лесоматериалов, преимущество перевозок на железной дороге, классификация лесоматериалов.

Abstract: The features of timber transportation, the advantage of rail transportation, and the classification of timber are considered.

Ключевые слова: лес, перевозка, железная дорога, закрепление груза, хранение.

Keywords: forest, transportation, railway, cargo securing, storage.

Лес – ценный ресурс, который играет ключевую роль в экономике многих стран. Его транспортировка требует особого внимания, ведь от качества перевозки зависит сохранность ценного груза и его дальнейшее использование. Железнодорожный транспорт, благодаря своей надежности и экономичности, является идеальным вариантом для перевозки лесных материалов на дальние расстояния.

Перевозка железнодорожным транспортом имеет ряд преимуществ, которые делают ее привлекательной для лесопромышленных предприятий. Ключевые из них:

– Большие объемы грузов. Железнодорожный транспорт способен обеспечивать транспортировку крупных объемов лесоматериалов в одной партии. Это позволяет оптимизировать логистику, снизить стоимость транспортировки на единицу товара.

– Эффективность. Железнодорожные перевозки оказываются более экономичными и эффективными на дальних расстояниях по сравнению с автотранспортом. Это важно для лесозаготовок, которые могут находиться в удаленных лесных районах.

– Стабильность и предсказуемость. Перевозка леса железнодорожным транспортом более стабильна, менее подвержена внешним факторам, таким как дорожные пробки или погодные условия, что способствует точности в сроках поставок.

– Экологическая эффективность. Железнодорожный транспорт обладает более низкими выбросами вредных веществ.

– Большой выбор типов вагонов. Железнодорожные компании предоставляют разнообразные типы вагонов, специально предназначенных для леса и пиломатериалов: открытые платформы (рис. 1), крытые вагоны, полувагоны (рис. 2) и другие, что обеспечивает гибкость при выборе подходящего вагона для конкретного груза. Перевозка пиломатериалов железнодорожным транспортом легко настраивается под особенности груза.



Рисунок 1 – Перевозка леса на платформе



Рисунок 2 – Перевозка леса в полувагоне

– Безопасность. Вагоны обеспечивают надежную защиту груза от погодных условий, а также механических повреждений. Даже при использовании открытых платформ, древесина сохраняется на всем пути следования с минимальными повреждениями.

– Удобство перегрузки. Возможность использования вагонов с разными характеристиками облегчает перегрузку, что может быть важным фактором при транспортировке лесоматериалов на разные этапы их переработки.

– Экономия топлива. Более эффективно используется топливо на единицу перевозимого груза [1].

При перевозке леса выделяют две категории грузов:

– Коротье или короткий лес. Небольшие по длине деревья, параметры которых не превышают 3 метров.

– Длинномерные деревья. Они различаются по высоте от 3 до 12 метров. К этой же категории относят круглые, необработанные деревья и бревна.

Классификация древесины по сорту не влияет на тип доставки. Исключение – более бережное отношение при погрузке первосортных досок.

Фрезерованные, колотые, круглые, строганные, лущеные и измельченные пиломатериалы также можно перевозить железнодорожным транспортом. Тип вагона выбирают в соответствии с размером и массой древесины, а также в связи с необходимостью защитить товар от воздействия атмосферных осадков, дождя [2].

Особенности организации железнодорожной перевозки леса:

- Правильная подготовка груза: перед погрузкой леса необходимо тщательно его отсортировать по размеру, толщине и виду древесины.
- Безопасная фиксация груза: важно надежно закрепить груз в вагоне, чтобы избежать его смещения и повреждения во время транспортировки.
- Выбор оптимального маршрута: при планировании перевозки необходимо выбрать самый короткий и безопасный маршрут, учитывая особенности груза и его конечную точку назначения.

А что нас ждет в будущем при перевозке лесоматериалов? В будущем компания Российские железные дороги смотрит с экологической ответственностью.

Лесозаготовка и транспортировка древесины остаются важными отраслями экономики, но перед компанией стоит задача - стать более экологичными и устойчивыми. Железнодорожный транспорт предлагает уникальные возможности для решения этой задачи в будущем.

Железные дороги являются самым экологически чистым видом транспорта для перевозки грузов на большие расстояния [3]. Они значительно снижают выбросы CO₂ по сравнению с автомобильным транспортом, что делает их ключевым фактором в борьбе с изменением климата.

Поезда могут перевозить большие объемы леса за один рейс, что повышает эффективность транспортировки. Это позволяет сократить количество рейсов и, соответственно, расход топлива и выбросы.

Железнодорожный транспорт обладает высоким уровнем безопасности, что минимизирует риски повреждения леса во время транспортировки.

Развитая железнодорожная сеть позволяет перевозить лес по всей стране, обеспечивая доступность сырья для переработки и производства.

Инновационные технологии затронут и этот вид перевозки. Внедрение новых технологий, таких как автоматизация, беспилотные поезда и оптимизация маршрутов, может еще больше повысить эффективность и безопасность железнодорожных перевозок.

Разработка и использование поездов с электрическим или водородным двигателями позволит полностью отказаться от выбросов CO₂ и сделать железнодорожную перевозку леса полностью экологически чистой.

Интеграция с другими видами транспорта: Создание единой транспортной системы, интегрирующей железнодорожные перевозки с водным и автомобильным транспортом, позволит оптимизировать логистику и сократить время доставки леса.

Инвестирование в развитие железнодорожной инфраструктуры, включая строительство новых линий и модернизацию существующих, позволит расширить возможности и повысить эффективность железнодорожных перевозок леса.

Вызовы, с которыми сталкивается компания:

- Стоимость. Модернизация железнодорожного транспорта и разработка новых технологий требуют значительных инвестиций.

– Регуляторная среда. Необходимо совершенствовать законодательную базу и создавать более благоприятные условия для развития железнодорожных перевозок леса.

– Конкуренция Железным дорогам необходимо конкурировать с другими видами транспорта, такими как автомобильный и водный.

Железнодорожный транспорт играет важную роль в устойчивом развитии лесной отрасли. С помощью инноваций, экологических решений и развития инфраструктуры он может стать ключевым фактором в будущем, обеспечивая безопасную, экологичную и эффективную доставку леса на большие расстояния.

Железнодорожный транспорт – надежный и экономичный способ перевозки леса на любые расстояния. Благодаря своим преимуществам он позволяет эффективно и безопасно доставить ценные лесные ресурсы к местам переработки, строительства или использования в качестве топлива. Правильная организация перевозки леса – залог его сохранности и эффективной доставки.

Список литературы

1. Железнодорожная перевозка леса и лесоматериалов // НИА Самара [сайт]. – URL: <https://www.niasam.ru/transport/zh-d-perevozka-lesa-i-lesomaterialov-231675.html> (дата обращения: 23.09.2024 г.).

2. Особенности железнодорожной доставки леса и лесоматериалов // НПП Ижинформпроект [сайт]. – URL: <https://igis.ru/blog/item-16838> (дата обращения: 26.09.2024 г.).

3. Платонов А.А. О некоторых особенностях распределения эксплуатационной длины железнодорожных путей по субъектам Российской Федерации / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России: Сборник научных трудов, Ростов на Дону, 01-02 марта 2018 года. Т. 1. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2018. – С. 329-333.

References

1. Rail transportation of timber and timber products // NIA Samara [website]. – URL: <https://www.niasam.ru/transport/zh-d-perevozka-lesa-i-lesomaterialov-231675.html> (accessed: 09/23/2024).

2. Features of rail delivery of timber and timber products // NPP Izhinformproekt [website]. – URL: <https://igis.ru/blog/item-16838> (accessed: 09/26/2024).

3. Platonov A.A. On some features of the distribution of the operational length of railway tracks by constituent entities of the Russian Federation / A.A. Platonov, M.A. Platonova // Actual problems and prospects for the development of transport, industry and economy of Russia: Collection of scientific papers, Rostov-on-Don, March 1-2, 2018. Vol. 1. – Rostov-on-Don: Rostov State University of Railway Engineering, 2018. – pp. 329-333.

ДИНАМИКА МЕХАНИЗМА ГИДРОЦИЛИНДРА ПРИ ВИБРАЦИОННОЙ НАГРУЗКЕ

Михитаров А.Р.

Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия

DYNAMICS OF A HYDRAULIC CYLINDER MECHANISM UNDER VIBRATION LOAD

Mikhitarov A.R.

Ukhta State Technical University, Ukhta, Russia

Аннотация: Выполнен анализ динамики гидроцилиндра манипулятора грузоподъёмных машин в режиме вибрационной нагрузки, в результате которого получено условие прочности на разрыв и выведены зависимости определения максимальной нагрузки на рабочие поверхности гидроцилиндра.

Abstract: The analysis of the dynamics of the hydraulic cylinder of the manipulator of lifting machines in the vibration load mode was performed, as a result of which the tensile strength condition was obtained and the dependencies for determining the maximum load on the working surfaces of the hydraulic cylinder were derived.

Ключевые слова: переменные напряжения, гидроцилиндр, предел выносливости, возмущающая сила, жёсткость, рабочая жидкость.

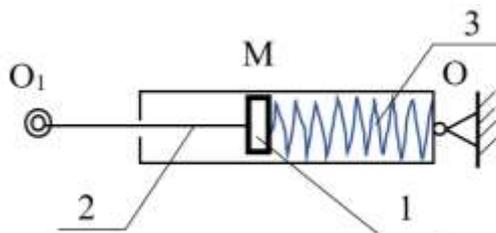
Keywords: alternating stresses, hydraulic cylinder, endurance limit, disturbing force, rigidity, working fluid.

В лесном комплексе применяются машины, работа которых может быть сопряжена с вибрационным воздействием, это могут быть манипуляторы валочных машин, а также навесное оборудование тракторов, оснащённые вибрационным оборудованием. Особенность такой работы заключается в появлении дополнительных нагрузок циклического характера на рабочие узлы используемой техники. Одними из первых конструкций, воспринимающих такую нагрузку, являются гидроцилиндры приводов рабочих органов машин. В статье предлагается рассмотреть особенности расчётов прочности гидроцилиндров при вибрационной нагрузке.

Расчёт прочности деталей и элементов конструкции машин при вибрационной нагрузке имеет свои особенности. В этом случае рассматриваемая деталь совершает вынужденные колебания. Так как объектом данной работы является гидроцилиндр механизма манипулятора строительных и лесных машин, то необходимо показать расчётную схему динамики этого механизма.

Конструкции гидроцилиндров бывают разных видов: одностороннего и двустороннего действия, а также с односторонним и двусторонним штоком.

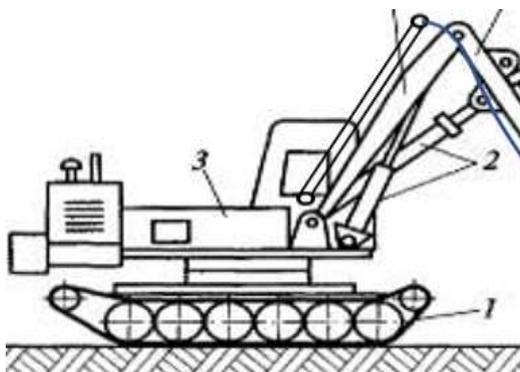
Гидроцилиндры манипуляторов предполагают двустороннюю работу штока, что обусловлено функциональными особенностями таких машин. На рис. 1 показана конструктивная схема гидроцилиндра манипулятора тяжёлого класса.



1—поршень гидроцилиндра, 2— шток, 3—пружина, характеризующая жёсткость рабочей жидкости

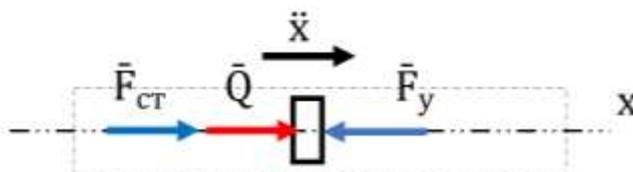
Рисунок 1 – Конструктивная схема гидроцилиндра

Рассмотрим случай, когда манипулятор удерживает груз на весу и на него действует вибрационное усилие (рис. 2). В этом случае в гидроцилиндрах действует статическая сила, возникающая от веса удерживаемого тела $\bar{F}_{ст}$, сила упругости рабочей жидкости \bar{F}_y , а также возмущающая сила вибрации \bar{Q} , передаваемая через захватное устройство (рис. 3). Ось x направим в сторону движения, приводимого возмущающей силой \bar{Q} .



2 – гидроцилиндры стрелы и рукояти

Рисунок 2 – Фрагмент схемы машины с манипулятором



\ddot{x} –проекция ускорения на ось x

Рисунок 3 – Расчётная схема динамики продольных колебаний гидроцилиндра

Составим уравнение динамики поршня гидроцилиндра, принятого за точку.

$$m\ddot{x} = Q + F_{ст} - F_y ; \quad (1)$$

$$m\ddot{x} = Q_0 \sin(pt + \delta) + F_{CT} - F_y, \quad (2)$$

где Q_0 – максимальная возмущающая сила, p – циклическая частота возмущения, δ – компонента учёта начального возмущения [1].

Расчёт гидроцилиндров на прочность ведётся по допускаемой прочности на разрыв $[\sigma_p]$. Исходя из этого условия, толщина (мм) стенок для тонкостенных цилиндров, для которых отношение толщины внешнего диаметра D' к внутреннему D не превышает 1,2, определяется по формуле:

$$\delta = \frac{c_1 D \rho_{\max}}{200[\sigma_p]} \quad (3)$$

где c_1 – коэффициент, учитывающий допуск на изготовление труб; D в мм; ρ_{\max} – максимальное давление жидкости в гидроцилиндре [2].

Но при режиме работы с переменным напряжением предел прочности на разрыв будет заменяться на предел выносливости [3]. В этом случае предел выносливости будет в несколько раз меньше, чем предел прочности (в частности, для углеродистой стали $\sigma_{-1} \approx 0,43\sigma_B$).

Таким образом, для проверки прочности на разрыв в формуле (3) необходимо определить только значение максимального давления жидкости в гидроцилиндре ρ_{\max} .

Из уравнения (2) выразив силу упругости, получим:

$$F_y = Q_0 \sin(pt + \delta) + F_{CT} - m\ddot{x} \quad (4)$$

Тогда учитывая, что максимальное значение она примет при условии: $\sin(pt + \delta) = 1$, $\ddot{x} = 0$, величина максимальной нагрузки будет равна:

$$F_{y\max} = Q_0 + F_{CT} \quad (5)$$

где Q_0 – максимальная возмущающая сила.

Тогда максимальное давление жидкости в гидроцилиндре будет определяться из выражения:

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{y\max}}{S} = \frac{Q_0 + F_{CT}}{S} \quad (6)$$

где S – площадь внутренней поверхности стенок рабочей зоны гидроцилиндра.

Подставив полученную величину и заменив предел прочности на предел выносливости в выражение (3) можно рассчитать толщину стенок гидроцилиндра.

Анализируя полученные результаты, можно увидеть, что при работе манипулятора тяжёлой строительной и лесной техники в режиме одновременной

статической и переменной нагрузки максимальное усилие привода будет складываться из статической силы и максимальной возмущающей силы (5).

С учётом того, что максимальная возмущающая сила будет определяться по формуле:

$$Q_0 = m r^2 \gamma \quad , \quad (7)$$

где m – приведённая масса эксцентрика, r – циклическая частота вибрационного оборудования, γ – радиус точки приведения.

Условие прочности будет выражаться в виде:

$$\sigma_{max} \leq 0,43 \sigma_B \quad , \quad (8)$$

где σ_{max} – максимальное напряжение на разрыв, определяемое из выражения (6), σ_B – предел прочности углеродистой стали.

В результате решения получена зависимость максимального усилия от нагрузки в гидроцилиндре при работе в режиме одновременной переменной и статической нагрузки.

Таким образом, прочность механизма гидроцилиндра на разрыв будет определяться прежде всего частотой возмущающей силы.

Полученное значение нагрузки может быть использовано для определения толщины стенок гидроцилиндра из условия прочности при переменном напряжении.

Список литературы

1. Основы теории колебаний механической системы / В.К. Хегай, Д.Н. Левитский, О.Н. Харин, А.С. Попов. – Ухта : УГТУ, 2002. – 108 с.
2. Теория, конструкция и расчёт строительных и дорожных машин : учебник для техникумов / Л.А. Гоберман [и др.]. – М. : Машиностроение, 1979. – 407 с.
3. Дарков А.В. Сопротивление материалов / А.В. Дарков, Г.С. Шпиро. – 4-е изд. – М. : Высшая школа, 1975. – 657 с.

References

1. Fundamentals of the Theory of Oscillations of a Mechanical System / V.K. Khegay, D.N. Levitsky, O.N. Kharin, A.S. Popov. – Ukhta: USTU, 2002. – 108 p.
2. Theory, Design and Calculation of Construction and Road Machines : textbook for Technical Schools / L.A. Goberman [et al.]. – Moscow: Mechanical Engineering, 1979. – 407 p.
3. Darkov A.V. Strength of Materials / A.V. Darkov, G.S. Shpiro, – 4th ed. – Moscow: Vysshaya shkola, 1975. – 657 p.

**СОДЕРЖАНИЕ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОГО
ТАКСАЦИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ УЧАСТКА
ЛИНЕЙНОГО ИНФРАСТРУКТУРНОГО ОБЪЕКТА**

Платонов А.А.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**CONTENT AND PROCESSING OF THE RESULTS OF A TRAINING
TAXATION INSPECTION OF A SECTION
OF A LINEAR INFRASTRUCTURE OBJECT**

Platonov A.A.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: Перед удалением нежелательной древесно-кустарниковой растительности целесообразно организовать работы по учёту и выявлению характеристик указанной растительности, в предверии которых работникам необходимо привить навыки выявления таких характеристик. В статье рассматриваются вопросы предварительной индивидуальной или групповой таксационной тренировки исполнителей определения качественных и количественных характеристик нежелательной растительности.

Abstract: Before removing unwanted trees and shrubs, it is advisable to organize work to record and identify the characteristics of this vegetation, prior to which workers need to instill the skills to identify such characteristics. The article discusses the issues of preliminary individual or group taxation training of performers in determining the qualitative and quantitative characteristics of unwanted vegetation.

Ключевые слова: нежелательная растительность, удаление, характеристики, выявление, таксация, анализ.

Keywords: unwanted vegetation, removal, characteristics, identification, inventory, analysis.

В целях обеспечения максимальной достоверности наполнения информационных баз [1, 2] о степени зарастания участков линейного инфраструктурного объекта (полос отвода автомобильных и железных дорог, охранных зон трасс ВЛ [3, 4]; рис. 1) при проведении таксационных работ [5] должно быть обеспечено высокое качество [6] определения характеристик (в частности – видов) нежелательной растительности [7-9].

Исполнители, не имеющие навыков выявления характеристик древесно-кустарниковой растительности, должны пройти предварительную таксационную тренировку.



а) железнодорожный участок Готня-Белгород (100 км 6 пк ... 104 км 8 пк, 100 км 7 пк срублена подвижным составом Робиния ложноакациевая), 2021 г., фото автора;
 б) участок охранной зоны ПС Томаровка – ПС Дмитриевка, 2021 г., фото автора

Рисунок 1 – Степень зарастания участков линейного инфраструктурного объекта

Для проведения предварительной индивидуальной и/или групповой таксационной тренировки Исполнителей закладывают тренировочные учётные площадки [10] в местах, наиболее характерных для участков линейного инфраструктурного объекта, планируемых к исследованию. Необходимое количество тренировочных учётных площадок, принимаемое в зависимости от видового и количественного разнообразия экземпляров нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР, в том числе – по условиям местопроизрастания и другим признакам) равно 15...20, из них 12...15 допустимо принять для коллективной тренировки и 5...7 – для индивидуальной тренировки исполнителей. Форму и размеры тренировочных учётных площадок целесообразно принимать аналогичным тем, которые будут использоваться в натуральных таксационных работах.

Индивидуальные/групповые таксационные тренировки исполнителей проводятся Инструктором (осуществляющим контрольные исследования) с применением соответствующих Карточек таксации, учётных рамок и необходимого измерительного инструмента, при этом форма заполнения Карточек таксации (бумажная и/или электронная) должна быть аналогична форме, планируемой к применению в натуральных таксационных работах.

Проверка качества прохождения исполнителем таксационной тренировки осуществляется путём составления Ведомости учебного таксационного обследования участка линейного инфраструктурного объекта (рис. 2, 3), в которой отражаются показатели оценки качества обследования, а также рассчитывается величина общего критерия допуска Исполнителя. Если величина указанного критерия соответствует нормативным значениям, то точность таксации признается удовлетворительной, а Исполнитель допускается к проведению натуральных таксационных работ на обследуемом участке ЛИО.

ВЕДОМОСТЬ
учебного таксационного обследования участка линейного инфраструктурного объекта

Линейный инфраструктурный объект (ЛИО):	Наименование:			
	Месторасположение:			
	Протяжённость:			
	Дополнительные сведения:			
ФИО Исполнителя, выполнявшего (-ей) учебное таксационное обследование нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР):		м ²	Дата выполнения учебного обследования:	таксационного обследования:
Показатели оценки качества учебного таксационного обследования участка ЛИО Исполнителем:				
1. Результаты учебного таксационного обследования территории участка ЛИО внесены в Карточку таксации ...				
1.1 Не внесены в соответствующую документацию	1.2 С ошибками	1.3 Без существенных ошибок	1.4 Без ошибок	
2. Применение учётной рамки для формирования учётных площадок				
2.1 Уверенное	2.2 Не уверенное	2.3 Не владеет		
3. Владение инструментами для проведения измерений таксационных характеристик				
3.1 Уверенное	3.2 Не уверенное	3.3 Не владеет		

(отметить соответствие)

Рисунок 2 – Ведомость учебного таксационного обследования участка линейного инфраструктурного объекта (начало)

В противном случае исполнитель проходит дополнительную таксационную тренировку или не допускается к натурным таксационным работам на обследуемом участке ЛИО.

Показатель	Обозначение	Величина показателя, определённая:		Допустимая погрешность δ , % (не более)	Оценка соответствия	
		Исполнителем	Инструктором		Да	Нет
4. Количество пройденных тренировочных учётных площадок	$N_{\text{тр}}^T$			0		
	5.1 Высота, м	H		15		
	5.2 Диаметр, мм	d		15		
	5.3 Породный состав	–		20		
5. Таксационные характеристики НДКР	5.4 Густота, шт./1 га	$K_{\text{ндкр}}$		4		
	6. Индекс контроля покрытия площади участка нежелательной растительностью	$I_{\text{нл ндкр}}^k$		20		

Величина общего критерия допуска $T_{\text{ндкр Ис}}$ _____ интервалу $[T_{\text{ндкр Ис}}] = 0,5 \dots 1,0$.
(соответствует/не соответствует)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ к учебному таксационному обследованию участка ЛИО:

_____, выполнивший (-ая) учебное таксационное обследование нежелательной (фамилия, имя и отчество (при наличии) Исполнителя) древесно-кустарниковой растительности участка ЛИО допускается (не допускается) к проведению натурных таксационных работ на обследуемом участке ЛИО. (необязательно)

Дата составления документа: _____

Исполнитель работ по проведению учебного таксационного обследования: _____
Фамилия, имя и отчество (при наличии), подпись

Инструктор проведения учебного таксационного обследования: _____
Фамилия, имя и отчество (при наличии), должность, подпись

Рисунок 3 – Ведомость учебного таксационного обследования участка линейного инфраструктурного объекта (окончание)

Обработка полученной по результатам обследования информации начинается с работы над Карточками таксации, а именно их визуального и логического контроля вне зависимости от формы заполнения (бумажного и/или электронного) на предмет наличия/отсутствия грамматических, синтаксических и иных ошибок, а также общей правильности заполнения. По результатам кон-

троля Инструктором проведения учебного таксационного обследования в соответствующих графах Ведомости отмечается соответствие правильности / не-правильности заполнения Исполнителем Карточки таксации (Показатель 1 оценки качества учебного таксационного обследования), а также навыки владения и методикой применения учётной рамки (Показатель 2) и инструментами для проведения измерений таксационных характеристик (Показатель 3).

Для Показателей оценки качества учебного таксационного обследования №№4-6 отмечаются выявленные Исполнителем и Инструктором их величины.

Для Показателей таксационных характеристик №№ 5.1 и 5.2 рассчитываются средние значения высот H_{cp} и диаметров d_{cp} нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР) по формулам:

$$H_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n_{ндкр}^T}, \text{ м} \quad d_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n_{ндкр}^T}, \text{ мм} \quad (1)$$

где H_i (м) и d_i (мм) – соответственно высота и диаметр i -го экземпляра нежелательной растительности; $n = n_{ндкр}^T$ – общее количество выявленных при учебном таксационном обследовании экземпляров нежелательной растительности, шт.

Для Показателя таксационных характеристик № 5.3 «Породный состав» указывается количество $n_{пр Ис}^{ндкр}$ правильно определённых Исполнителем пород НДКР, при этом количество $n_{пр Ин}^{ндкр}$ определённых Инструктором пород НДКР указывается для пород, выявленных непосредственно при учебном таксационном обследовании.

Показатель таксационных характеристик № 5.4 «Густота» экземпляров нежелательной древесно-кустарниковой растительности $K_{ндкр}$ определяют по формуле:

$$K_{ндкр} = \frac{\sum_{i=1}^m N_i^{ндкр} \cdot 10000}{\sum_{i=1}^m S_{yn i}}, \text{ шт./га} \quad (2)$$

где $N_i^{ндкр}$ – количество экземпляров нежелательной растительности на i -й учётной площадке, шт.; $S_{yn i}$ – площадь i -й учётной площадки, м²; $m = N_{yn}^T$ – количество учётных площадок.

Показатель № 6 «Индекс контроля покрытия площади участка нежелательной растительностью» $I_{пл\ ндкр}^K$ определяют по формуле:

$$I_{пл\ ндкр}^K = \frac{\sum_j^p S_{уп\ ндкр\ j}^K}{N_{уп}^T} \cdot 100\% \quad (3)$$

где $S_{уп\ ндкр\ j}^K$ – процентное покрытие площади j -й учётной площадки участка с зафиксированным на ней произрастанием НДКР; p – общее количество учётных площадок с зафиксированным на них произрастанием НДКР.

Величины погрешности выявления Исполнителем таксационных характеристик НДКР при учебном таксационном обследовании участка ЛИО определяются по формулам:

$$- \text{ для показателя 5.1: } \delta_H = (H_{ср\ Ис} - H_{ср\ Ин}) \cdot 100 / H_{ср\ Ин} (\%),$$

где $H_{ср\ Ис}$ и $H_{ср\ Ин}$ – средняя высота экземпляров нежелательной растительности, выявленных соответственно Исполнителем и Инструктором;

$$- \text{ для показателя 5.2: } \delta_d = (d_{ср\ Ис} - d_{ср\ Ин}) \cdot 100 / d_{ср\ Ин} (\%),$$

где $d_{ср\ Ис}$ и $d_{ср\ Ин}$ – средний диаметр экземпляров нежелательной растительности, выявленных соответственно Исполнителем и Инструктором;

$$- \text{ для показателя 5.3: } \delta_{nr} = (n_{nr\ Ис}^{ндкр} - n_{nr\ Ин}^{ндкр}) \cdot 100 / n_{nr\ Ин}^{ндкр} (\%);$$

$$- \text{ для показателя 5.4: } \delta_K = (K_{ндкр\ Ис} - K_{ндкр\ Ин}) \cdot 100 / K_{ндкр\ Ин} (\%),$$

где $K_{ндкр\ Ис}$ и $K_{ндкр\ Ин}$ – густота нежелательной растительности, выявленных соответственно Исполнителем и Инструктором;

$$- \text{ для показателя 6: } \delta_I = (I_{пл\ ндкр\ Ис}^K - I_{пл\ ндкр\ Ин}^K) \cdot 100 / I_{пл\ ндкр\ Ин}^K (\%),$$

где $I_{пл\ ндкр\ Ис}^K$ и $I_{пл\ ндкр\ Ин}^K$ – индекс контроля покрытия площади участка, выявленных соответственно Исполнителем и Инструктором.

Рассчитанные величины погрешности выявления Исполнителем таксационных характеристик НДКР при учебном таксационном обследовании участка ЛИО сравниваются с максимально допустимыми величинами погрешностей, указанными в Ведомости. При непревышении расчётной величины погрешности над допустимой в Ведомости проставляется отметка о критериальном соответствии Исполнителя к выполнению таксационных работ по конкретному показателю.

Величина общего критерия допуска $T_{ндкр\ Ис}$, определяющего возможность допуска/недопуска Исполнителя к проведению натуральных таксационных работ на обследуемом участке ЛИО, рассчитывается с учётом перемножения

коэффициентов соответствия $k_{ндкр Ос}$, соразмерных выставленным Исполнителю Оценкам соответствия:

$$T_{ндкр Ис} = \prod_{i=1}^n k_{ндкр Ос i} \quad (4)$$

где $n = 8$, если в программе учебного таксационного обследования участка ЛИО не было предусмотрено определение покрытия площади участка нежелательной растительностью; в ином случае $n = 9$.

Номер показателя оценки качества	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
Коэффициент соответствия $k_{ндкр Ос}$	0,5	0,7	0,8	1,0	1,0	0,8	0,5	1,0	0,8	0,5

Примечание: для Показателей оценки качества учебного таксационного обследования №№4-6 величина коэффициентов соответствия $k_{ндкр Ос}$ принимается равной 1,0 (при Оценке соответствия «Да») и 0,7 (при Оценке соответствия «Нет»)

Величина общего критерия допуска $T_{ндкр Ис}$ рассчитывается с точностью до 0,01.

При величине общего критерия допуска $T_{ндкр Ис} \geq 0,5$ Исполнитель **допускается** к проведению натуральных таксационных работ на обследуемом участке линейного инфраструктурного объекта.

При величине общего критерия допуска $T_{ндкр Ис} < 0,5$ Исполнитель **не допускается** к проведению натуральных таксационных работ на обследуемом участке линейного инфраструктурного объекта.

Список литературы

1. Ersson B.T. Analysis of the information content of tenders for the removal of unwanted vegetation / B.T. Ersson, A. Platonov, S.V. Zimarin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 23 октября 2020 года. – Voronezh, 2020. – P. 012022. – DOI 10.1088/1755-1315/595/1/012022.

2. Платонов А.А. Критические замечания к содержанию технических заданий конкурсных заявок по удалению нежелательной растительности / А.А. Платонов, Л.Н. Богданова // Научная жизнь. – 2020. – Т. 15, № 2(102). – С. 199-211. – DOI 10.35679/1991-9476-2020-15-2-199-211.

3. Платонов А.А. Вопросы утилизации нежелательной растительности при содержании охранных зон трасс ВЛ / А.А. Платонов // Воронежский научно-технический Вестник. – 2020. – Т. 1, № 1(31). – С. 95-102.

4. Платонов А.А. Классификация линейных инфраструктурных объектов: линии электропередачи / А.А. Платонов // Актуальные проблемы современного транспорта. – 2023. – № 1(11). – С. 14-22.

5. Минаев В.Н. Таксация леса / В.Н. Минаев, Л.Л. Леонтьев, В.Ф. Ковязин. – СПб. : Лань, 2022. – 240 с.

6. Платонов А.А. Направления совершенствования оценки качества работ по удалению нежелательной растительности / А.А. Платонов // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2024»): Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 24-26 апреля 2024 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 162-166.

7. Платонов А.А. Оценка видового разнообразия растительности, произрастающей на территориях линейных инфраструктурных объектов Центральной России / А.А. Платонов // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13, № 1(49). – С. 180-193. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12.

8. Платонов А.А. Результаты определения видового богатства и видового разнообразия нежелательной растительности, произрастающей в полосах отвода железных дорог / А.А. Платонов // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2023. – № 1. – С. 63-68.

9. Платонов А.А. Встречаемость видов нежелательной растительности в полосах отвода железных дорог и охранных зонах трасс ВЛ Центральной России / А.А. Платонов // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry - 2023: материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 132-140. – DOI 10.58168/Forestry2023_132-140.

10. Анучин Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.

References

1. Ersson B.T. Analysis of the information content of tenders for the removal of unwanted vegetation / B.T. Ersson, A. Platonov, S.V. Zimarin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, October 23, 2020. – Voronezh, 2020. – P. 012022. – DOI 10.1088/1755-1315/595/1/012022.

2. Platonov A.A. Critical comments on the content of technical specifications of competitive applications for the removal of unwanted vegetation / A.A. Platonov, L.N. Bogdanova // Scientific life. – 2020. – Vol. 15, № 2(102). – pp. 199-211. – DOI 10.35679/1991-9476-2020-15-2-199-211.

3. Platonov A.A. Issues of disposal of unwanted vegetation when maintaining security zones of overhead line routes / A.A. Platonov // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. – 2020. – Vol. 1, № 1(31). – pp. 95-102.

4. Platonov A.A. Classification of linear infrastructure facilities: power lines / A.A. Platonov // Current problems of modern transport. – 2023. – № 1(11). – pp. 14-22.

5. Minaev V.N. Forest taxation / V.N. Minaev, L.L. Leontyev, V.F. Kovyazin. – St. Petersburg: Lan, 2022. – 240 p.
6. Platonov A.A. Directions for improving the quality assessment of work on removing unwanted vegetation / A.A. Platonov // Transport: science, education, production («Transport-2024»): Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Voronezh, April 24-26, 2024. – Voronezh: Rostov State Transport University, 2024. – pp. 162-166.
7. Platonov A.A. Assessment of species diversity of vegetation growing in the territories of linear infrastructure facilities in Central Russia / A.A. Platonov // Forestry Journal. – 2023. – Vol. 13, № 1(49). – pp. 180-193. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12.
8. Platonov A.A. Results of determining the species richness and species diversity of undesirable vegetation growing in railroad right of way / A.A. Platonov // History and prospects for the development of transport in the north of Russia. – 2023. – № 1. – pp. 63-68.
9. Platonov A.A. Occurrence of undesirable vegetation species in railway right-of-way and security zones of overhead power lines in Central Russia / A.A. Platonov // Conservation, innovative restoration and sustainable forest management. Forestry - 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forestry University named after. G.F. Morozova, 2023. – P. 132-140. – DOI 10.58168/Forestry2023_132-140.
10. Anuchin N.P. Forest taxation / N.P. Anuchin. – M: Lesn. industry, 1982. – 552 p.

ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЛОЩАДИ ОТВЕРСТИЯ ЗОЛОТНИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПУЛЬСАТОРА

Попиков П.И., Платонов А.А.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

APPROACHES TO DETERMINING THE AREA OF THE VALVE HOLE OF A HYDRAULIC PULSATOR

Popikov P.I., Platonov A.A.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: В лесном комплексе при осуществлении ряда работ для повышения их эффективности и качества применяются гидропульсационные механизмы. В статье рассматриваются вопросы моделирования площади отверстия для перетекания жидкости через золотник гидравлического пульсатора, указываются достоинства и недостатки предложенного подхода, формулируется вывод о целесообразности дальнейшего совершенствования рассмотренного метода.

Abstract: In the forestry complex, when performing a number of works to improve their efficiency and quality, hydropulsation mechanisms are used. The article examines the issues of modeling the area of the hole for the flow of liquid through the valve of the hydraulic pulsator, indicates the advantages and disadvantages of the proposed approach, and formulates a conclusion on the advisability of further improvement of the considered method.

Ключевые слова: растительность, воздействие, гидропульсационный механизм, моделирование, отверстие, золотник.

Keywords: vegetation, impact, hydropulsation mechanism, modeling, hole, valve.

В настоящее время в лесном комплексе при осуществлении целого ряда работ (например, в лесопитомниках [1, 2] для получения посадочного материала [3] с его выкопкой, или при удалении нежелательной кустарниковой растительности с отряхиванием корневой системы [4, 5]) широко применяются машинные технологии с применением соответствующих технических средств.

Однако общим недостатком существующих машин является большая энергоёмкость и низкие качественные показатели рабочего процесса (высокие усилия резания; обрывы и размочаливание корней растений; несохранность почвенного кома при выкопке или, наоборот, его сохранность при необходимости отряхивания корневой системы). Исследованиями установлено [6], что наложе-

ние знакопеременных нагрузок положительно влияет как на снижение усилий на исполнительных механизмах лесных машин, так и на качество показателей рабочего процесса. В связи с этим целесообразно использовать гидропульсационные механизмы [7] в отечественных машинах для повышения эффективности и качества процесса воздействия на растительность.

Конструкция машины (независимо от её назначения, но включающая в себя гидропульсационный механизм) позволяет создавать необходимо по величине и направлению пульсирующую нагрузку на поршни гидроцилиндров и, как следствие, на соответствующем рабочем органе при номинальном давлении в гидросистеме.

Однако разработка новой конструкции той или иной машины с гидропульсационным механизмом требует для начала проведения теоретических исследований, связанных с расчётом и оптимизацией конструктивных и технологических параметров указанного механизма.

Рассмотрим гидравлический пульсатор [8], описание конструкции которого не входит в цели и задачи данного исследования. Вращение вала золотника указанного гидравлического пульсатора является причиной постепенного (с заданной угловой скоростью ω) открытия и последующего закрытия входных и выходных отверстий для перетекания жидкости через золотник рассматриваемого пульсатора. Это предопределяет причину изменения площади S_0 отверстия перетекания жидкости, моделирование которого и является целью данной статьи.

Процесс перетекания жидкости через золотник гидравлического пульсатора начинается при достижении отверстием в золотнике (показано пунктиром; рис. 1, а) точки P , при этом предельный угол $\varphi_{зол}^{np}$ срабатывания пульсатора определится как:

$$\varphi_{зол}^{np} = \arcsin \frac{d_{к.зол}}{d_{зол}} \quad (1)$$

где $d_{к.зол}$ – диаметр отверстия в золотнике, мм; $d_{зол}$ – диаметр золотника пульсатора, мм.

Для расчёта площади S_0 отверстия перетекания жидкости через золотник гидравлического пульсатора введём систему координат xOy , центр которой будет находиться в точке оси вращения золотника пульсатора.

Положение хорды АВ искомой площади S_0 во введённой системе координат $x_1O_1y_1$ (а именно – высота её расположения h_{AB} , рис. 1, б) определится из системы координат xOy по зависимости:

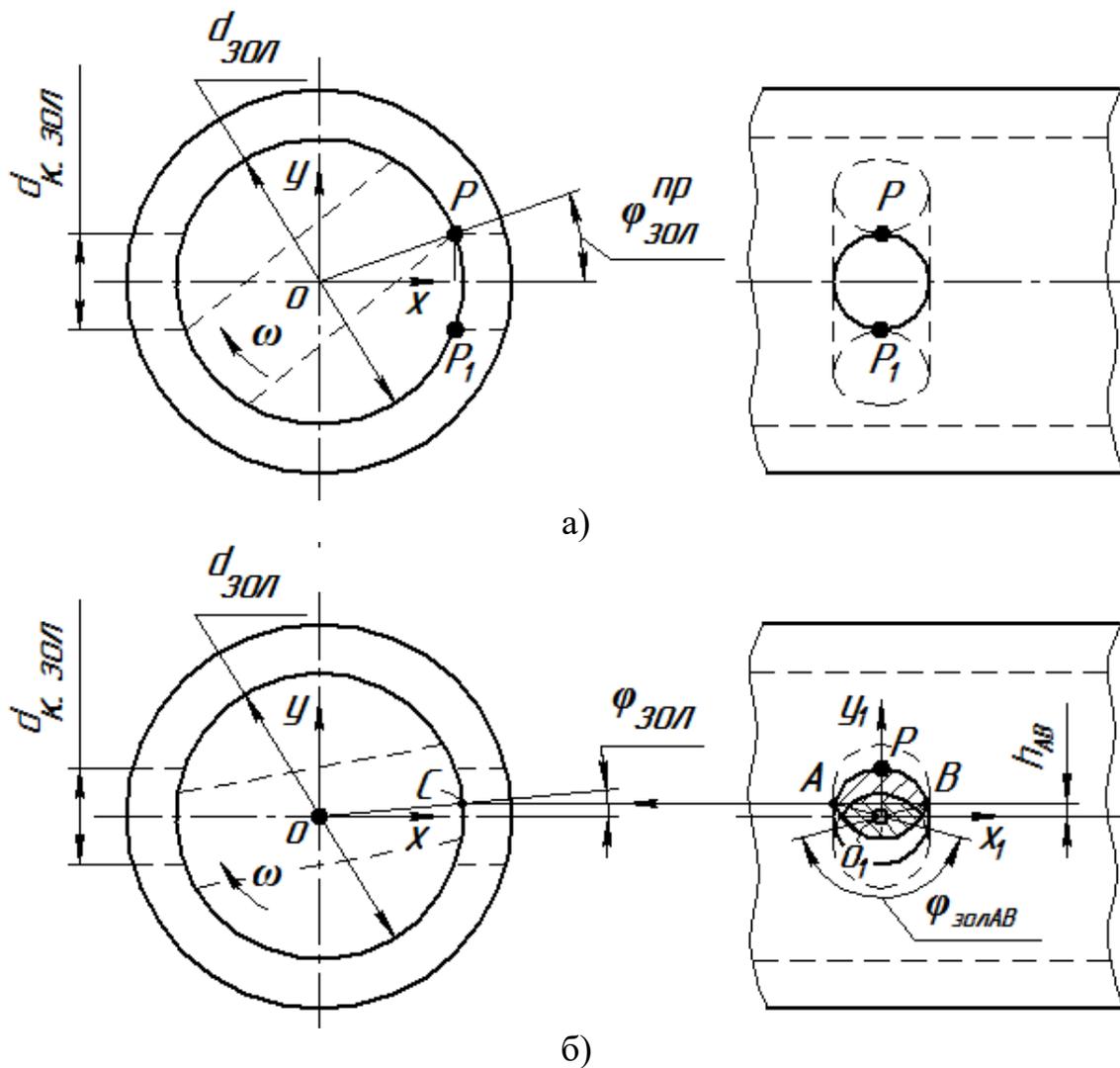


Рисунок 1 – Схема формирования площади отверстия перетекания жидкости через золотник гидравлического пульсатора

$$h_{AB} = \frac{d_{зол} \cdot \sin \varphi_{зол}}{2} \quad (2)$$

где $\varphi_{зол}$ – текущее (переменное) положение угла перетекания рабочей жидкости по каналу золотника, град.

Искомая площадь S_0 (мм²) отверстия перетекания жидкости через золотник определится через вычисления суммы площадей двух образующихся сегментов:

$$S_0 = 2 \cdot \frac{(d_{к.зол} / 2)^2}{2} \cdot \left(\frac{\pi \cdot \varphi_{золAB}}{180} - \sin \varphi_{золAB} \right) \quad (3)$$

Половина угла $\varphi_{золAB}$, величина которого генерируется текущим местонахождением отличительных точек АВ для одного из указанных сегментов (а именно – АРВ), определится по зависимости:

$$\begin{aligned} \frac{\varphi_{золAB}}{2} &= 90 - \arcsin \frac{h_{AB}}{d_{к.зол} / 2} = 90 - \arcsin \frac{2 \cdot d_{зол} \cdot \sin \varphi_{золt}}{2 \cdot d_{к.зол}} = \\ &= 90 - \arcsin \frac{d_{зол} \cdot \sin \varphi_{золt}}{d_{к.зол}} \end{aligned} \quad (4)$$

откуда величина угла $\varphi_{золAB}$ будет определена по формуле:

$$\varphi_{золAB} = 2 \cdot \left(90 - \arcsin \frac{d_{зол} \cdot \sin \varphi_{золt}}{d_{к.зол}} \right) = 180 - 2 \cdot \arcsin \frac{d_{зол} \cdot \sin \varphi_{золt}}{d_{к.зол}} \quad (5)$$

С учётом (5) площадь S_0 (мм²) отверстия перетекания жидкости через золотник гидравлического пульсатора, изменяющаяся во времени при непрерывном вращении его золотника, будет определена по формуле:

$$\begin{aligned} S_0 &= \frac{d_{к.зол}^2}{4} \cdot \left(\frac{\pi \cdot \left(180 - 2 \cdot \arcsin \frac{d_{зол} \cdot \sin \varphi_{золt}}{d_{к.зол}} \right)}{180} - \right. \\ &\quad \left. - \sin \left(180 - 2 \cdot \arcsin \frac{d_{зол} \cdot \sin \varphi_{золt}}{d_{к.зол}} \right) \right) \end{aligned} \quad (6)$$

На рис. 2 представлена рассчитанная по формуле (6) с учётом вышеизложенных соображений зависимость площади отверстия перетекания жидкости через золотник гидравлического пульсатора от угла срабатывания пульсатора $S_0 = f(\varphi_{зол})$ для следующих исходных данных: $d_{к.зол} = 20$ мм, $d_{зол} = 59,5$ мм.

Рассмотренный подход при всех его достоинствах (относительная простота и возможность реализации численного эксперимента на ЭВМ) не лишён, однако, существенного выявленного недостатка.

Анализ графика зависимости $S_0 = f(\varphi_{зол})$ позволил выявить (рис. 2), что срабатывание пульсатора осуществляется при углах $2 \cdot \varphi_{зол}^{np} \approx \pm 20^\circ$, при этом для указанных исходных данных величина предельного угла срабатывания пульсатора должна быть $\varphi_{зол}^{np} = 19^\circ 36'$.

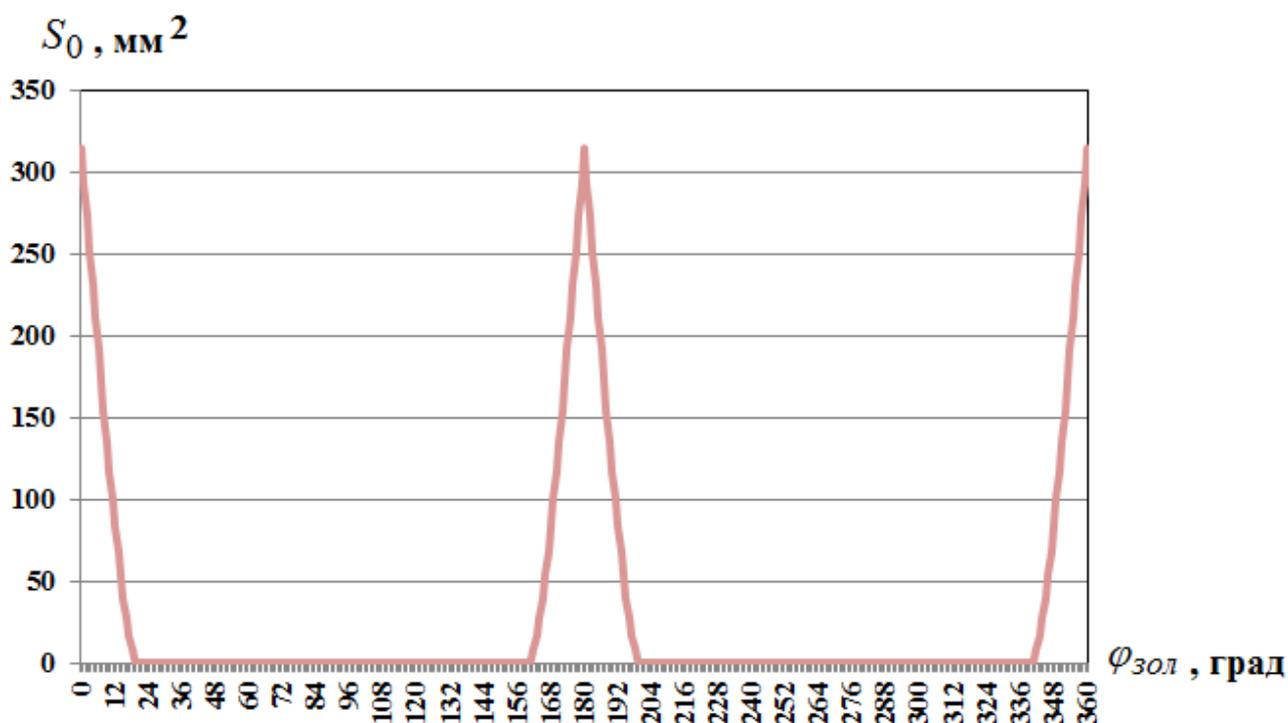


Рисунок 2 – Зависимость площади отверстия перетекания жидкости через золотник гидравлического пульсатора от угла срабатывания пульсатора $S_0 = f(\varphi_{зол})$

Однако, рассмотренный подход формирования площади отверстия перетекания жидкости через золотник показывает, что процесс работы пульсатора по перемещению жидкости по каналам должен осуществляться в диапазоне углов $4 \cdot \varphi_{зол}^{np} = 4 \cdot 19^{\circ}36' = 78^{\circ}33'$, т.е. порядка $38^{\circ}33'$ осталось за рамками математического описания формирования величин площади отверстия золотника гидравлического пульсатора. Выявленный факт означает, что в моделируемом процессе работы гидравлического пульсатора присутствует не полностью закрытое (открытое) отверстие (рис. 3), а следовательно, указанное техническое средство не выполняет возложенные на него функции по периодическому перераспределению поступления жидкости в поршневую и штоковую полости гидроцилиндра. Установленные значительные различия между моделированной и фактической площадями отверстия перетекания жидкости через золотник гидравлического пульсатора обусловлены, как показал анализ, тем, что в математической модели предусмотрен расчёт по оси вращения указанных отверстий, в то время как более точные данные получаются, если осуществлять расчёт по точкам поверхности указанных отверстий.

Тем не менее, предложенный подход к определению площади дросселирующего отверстия в гидравлическом пульсаторе заслуживает внимания и необходимости его дальнейшего совершенствования.

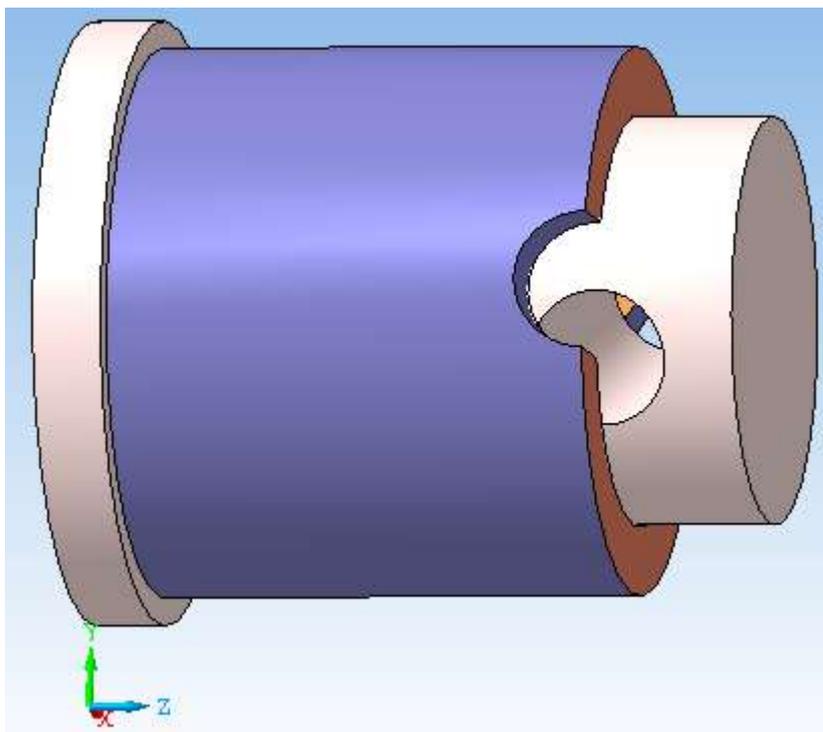


Рисунок 3 – Модель неполного перекрытия отверстия перетекания жидкости через золотник гидравлического пульсатора

Список литературы

1. Редько Г.И. Лесные питомники России / Г.И. Редько, Н.А. Бабич. – Вологда: Изд-во СПБЛТА, 1996. – 414 с.
2. Лесные культуры. Ускоренное лесовыращивание: учеб. пособие / Е.М. Романов, Н.В. Еремин, Т.В. Нуреева [и др.] – Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2007. – 288 с.
3. Драпалюк М.В. Перспективные технологии выращивания посадочного материала в лесных питомниках / М.В. Драпалюк. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2006. – 247 с.
4. Патент на полезную модель № 217777 РФ, МПК А01G 23/02. Устройство для удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности с корневой системой / А.А. Платонов, П.И. Попиков, Д.Ю. Дручинин, В.П. Попиков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»; № 2023101322; заявл. 22.04.2022; опубл. 17.04.2023
5. Патент № 2794551 РФ, МПК А01G 23/00. Способ удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности в лесных культурах / А.А. Платонов, П.И. Попиков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»; № 2022127173; заявл. 19.10.2022; опубл. 21.04.2023
6. Бакаев А.В. Обоснование параметров гидропульсационного механизма машины для выкопки крупномерных саженцев лесных культур: 05.21.01: дис. ... канд. техн. наук / Бакаев Андрей Валерьевич, 2017. – 155 с.
7. Моделирование рабочего процесса гидропульсационного привода машины для выкопки посадочного материала с почвенным комом в лесных

питомниках / П.И. Попиков, Д.Ю. Дручинин, В.П. Попиков, А.В. Бакаев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2017. – № 1(33). – С. 50-60. – DOI 10.15350/2306-2827.2017.1.50.

8. Патент № 2433001 РФ, МПК В06В 1/18. Гидравлический вибратор / П.И. Попиков, Р.В. Юдин, М.А. Платонова, А.А. Платонов; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»; № 2010114610/28; заявл. 12.04.2010; опубл. 10.11.2011

References

1. Redko G.I. Forest nurseries of Russia / G.I. Redko, N.A. Babich. – Vologda: Publishing house of SPbLTA, 1996. – 414 p.

2. Forest crops. Accelerated forest cultivation: textbook. manual / E.M. Romanov, N.V. Eremin, T.V. Nureeva [et al.]. – Yoshkar-Ola: Publishing house of MarSTU, 2007. – 288 p.

3. Drapalyuk M.V. Promising technologies for growing planting material in forest nurseries / M.V. Drapalyuk. – Voronezh: Voronezh State University, 2006. – 247 p.

4. Utility Model Patent № 217777 of the Russian Federation, IPC A01G 23/02. Device for removing unwanted woody and shrubby vegetation with the root system / A.A. Platonov, P.I. Popikov, D.Yu. Druchinin, V.P. Popikov; applicant and patent holder FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»; № 2023101322; declared 22.04.2022; published 17.04.2023.

5. Patent № 2794551 of the Russian Federation, IPC A01G 23/00. Method for removing unwanted woody and shrubby vegetation in forest plantations / A.A. Platonov, P.I. Popikov; applicant and patent holder FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»; № 2022127173; declared 10/19/2022; published 04/21/2023.

6. Bakaev AV Justification of the parameters of the hydro-pulsation mechanism of the machine for digging up large-sized seedlings of forest crops: 05.21.01: diss. ... Cand. of Engineering Sciences / Bakaev Andrey Valerievich, 2017. – 155 p.

7. Modeling the working process of the hydro-pulsation drive of the machine for digging up planting material with a lump of soil in forest nurseries / P.I. Popikov, D.Yu. Druchinin, V.P. Popikov, A.V. Bakaev // Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature Management. – 2017. – № 1(33). – pp. 50-60. – DOI 10.15350/2306-2827.2017.1.50.

8. Patent № 2433001 of the Russian Federation, IPC B06B 1/18. Hydraulic vibrator / P.I. Popikov, R.V. Yudin, M.A. Platonova, A.A. Platonov; applicant and patent holder State Educational Institution of Higher Professional Education «Voronezh State Forest Engineering Academy»; № 2010114610/28; declared 12.04.2010; published 10.11.2011.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА
ГИДРОМАНИПУЛЯТОРА ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ
С УЧЕТОМ УКЛОНА ПРИ ПРОСЕДАНИИ
СЛАБОНЕСУЩЕГО ГРУНТА ПОД АУТРИГЕРАМИ**

Попиков С.К., Яловегин А.Н., Попикова А.В.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**MATHEMATICAL MODEL OF THE WORKING PROCESS
OF A HYDRAULIC MANIPULATOR OF A TIMBER TRANSPORT
MACHINE TAKING INTO ACCOUNT THE SLOPE DURING
SUBSIDENCE OF WEAK-BEARING SOIL UNDER OUTRIGGERS**

Popikov S.K., Yalovegin A.N., Popikova A.V.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: Проведен анализ литературных источников. Представлена математическая модель процесса гидроманипулятора лесотранспортной машины с учетом уклона при проседании слабонесущего грунта под аутригером.

Ключевые слова: гидроманипулятор, механизм подъема стрелы, математическая модель, анализ.

Abstract: The analysis of literary sources is carried out. A mathematical model of the process of a hydraulic manipulator of a forestry machine is presented taking into account the slope during subsidence of weak-bearing soil under the outrigger.

Keywords: hydraulic manipulator, boom lifting mechanism, mathematical model, analysis.

Задачи отечественного лесного комплекса невозможно решить без повышения эффективности заготовки древесного сырья с применением лесотранспортных машин манипуляторного типа [1]. Однако при эксплуатации отечественных лесотранспортных машин выявилась проблема недостаточной устойчивости манипуляторов. Одной из причин потери устойчивости являются высокие динамические нагрузки, возникающие во время переходных процессов, когда оператору данной машины сложно обеспечить плавность пуска и торможения технологического оборудования [2]. Поэтому важнейшей задачей является предупреждение высоких динамических нагрузок при погрузочно-разгрузочных работах в процессе сортиментной заготовки древесины при рубках ухода за лесом.

В настоящее время на существующих лесных гидроманипуляторах для снижения динамических нагрузок применяются различные демпферы, дроссе-

ли, гасители колебаний давления рабочей жидкости. Однако они малоэффективны, так как снижают динамические нагрузки только в конечных положениях поршней гидроцилиндров. Для повышения устойчивости во время погрузочно-разгрузочных работ лесотранспортных машин манипуляторного типа на погрузочных площадках применяются системы выравнивания с помощью гидравлических опор (аутригеров). Однако управление гидроцилиндрами аутригеров производится вручную рукоятками распределителей, на что расходуется много времени, а, следовательно, снижается производительность машины. Кроме этого на слабонесущих грунтах возможны внезапные проседания опор аутригеров и возникновение критических ситуаций потери поперечной устойчивости лесотранспортной машины.

По результатам проведенного нами анализа литературных источников [3-7] было выявлено недостаточное количество исследований влияния динамической нагруженности на устойчивость лесотранспортных машин манипуляторного типа. Это указывает на актуальность проведения исследований нагруженности и повышения безопасности эксплуатации гидроманипуляторов лесотранспортных машин.

С учетом этого нами предложен новый гидромеханический демпфер с повышенным быстродействием для снижения динамических нагрузок при остановках стреловой группы манипулятора в промежуточных положениях стрелы [8]. Для исследования процесса погрузочных работ с учетом воздействия сил инерции и податливости гидропривода с дополнительным демпфером разработаны расчетные схемы подъема груза с максимальным вылетом стрелы с учетом уклона при просадке грунта под правым аутригером в точке А (рис. 1, а) и расчетная схема демпфера (рис. 1, б). Согласно указанным расчетным схемам разработана математическая модель, включающая дифференциальные уравнения поворота стрелы, расхода рабочей жидкости и движения плунжера демпфера:

$$\left\{ \begin{array}{l} (J_{бр} + J_c) \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \frac{\pi d_c^2 b_1 \sin \beta}{4} p - (G_{бр} L + G_c l_n) \cos \varphi \cos \alpha, \\ q_n n_n = \frac{\pi d_c^2 b_1 \sin \beta}{4} \cdot \frac{d\varphi}{dt} + \mu \frac{\pi d_n^2}{4} x_d + a_y p + \frac{V_{сум}}{E_{пр}} \cdot \frac{dp}{dt}, \\ \frac{d^2 x_d}{dt^2} = \frac{1}{m_d} \left(p \frac{\pi d_n^2}{4} - c_n x_d - \frac{dx_d}{dt} k_d \right), \end{array} \right. \quad (1)$$

где $J_{бр}$ – момент инерции пачки бревен относительно точки O_1 , кг·м²;

J_c – момент инерции манипулятора относительно точки O_1 , кг·м²

$G_{бр}$ – сила тяжести пачки бревен в захвате, Н;

G_c – сила тяжести стреловой группы манипулятора, Н;

d – внутренний диаметр гидроцилиндра стрелы, м;

a_y – коэффициент, учитывающий утечки жидкости, м⁵/(Н·с);

K_p – коэффициент податливости гидропривода, $\text{м}^5/(\text{Н}\cdot\text{с})$; определяется по эмпирической формуле;

q_n – рабочий объем насоса, $\text{м}^3/\text{об}$;

n_n – частота вращения насоса, с^{-1} ;

p – текущее значение давления в гидроприводе, Па.

m_d – масса плунжера демпфера, кг;

$d_{\text{п}}$ – диаметр плунжера демпфера, м;

x_d – ход плунжера демпфера, м;

$c_{\text{п}}$ – жёсткость пружины демпфера, Н/м;

k_d – коэффициент трения плунжера демпфера.

Обозначения остальных параметров, входящих в уравнения приведены на рис. 1 и 2.

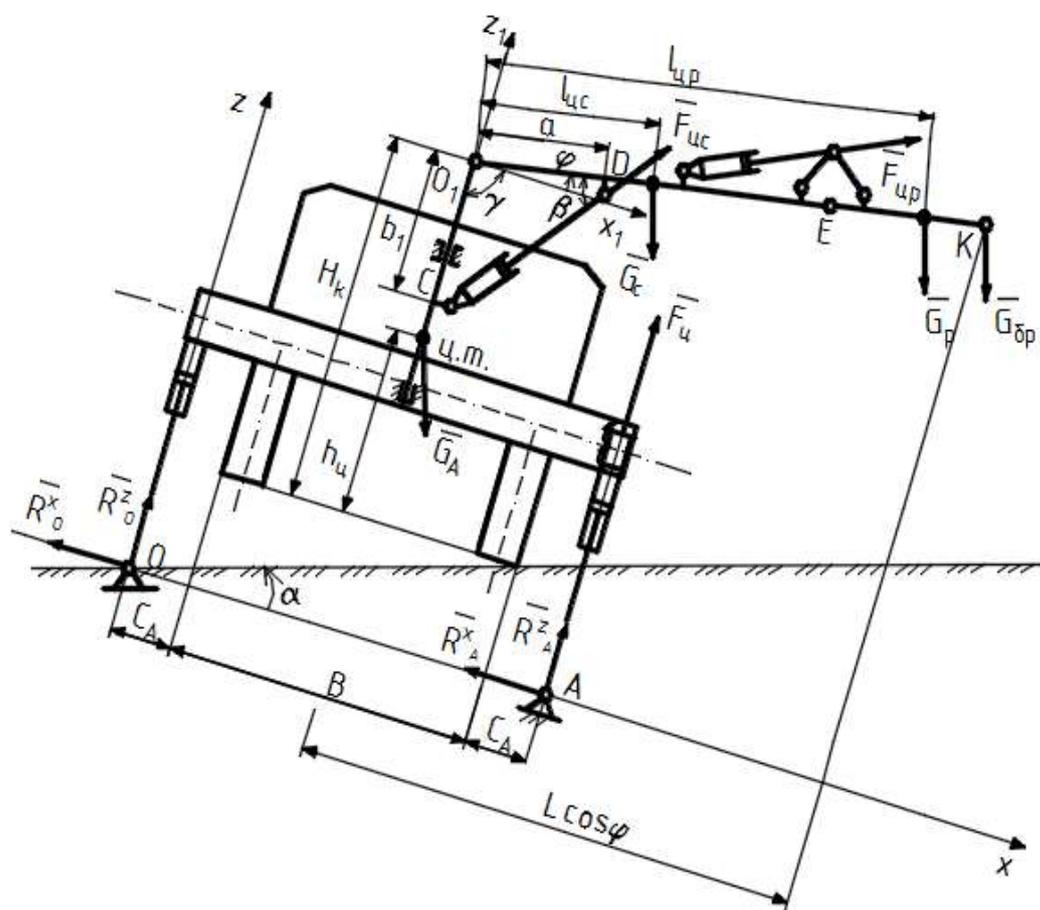


Рисунок 1 – Расчетная схема лесотранспортной машины манипуляторного типа при работе на уклоне

У лесных манипуляторов во время погрузочно-разгрузочных работ при критических ситуациях потери устойчивости предусмотрена мгновенная разгрузка при раскрытии грейферного захвата. Однако с момента воздействия оператора на рычаг гидрораспределителя до полного раскрытия грейфера и освобождения пачки сортимента проходит время (1,0...2,0 с). Поэтому предпочти-

тельным, на наш взгляд, является гидропривод с автоматической разгрузкой захвата от пачки бревен. При проектных расчетах в этом случае принимается сила, приложенная к захвату и направленная вверх, равная 25% от силы тяжести груза [1].

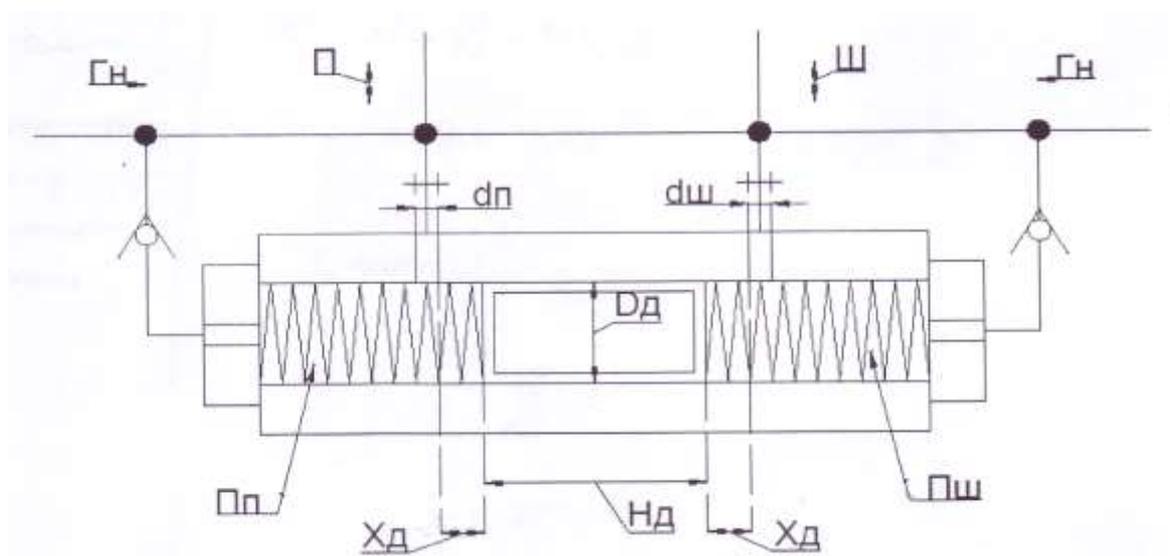


Рисунок 2 – Расчетная схема демпфера в гидроприводе

При совмещении рабочих процессов гидроцилиндра подъема стрелы манипулятора и гидроцилиндра захвата в момент мгновенной разгрузки захвата уравнение расходов рабочей жидкости будет включать расходы гидроцилиндров стрелы и захвата.

Решение математической модели рабочего процесса гидроманипулятора лесотранспортной машины с учетом уклона при проседании слабонесущего грунта под аутригерами позволит обосновать параметры и режимы работы гидропривода и обеспечить устойчивость и безопасность в критических ситуациях эксплуатации машин в лесном комплексе.

Список литературы

1. Гидроманипуляторы и лесное технологическое оборудование: монография / [И.М. Бартенев и др.] ; под ред. И.М. Бартенева. – М. : Флинта-Наука, 2011. – 408 с.
2. Александров В.А. Моделирование технологических процессов лесных машин : учебник / В.А. Александров, А.В. Александров. – СПб. : Лань, 2016. – 368 с.
3. Проектирование и расчет манипуляторов лесных машин : учеб. пособие / Ю.Ю. Герасимов [и др.]. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2006. – 89 с.
4. Процессы и машины в лесном комплексе / П.И. Попиков, Р.В. Юдин, Е.В. Поздняков, С.В. Малюков. – Воронеж, 2022. – 151 с.
5. Жуков А.В. Основы проектирования специальных лесных машин с учетом их колебаний / А.В. Жуков, Л.И. Кадолко. – Минск : Наука и техника, 1978. – 264 с.

6. Платонова М.А. К исследованию кинематических схем манипуляторов машин для удаления нежелательной растительности / М.А. Платонова, М.В. Драпалюк, А.А. Платонов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 5-2(16-2). – С. 108-112. – DOI 10.12737/15982.

7. Имитационная модель рабочего процесса манипулятора при удалении нежелательной растительности вместе с корневой системой в лесных насаждениях / П.И. Попиков, Л.Д. Бухтояров, А.А. Платонов, Е.Ю. Вакула // Resources and Technology. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 1-14. – DOI 10.15393/j2.art.2020.5402.

8. Патент № 2789167 С1 Российская Федерация, МПК В66С 13/42. Гидропривод грузоподъемного механизма лесного манипулятора: № 2022119768: заявл. 19.07.2022: опубл. 30.01.2023 / П.И. Попиков, А.С. Черных, Д.С. Богданов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова».

References

1. Hydraulic manipulators and forestry technological equipment: monograph / [I.M. Bartenev et al.]; edited by I.M. Bartenev. – M: Flinta-Nauka, 2011. – 408 p.

2. Aleksandrov V.A. Modeling of technological processes of forest machines: textbook / V.A. Aleksandrov, A.V. Aleksandrov. – St. Petersburg: Lan, 2016. – 368 p.

3. Design and calculation of manipulators of forest machines: textbook / Yu.Yu. Gerasimov [et al.]. – Petrozavodsk: Publishing house of PetrSU, 2006. – 89 p.

4. Processes and machines in the forestry complex / P.I. Popikov, R.V. Yudin, E.V. Pozdnyakov, S.V. Malyukov. – Voronezh, 2022. – 151 p.

5. Zhukov A.V. Fundamentals of designing special forest machines taking into account their vibrations / A.V. Zhukov, L.I. Kadolko. – Minsk: Science and Technology, 1978. – 264 p.

6. Platonova M.A. On the study of kinematic schemes of manipulators of machines for removing unwanted vegetation / M.A. Platonova, M.V. Drapalyuk, A.A. Platonov // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. – 2015. – Vol. 3, № 5-2(16-2). – pp. 108-112. – DOI 10.12737/15982.

7. Simulation model of the work process of a manipulator when removing unwanted vegetation along with the root system in forest plantations / P.I. Popikov, L.D. Bukhtoyarov, A.A. Platonov, E.Yu. Vakula // Resources and Technology. – 2020. – Vol. 17, № 4. – pp. 1-14. – DOI 10.15393/j2.art.2020.5402.

8. Patent № 2789167 C1 Russian Federation, IPC B66C 13/42. Hydraulic drive of the lifting mechanism of a forestry manipulator: No. 2022119768: declared. 19.07.2022: published. 30.01.2023 / P.I. Popikov, A.S. Chernykh, D.S. Bogdanov [et al.]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov».

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОГО
СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА «ГОФРОШПОН»**

Потахин А.Г., Карпов М.В., Галактионов О.Н.

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

**THERMAL CONDUCTIVITY OF A PROMISING CONSTRUCTION
MATERIAL «CORRUPTED VENEER»**

Potakhin A.G., Karpov M.V., Galaktionov O.N.

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

Аннотация: В работе приведены результаты исследования теплоизоляционных свойств стеновых гофропанелей. Показана актуальность производства и исследования предложенных материалов. Приведена методика исследования теплопроводности и схемы применяемого оборудования. Рассчитана теплопроводность шести образцов. Сделаны выводы о полученных результатах и целесообразности производства данных видов панелей. Установлено что средняя теплопроводность наиболее эффективного образца составила 0,072 Вт/(м·К)

Abstract: The paper presents the results of research of thermal insulation properties of wall corrugated panels. The relevance of production and research of the proposed materials. The methodology of research of thermal conductivity and schemes of the applied equipment are given. equipment. Thermal conductivity of six samples is calculated. Conclusions about the obtained results and expediency of production of these types of panels. It is established that the average thermal conductivity of the most effective sample was 0.072 W/(m·K)

Ключевые слова: Панели, теплоизоляционные материалы, теплопроводность.

Keywords: Panels, thermal insulation materials, thermal conductivity.

Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках проекта «Исследование характеристик перспективного строительного материала «Гофрошпон» и разработка альбома типовых узлов и конструкций на его основе», поддержанного в рамках Программы поддержки НИОКР студентов, аспирантов и лиц, имеющих ученую степень, обеспечивающих значительный вклад в инновационное развитие отраслей экономики и социальной сферы Республики Карелия, в 2024 году, финансируемой Правительством Республики Карелия (Договор №3-Г24 от 20.03.2024 между ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» и Фондом венчурных инвестиций Республики Карелия).

Деревянное домостроение в последние годы значительно увеличило свою долю в индивидуальном жилищном строительстве. К примеру, на август 2024

года было введено на 23 % больше объектов ИЖС, относительно такого же периода 2023 года. При этом следует отметить, что поднятие ключевой ставки и увеличение первого взноса по ипотеке на данный момент повлияли на спрос индивидуального жилищного строительства не существенно.

Глава Минстроя РФ отметил, что за 2023 год объем нового жилья в стране превысил 110 млн. м², при этом больше половины (59 млн м²) из этого относится к индивидуальному жилищному строительству. Всего за прошлый год было введено 431 тыс. частных домов. В этом же году за 2/3 этого же периода уже введено 314 тыс. домов [1]

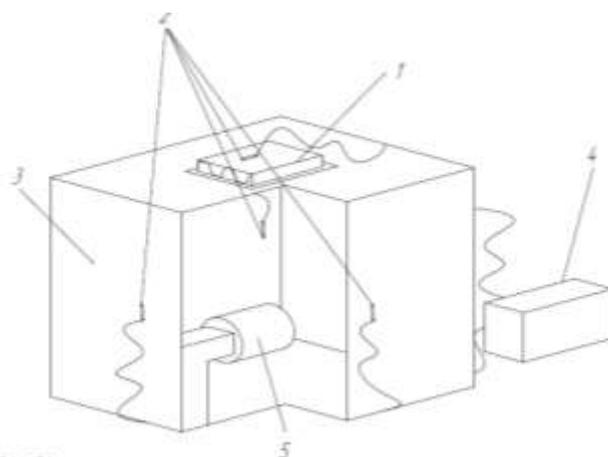
По данным Рослесинфорга площадь ИЖС, выполненного из дерева, в 2023 году составила 30-35 %. Хотя большинство потребителей и предпочитают строить частные дома из дерева, но вот строительство крупных зданий осуществляется с использованием кирпича, газобетона, бетона и керамзитных блоков.

Тенденция использования в крупных сооружениях бетонов обусловлено низкой несущей способностью деревянных конструкций. Однако тепловая эффективность бетонов по сравнению с древесными материалами чрезвычайно низка. Для небольших частных и дачных домов деревянные конструкции отлично подходят с обеих позиций. Требования к заливке фундамента под такие дома минимальны, а скорость сборки каркасных домов на месте не превышает нескольких недель.

В ходе выполнения гранта были проведены исследования теплопроводности нового плитного материала «Гофрошпон». Исследования проводились на специальном оборудовании, собранном и протестированном в лаборатории при содействии преподавательского коллектива кафедры «технологии лесного комплекса и ландшафтной архитектуры» Петрозаводского государственного университета.

Схема установки для исследования теплопроводности материала представлена на рис. 1. На рис. 2 представлена установка для исследования теплопроводности материала «Гофрошпон» и процесс исследования теплопроводности материала. На рис. 3 показан теплоизоляционный короб с установленным переходником для образцов.

Эксперименты проведены на основании рекомендаций [2]. Однако в ходе работ были учтены некоторые практические особенности, обусловленные конструкцией предлагаемых панелей. Главная особенность состоит в соизмеримости толщины листов шпона и размеров гофр, которая в исследуемых условиях составляла от 8 до 12 мм. При таких размерах воздух в гофрах начинает двигаться практически как свободный. Процесс теплопередачи интенсифицируется из-за микровихрей в объеме гофр и главное из-за свободного перемещения воздуха в атмосферу. Это приводит к смещению оценок теплопроводности гофрошпона и необходимости исключения свободного обмена с атмосферным воздухом. Таким образом, разработанная система переходников играет важную роль в точности получаемых данных.



1 – образец; 2 – датчики; 3 – теплоизолированный контейнер;
4 – модуль сбора данных, 5 – нагревательный элемент.

Рисунок 1 – Схема установки для исследования теплопроводности материала.



Рисунок 2 – Расположение образца при испытании, изоляция снята.



Рисунок 3 – Установка с переходником.

Исследование теплопроводности проводилось для всех изготовленных образцов – 12 шт. Для повышения точности измерений, каждый образец проходил испытание по два раза, с разворотом образца на 90 градусов. Массив получаемых данных представлял собой текстовый документ с обозначением времени получения показаний с датчиков, каждый датчик обозначен уникальным идентификатором, что позволяет упростить последующую обработку собранных данных. Массив данных формировался на основе информации получаемой с аналогово-цифрового преобразователя через систему «Wi-Fi».

Изолированный контейнер представляет собой короб, в качестве каркаса использован жесткий картон, а теплоизоляционная часть выполнена из изоляционного материала – пенополистирола, переходник, обеспечивающий установку и исследование образцов различного размера выполнен из пенопласта. Для контроля утечек тепла через стенки короба на внешних сторонах стенок установлены датчики температуры. Переходник выполнен в нескольких исполнениях.

Получаемые данные обрабатывались на ноутбуке HP Mini 110-3700er. Разработанная программа передавала все данные в текстовый документ и эксперимент заканчивался, окончание эксперимента фиксировалось по стабилизации разницы температур горячей и холодной стороны образца на уровне $\pm 0,01$ °С. Данные копировались в Microsoft Word, в котором производилось, форматирование данных, удаление лишней информации, спецсимволы, данные приобретали систематизированный вид для работы с результатами замеров и получения графиков теплопроводности. После получения такого вида данных, они переносились в Microsoft Excel.

Для окончательной обработки результатов использовался Microsoft Excel. Для ускорения процесса анализа составлена базовая таблица с настроенными связями и формулами, которая использовалась как основа для обработки остальных данных, обработка заключалась в подстановке очередной порции данных от исследованного образца – температуры, времени, геометрические параметры образца. Образец таблица с данными из программы Microsoft Excel представлена в табл. 1. Необходимо отметить, что показатели датчиков 2 и 4 убраны из таблицы для простоты читаемости информации. В расчетах показания этих датчиков учитывались.

Таблица 1 – Пример результатов исследования теплопроводности образца А13

Показания датчиков, °С				Температура			Время, с	Плотность теплового потока, Вт/м ²	Теплопроводность, Вт/(м·К),	
1	3	5	6	горячей стороны, К	холодной стороны, К	среды, К			текущая	средняя
25	25	34,4	24,8	307,4	297,8	298	5	24,40	0,0712	0,072
25,1	24,8	34,1	24,8	307,1	297,8	298	10	23,75	0,0715	
25,1	25	33,8	24,8	306,8	297,8	298	15	22,66	0,0705	
25,3	25	35,2	25,1	308,2	298,1	298	20	26,39	0,0732	
25,1	24,9	34,8	25	307,8	298	298	25	25,42	0,0726	

В качестве нагревательного элемента используется 20 Вт лампа накаливания. В качестве регистраторов температуры – кабельные температурные датчики ZONT DS18B20 с погрешностью измерений 0,5°C. Датчики под номерами 1-4 определяли потери тепла из бокса, датчик 5 определял показания температуры с внутренней стороны панельки, датчик 6 определял показания температуры с внешней стороны панельки. В табл. 2 представлены результаты теплопроводности всех образцов.

Таблица 2 – Результаты исследования теплопроводности всех образцов

Кодовое наименование образца	A13	A12	2A5	1A 5-1	3A3	3A2
Количество волн гофрированного слоя, шт.	5	7	5	7	5	5
Ширина клеевой полосы, мм	2	2	2	2	2	2
Толщина шпона, мм	0,6	0,9	1,1	1	0,6	0,6
Длина образца, мм	100	175	100	140	100	100
Ширина образца, мм	100	175	100	140	100	100
Диаметр гофры, мм	8	10	12	8	8	4
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,072	0,076	0,079	0,078	0,085	0,0802

В ходе исследований фиксировались и рассчитывались следующие показатели – площадь материала (константа), толщина материала и разность температур камеры и поверхностей материала, плотность теплового потока. При помощи датчиков фиксировалась температура горячей и холодной сторон образца, в дальнейшем находилась их разность. Затем рассчитывался тепловой поток и при помощи плотности теплового потока находилось количество передаваемой теплоты (произведение плотности потока на время).

На основании полученных данных и, исходя из Закона Фурье, выполнялся расчет коэффициента теплопроводности по формуле (1) [3]

$$\lambda = \frac{(Q - Q_{CT}) \cdot \delta}{(T_{c1} - T_{c2}) F'} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \quad (1)$$

где Q – поступающий поток тепла, Вт; Q_{CT} – поток тепла, уходящий через стенки, Вт; δ – толщина образца, м; T_{c1} , T_{c2} – температуры, соответственно, внутренней и наружной поверхностей образца, К; F' – площадь образца, м².

По формуле (1) при помощи полученных данных рассчитывали коэффициент теплопроводности. Полученные коэффициенты теплопроводности исполь-

зовались для вычисления среднего коэффициента теплопроводности (находилось среднее арифметическое). Диапазон значений коэффициента теплопроводности составил: 0,072-0,098 Вт/(м·К), минимальный показатель зафиксирован у образца А13, максимальный у 3А2. Теплопроводность зависит от внутреннего пространства материала (пустоты гофрированного слоя). Чем меньше диаметр гофрированного слоя – тем выше коэффициент теплопроводности. Это объясняется тем, что коэффициент теплопроводности воздуха значительно меньше коэффициента теплопроводности древесины, если воздуха в пространстве гофрированного слоя больше, то тем ниже будет коэффициент теплопроводности и, как следствие, тем более теплоэффективнее полученный материал и меньше тепловой поток сквозь стеновую конструкцию.

Список литературы

1. За деревянным домостроением – будущее ИЖС? // Портал о лесозаготовке и деревообработке. Сетевое издание Forestcomplex.ru [сайт]. – URL: https://forestcomplex.ru/wh-building/za-derevyannym-domostroeniem-budushhee-izhs/?utm_source=lg&utm_medium=post&utm_campaign=19_09 (дата обращения 19.09.2024).
2. Теплотехнический эксперимент. Справочник по тепломассообмену. – М. : Энергоиздат, 1982. – 512 с.
3. Теория тепломассообмена. – М. : Энергия, 1984. – 468 с.

References

1. Is wooden housing construction the future of individual housing construction? // Portal on logging and woodworking. Online publication Forestcomplex.ru [website]. – URL: https://forestcomplex.ru/wh-building/za-derevyannym-domostroeniem-budushhee-izhs/?utm_source=lg&utm_medium=post&utm_campaign=19_09 (date of access 09/19/2024).
2. Heat engineering experiment. Handbook of heat and mass transfer. – Moscow: Energoizdat, 1982. – 512 p.
3. Theory of heat and mass transfer. – Moscow: Energy, 1984. – 468 p.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ОЦЕНКИ
ВТОРИЧНЫХ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ НА УЧАСТКЕ ЛЭП
В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Рыжов Я.А.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**MODELING OF THE MANAGEMENT PROCESS OF THE SECONDARY
FOREST RESOURCES ASSESSMENT SYSTEM USING SATELLITE DATA
AT A POWER LINE SITE BASED ON VORONEZH REGION**

Ryzhov Ya.A.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: использование современных технологий дистанционного зондирования имеет особое значение для решения задач мониторинга и управления вторичными лесными ресурсами в лесных экосистемах. Особое внимание в исследовании уделено влиянию инфраструктурных объектов, таких как линии электропередач (ЛЭП), на состояние лесных участков. Применение индексов NDVI и EVI, рассчитанных на основе спутниковых данных Sentinel-2, позволяет выявить динамику растительности и различия между участками вблизи ЛЭП и на прилегающих территориях. Эти технологии значительно повышают точность и оперативность мониторинга, что способствует более эффективному управлению лесными ресурсами и минимизирует необходимость полевых исследований.

Abstract: the use of modern remote sensing technologies is of particular importance for solving the problems of monitoring and management of secondary forest resources in forest ecosystems. Special attention in the study is paid to the influence of infrastructural objects, such as power transmission lines (transmission lines), on the condition of forest areas. The use of NDVI and EVI indices, calculated from Sentinel-2 satellite data, reveals vegetation dynamics and differences between areas near power lines and adjacent areas. These technologies significantly improve the accuracy and timeliness of monitoring, which contributes to more effective forest management and minimizes the need for field surveys.

Ключевые слова: вторичные лесные ресурсы, дистанционное зондирование, Sentinel-2, NDVI, EVI, мониторинг растительности, управление вторичными лесными ресурсами, линии электропередач, инфраструктурные объекты.

Keywords: secondary forest resources, remote sensing, Sentinel-2, NDVI, EVI, vegetation monitoring, secondary forest resources management, power lines, infrastructure facilities.

Использование современных технологий дистанционного зондирования играет ключевую роль в реализации специальных проектов [9] как лесовосстановления [7, 12, 13], так и управления вторичными лесными ресурсами в лесных насаждениях [4]. Эти технологии позволяют точно отслеживать состояние растительности, особенно в зонах, подверженных воздействию инфраструктурных объектов, таких как линии электропередач. Вторичные лесные ресурсы, включающие древесные и недревесные компоненты, часто остаются неиспользованными, несмотря на их значительный потенциал для эффективного управления лесными территориями. Понимание динамики и состояния этих ресурсов особенно важно в условиях воздействия инфраструктуры, что помогает обеспечить более рациональное использование лесных ресурсов.

Исследование влияния линий электропередач (ЛЭП) на состояние вторичных лесных ресурсов с применением спутниковых данных является актуальной задачей, так как оно позволяет получить точные и актуальные данные без необходимости проведения полевых исследований. Биоразнообразие вблизи ЛЭП играет ключевую роль в поддержании экосистем, и мониторинг динамики растительности становится важным инструментом для оптимизации управления лесными ресурсами [14]. Это подчеркивает значимость использования современных технологий дистанционного зондирования для анализа воздействия инфраструктуры на лесные территории.

Исследуемые лесные участки расположены в Воронежской области с координатами: широта 51.6615, долгота 39.2003, высота над уровнем моря 158 метров. В этих местах проводился систематический мониторинг вторичных лесных ресурсов для определения их распределения, объема и потенциального использования.

Территория исследования включает линию электропередачи ВЛ-220КВ, проходящую через лесополосу. Это позволяет изучить влияние инфраструктуры на лесные экосистемы и вторичные лесные ресурсы. Линия электропередачи проходит через населенные пункты Студенки, Князево, Красное, Медовка, Шуберское и Воля, пересекает различные типы лесных насаждений и лесополос, что делает данный участок идеальным для изучения вторичных лесных ресурсов в условиях инфраструктурного воздействия.

Предмет исследования – методы дистанционной оценки и разработка информационной системы для управления вторичными лесными ресурсами. Это включает процесс получения данных о состоянии и распределении лесных ресурсов, их обработку для выделения ключевых характеристик и анализ данных для принятия управленческих решений. Внедрение современных технологий в оценке дистанционного зондирования позволяет получать точные и актуальные данные без проведения полевых работ.

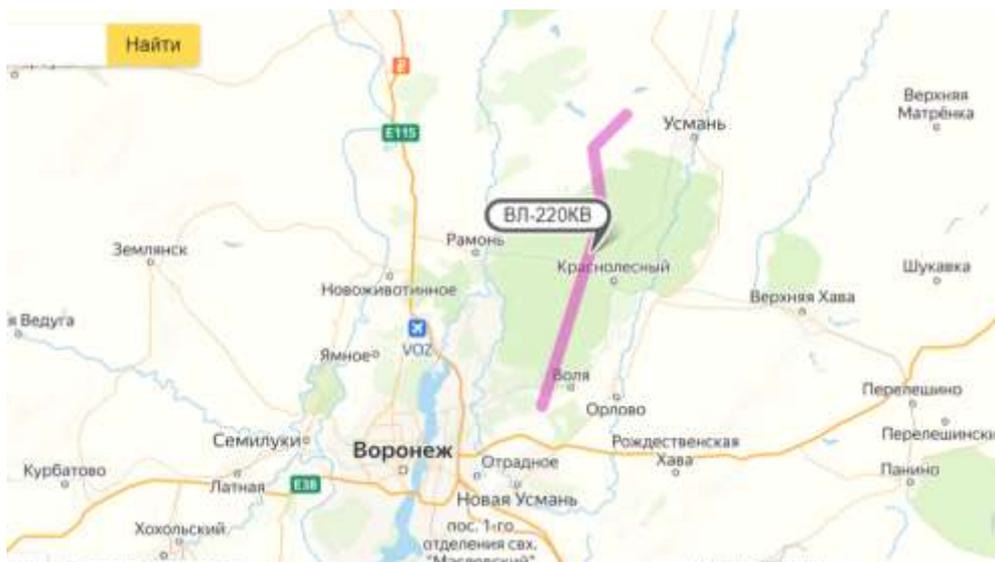


Рисунок 1 – Схематичное отображение линии электропередачи ВЛ-220 кВ на карте Воронежской области

Применение спутниковых данных Sentinel-2 для мониторинга растительности предоставляет возможность детального анализа изменений в лесных массивах благодаря высокому пространственному разрешению и широкому спектральному диапазону [8]. Снимки Sentinel-2, с разрешением до 10 метров на пиксель, идеально подходят для наблюдения за небольшими объектами и анализа динамики растительности. Одними из ключевых преимуществ использования данных Sentinel-2 являются регулярные обновления, бесплатный доступ, а также наличие 13 спектральных каналов, охватывающих видимый, ближний инфракрасный и коротковолновый инфракрасный диапазоны. Это делает их незаменимыми для проведения таких видов анализа, как расчёт индексов NDVI и EVI, что особенно важно для оценки состояния растительности и почвы [8]. Спутниковые данные Sentinel-2 играют важную роль в управлении лесными ресурсами, обеспечивая точные и регулярные обновления состояния растительности [10].

Для оценки состояния растительности и её динамики использовались два индекса — NDVI и EVI. Выбор именно этих индексов обусловлен их различной чувствительностью к вегетации и дополнительными возможностями, которые они предоставляют. NDVI (нормализованный вегетационный индекс) хорошо коррелирует с биомассой и состоянием растений, поскольку он рассчитывается на основе разницы между отражённым ближним инфракрасным (NIR) и красным (Red) светом. Этот индекс предоставляет быстрый и понятный индикатор общего состояния растительности. Однако, NDVI более чувствителен к шуму и влиянию атмосферных условий, что может снижать точность в некоторых ситуациях [2].

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \#1$$

где *NIR* – ближний инфракрасный канал, отражение ближнего инфракрасного света растительностью, *Red* – красный канал, отражение красного света растительностью.

EVI (усиленный вегетационный индекс) является улучшением NDVI, включающим дополнительный синий (Blue) канал для коррекции атмосферных воздействий и минимизации влияния почвы. EVI более чувствителен к высокому содержанию биомассы и менее подвержен насыщению в плотных лесных насаждениях, чем NDVI. Это делает EVI более устойчивым и точным в условиях плотной растительности и при наличии атмосферных загрязнений [2].

$$EVI = 2.5 \times \frac{NIR - Red}{NIR + 6 \times Red - 7.5 \times Blue + 1}$$

где *NIR* – ближний инфракрасный канал, отражение ближнего инфракрасного света растительностью.

Red – красный канал, отражение красного света растительностью.

Blue – синий канал, отражение синего света растительностью.

2.5 – коэффициент масштабирования, улучшает чувствительность индекса к вегетации.

6 – коэффициент, применяемый к красному каналу для коррекции атмосферных воздействий.

7.5 – коэффициент, применяемый к синему каналу для коррекции влияния почвы.

1 – добавочный член, обеспечивающий стабильность расчёта.

Нормализованный вегетационный индекс (NDVI) демонстрирует высокую корреляцию с биомассой и состоянием растений, что делает его удобным и эффективным инструментом для быстрого анализа состояния растительности [2]. В то же время индекс EVI, благодаря улучшенной коррекции атмосферных воздействий и влияния почвы, является более точным показателем для оценки растительности в плотных лесных массивах [11]. Комбинированное использование NDVI и EVI позволяет повысить точность оценки растительности: NDVI даёт общие индикаторы, а EVI предоставляет более детализированные данные в условиях, где NDVI может быть менее точным. Использование временных рядов данных дистанционного зондирования, таких как NDVI и EVI, способствует детальному анализу динамики лесных экосистем [3]. Это обеспечивает более полное и надёжное представление о состоянии и динамике растительности, что значительно повышает точность мониторинга.

Google Earth Engine предоставляет мощные инструменты для обработки и анализа спутниковых данных, таких как снимки Sentinel-2, что значительно упрощает мониторинг лесных ресурсов [5]. Эта облачная платформа позволяет работать с большими объёмами геопространственных данных, визуализируя и анализируя их с помощью удобного интерфейса и инструментов для дистанционного зондирования.

Процедура сбора данных включала следующие этапы. Сначала были выбраны два полигона: зона ЛЭП и зона вне ЛЭП. Полигон для внешней зоны был выбран для сравнения состояния растительности вне влияния ЛЭП. Координаты для зоны ЛЭП и комбинированного полигона для внешней зоны определялись с использованием функции геометрического полигона (рис. 2) в Google Earth Engine.

```
var lepPolygon = ee.Geometry.Polygon([
  [39.46651165004193, 51.755512667337754],
  // дополнительные координаты
  [39.46773473735272, 51.755499384642185]
  // ...
]);
```

Рисунок 2 – Код создания полигональной области

Коллекция изображений Sentinel-2 загружалась с фильтрацией по дате (июнь 2024 года) и проценту облачности менее 20 %. Были выбраны каналы B4 (красный), B8 (NIR) и B2 (синий) для дальнейшего анализа (рис. 3).

```
var sentinel2 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
  .filterDate('2024-06-01', '2024-06-30')
  .filterBounds(lepPolygon)
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 20))
  .select(['B4', 'B8', 'B2']); // Выбор красного, NIR и синего каналов
```

Рисунок 3 – Код создания коллекция изображений Sentinel-2

Изображения были объединены в мозаику, что позволяет создать целостное изображение исследуемого участка без пропусков и наложений. Мозаика была отображена на карте с использованием Google Earth Engine, что позволило визуально оценить состояние растительности и правильность выбранных полигонов. Обработанное изображение экспортировалось для дальнейшего анализа в формат GeoTIFF, позволяя сохранять географическую привязку изображений, что упрощает их последующую обработку и анализ. TIFF (Tagged Image File Format) является широко используемым форматом для хранения растровых изображений с высокой точностью и поддержкой многослойных данных.

Для оценки состояния растительности данные с Sentinel-2 загружались в Google Earth Engine и обрабатывались с помощью специализированных инструментов, таких как GeoTIFF.js и GDAL. После получения TIFF-файлов данные нормализовались, что позволяло вычислять индексы NDVI и EVI для каждого пикселя изображения [6]. Нормализация заключалась в приведении значений пикселей к единому масштабу, где максимальное значение каждого канала использовалось для масштабирования остальных данных в диапазон от 0 до 1. Это упрощало дальнейшие расчёты и обеспечивало точный анализ динамики растительности.

Проведенные исследования показали эффективность использования вегетационных индексов NDVI и EVI для оценки состояния растительности и её динамики на участках лесных экосистем, находящихся под воздействием ин-

фраструктурных объектов, таких как линии электропередач. После нормализации данных спутниковых изображений индексы NDVI и EVI были рассчитаны для каждого пикселя, что позволило получить детализированную информацию о растительном покрове и его изменениях.

NDVI продемонстрировал высокую корреляцию с биомассой и состоянием растений, предоставляя быстрый и наглядный индикатор общего состояния растительности. В то же время индекс EVI, благодаря своей улучшенной коррекции атмосферных воздействий и влияния почвы, показал себя более точным инструментом для оценки плотной растительности. Современные методы мониторинга, включая использование БПЛА и спутниковых данных, также значительно повышают точность анализа лесных ресурсов, что способствует более полному пониманию динамики растительного покрова [1].

Анализ данных индексов в разных зонах, как вблизи ЛЭП, так и за её пределами, позволил выявить средние и медианные значения вегетационной активности. Эти данные обеспечили всестороннее представление о состоянии растительности на исследуемых территориях и выявили различия в уровне вегетационной активности под воздействием инфраструктурных объектов. Таким образом, комбинированное использование индексов NDVI и EVI позволяет получать более точные данные, что способствует более информированному управлению лесными ресурсами и их вторичным потенциалом.

Список литературы

1. Recent Advances in Unmanned Aerial Vehicle Forest Remote Sensing – A Systematic Review. Part I: A General Framework / R. Dainelli, P. Toscano, S.F. Di Gennaro, A. Matese // *Forests*. – 2021. – Т. 12. – № 3. – С. 327. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f12030327>. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1999-4907/12/3/327>.

2. Garrouette E. Using NDVI and EVI to Map Spatiotemporal Variation in the Biomass and Quality of Forage for Migratory Elk in the Greater Yellowstone Ecosystem / E. Garrouette, A. Hansen, R. Lawrence // *Remote Sensing*. – 2016. – Т. 8. – № 5. – С. 404. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8050404>.

3. Mapping forest degradation due to selective logging by means of time series analysis: Case studies in Central Africa / M. Hirschmugl, M. Steinegger, H. Gallaun, M. Schardt // *Remote Sensing*. – 2013. – Т. 6. – № 1. – С. 756-775. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs6010756>.

4. Lechner A.M. Applications in Remote Sensing to Forest Ecology and Management / A.M. Lechner, G.M. Foody, D.S. Boyd // *One Earth*. – 2020. – Т. 2. – № 5. – С. 405-412. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.05.001>.

5. Mitchell A.L. Current remote sensing approaches to monitoring forest degradation in support of countries measurement, reporting and verification (MRV) systems for REDD+ / A.L. Mitchell, A. Rosenqvist, B. Mora // *Carbon Balance and Management*. – 2017. – Т. 12. – № 1. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s13021-017-0078-9>.

6. Recent Progress of Earth Science Satellite Missions in China / J. Shi, D. Lü, Y. Wang и др. // Chinese Journal of Space Science. – 2022. – Т. 42. – № 4. – С. 712-723. – DOI: <https://doi.org/10.11728/cjss2022.04.yg21>.

7. Свиридов Л.Т. Устройство для очистки и сортирования лесных семян хвойных пород: пат. 2179079 Российская Федерация, МПК7 В 07 В 1/16. / Л.Т. Свиридов, А.Д. Голев, А.И. Новиков, А.В. Филатов. – заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. лесотехн. акад. – № 2000107585/03 ; заявл. 28.03.00 ; опубл. 10.02.02, Бюл. № 4.

8. Contribution of Sentinel-2 data for applications in vegetation monitoring / P. Addabbo, M. Focareta, S. Marcuccio et al. // ACTA IMEKO. – 2016. – Vol. 5. – № 2. – P. 44. – DOI: https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v5i2.352.

9. Belyaeva T.P. Planning the implementation of special projects / T.P. Belyaeva, K. V. Zolnikov, V.A. Smerek // Radiation resistance of electronic systems «Resistance-2011». – Moscow: 2011. – pp. 239-241.

10. Remote Sensing Technology Applications in Forestry and REDD+ / K. Calders, I. Jonckheere, J. Nightingale, M. Vastaranta // Forests. – 2020. – Vol. 11. – № 2. – P. 188. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f11020188>.

11. Maurya K. Remote sensing techniques: mapping and monitoring of mangrove ecosystem – a review / K. Maurya, S. Mahajan, N. Chaube // Complex & Intelligent Systems. – 2021. – Vol. 7. – № 6. – pp. 2797-2818. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00457-z>.

12. Novikov A.I. Disc separators in forest seed production / A.I. Novikov. – Voronezh, 2017. – 159 p.

13. Novikov A.I. Non-destructive quality control of forest seeds in globalization: problems and prospects of output innovative products / A.I. Novikov, T.P. Novikova // Globalization and Its Socio-Economic Consequences / T. Kliestik ed. – Rajcke Teplice, Slovakia: Univ Zilina, 2018. – pp. 1260-1267.

14. Platonov A. Assessment of the species diversity of vegetation growing on the territories of linear infrastructure facilities in Central Russia / A. Platonov // Forestry Engineering Journal. – 2023. – Vol. 13. – № 1. – pp. 180-193. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12>.

References

1. Recent Advances in Unmanned Aerial Vehicle Forest Remote Sensing – A Systematic Review. Part I: A General Framework / R. Dainelli, P. Toscano, S.F. Di Gennaro, A. Matese // Forests. – 2021. – Vol. 12. – № 3. – p. 327. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f12030327>. – URL: <https://www.mdpi.com/1999-4907/12/3/327>.

2. Garrouette E. Using NDVI and EVI to Map Spatiotemporal Variation in the Biomass and Quality of Forage for Migratory Elk in the Greater Yellowstone Ecosystem / E. Garrouette, A. Hansen, R. Lawrence // Remote Sensing. – 2016. – Vol. 8. – № 5. – p. 404. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8050404>.

3. Mapping forest degradation due to selective logging by means of time series analysis: Case studies in Central Africa / M. Hirschmugl, M. Steinegger, H. Gallaun,

M. Schardt // *Remote Sensing*. – 2013. – Vol. 6. – № 1. – pp. 756-775. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs6010756>.

4. Lechner A.M. Applications in Remote Sensing to Forest Ecology and Management / A.M. Lechner, G.M. Foody, D.S. Boyd // *One Earth*. – 2020. – Vol. 2. – № 5. – pp. 405-412. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.05.001>.

5. Mitchell A.L. Current remote sensing approaches to monitoring forest degradation in support of countries measurement, reporting and verification (MRV) systems for REDD+ / A.L. Mitchell, A. Rosenqvist, B. Mora // *Carbon Balance and Management*. – 2017. – Vol. 12. – № 1. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s13021-017-0078-9>.

6. Shi J. Recent Progress of Earth Science Satellite Missions in China / J. Shi, D. Lü, Y. Wang et al. // *Chinese Journal of Space Science*. – 2022. – Vol. 42. – № 4. – pp. 712-723. – DOI: <https://doi.org/10.11728/cjss2022.04.yg21>.

7. Sviridov L.T. Device for cleaning and sorting coniferous forest seeds: pat. 2179079 Russian Federation, MPK7 In 07 In 1/16. / L.T. Sviridov, A.D. Golev, A.I. Novikov, A.V. Filatov. – applicant and patent holder Voronezh State Forestry Engineering. acad. – № 2000107585/03.

8. Addabbo P. Contribution of Sentinel-2 data for applications in vegetation monitoring / P. Addabbo, M. Focareta, S. Marcuccio et al. // *ACTA IMEKO*. – 2016. – Vol. 5. – № 2. – P. 44. – DOI: https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v5i2.352.

9. Belyaeva T.P. Planning the implementation of special projects / T.P. Belyaeva, K. V. Zolnikov, V.A. Smerek // *Radiation resistance of electronic systems «Resistance-2011»*. – Moscow: 2011. – pp. 239-241.

10. Remote Sensing Technology Applications in Forestry and REDD+ / K. Calders, I. Jonckheere, J. Nightingale, M. Vastaranta // *Forests*. – 2020. – Vol. 11. – № 2. – P. 188. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f11020188>.

11. Maurya K. Remote sensing techniques: mapping and monitoring of mangrove ecosystem—a review / K. Maurya, S. Mahajan, N. Chaube // *Complex & Intelligent Systems*. – 2021. – Vol. 7. – № 6. – pp. 2797-2818. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00457-z>.

12. Novikov A.I. Disc separators in forest seed production / A.I. Novikov. – Voronezh, 2017. – 159 p.

13. Novikov A.I. Non-destructive quality control of forest seeds in globalization: problems and prospects of output innovative products / A.I. Novikov, T.P. Novikova // *Globalization and Its Socio-Economic Consequences* / T. Kliestik ed. – Rajecke Teplice, Slovakia: Univ Zilina, 2018. – P. 1260-1267.

14. Platonov A. Assessment of the species diversity of vegetation growing on the territories of linear infrastructure facilities in Central Russia / A. Platonov // *Forestry Engineering Journal*. – 2023. – Vol. 13. – № 1. – pp. 180-193. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12>.

**ЗВЕНО, СОВЕРШАЮЩЕЕ ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ.
КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ**

Стородубцева Т.Н., Калашников Д.А., Макаров Т.Е.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**LINK PERFORMING ROTATIONAL MOTION.
KINEMATIC CALCULATION**

Storodubtseva T.N., Kalashnikov D.A., Makarov T.E.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация. В данной статье рассматривается кинематическое звено, которое совершает вращательное движение. Приведен пример кинематического расчета дисковой пары и кривошипно-шатунного механизма с использованием готовых формул.

Abstract. This article examines a kinematic link that performs a rotational motion. An example of kinematic calculation of a disk pair and a crank mechanism using ready-made formulas is given.

Ключевые слова: вращательное движение, кинематическое звено, дисковая пара.

Keywords: rotational motion, kinematic link, disk pair.

Практическая деятельность инженера лесного хозяйства нередко направлена на изучение механизмов, способствующих эффективному использованию и эксплуатации различных технических систем, применяемых в современном лесном комплексе. Кроме того, указанная деятельность характеризуется применением различных специфических понятий и подходов к решению задач по исследованию и выдаче рекомендаций к проектированию механизмов для лесного хозяйства. Так, механизмы, звенья которого совершают вращательное движение, нашли применение в насосах и гидродвигателях, используемых в дорожно-строительных машинах лесного комплекса. Практическое использование основных методов преобразования данных механизмов позволяет в каждом конкретном случае получить наиболее целесообразную – с точки зрения конструкции и эксплуатации – модификацию какого-либо исходного механизма.

Рассмотрим кривошипно-шатунный механизм и его звено ОА, которое совершает вращательное движение (рис. 1). Скорость \bar{V}_A и ускорение точки А находятся по известным формулам кинематики вращательного движения. Будет известен также угол α_{AV} .

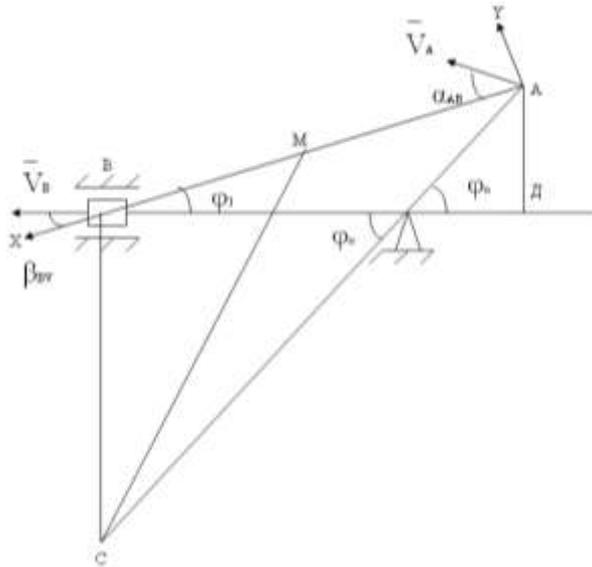


Рисунок 1 – Схема звена, совершающего вращательное движение

Требуется найти угловую скорость ω_{AB} звена AB и скорость \bar{V}_B ползуна [1]. Положение шатуна AB известно. Используя готовые формулы (1) и (2) найдем эти величины:

$$V_B \cos \beta_{BV} = V_A \cos \alpha_{AV} \quad (1)$$

$$V_B \sin \beta_{BV} = V_A \sin \alpha_{AV} + \omega \cdot AB \quad (2)$$

$$V_B = V_A \frac{\cos \alpha_{AV}}{\cos \alpha_{BV}} \quad (3)$$

$$\omega_{AB} = \frac{V_B \sin \beta_{BV} - V_A \sin \alpha_{AV}}{AB} \quad (4)$$

Пусть угловая скорость звена OA задана и постоянна ($\omega = \omega_0 = const$).

Пусть задан начальный угол ϕ_0 :

$$OA \sin \phi_0 = AB \sin \phi_1; \sin \phi_1 = \frac{OA}{AB} \sin \phi_0; OB = AB \cos \phi_1;$$

$$tg \phi_0 = \frac{BC}{OB}; BC = OB tg \phi_0.$$

Пусть задана произвольная точка M (длина BM), Тогда:

$$OC \sin \phi_0 = BC; OC = \frac{BC}{\sin \phi_0}.$$

По теореме косинусов получим:

$$CM = \sqrt{(BM)^2 + (BC)^2 - 2BM \cdot BC \cos(90^\circ + \phi_1)} \quad (5)$$

Таким образом, мы нашли в общем виде положение мгновенного центра скорости С и расстояние от точки М до этого центра.

Рассмотрим пример расчета по данной теме (рис. 2) [3, 4], где $OA = 25$ см, $AB = 80$ см, $AC = 20$ см, $\omega_{OA} = 1$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с².

Рассмотрим сначала звено ОА (рис. 3).

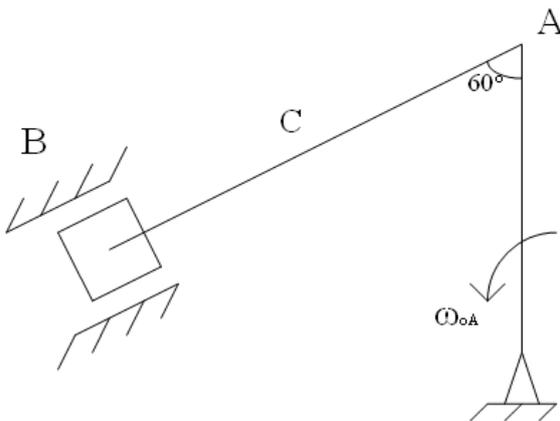


Рисунок 2 – Упрощенная схема кинематической пары

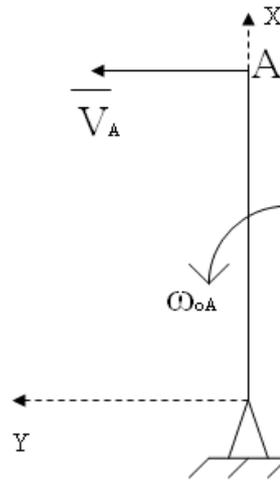


Рисунок 3 – Звено ОА

Длина звена ОА задана; угловая скорость ω_{OA} – задана. Можно применить формулу Эйлера:

$$\bar{V}_A = \bar{V}_O + [\bar{\omega}_{OA} \times \bar{OA}] \quad (6)$$

В нашем случае полюс О неподвижен следовательно $V_0=0$.

Соотношение (6) запишется в проекциях следующим образом:

$$V_A \cos \beta_{AV} = V_O \cos \alpha_{OV} \quad (7)$$

$$V_A \sin \beta_{AV} = V_O \sin \alpha_{OV} + \omega_{OA} \cdot OA \quad (8)$$

$$V_O = 0; \beta_{AV} = 90^\circ; \cos \beta_{AV} = 0; \sin \beta_{AV} = 1.$$

Мгновенный центр скорости для звена ОА находится в точке О. Направление вектора скорости \bar{V}_A направлено в сторону вращения звена ОА.

Воспользуемся готовой формулой (4) для определения угловой скорости:

$$\omega = \frac{V_B \sin \beta_{BV} - V_A \sin \alpha_{AV}}{AB}.$$

В нашем случае для звена OA:

$$AB = OA; V_A = 0; \sin \beta_{BV} = 1; V_B = V_A.$$

Определим скорость V_A и тангенс угла наклона вектора V_A :

$$V_B = \sqrt{V_A^2 \cos^2 \alpha_{AV} + (V_A \sin \alpha_{AV} + \omega AB)^2} \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \beta_{BV} = \frac{V_A \sin \alpha_{AV} + \omega AB}{V_A \cos \alpha_{AV}}. \quad (10)$$

Для звена OA: $V_A = 0; \omega = \omega_{OA}; AB = OA$.

$$V_A = \sqrt{\omega_{OA}^2 \cdot OA^2} = \omega_{OA} \cdot OA;$$

$$\operatorname{tg} \beta_{AV} = \frac{\omega_{OA} \cdot OA}{0} = \infty.$$

Отсюда следует, что $\alpha_{AV} = 90^\circ$.

Перейдем к рассмотрению звена AB. Аналогично имеем:

$$\bar{V}_B = \bar{V}_A + [\bar{\omega}_{AB} \times \bar{AB}] .$$

В проекциях получим [2]:

$$V_B \cos \beta_{BV} = V_A \cos \alpha_{AV};$$

$$V_B \sin \beta_{BV} = V_A \sin \alpha_{AV} + \omega_{AB} \cdot AB.$$

$$\alpha_{AV} = 30^\circ; \beta_{BV} = 0^\circ; \cos \alpha_{AV} = \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}; \cos \beta_{BV} = \cos 0^\circ = 1;$$

$$V_B = V_A \frac{\sqrt{3}}{2}; \quad V_B \sin 0^\circ = V_A \sin 30^\circ + \omega_{AB} \cdot AB;$$

$$\omega_{AB} = -\frac{1}{2} \frac{V_A}{AB}; \quad |\omega_{AB}| = \frac{V_A}{2AB}.$$

Векторное произведение $[\bar{\omega}_{AB} \times \bar{AB}]$ направлено против оси Y.

Определим положение мгновенного центра скорости звена AB (точка D) [2].

Скорость точки A равна:

$$V_A = \omega_{AB} \cdot AD; \quad AD = AD_1 + D_1 \cdot D; \quad AD_1 = AB \sin 30^\circ = \frac{1}{2} AB.$$

С другой стороны:

$$tg 30^\circ = \frac{BD_1}{D_1D}; \quad \frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{BD_1}{D_1D}; \quad D_1D = BD_1\sqrt{3};$$

$$BD_1 = AB \cos 30^\circ = AB \frac{\sqrt{3}}{2}; \quad D_1D = \frac{AB \cdot 3}{2};$$

$$AD_1 = \frac{AB}{2} + \frac{3}{2}AB = 2AB; \quad \omega_{AB} = \frac{V_A}{2AB}.$$

Проверим общие формулы для звена АВ:

$$V_B = \sqrt{V_A^2 \cos^2 \alpha_{AV} + (V_A \sin \alpha_{AV} + \omega_{AB} \cdot AB)^2};$$

$$tg \beta_{BV} = \frac{V_A \sin \alpha_{AV} + \omega_{AB} \cdot AB}{V_A \cos \alpha_{AV}}.$$

В нашем случае:

$$\sin \alpha_{AV} = \sin 30^\circ = \frac{1}{2};$$

$$V_A \sin \alpha_{AV} + \omega_{AB} \cdot AB = \frac{V_A}{2} - \frac{V_A}{2AB} \cdot AB = 0.$$

Поэтому получаем:

$$V_B = \sqrt{V_A^2 \cos^2 \alpha_{AV}} = V_A \cos \alpha_{AV} = V_A \cos 30^\circ = V_A \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

$$tg \beta_{BV} = 0; \quad \beta_{BV} = 0^\circ.$$

Вектор \vec{V}_B направлен вдоль оси X (по направлению от А к В).

Таким образом, приведен конкретный пример кинематического расчета дисковой пары и кривошипно-шатунного механизма с использованием готовых формул.

Использование готовых общих формул позволяет эффективно использовать вычислительную технику.

Данная задача кинематического расчета может быть обобщена по теории расчета механизмов по заданной траектории их движения.

В заключение необходимо подчеркнуть, что исследование кинематики приводит к более детальному выявлению влияния параметров механизма на его кинематические характеристики, чем графические методы исследования.

Список литературы

1. Григорьева Г.В. Механика. Теория механизмов и машин : учеб. пособие / Г.В. Григорьева, И.М. НадYROва. – Новосибирск : СГГА, 2007. – 201 с.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 2009. – 639 с.
3. Бухгольц Н.Н. Основы курс теоретической механики / Н.Н. Бухгольц. – М. : Наука, 1969. – 306 с.
4. Огарков В.Б. Общее решение уравнения движения Ньютона при вынужденном воздействии / В.Б. Огарков, Т.Н. Стородубцева, П.Э. Гончаров // Интеграция науки, образования и производства, для развития лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Воронеж, 28-30 июня 2004 года. – Воронеж, 2004. – С. 190-193.

References

1. Grigorieva G.V. Mechanics. Theory of mechanisms and machines: a textbook / G.V. Grigorieva, I.M. Nadyrova. – Novosibirsk: SGGA, 2007. – 201 p.
2. Artobolevsky I.I. Theory of mechanisms and machines / I.I. Artobolevsky. – 4th ed. revised and enlarged. – Moscow: Nauka, 2009. – 639 p.
3. Bukhgalts N.N. Basic course of theoretical mechanics / N.N. Bukhgalts. – Moscow: Nauka, 1969. – 306 p.
4. Ogarkov V.B. General solution of Newton's equation of motion under forced action / V.B. Ogarkov, T.N. Storodubtseva, P.E. Goncharov // Integration of science, education and production for the development of forestry and the forest industry complex: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, Voronezh, June 28-30, 2004. – Voronezh, 2004. – pp. 190-193.

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПРИВОДА
РУБИЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ**

Фокин С.В., Медведева П.Ю.

*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия*

**THEORETICAL STUDY OF THE DRIVE MECHANISM
OF A CHIPPER FOR CHOPPING WOOD RAW MATERIALS**

Fokin S.V., Medvedeva P.Yu.

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia*

Аннотация: В статье проводится теоретическое обоснование для проведения компьютерных экспериментов по исследованию эффективности работы привода рубильной машины, которая входит в состав операций сквозной технологий создания энергетических плантаций, для получения конечной продукции в виде топливной щепы.

Abstract: The paper provides a theoretical justification for conducting computer experiments to investigate the efficiency of the chipper drive, which is part of the operations of end-to-end energy plantation technology, to obtain the final product in the form of fuel chips.

Ключевые слова: энергетические плантации, сквозные технологии лесовыращивания, привод рубильной машины, топливная щепа.

Keywords: energy plantations, cross-cutting silvicultural technologies, chipper drive, fuel chips.

Одним из основных направлений развития лесной и деревообрабатывающей промышленности в данном контексте является использование метода переработки отходов и низкокачественной древесины на технологическую щепу. Этот метод позволяет оптимизировать использование ресурсов деловой древесины, сохраняет площади лесных массивов, снижает затраты на лесовосстановление и заготовку древесины, а также увеличивает долю выхода древесины с лесных территорий на 20-25% [1].

«Зеленая энергетика», несомненно, имеет свои затраты, но привлекательна по ряду других факторов, например, как средство осознанного подхода государства к своим природным ресурсам и экологической ситуации [2]. Энергетика на основе растительной и древесной биомассы продолжает набирать популярность во многих странах мира, становясь самокупаемой и конкурентоспособной альтернативой ископаемому топливу.

Европейская часть Российской Федерации является идеальным регионом для развития биоэнергетики благодаря своим значительным запасам промышленного леса, наличию равнинных ландшафтов и развитой инфраструктурой для распределения энергии и тепла. Кроме того, эта территория предлагает современные предприятия в сфере энергетики и машиностроения, а также высокий уровень технического образования у населения. Все это создает обширные возможности для развития этой перспективной отрасли [3].

Для создания энергетических лесов применяются быстрорастущие растения, такие как тополь, ива и осина. Международные исследователи в области лесного хозяйства опробовали около 20 различных видов растений – от деревьев до кустарников и травянистых культур – в создании таких лесов. Через каждые 4-7 лет деревья срезаются, принося годовой урожай вплоть до 7 тонн на гектар. В процессе создания щепы используется широкий спектр рубильных машин, которые играют важную роль в получении конечной продукции [4, 5].

Приводные устройства являются основным элементом в конструкции этого оборудования и оказывают значительное влияние на выбор силовой установки и параметры технологического процесса измельчения сырья [6]. Использование энергии биомассы - одна из многих интересных технологий применения измельченной древесины для получения тепловой энергии в российских условиях [7].

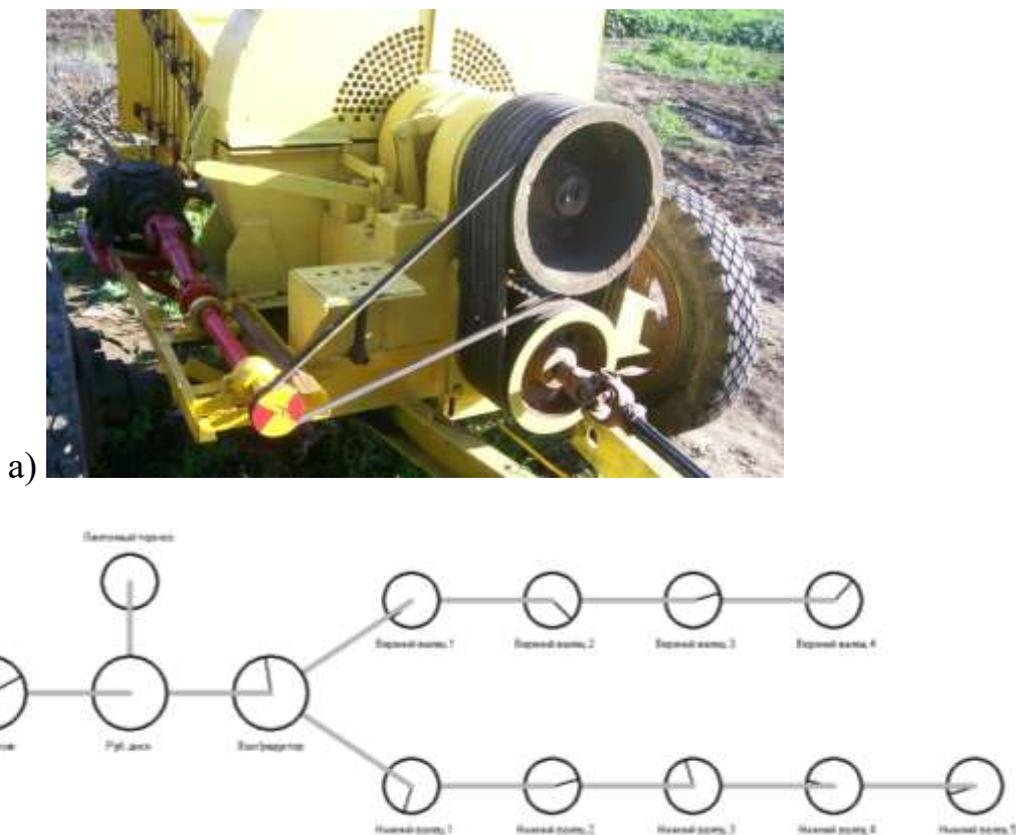
Для теоретического исследования эффективности предложенного механизма привода рубильной машины разработана математическая модель, на основе которой затем была разработана компьютерная программа, имитирующая работу механизма привода. Программа позволяет проводить компьютерные эксперименты с моделью механизма привода и исследовать влияние различных конструктивных и технологических параметров механизма привода в различных режимах работы.

Цель данного теоретического исследования заключалась в определении закономерностей влияния и оптимальных диапазонов конструктивных и технологических параметров механизма привода на его эффективность. Для моделирования используются методы классической механики [8]. Механизм привода рубильной машины для измельчения древесного сырья можно представить как совокупность нескольких тел вращения, взаимодействующих между собой с помощью ременных и зубчатых передач и длинных условно упругих валов (рис. 1).

Каждое тело i вращения в модели характеризуется угловой координатой φ_i и угловой скоростью ω_i . Тела вращения имеют моменты инерции J_i относительно оси вращения тела. Работа механизма привода в модели описывается системой дифференциальных уравнений второго порядка, составленной на базе основного закона динамики вращательного движения [9]:

$$\left\{ J_i \frac{d^2 \varphi_i}{dt^2} = \sum_{k=1}^n M_{ki} + M_{\psi_i} ; \right. \quad (1)$$

где t – время; k и n – порядковый номер и общее количество тел вращения; M_{ki} – момент силового взаимодействия между телами вращения i и k ; $M_{в}$ – момент внешних сил, действующих на тело вращения i .



б) а) фотография опытного образца; б) представление механизма привода как совокупности 13 тел вращения с упруго-вязким взаимодействием между ними

Рисунок 1 – Механизм привода рубильной машины:

Момент сил взаимодействия между двумя телами вращения рассчитывается в приближении упруго-вязкого взаимодействия:

$$M_{ij} = -c_{ij}(\varphi_i - k\varphi_j) - d_{ij} \left(\frac{d\varphi_i}{dt} - k_{ij} \frac{d\varphi_j}{dt} \right), \quad (2)$$

где c_{ij} и d_{ij} – коэффициенты угловой жесткости и углового демпфирования; k – передаточное число (для шестеренной или ременной передачи).

Каждое из рассматриваемых тел вращения взаимодействует не со всеми остальными телами вращения, а только с одним–двумя телами вращения, поэтому большинство коэффициентов c_{ij} и d_{ij} равны нулю [10]. Кроме того, для ременной передачи коэффициенты c_{ij} также принимаются равными нулю и предполагается, что передача вращения производится с помощью сил вязкого трения. В этой связи удобно использовать матрицы параметров взаимодействия размером $n \times n$: матрицу угловых коэффициентов жесткости $[c_{ij}]$, матрицу угловых коэффициентов демпфирования $[d_{ij}]$, матрицу передаточных отношений $[k_{ij}]$.

Матрица $[c_{ij}]$ практически вся состоит из нулей, за исключением элемента c_{01} (и соответственно с 10), который отвечает связи вала отбора мощности (тело вращения «0») и нижнего шкива (тело вращения «1») с помощью карданного вала. Остальные связи между телами вращения осуществляются через ременные передачи, поэтому коэффициенты жесткости, отвечающие за синхронность вращения, имеют нулевые значения.

В матрице коэффициентов углового демпфирования $[d_{ij}]$ большое количество ненулевых элементов: для каждой связи на рис. 1, б. Каждый ненулевой коэффициент k_{ij} задает совместное вращение тел под действием сил трения. В матрице передаточных отношений $[k_{ij}]$ часть коэффициентов равны единице, так как соответствуют либо передаче с помощью карданного вала, либо ременной передаче с одинаковым диаметром шкивов. С использованием матричного задания коэффициентов c_{ij} , d_{ij} , k_{ij} основную систему уравнений можно записать в матричной форме:

$$(\{J_i\}(E\{\varepsilon_i\}) = -[c_{ij}](\{\varphi_i\} - [k_{ij}]\{\varphi_i\}) - [d_{ij}](\{\omega_i\} - [k_{ij}]\{\omega_i\}) + \{M_{вi}\} \quad (3)$$

где $\{J_i\}$ – вектор моментов инерции тел вращения; E – единичная матрица; $\{\varepsilon_i\}$ – вектор угловых ускорений тел вращения (искомые из данной системы вторые производные угловых координат по времени); $[c_{ij}]$, $[d_{ij}]$, $[k_{ij}]$ – квадратные матрицы угловых коэффициентов жесткостей, угловых коэффициентов демпфирования, передаточных отношений; $\{\varphi_i\}$, $\{\omega_i\}$, $\{M_{вi}\}$ – векторы угловых координат тел вращения, угловых скоростей тел вращения, моментов внешних сил, действующих на тела вращения.

Решение системы дифференциальных уравнений (3) определяется не только параметрами механизма, но и моментами внешних сил, действующих на механизм. Вектор моментов можно представить следующим образом:

$$\{M_{ij}\} = \begin{pmatrix} M_{вом} \\ -M_{тр1} \\ -M_{рд} - M_{тр2} - M_{лт} \\ -M_{тр3} \\ -M_{тр4} - M_{по4} \\ -M_{тр5} - M_{по5} \\ -M_{тр6} - M_{по6} \\ -M_{тр7} - M_{по7} \\ -M_{тр8} - M_{по8} \\ -M_{тр9} - M_{по9} \\ -M_{тр10} - M_{по10} \\ -M_{тр11} - M_{по11} \\ -M_{тр12} - M_{по12} \end{pmatrix} \quad (4)$$

где $M_{\text{вом}}$ – момент на вале отбора мощности, приводящий во вращательное движение тела механизма; $M_{\text{три}}$ – моменты сил трения, затрудняющих вращение тел i ; $M_{\text{рд}}$ – момент сил взаимодействия рубильного диска с порубочными остатками; $M_{\text{пои}}$ – момент сил взаимодействия подающих валцов i с порубочными остатками.

Момент на вале отбора мощности задавался в отдельных компьютерных экспериментах постоянным $M_{\text{вом}} = \text{const}$ (при этом скорость вращения вала отбора мощности зависела от нагрузки на механизм), однако в основных компьютерных экспериментах $M_{\text{вом}}$ вообще не рассматривался, так как основным было условие постоянства скорости вращения вала отбора мощности $\omega_0 = \omega_{\text{вом}} = \text{const}$.

Список литературы

1. Фокин С.В. Об использовании древесных отходов при восстановлении защитных лесных полос / С.В. Фокин, О.Н. Шпортько, В.В. Цыплаков // Научная жизнь. – 2015. – № 6. – С. 134-142.
2. Фокин С.В. Земельно-имущественные отношения / С.В. Фокин, О.Н. Шпортько. – М. : Издательский Дом «Альфа-М», 2014. – 272 с.
3. Саввин Е.В. О проблемах измельчения порубочных остатков на лесосеке / Е.В. Саввин, С.В. Фокин // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 2(2). – С. 30-31.
4. Фокин С.В. Экологосберегающие технологии при проведении современных агролесомелиоративных мероприятий / С.В. Фокин, О.Н. Шпортько, А.С. Бурлаков // Научная жизнь. – 2017. – № 7. – С. 78-91.
5. Фокин С.В. К вопросу переработки древесных отходов на предприятиях АПК / С.В. Фокин, О.Н. Шпортько, К.С. Манышев // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: II международная научно-практическая интернет-конференция, с. Соленое Займище, 28 февраля 2017 года / ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». – с. Соленое Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2017. – С. 1822-1825.
6. Фокин С.В. Способы транспортирования щепы из рубильных машин / С.В. Фокин, О.А. Фомина // Научная жизнь. – 2018. – № 2. – С. 10-15.
7. Фокин С.В. Теоретическое обоснование основных конструктивно-технологических параметров устройства для измельчения порубочных остатков / С.В. Фокин, А.С. Бурлаков // Инновационная деятельность. – 2011. – № 4-1(17). – С. 123-130.
8. Фокин С.В. Об использовании математических методов моделирования рубильных машин / С.В. Фокин, О.А. Фомина // Фундаментальные исследования, методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике: Материалы 17-й Международной молодежной научно-практической конференции, Новочеркасск, 06–07 сентября 2018 года. – Новочеркасск: ООО «Лик», 2018. – С. 158-159.

9. Фетяев А. Н. Об имитационной модели процесса измельчения порубочных остатков / А.Н. Фетяев, С.В. Фокин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 2. – С. 291-294.

10. Фокин С.В. К обоснованию параметров и режимов работы устройства для измельчения порубочных остатков / С.В. Фокин // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3. – С. 36-44.

References

1. Fokin S.V. On the use of wood waste in the restoration of protective forest belts / S.V. Fokin, O.N. Shportko, V.V. Tsyplakov // Scientific Life. – 2015. – № 6. – pp. 134-142.

2. Fokin S.V. Land and property relations / S.V. Fokin, O.N. Shportko. – Moscow: Alfa-M Publishing House, 2014. – 272 p.

3. Savvin E.V. About the problems of chopping of felling residues at the harvesting area / E.V. Savvin, S.V. Fokin // Lesotechnicheskiy zhurnal. – 2011. – № 2(2). – pp. 30-31.

4. Fokin S.V. Ecological-saving technologies in modern agroforestry measures / S.V. Fokin, O.N. Shportko, A.S. Burlakov // Scientific Life. – 2017. – № 7. – pp. 78-91.

5. Fokin S.V. To the issue of wood waste processing at the enterprises of agroindustrial complex / S.V. Fokin, O.N. Shportko, K.S. Manyshev // Modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management: II international scientific and practical internet-conference, s. Solenoye Zaimishche, February 28, 2017 / FGBNU «Caspian Research Institute of Arid Agriculture». – Solenoye Zaimishche village: Caspian Research Institute of Arid Agriculture, 2017. – pp. 1822-1825.

6. Fokin S.V. Methods of transportation of wood chips from chipping machines / S.V. Fokin, O.A. Fomina // Scientific Life. – 2018. – № 2. – pp. 10-15.

7. Fokin S.V. Theoretical substantiation of the main design and technological parameters of the device for chopping the chopped residues / S.V. Fokin, A.S. Burlakov // Innovation activity. – 2011. – № 4-1(17). – pp. 123-130.

8. Fokin S.V. On the use of mathematical methods for modeling chopping machines / S.V. Fokin, O.A. Fomina // Fundamental research, methods and algorithms of applied mathematics in engineering, medicine and economics: Proceedings of the 17th International Youth Scientific and Practical Conference, Novocherkassk, September 06-07, 2018. – Novocherkassk: LLC «Lik», 2018. – pp. 158-159.

9. Fetyaev A.N. About the simulation model of the process of chopping felling residues / A.N. Fetyaev, S.V. Fokin // Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. – 2012. – № 2. – pp. 291-294.

10. Fokin S.V. To substantiation of the parameters and operating modes of the device for chopping felling residues / S.V. Fokin // Bulletin of Mari State Technical University. Series: Forest. Ecology. Nature management. – 2011. – № 3. – pp. 36-44.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВОРОТА КОЛОННЫ
МАНИПУЛЯТОРА АВТОСОРТИМЕНТОВОЗА**

Хоменко К.Г., Попиков П.И., Кравченко К.И.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

**MATHEMATICAL MODEL OF ROTATION OF THE COLUMN
OF THE MANIPULATOR OF AN AUTO-SORTING TRUCK**

Khomenko K.G., Popikov P.I., Kravchenko K.I.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: Проведен анализ литературных источников. Представлена новая конструкция энергосберегающего гидропривода механизма поворота колонны лесного гидроманипулятора, разработана математическая модель рабочих процессов.

Abstract: An analysis of literary sources was conducted. A new design of an energy-saving hydraulic drive for the rotation mechanism of a forestry hydraulic manipulator column was presented, and a mathematical model of the working processes was developed.

Ключевые слова: гидроманипулятор, модернизация, механизм поворота, математическая модель, анализ.

Keywords: hydraulic manipulator, modernization, rotation mechanism, mathematical model, analysis.

Актуальным вопросом в современной гидравлике является регулирование скорости возвратно-поступательного движения штока гидроцилиндра в гидравлических прессах, особенно оборудованных насосно-аккумуляторными системами для рекуперации энергии. Эта технология, позволяющая вернуть часть энергии, потраченной на рабочие циклы, является ключом к повышению энергоэффективности и сокращению эксплуатационных расходов. Новая конструкция станда, предложенная в рамках данных работ [1, 2], позволяет снизить энергозатраты при проведении испытаний, не ухудшая при этом их точность и информативность. Ключевым элементом этой конструкции является интеграция системы рекуперации энергии, которая в реальном времени использует энергию, выделяющуюся при движении штока, что приводит к существенному снижению энергопотребления станда. Таким образом, данная работа включает в себя комплексный подход к регулированию скорости штока гидроцилиндра в гидравлических прессах с рекуперацией энергии.

В среде SimInTech были разработаны математические модели рабочих процессов, в ходе которых определено влияние параметров гидропривода на величину коэффициента эффективности.

В статье [3] предложен стенд лесного манипулятора, который позволяет на 65...70% снизить энергоемкость рабочего процесса, а также снизить в 1,2...1,3 раза всплески давления в гидросистеме в переходных режимах.

В работе [4] исследован привод колес, использующий гидромоторы, которые способны рекуперировать энергию во время поворотов.

Целью исследований является снижение энергозатрат и повышение эффективности рекуперации энергии и демпфирования колебаний давления рабочей жидкости в пуско-тормозных режимах механизма поворота колонны манипулятора, за счет того, что энергия насоса не затрачивается на подзарядку гидроаккумулятора, а подача жидкости к распределителю происходит по обводной линии.

Представлена новая гидрокинематическая схема, представляющая собой энергосберегающий гидропривод для поворотного механизма колонны гидроманипулятора, на которой расчетные участки обозначены цифровыми обозначениями (рис. 1). В процессе математического моделирования гидравлической системы вращения колонны гидроманипулятора специализированной лесозаготовительной техники, разрабатываются дифференциальные уравнения для объемов рабочей жидкости, относящиеся к различным сегментам гидравлической конструкции.

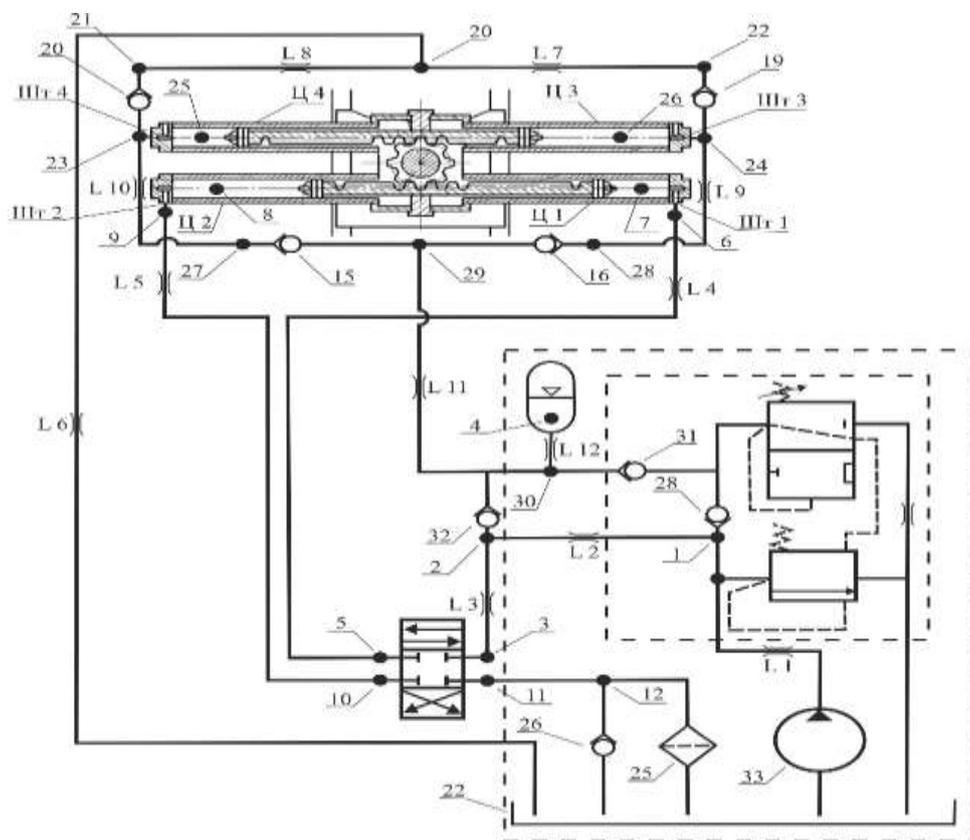


Рисунок 1 – Расчетная гидрокинематическая схема энергосберегающего гидропривода.

Дифференциальные уравнения расходов рабочей жидкости для отдельных участков гидравлической системы будут иметь вид:

$$\begin{aligned}
 dp_1 &= C_1 (Q_H - Q_{1-2} - Q_{1-ок28}) dt; \\
 dp_2 &= C_2 (Q_{1-2} - Q_{2-3} + Q_{ок32}) dt; \\
 dp_3 &= C_3 (Q_{2-3} - Q_{3-5}) dt; \\
 dp_4 &= C_{AK1} Q_{AK} dt; \\
 dp_5 &= C_5 (Q_{3-5} - Q_{5-6}) dt; \\
 dp_6 &= C_6 (Q_{5-6} - Q_{шт1}) dt; \\
 dp_7 &= C_{ц1} (Q_{шт1} - f_{пл1} v_{п1}) dt; \\
 dp_8 &= C_{ц2} (f_{пл1} v_{п1} - Q_{шт2}) dt; \\
 dp_9 &= C_9 (Q_{шт2} - Q_{9-10}) dt; \\
 dp_{10} &= C_{10} (Q_{9-10} - Q_{10-11}) dt; \\
 dp_{11} &= C_{11} (Q_{10-11} - Q_{11-12}) dt; \\
 dp_{20} &= C_{20} (Q_{ГБ-20} - Q_{20-21} - Q_{20-22}) dt; \\
 dp_{21} &= C_{21} (Q_{20-21} - Q_{21-ок20}) dt; \\
 dp_{22} &= C_{22} (Q_{20-22} - Q_{22-ок19}) dt; \\
 dp_{23} &= C_{23} (Q_{ок20-23} - Q_{шт4} - Q_{23-27}) dt; \\
 dp_{24} &= C_{24} (Q_{шт3} - Q_{24-28} + Q_{ок19}) dt; \\
 dp_{25} &= C_{ц4} (Q_{шт4} - f_{пл2} v_{п2}) dt; \\
 dp_{26} &= C_{ц3} (f_{пл2} v_{п2} - Q_{шт3}) dt; \\
 dp_{27} &= C_{27} (Q_{23-27} + Q_{27-ок15}) dt; \\
 dp_{28} &= C_{28} (Q_{24-28} - Q_{28-ок16}) dt; \\
 dp_{29} &= C_{29} (Q_{ок15-29} + Q_{ок16-29} - Q_{29-30}) dt; \\
 dp_{30} &= C_{30} (Q_{29-30} - Q_{AK} - Q_{ок31} - Q_{ок32}) dt
 \end{aligned} \tag{1}$$

где $C_1, C_2, C_3, C_4, \dots, C_{30}$ – приведенные коэффициенты объемной жесткости для соответствующих участков гидролиний, Н/м³;

C_{AK} – приведенный коэффициент объемной жесткости рабочей камеры аккумулятора, Н/м³;

$C_{ц1}, C_{ц2}, C_{ц3}, C_{ц4}$ – приведенные коэффициенты объемной жесткости полостей гидроцилиндров, Н/м³;

Q_H – действительная подача гидронасоса, м³/с;

$Q_{ок}, Q_{шт}, Q_{ПК}, Q_{Ф}, Q_{AK}, Q_{ГБ}, Q_{3-5}$ и $Q_{10-11}, Q_{1-ок28}, Q_{1-2}, Q_{2-3}, \dots, Q_{2-30}$ – расходы рабочей жидкости через обратный клапан, входной штуцер штоковой полости гидроцилиндра, предохранительный клапан, фильтр, на входе гидроаккумулятора, через гидробак, по соответствующим каналам распределителя, на соответствующих участках гидравлической системы, м³/с;

$f_{пл}$ – площадь сечения плунжеров гидроцилиндров, м²;

$v_{п}$ – скорость перемещения штока гидроцилиндра, м/с.

Для механической подсистемы механизма поворота колонны в режиме торможения дифференциальное уравнение имеет вид:

$$\begin{aligned}
J \frac{d^2 \phi}{dt^2} = & - \frac{\pi d_c^2 d_{ш}}{8} \cdot p + \frac{G_{гр}}{g} * \frac{d^2 \phi}{dt^2} * L + R_n f_2 d_2 - \frac{R_v f_3 d_3}{2} + k_{тк} \frac{d\phi}{dt} - \\
& - (G_{пов} \gamma_G + G_{гр} L) \sin \alpha - \\
& - G_{гр} L f_4 + \frac{\pi d_{цр}^2}{4} p_A r_{ш}
\end{aligned} \tag{2}$$

где J – приведенный момент инерции колонны, стреловой группы и груза, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$, $k_{тк}$ – коэффициент потерь на трение в цилиндрах рекуперации; t – время, с; d_c – внутренний диаметр гидроцилиндра, м; $d_{ш}$ – диаметр шестерни, м; p – текущее давление в гидроприводе, Па, $G_{гр}$ – сила тяжести груза, Н; $G_{пов}$ – сила тяжести поворотной части манипулятора, кг; γ_G – расстояние от оси вращения до центра тяжести поворотной части манипулятора, м; p_A – текущее значение давления в гидроаккумуляторе, Па; f_4 – коэффициент сопротивления волочению бревен в начале подъема и укладки на грузовую платформу автомобиля; d_1, d_2, d_3 – диаметры верхней и нижней опор и подпятника; f_1, f_2, f_3 – коэффициенты трения в верхней и нижней опорах; $f = 0,015 \dots 0,020$ для подшипников качения; R_n, R_v – горизонтальная и вертикальная реакции, воспринимаемые подпятником; f – приведенный коэффициент трения скольжения в подшипнике; R_n – горизонтальная реакция в нижней опоре колонны, Н; d_2 – диаметр нижнего подшипника, м; d_3 – диаметр верхнего подшипника, м; $d_{цр}$ – диаметр гидроцилиндра рекуперации, м; R_v – горизонтальная реакция в верхней опоре колонны, Н; g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$; L – вылет манипулятора, м

В качестве иллюстрации приведены теоретические зависимости давления рабочей жидкости в различных точках гидросистемы энергоэффективного гидропривода для механизма вращения колонны манипулятора в режиме торможения, полученные с помощью программы ЭВМ среде SimInTech (рис. 2).

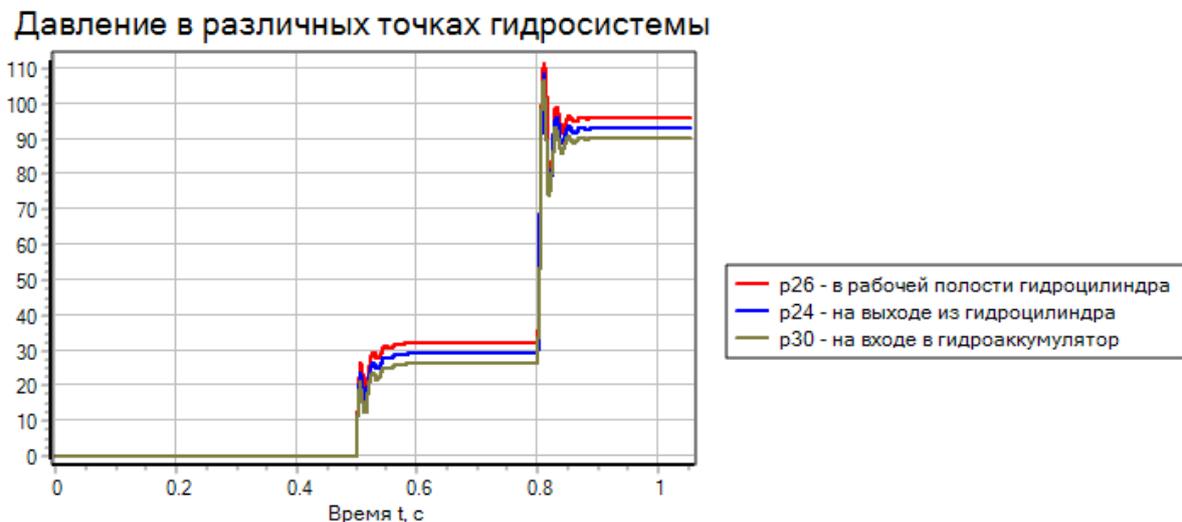


Рисунок 2 – График соотношений давлений в различных точках гидросистемы

Исследование графиков осциллограмм давления рабочей жидкости показало, что при торможении колонны гидроцилиндр рекуперации достигает давления в 10,5 МПа, в то время как на входе гидроаккумулятора фиксируется примерно 10 МПа. Эти данные подтверждают высокую эффективность энергосберегающего гидропривода.

Список литературы

1. Трехскоростной гидромеханический привод возвратно-поступательного движения с рекуперацией энергии / С.А. Вялов, А.Т. Рыбак, И.К. Цыбрий, А.Ю. Пелипенко // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2021. – № 9. – С. 397-401. – DOI 10.36652/0202-3350-2021-22-9-397-401.
2. Стенд для ресурсных испытаний плунжерных гидроцилиндров / А.Ю. Пелипенко, А.Т. Рыбак, Д. Саркисян, С. Саакян, А. Жиравлева // Конспекты лекций по сетям и системам. – 2022. – 246. – С. 198-206.
3. Стенд для испытаний грузоподъемных механизмов лесных маманипуляторов с рекуперацией энергии / П.И. Попиков, А.В. Конюхов, С.К. Попиков, А.В. Попикова // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе : Материалы международной научнопрактической конференции. – Воронеж, 2022. – С. 105-110.
4. Федченко В.Б. Анализ компоновки перспективного гибридного форвардера с мотор-колесами / В.Б. Федченко, Э.Ф. Хакимов // World science: problems and innovations : Сборник статей XLV Международной научно-практической конференции, Пенза, 30 августа 2020 года. – Пенза : Наука и Просвещение, 2020. – С. 42-46.

References

1. Three-speed hydromechanical reciprocating drive with energy recovery / S.A. Vyalov, A.T. Rybak, I.K. Tsybriy, A.Yu. Pelipenko // Assembly in mechanical engineering, instrument making. – 2021. – № 9. – pp. 397-401. – DOI 10.36652/0202-3350-2021-22-9-397-401.
2. Rig for resource testing of plunger hydraulic cylinders / A.Yu. Pelipenko, A.T. Rybak, D. Sargsyan, S. Saakyan, A. Zhiravleva // Lecture notes on networks and systems. – 2022. – 246. – pp. 198-206.
3. Test rig for lifting mechanisms of forestry manipulators with energy recovery / P.I. Popikov, A.V. Konyukhov, S.K. Popikov, A.V. Popikova // Energy efficiency and energy saving in modern production and society. Proceedings of the international scientific-practical conference. – Voronezh: 2022. – pp. 105-110.
4. Fedchenko V.B. Analysis of the layout of a promising hybrid forwarder with motor-wheels / V.B. Fedchenko, E.F. Khakimov // World science: problems and innovations: Collection of articles of the XLV International scientific-practical conference, Penza, August 30, 2020. – Penza: Science and Education, 2020. – pp. 42-46.

МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ГИДРОМАНИПУЛЯТОРОВ ЛЕСНЫХ МАШИН

Четверикова И.В., Зимарин С.В., Черенков Д.С.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF HYDRAULIC MANIPULATORS OF FOREST MACHINES

Chetverikova I.V., Zimarin S.V., Cherenkov D.S.

*Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

Аннотация: В работе проведен многомерный анализ гидроманипуляторов лесных машин, выведен график факторных нагрузок, отражена взаимосвязь основных характеристик, установлено, что определяющее влияние на выбор машины в зависимости от общей концепции всего технологического процесса в целом оказывают массо-мощностные характеристики агрегата и технологические особенности работы. На основе проведенного анализа выявлены наиболее универсальные гидроманипуляторы, максимально приспособленные к решению поставленных технологических задач в конкретных условиях эксплуатации.

Abstract: The work carried out a multidimensional analysis of hydraulic manipulators of forest machines, a graph of factor loads was derived, the relationship of the main characteristics was reflected, it was found that the determining influence on the choice of a machine, depending on the general concept of the entire technological process as a whole, is exerted by the mass-power characteristics of the unit and technological features of operation. Based on the analysis, the most versatile hydraulic manipulators have been identified, which are maximally adapted to solving the set technological tasks in specific operating conditions.

Ключевые слова: лесные манипуляторы, анализ, сравнительная характеристика, гидропривод.

Keywords: forest manipulators, analysis, comparative characteristics, hydraulic drive.

Оснащение современных машин лесного хозяйства гидравлическим оборудованием приближается к ста процентам [1-7], машины манипуляторного типа многофункциональны и производительны. В данной работе проведен многомерный анализ гидроманипуляторов лесных машин с выбранными характеристиками, исходные данные для которого приведены в табл. 1.

Исследования проводились в программе STATISTICA с целью оптимизации технологических процессов, связанных с выбором применяемых машин и оборудования для конкретных условий эксплуатации в лесных условиях.

Таблица 1 – Исходные данные для многомерного анализа гидроманипуляторов

	1	2	3	4	5	6
	Грузовой момент, кН*м	Максимальный вылет стрелы, м	Грузоподъемность на мин. вылете, кг	Грузоподъемность на макс. вылете, кг	Угол поворота колонны, °	Масса манипулятора (без захвата с рогатором), кг
VM10L86	100	8,6	2910	1100	425	1900
VM10L74	100	7,4	3100	1350	425	1820
OMT Л-120-02	120	8,5	3060	1440	400	2500
EPSILON M100 L80	97	8	3230	1190	425	1990
EPSILON Q150L	136	9,7	4530	1430	425	2940
EPSILON C70 L77	67	7,7	2240	940	425	1690
VPL100-76L	98	7,6	3395	1335	410	2230
VPL100-86L	98	8,6	2825	1150	410	2300
МАЙМАН-110S	108	7,8	3700	1400	400	1850
Атлант-С 100Ф	98	10	3000	1000	400	1840
Атлант-С 140-05	137	7,5	4500	1870	400	2300
LOGLIFT 118S 79	116	7,9	3250	1460	425	2040
LOGLIFT 140Z 80	136	8	3750	1800	425	2160
LOGLIFT 140Z 95	127	9,5	3450	1240	425	2330
LOGLIFT 125S 96	123	7,9	3850	1500	425	2180

На первом этапе выполнена нормализация данных (табл. 2)

Таблица 2 – Стандартизированные данные

	1	2	3	4	5	6
	Грузовой момент, кН*м	Максимальный вылет стрелы, м	Грузоподъемность на мин. вылете, кг	Грузоподъемность на макс. вылете, кг	Угол поворота колонны, °	Масса манипулятора (без захвата с рогатором), кг
VM10L86	-0,45056009	0,346954758	-0,778431692	-0,945519795	0,759421827	-0,743117872
VM10L74	-0,35056009	-1,105414	-0,467713159	0,0114840461	0,759421827	-0,992905392
OMT Л-120-02	0,475328276	0,225924029	-0,533127587	0,356005429	-1,43121806	1,13028853
EPSILON M100 L80	-0,704443345	-0,379229619	-0,255116269	-0,600996412	0,759421827	-0,462106912
EPSILON Q150L	1,29603897	1,67829278	1,87085264	0,317725275	0,759421827	2,50411989
EPSILON C70 L77	-2,24327589	-0,742321808	-1,87412336	-1,55800225	0,759421827	-1,39881011
VPL100-76L	-0,653148926	-0,863352538	0,0147182463	-0,0459361844	-0,554962104	0,287255648
VPL100-86L	-0,653148926	0,346954758	-0,917437351	-0,754119027	-0,554962104	0,505819728
МАЙМАН-110S	-0,140204743	-0,621291078	0,513503259	0,202884814	-1,43121806	-0,899235072
Атлант-С 100Ф	-0,653148926	2,04138497	-0,631249229	-1,32832133	-1,43121806	-0,930458512
Атлант-С 140-05	1,34733339	-0,984383267	1,82179182	2,00205204	-1,43121806	0,505819728
LOGLIFT 118S 79	0,270150603	-0,500260349	-0,222409055	0,432565736	0,759421827	-0,305989712
LOGLIFT 140Z 80	1,29603897	-0,379229619	0,595271294	1,73409096	0,759421827	0,068691568
LOGLIFT 140Z 95	0,834389204	1,43623132	0,104663085	-0,409597644	0,759421827	0,599490048
LOGLIFT 125S 96	0,629211531	-0,500260349	0,758807364	0,585686351	0,759421827	0,131138448

Матрица корреляций представлена в табл. 3. Проведена оценка влияния характеристик гидроманипуляторов на главные компоненты (табл. 4), на основании этого построена диаграмма каменной осыпи (рис. 1).

Таблица 3 – Значения матрицы корреляций

Номер знач-я	Собственные значения матрицы корреляций (Таблица 3)			
	Собств. Зн	% общей дисперс.	Кумулятивн Собств. Зн	Кумулятивн %
1	3,126037	52,10062	3,126037	52,1006
2	1,373553	22,89255	4,499590	74,9932
3	0,996577	16,60962	5,496168	91,6028
4	0,312464	5,20773	5,808631	96,8105
5	0,175691	2,92818	5,984322	99,7387
6	0,015678	0,26129	6,000000	100,0000

Таблица 4 – Оценка влияния факторов на главные компоненты

Переменная	Вклад переменных на основе корреляций (Таблица1.sta)					
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6
Грузовой момент, кН*м	0,295236	0,001546	0,006736	0,091989	0,187647	0,416846
Максимальный вылет стрелы, м	0,003699	0,676914	0,000678	0,171978	0,012176	0,134557
Грузоподъемность на мин. вылете, кг	0,275056	0,003566	0,000122	0,061760	0,659374	0,000123
Грузоподъемность на макс. вылете, кг	0,229695	0,180301	0,000554	0,006856	0,140514	0,442080
Угол поворота колонны, °	0,005086	0,000380	0,986114	0,002259	0,000241	0,005920
Масса манипулятора (без захвата с ротатором), кг	0,191229	0,137294	0,005797	0,665158	0,000048	0,000474

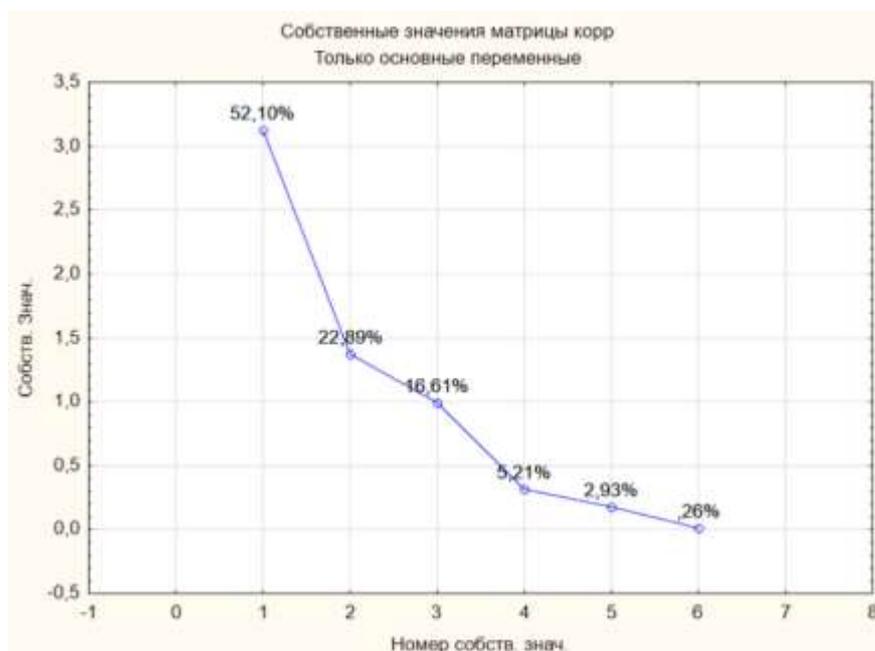


Рисунок 1 – Диаграмма каменистой осыпи

Анализ данных позволяет заключить: первые 2 фактора покрывают дисперсию исходных данных на 74%, первые 3 – на 91%, 4 – на 97%. По критерию Кайзера для них отобраны собственные числа ковариационной матрицы > 1 (3,13 и 1,77). Далее определяем факторные нагрузки, приняв вращение факторов – Варимакс нормализованных (табл. 5).

Таблица 5 – Факторные нагрузки

Перемен.	Фактор. нагрузки (Варимакс нормализ.)	
	Фактор 1	Фактор 2
Грузовой момент, кН*м	0,955413	-0,110572
Максимальный вылет стрелы, м	0,042444	-0,969298
Грузоподъемность на мин. вылете, кг	0,929880	0,007471
Грузоподъемность на макс. вылете, кг	0,878915	0,439541
Угол поворота колонны, °	-0,124267	0,031274
Масса манипулятора (без захвата с ротатором), кг	0,742217	-0,485266
Общ. дис.	3,118113	1,381477
Доля общ.	0,519685	0,230246

Установим импакт-факторы на главные компоненты (табл. 6, рис. 2).

Таблица 6 – Импакт-факторы на главные компоненты

Набл.	Вклад наблюдений на основе корреляций (Таблица1. sta)					
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5	Фактор 6
VM10L86	5,26930	0,92444	3,09373	2,75766	0,14898	5,74637
VM10L74	2,73733	8,66422	3,09082	0,25299	0,00101	0,05274
ОМТЛ-120-02	1,31760	1,47148	12,41910	16,71181	27,82073	2,82346
EPSILON M100 L80	2,68445	0,33896	3,33698	0,11558	5,87402	0,67002
EPSILON Q150L	20,29982	22,89373	7,46662	4,14605	17,06703	6,98226
EPSILON C70 L77	30,59984	1,09360	1,78335	3,76891	0,76665	9,89369
VPL100-76L	0,15033	1,87283	2,24057	15,25623	6,40026	0,66406
VPL100-86L	1,91554	3,60854	2,30914	14,03530	2,14614	0,01489
МАЙМАН-110S	0,00340	4,58308	15,78760	5,93648	8,38806	7,29149
Атлант-С 100Ф	5,16341	19,54608	17,76908	26,29149	0,03018	10,24468
Атлант-С 140-05	19,35510	11,70840	11,62475	0,43765	2,11572	0,20535
LOGLIFT 118S 79	0,00083	2,54483	4,06814	0,45238	6,20502	0,20109
LOGLIFT 140Z 80	7,40582	5,43460	5,07362	5,88552	18,51959	27,04122
LOGLIFT 140Z 95	0,84272	13,13787	5,07741	3,44038	3,04687	20,39291
LOGLIFT 125S 96	2,25449	2,17734	4,85908	0,51156	1,46975	7,77577

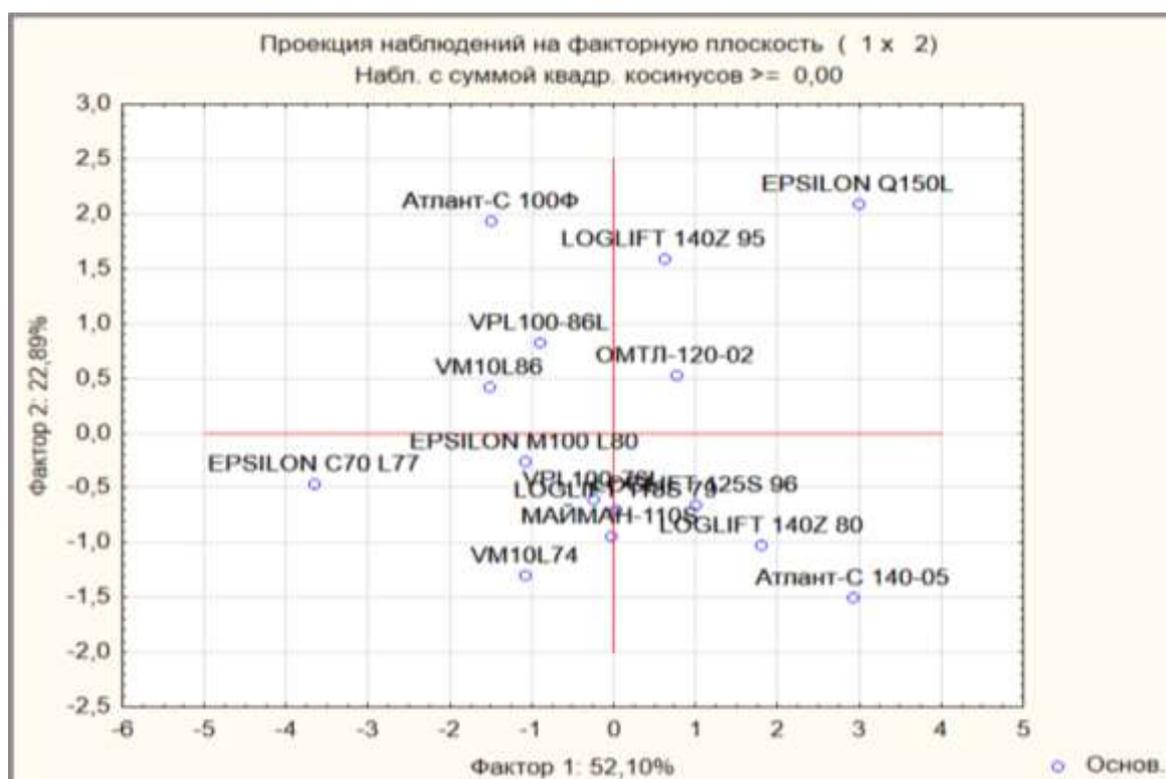


Рисунок 2 – Проекция машин на факторную плоскость

Оценим взаимосвязи между параметрами гидроманипуляторов (рис. 3).

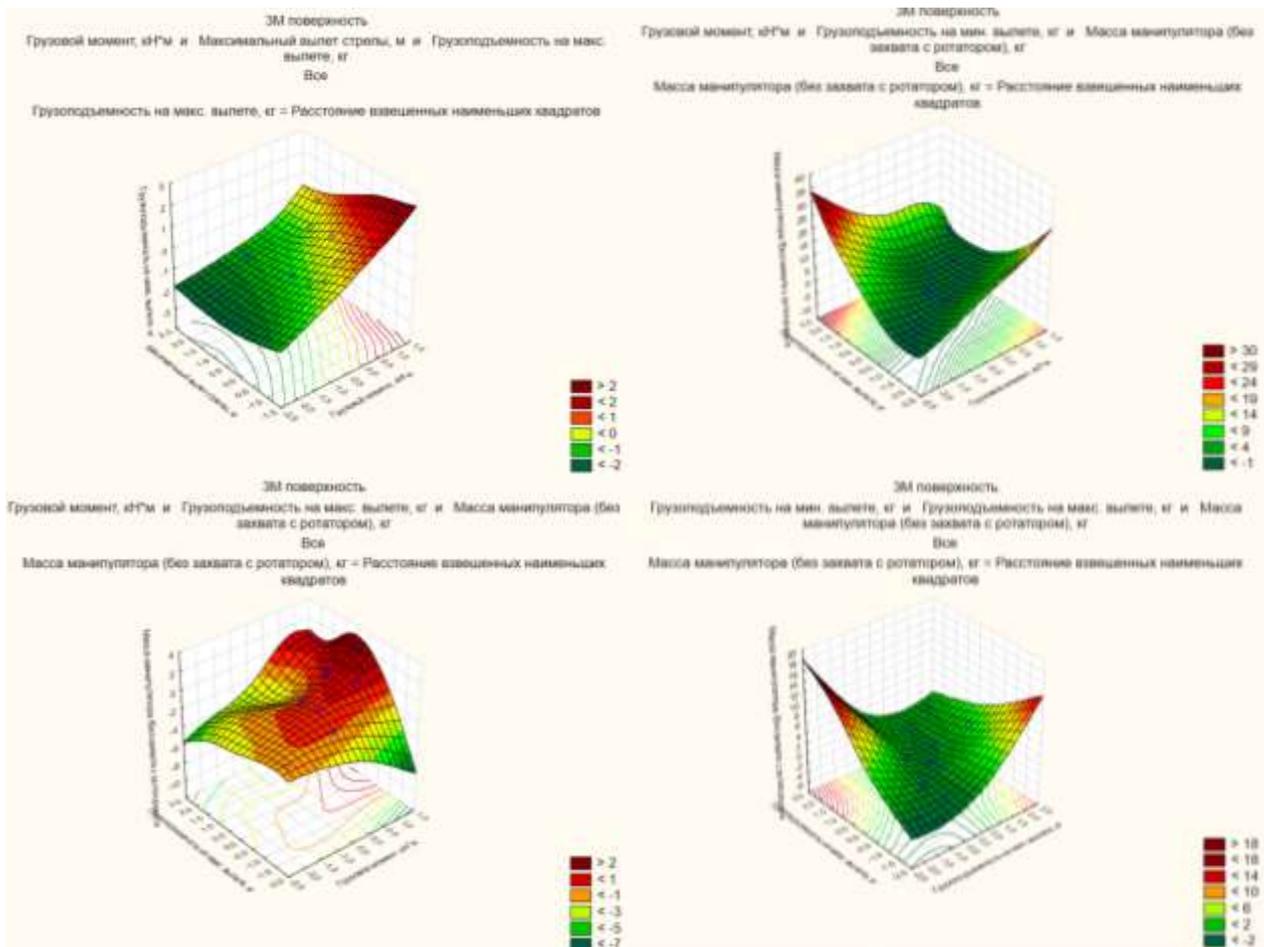


Рисунок 3 – Взаимосвязь параметров манипуляторов

Из вышеизложенного можно заключить, что на 1-ую главную компоненту определяющим образом влияют массо-мощностные характеристики машины (масса орудия, грузоподъемность, грузовой момент), на 2-ую главную компоненту – технологические условия обработки, в частности вылет стрелы.

В рассматриваемой группе гидроманипуляторов на первую главную компоненту главное влияние оказывает манипулятор EPSILON C70 L77, на вторую – EPSILON Q150L. Однако можно отметить, что манипуляторы Атлант-С 140-05 и EPSILON Q150L более уравновешенно относительно других влияют одновременно на 1-ую и 2-ую главную компоненты, а значит более универсальны в эксплуатации и выполнении технологических операций в целом.

Список литературы

1. Chetverikova I.V. Improving the efficiency of manipulator-type machines with an improved hydraulic drive / I.V. Chetverikova, P.I. Popikov, S. Glushkov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. International Forestry Forum «Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions» 2021. С. 012055.
2. Reduction of dynamic loads on the hydraulic drive of forest boom lifter / S. Glushkov, P.I. Popikov, I.V. Chetverikova, D.Yu. Druchinin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. International Forestry Forum «Forest

Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions» 2020. С. 012023.

3. Попиков П.И. Повышение эффективности лесного манипулятора при оснащении энергосберегающим гидроприводом / П.И. Попиков, И.В. Четверикова, С.В. Зимарин // Повышение эффективности управления устойчивым развитием лесопромышленного комплекса : материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 90-летию Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, 2020. – С. 354-358. – DOI 10.38006/907345-73-7.2020.354.358.

4. Оптимизация параметров грузоподъемных механизмов автомобильных гидроманипуляторов / Д.Н. Родионов, П.И. Попиков, И.В. Четверикова, С.С. Веневитина // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2016. Т. 3. № 2 (5). С. 278-282.

5. Zimarin S.V. Comparative studies of energy efficient machines based on cluster analysis / S.V. Zimarin, I.V. Chetverikova, A.I. Uskov // Актуальные проблемы аграрной науки, производства и образования: материалы VIII международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (на иностранных языках). Воронеж, 2022. С. 179-184.

6. Chetverikova I.V. Saving hydraulic drive of the grapple slewing gear in timber transport machines and improvement of its work processes / I.V. Chetverikova, P.I. Popikov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference «Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions» (Forestry-2019). 2019. С. 012067.

7. Четверикова И.В. К вопросу совершенствования гидропривода бесчокерного трелевочного захвата / И.В. Четверикова, С.В. Зимарин, А.В. Бурдыкин // Повышение эффективности лесного комплекса : материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021. С. 197-199.

References

1. Chetverikova I.V. Improving the efficiency of manipulator-type machines with an improved hydraulic drive / I.V. Chetverikova, P.I. Popikov, S. Glushkov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. International Forestry Forum «Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions» 2021. P. 012055.

2. Reduction of dynamic loads on the hydraulic drive of forest boom lifter / S. Glushkov, P.I. Popikov, I.V. Chetverikova, D.Yu. Druchinin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. International Forestry Forum «Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions» 2020. P. 012023.

3. Popikov P.I. Improving the efficiency of a forest manipulator when equipped with an energy-saving hydraulic drive / P.I. Popikov, I.V. Chetverikova, S.V. Zimarin // Improving the efficiency of sustainable development management in the forest

industry complex: Proceedings of the All-Russian scientific conference dedicated to the 90th anniversary of the Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozova, Voronezh, 2020. – pp. 354-358. – DOI 10.38006/907345-73-7.2020.354.358.

4. Optimization of parameters of lifting mechanisms of automobile hydraulic manipulators / D.N. Rodionov, P.I. Popikov, I.V. Chetverikova, S.S. Venevitina // Alternative energy sources in the transport and technological complex: problems and prospects for rational use. 2016. Vol. 3. № 2 (5). pp. 278-282.

5. Zimarin S.V. Comparative studies of energy efficient machines based on cluster analysis / S.V. Zimarin, I.V. Chetverikova, A.I. Uskov // Actual problems of agricultural science, production and education: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists (in foreign languages). Voronezh, 2022. pp. 179-184.

6. Chetverikova I.V. Saving hydraulic drive of the grapple slewing gear in timber transport machines and improvement of its work processes / I.V. Chetverikova, P.I. Popikov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference «Forest ecosystems as a global resource of the biosphere: calls, threats, solutions» (Forestry-2019). 2019. P. 012067.

7. Chetverikova I.V. On the issue of improving the hydraulic drive of a chokerless skidding grapple / I.V. Chetverikova, S.V. Zimarin, A.V. Burdykin // Improving the efficiency of the forestry complex. Proceedings of the Seventh All-Russian National Scientific and Practical Conference with International Participation. Petrozavodsk, 2021. pp. 197-199.

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЙ ЛЕСНОЙ КОМПЛЕКС СТРАНЫ:
ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции

Воронеж, 3 октября 2024 г.

Ответственный редактор А.А. Платонов

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано к изданию 31.10.2024. Объем данных 56,2 Мб
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»
ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8