

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

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ
АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

Материалы Всероссийской научной конференции

Воронеж, 16 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»

PROMISING AREAS OF DEVELOPMENT
OF THE AUTOMOTIVE INDUSTRY AND PERSONNEL TRAINING

Materials of the All-Russian Scientific Conference

Voronezh, October 16, 2024

Voronezh 2024

УДК 379.85+338.48+332.1

П27

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, проф. Годжаев З.А. (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ); д-р техн. наук, проф. Дидманидзе О.Н. (МГАУ им. Тимирязева); д-р техн. наук Загарин Д.А. (НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ»); д-р техн. наук, проф. Евтюков С.А. (Институт безопасности дорожного движения. г. Санкт-Петербург); д-р техн. наук, доц. Хакимов Р.Т. (ФГБОУ ВО СПбГАУ); д-р техн. наук, проф. Иванников В.А. (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»); д-р техн. наук, проф. Кадырметов А.М. (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»); д-р техн. наук, проф. Зеликов В.А. (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»); д-р техн. наук, проф. Дорняк О.Р. (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»); д-р техн. наук, проф. Посметьев В.И. (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»).

П27 Перспективные направления развития автомобильной отрасли и подготовка кадров : материалы Всероссийской научной конференции, Воронеж, 16 октября 2024 г. / отв. ред. В. И. Прядкин ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2024. – 173 с. – URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2024/materialy-vserossijskoj-nauchnoj-konferencii-perspektivnye-napravleniya-razvitiya-avtomobilnoj-otrasli-i-podgotovka-kadrov/>. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-7994-1145-9

Материалы конференции содержат результаты исследований специалистов и ученых в различных областях фундаментальных и прикладных наук, направленных на изучение различных процессов и явлений роботизации и автоматизации в автомобиле- и тракторостроении. Приведены разработки по повышению эффективности в автомобиле- и тракторостроении.

Материалы конференции предназначены для научных и педагогических работников, специалистов технических направлений, аспирантов и студентов.

УДК 379.85+338.48+332.1

ISBN 978-5-7994-1145-9

© ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Алексеев И.Е., Корнеев А.К., Татаринцев В.Ю., Прядкин В.И. Электронные системы управления автомобиля NAVAL.....	4
Годжаев З.А., Сенькевич С.Е., Малахов И.С., Уютов С.Ю., Кузьмин В.А. Обоснование, разработка и создание испытательного стенда элементов адаптивных ходовых систем сельскохозяйственных МЭС с применением искусственной нейронной сети.....	13
Егоров Ю.В., Воробьев Ю.Д., Алименко И. А., Прядкин В.И., Школьных А.В., Артёмов А.В. Мобильные роботы для разминирования территорий	29
Колядин П.А., Артёмов А.В., Прядкин В.И. Техничко-эксплуатационные параметры мобильных средств на шинах сверхнизкого давления.....	38
Ларионов М.А, Прядкин В.И., Школьных А.В., Артёмов А.В. Автомобили NAVAL: модельный ряд и их конструктивные особенности.....	49
Мерчалов С.В., Затонский А.П., Снятков Е.В., Прядкин В.И. Повышение эксплуатационных показателей воздухоочистителей ДВС автомобилей КАМАЗ путем применения инновационных синтетических материалов	59
Московкин В.В., Гуров М.Н., Колядин П.А., Прядкин В.И. Топливная экономичность легкового автомобиля, оборудованного шинами сверхнизкого давления.....	68
Мураткин С.Е., Колядин П.А., Татаринцев В.Ю., Школьных А.В., Артёмов А.В., Прядкин В.И. Повышение плавности хода мини-трактора Уралец-254.....	79
Попиков П.И., Нартов П.А., Прядкин В.И. Удаление пней: обзор методов, технологий и машин	89
Прядкин В.И., Артёмов А.В., Колядин П.А., Снятков Е.В., Татаринцев В.Ю., Мураткин С.Е. Шины сверхнизкого давления: проблемы их испытаний.....	121
Прядкин В.И., Воробьев Ю.Д., Алименко И.А., Артёмов А.В., Школьных А.В. Беспилотные мобильные роботы для цифровых технологий в промышленном садоводстве.....	134
Татаринцев В.Ю., Артёмов А.В., Снятков Е.В., Прядкин В.И. Повышение адаптивности колёсных движителей на мобильных средствах: проблемы и пути решения.....	150
Черных А.С., Писарева С.В., Прядкин В.И., Мураткин С.Е., Онуфриев С.Ю., Воробьева Д.В. Сотрудничество автомобильного завода с техническим вузом: проблемы и пути решения.....	161
Щеклеин Д.А., Прядкин В.И. Совершенствование методики испытания отопителей микроклимата мобильных средств.....	167

Алексеев И.Е.

Ведущий инженер отдела систем электрики и электроники автомобильного завода ООО «Хавейл Мотор Мануфэкчуринг Рус», РФ

Корнеев А.К.

Зам. руководителя отдела по испытаниям автомобильного завода ООО «Хавейл Мотор Мануфэкчуринг Рус», РФ

Татаринцев В.Ю.

преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Alekseev I.E.

Leading engineer of the electrical systems and electronics department of the automobile plant Haval Motor Manufacturing Rus LLC, Russian Federation

Korneev A.K.

Deputy Head of the Testing Department of the automobile plant of Haval Motor Manufacturing Rus LLC, Russian Federation

Tatarintsev V.Yu.

lecturer at the Department of automobiles and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ HAVAL

HAVAL ELECTRONIC VEHICLE CONTROL SYSTEMS

Аннотация. В статье рассматриваются основные виды и состав электронных систем автомобилей, приведена классификация современных электронных систем управления автомобилем HAVAL JOLION, назначение и принцип действия таких систем, перспективы их применения в современных автомобилях, внедрение повсеместно информационно-компьютерных технологий в автомобильной индустрии.

Abstract. The article discusses the main types and composition of electronic car systems, provides a classification of modern electronic car control systems HAVAL JOLION, the purpose and principle of operation of such systems, the prospects for their use in modern cars, the widespread introduction of information and computer technologies in the automotive industry.

Ключевые слова: автомобиль, электронные системы, системы управления, адаптивные системы, HAVAL, ЭСУА, контроллер.

Keywords: car, electronic systems, control systems, adaptive systems, HAVAL, ESUA, controller.

Введение

В настоящее время уровень технического оснащения автомобилей различными электронными системами значительно увеличился. Последние достижения в сфере электроники и микропроцессорной техники способствовали улучшению надежности, удобства и безопасности транспортных средств [1, 2].

Классификация современных электронных систем автомобилей (рис. 1)

включает:

- ЭСУА – электронные системы управления автомобилем;
- ЭСУД – электронные системы управления двигателем;
- СБСА – специализированные бортовые системы автомобиля;
- ЛВС – локальные вычислительные сети.



Рисунок 1 – Электронные системы автомобилей

HAVAL, китайская автомобилестроительная компания, славится своими инновационными и высокотехнологичными моделями (рис. 2).



Рисунок 2 – Автомобиль Haval Jolion

В своих автомобилях она применяет разнообразные электронные системы управления, которые гарантируют комфорт, безопасность и эффективность [3, 4, 5]. В качестве примера рассмотрим электронные и перспективные системы управления на модели HAVAL JOLION.

Интеллектуальная система помощи при вождении

Комплекс различных технологий и функций, предназначенный для помощи водителю в управлении автомобилем и улучшения безопасности на дороге (рис. 3).



Рисунок 3 – Главный интерфейс интеллектуального управления автомобилем

Система использует данные, собранные с различных датчиков, радаров и камер, чтобы обнаруживать и предотвращать опасные ситуации на дороге.

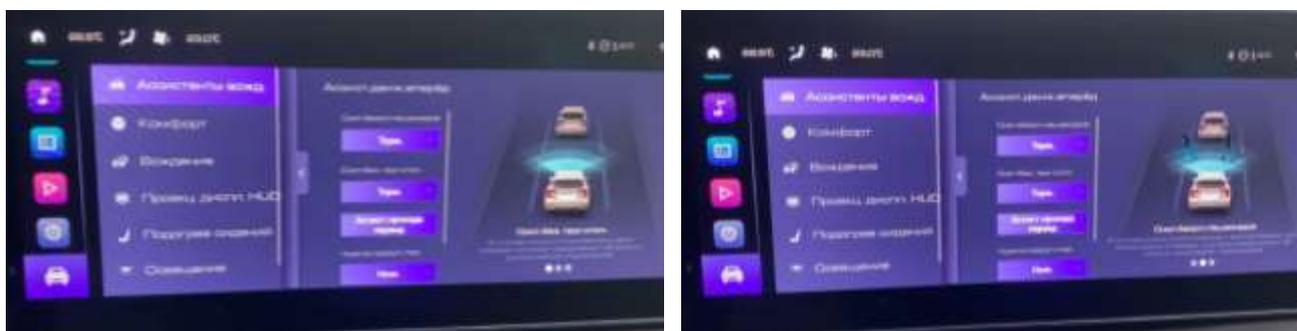
Система помощи при движении автомобиля передним ходом

Система предупреждения о столкновении при движении передним ходом – это технология активной безопасности, призванная предотвратить или минимизировать последствия ДТП (рис. 4). В основе её работы лежит видеокамера, размещаемая в верхней части ветрового стекла. Эта камера непрерывно сканирует пространство перед автомобилем, анализируя видеопоток и распознаёт участников дорожного движения и различные объекты.

Камера определяет не только наличие препятствия, но и его относительное положение, скорость и траекторию движения. Система обрабатывает полученную информацию, вычисляя вероятность столкновения с учётом скорости и расстояния до препятствия, а также учитывая динамику движения самого авто-

мобилья. Пороговое значение скорости, при котором система активируется, обычно составляет 30 км/ч, хотя некоторые системы начинают работать и на более низких скоростях. Однако, эффективность системы зависит от множества факторов, включая освещенность, погодные условия (туман, дождь, снег) и чистоту стекла камеры. Загрязнение камеры, например, каплями дождя или грязью, может существенно снизить точность работы системы [6].

При обнаружении ситуации, угрожающей столкновением, СПС срабатывает, предупреждая водителя. Это может быть визуальное предупреждение – например, мигающая индикация на приборной панели – а также звуковое оповещение в виде характерного сигнала. Сила и характер звукового сигнала, как правило, меняются в зависимости от степени опасности столкновения – чем выше вероятность аварии, тем более интенсивным становится сигнал. В наиболее критических случаях система может инициировать автоматическое торможение, снижая скорость автомобиля и тем самым уменьшая силу удара при неизбежном столкновении. Однако, автоматическое торможение, как правило, не приводит к полной остановке, а лишь к значительному снижению скорости, предотвращая тяжёлые последствия или делая их менее критичными.



а

б



в

Рисунок 4 – Интерфейс системы помощи при движении передним ходом:
 а – система безопасности при столкновении, б – система безопасности пешеходов,
 в – ассистент проезда перекрёстков

Система мониторинга задней и боковых зон

Система слежения за задними и боковыми областями (рис. 5), оснащенная датчиками, размещенными по обе стороны заднего бампера, способна обнаруживать транспортные средства, находящиеся позади или на смежной полосе движения. При наличии угрозы столкновения система генерирует предостерегающее сообщение, призывая водителя следовать правилам безопасной езды [6].



Рисунок 5 – Интерфейс системы мониторинга задней и боковых зон:
а – ассистент смены полосы, *б* – предупреждение открытия двери на парковке,
в – предупреждение о столкновении сзади

Система помощи при движении по полосе

Специальная система поддержки движения (рис. 6) была создана для перемещения по автобанам и другим дорогам с отличной инфраструктурой. С использованием умной камеры, размещенной в верхней части ветрового стекла, способной обнаруживать разметку на дороге и сигнализировать водителю о случайном выходе транспортного средства за пределы полосы движения для исправления траектории движения. Некоторые возможности системы способствуют корректировке маршрута автомобиля, снижая вероятность аварии [6].



а



б



в

Рисунок 6 – Интерфейс системы помощи движению по полосе:
 а – контроль полосы движения, б – покидание полосы движения,
 в – манёвр в полосе движения

Система идентификации дорожных знаков

Функция распознавания дорожных (рис. 7) знаков использует камеру, установленную на ветровом стекле, для считывания дорожных знаков и отображения информации о них на дисплее приборной панели, что облегчает водителю процесс управления автомобилем [6].



а



б

Рисунок 7 – Интерфейс системы идентификации дорожных знаков:
 а – предупреждение о скорости движения, б – ограничение скорости движения

Проекционный дисплей (HUD)

Предоставляет возможность отображать важные данные (такие как скорость, навигационные указания, дорожные знаки и информация о полосе движения) прямо в пределах видимости водителя (рис. 8) [6].



Рисунок 8 – Пример интерфейса функций проекционного дисплея

В настоящее время ко всем ЭСУА предъявляются высокие требования по надёжности, поэтому необходима их проверка на работоспособность и долговечность [7,8,9].

Тестирование электронных систем управления на автомобильном заводе происходит в несколько этапов:

1. В начале производства каждая электронная система тестируется на соответствие заданным спецификациям и стандартам. Это включает в себя проверку функциональности, надёжности и безопасности системы;

2. После установки системы на автомобиль проводятся испытания на тестовом стенде, чтобы убедиться, что она правильно взаимодействует с другими компонентами автомобиля;

3. После сборки автомобиля запускаются тесты в реальных условиях эксплуатации. Это может быть проверка работы системы управления двигателем, тормозной системой, системой безопасности и т.д.;

4. После завершения всех тестов проводится диагностика каждой системы на предмет возможных неисправностей.

Все тестирование проводится специально обученными специалистами и с использованием специального оборудования для выявления и устранения любых недочетов до выпуска автомобиля на рынок.

Заключение

HAVAL активно внедряет передовые технологии в свои автомобили, делая их более безопасными, комфортными и удобными в управлении. Благодаря широкому спектру электронных и перспективных систем управления, автомобили марки HAVAL соответствуют самым современным стандартам автомобильной индустрии.

Список литературы

1. Электронные системы автомобилей и тракторов : учебное пособие / составитель А. М. Молодов. – пос. Караваяво : КГСХА, 2021. – 80 с. // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/252041>.
2. Рябкин, А. А. Электронные системы управления автомобилем, их необходимость применения для эксперта - автотехника / А. А. Рябкин, Д. А. Смирнов // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2020. – № 4. – С. 14. – EDN QJRATD.
3. Перспективы развития электротехнических и электронных систем управления двигателем автомобиля / В. Н. Козловский, В. В. Дебелов, М. А. Пьянов, В. В. Иванов // Грузовик. – 2015. – № 8. – С. 2-7. – EDN UJFSRP.
4. Баженов, Ю. В. Выявление элементов, лимитирующих надежность электронных систем управления двигателем автомобиля / Ю. В. Баженов, В. П. Каленов // Бюллетень транспортной информации. – 2017. – № 7(265). – С. 19-23. – EDN YTXXYB.
5. Фролов, В. Г. Совершенствование электронной системы управления инжекторных двигателей современных легковых автомобилей / В. Г. Фролов, П. О. Иванов // Совершенствование автотранспортных систем и сервисных технологий : Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию юбилею доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ Авдонькина Фёдора Николаевича (1923-1996), Саратов, 01–03 ноября 2018 года. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2018. – С. 489-496. – EDN ZHVCSBF.
6. Автомобиль HAVAL JOLION. Руководство по эксплуатации.
7. Жилевич М. И. Электронные системы контроля сцепления колёс автомобиля с дорогой с использованием управления двигателем / М. И. Жилевич, П. Н. Кишкевич, С. В. Ермилов // Автомобиле- и тракторостроение : Материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 24–27 мая 2019 года / отв. ред. Д. В. Капский. Т. 1. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2019. – С. 314-317. – EDN EWGMYP.
8. Адаптивные электронные системы автомобилей: система автоматического управления дальним светом / А. Ю. Куликов, А. П. Новиков, М. С. Хрипченко [и др.] // Проблемы и перспективы конструктивного совершенствования отечественного автомобилестроения : материалы Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 12 апреля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 101-105. – DOI 10.58168/AutIndustry2023_101-105. – EDN QTAOEO.
9. Остроушко В. А. Электронная система управления двигателем в легковом автомобиле и её составляющие / В. А. Остроушко // Первые шаги в науку : материалы VIII Региональной научно-практической конференции обучающихся по программам общего и среднего профессионального образования, Курск, 20 апреля 2023 года. – Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023. – С. 26-30. – EDN MGMHSX.

References

1. Electronic systems of cars and tractors : a textbook / compiled by A.M. Molodov. – village Karavaevo : KGSHA, 2021. – 80 p. // Lan : electronic library system. – URL: <https://e.lanbook.com/book/252041>.
2. Ryabikin, A. A. Electronic car control systems, their need for application for an expert in automotive engineering / A. A. Ryabikin, D. A. Smirnov // International Journal of Applied Sciences and Technologies Integral. – 2020. – No. 4. – S. 14. – EDN QJRATD.
3. Prospects for the development of electrotechnical and electronic car engine control systems / V. N. Kozlovsky, V. V. Debelov, M. A. Pyanov, V. V. Ivanov // Truck. – 2015. – No. 8. – pp. 2-7. – EDN UJFSRP.
4. Bazhenov, Yu. V. Identification of elements limiting the reliability of electronic car engine control systems / Yu. V. Bazhenov, V. P. Kalenov // Bulletin of transport information. – 2017. – № 7(265). – Pp. 19-23. – EDN YTXXYB.
5. Frolov, V. G. Improvement of the electronic control system of injection engines of modern passenger cars / V. G. Frolov, P. O. Ivanov // Improvement of motor transport systems and service technologies : A collection of scientific papers based on the materials of the XIV International Scientific and Technical Conference dedicated to the 95th anniversary of Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of science and technology Russian Federation Avdonkin Fyodor Nikolaevich (1923-1996), Saratov, November 01-03, 2018. – Saratov: Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, 2018. – pp. 489-496. – EDN ZHVCFB.
6. HAVAL JOLION car. User manual.
7. Zhilevich M. I. Electronic systems for controlling the adhesion of car wheels to the road using engine control / M. I. Zhilevich, P. N. Kishkevich, S. V. Ermilov // Automobile and tractor construction : Materials of the International Scientific and practical Conference, Minsk, May 24-27, 2019 / ed. by D. V. Kapsky. Vol. 1. – Minsk: Belarusian National Technical University, 2019. – pp. 314-317. – EDN EWGMYP.
8. Adaptive electronic systems of cars: an automatic high beam control system / A. Y. Kulikov, A. P. Novikov, M. S. Khripchenko [et al.] // Problems and prospects of constructive improvement of the domestic automotive industry : materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference, Voronezh, April 12, 2023. – Voronezh, 2023. – pp. 101-105. – DOI 10.58168/AutIndustry2023_101-105. – EDN QTAOEO.
9. Ostroushko, V. A. Electronic engine control system in a passenger car and its components / V. A. Ostroushko // The first steps into science : materials of the VIII Regional Scientific and Practical Conference of students in general and Secondary vocational education programs, Kursk, April 20, 2023. – Kursk: Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, 2023. – pp. 26-30. – EDN MGMHSX.

DOI: 10.58168/AuInPT2024_13-28

УДК 62-52

Годжаев З.А.

доктор техн. наук, профессор чл-корр. РАН,
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, РФ

Godjaev Z.A.

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the Russian Academy
of Sciences, Federal State Budgetary Scientific
Institution «Federal Scientific Agroengineering
Center VIM», Russian Federation

Сенькевич С.Е.

кандидат техн. наук, доцент,
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, РФ

Senkevich S.E.

candidate of technical sciences, Associate
Professor, Federal State Budgetary Scientific
Institution «Federal Scientific Agroengineering
Center VIM», Russian Federation

Малахов И.С.

младший научный сотрудник,
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, РФ

Malakhov I.S.

Junior Researcher, Federal State Budgetary
Scientific Institution «Federal Scientific
Agroengineering Center VIM», Russian
Federation

Уютов С.Ю.

младший научный сотрудник,
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, РФ

Uyutov S.Yu.

Junior Researcher, Federal State Budgetary
Scientific Institution «Federal Scientific
Agroengineering Center VIM», Russian
Federation

Кузьмин В.А.

кандидат техн. наук, младший научный
сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, РФ

Kuzmin V.A.

Candidate of Technical Sciences, Junior
Researcher, Federal State Budgetary Scientific
Institution «Federal Scientific Agroengineering
Center VIM», Russian Federation

**ОБОСНОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО
СТЕНДА ЭЛЕМЕНТОВ АДАПТИВНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЭС С ПРИМЕНЕНИЕМ
ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

**JUSTIFICATION, DEVELOPMENT AND CREATION OF A TEST BENCH
FOR ELEMENTS OF ADAPTIVE RUNNING SYSTEMS
AGRICULTURAL MEAS WITH THE USE OF ARTIFICIAL
NEURAL NETWORK**

Аннотация. Исследования показывают, что количество тягово-транспортных сельскохозяйственных энергосредств в возрасте 15 лет и более составляют 70 % от общего парка машин, то повышение долговечности МЭС позволит эксплуатировать ее в более длительный срок. Применение адаптивной ходовой системы МЭС с элементами искусственного интеллекта, предполагает снижение давления на почву на 25 % и уменьшения буксования движителя до 35 %, а также снижать уровень виброактивности элементов конструкции МЭС, что позволит существенно улучшить условия труда оператора; защитить МЭС от воздействия

вибраций, повысить долговечность благодаря снижению динамических нагрузок, а в последствии повысить сопротивление усталости и надежность МЭС.

Для этого необходимо разработать алгоритмы управляющего воздействия и реакции системы управления на возможные варианты событий при работе МЭС на полях. Прежде чем устанавливать систему управления на МЭС, также необходимо выполнить отладку системы управления, выявить ошибки в работе и устранить их. Для этого следует создать специализированный стационарный стенд, имитирующий реальные условия работы адаптивной системы поддрессирования и разработать оптимальное управление исполняющим устройством в системе активной подвески с целью наиболее эффективного гашения колебаний, возникающих от дорожных неровностей.

В данной статье разработаны и обоснованы технические характеристики стенда для испытаний адаптивных систем поддрессирования для мобильных энергосредств (МЭС) сельскохозяйственного назначения, имеющих пневматическую систему поддрессирования. Изложены принципы имитации дорожной поверхности с использованием программного кода контроллера с бортовым компьютером, на котором заложен алгоритм обучаемой нейросети по управлению пневматической системы. Назначение данного стенда – обеспечить (имитировать) режимы работы адаптивной системы поддрессирования (в онлайн режиме) мобильных энергосредств сельхозназначения.

Abstract. Studies show that the number of traction and transport agricultural energy facilities aged 15 years and more account for 70% of the total fleet of machines, then increasing the durability of the MEA will allow it to be operated for a longer period. The use of an adaptive running system of the MES with elements of artificial intelligence involves reducing the pressure on the soil by 25% and reducing the slipping of the propulsor to 35%, as well as reducing the level of vibration activity of the MES structural elements, which will significantly improve the working conditions of the operator; protect the MES from the effects of vibrations, increase durability by reducing dynamic loads, and subsequently increase fatigue resistance and reliability of the MES.

To do this, it is necessary to develop algorithms for controlling the impact and reaction of the control system to possible event scenarios during the operation of the MEA in the fields. Before installing the control system on the MES, it is also necessary to debug the control system, identify errors in operation and eliminate them. To do this, it is necessary to create a specialized stationary stand that simulates the real operating conditions of an adaptive springing system and develop optimal control of the actuator in the active suspension system in order to most effectively dampen vibrations arising from road irregularities.

This article develops and substantiates the technical characteristics of a test bench for adaptive springing systems for mobile energy facilities (MES) for agricultural purposes with a pneumatic springing system. The principles of simulation of the road surface using the program code of the controller with an on-board computer, which contains the algorithm of the trained neural network for controlling the pneumatic system, have been developed. The purpose of this stand is to provide (simulate) the modes of operation of an adaptive springing system (in online mode) for mobile agricultural energy facilities.

Ключевые слова: долговечность, элементы конструкции, МЭС, пневмоэлемент, жесткость, искусственный интеллект, нейронная сеть; стенд для испытания, подвеска, имитация, дорожное покрытие, поддрессирование, адаптивные системы.

Keywords: durability, design elements, mobile electrical equipment, pneumatic element, rigidity, artificial intelligence, neural network; test bench, suspension, imitation, road surface, springing, adaptive systems.

Введение

Снижение динамической нагруженности на остов машины позволяет, на основе теории линейного накопления повреждений [9], увеличить долговечность металлоконструкций на 15-20 %, что является важным критерием в сель-

хозмашиностроении [8,10,11]. Ресурс силовой передачи мобильной машины в существенной степени определяется усталостной долговечностью ее элементов. В соответствии с ГОСТ 25.504-82 «Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости», а также справочником И.А. Биргера [8,10,11] можно проводить расчеты, чтобы узнать показатели характеристик сопротивления усталости вала.

Вопрос создания технических средств по снижению уровня вибрации и динамической нагруженности на мобильных энергосредствах сельхозназначения последние годы активно изучается различными авторами [12, 13, 17, 18]. Таким техническим средством является адаптивная ходовая система, схема которой представлена на рис. 1. В качестве адаптивного элемента принята пневмоподушка системы подрессоривания колесного трактора класса 3 (модель ТК-3-180), с управляемым внутрикордным давлением воздуха в пневмоподушке [2].

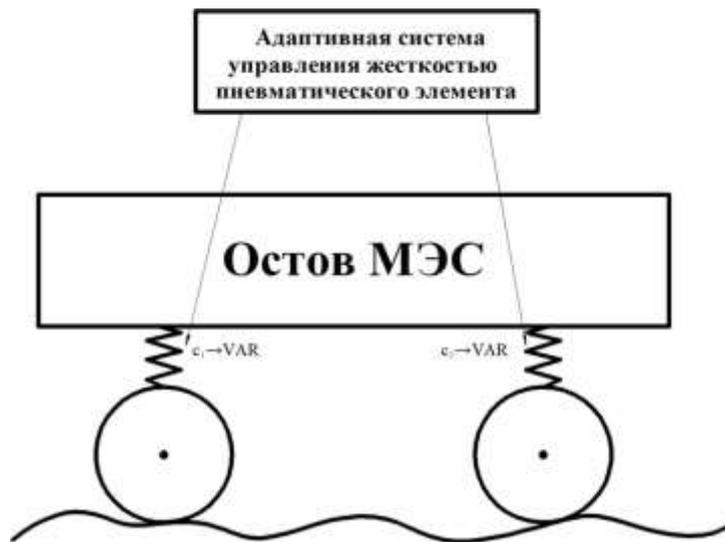


Рисунок 1 – Действие адаптивной ходовой системы МЭС

Данная работа является продолжением исследований по разработке адаптивных систем подрессоривания мобильных энергосредств тягового класса 2-3 на пневмоэлементах (ПЭ) [14,16]. Авторский коллектив имеет научный задел по разработке стендов и испытательного оборудования, в качестве примера, приведенный в работах [19,20,21]. Авторский коллектив решает проблему снижения давления на почву от ходовой системы МЭС, а также проблему снижения виброактивности элементов конструкции МЭС при движении по неровностям фона (поверхности) и снижение вредного воздействия движителей на поч-

ву (переуплотнение почвы и буксование движителя), что позволит повысить урожайность полей и улучшить топливную экономичность МЭС.

Для разработки новой техники, в том числе и элементов конструкции, все чаще сталкиваются с проблемами подбора, наладки и адаптации систем подвески МЭС в начальный период. Наиболее практическим решением является проведение опытных исследований элементов подвески на стендовом оборудовании с возможностью имитации дорожной поверхности для определения и подтверждения теоретических расчетов. Идеальный вариант чтобы подвеска работала в реальных условиях. Однако, прежде чем установить адаптивную систему поддрессоривания на мобильное энергосредство, необходимо разработать алгоритмы управляющего воздействия, а также алгоритмы и параметры реакций системы управления на разного рода условия и обстоятельства, возникающие при работе такой системы в реальных условиях эксплуатации. На рис. 2 представлена блок-схема алгоритма разработки НС, в настоящее время к формированию которой мы приступили [3, 4].

В дальнейшем эта блок-схема будет реализована нами на реальном объекте – колесном тракторе 3-го тягового класса, а также на разработанном нами стенде, где будет имитироваться дорожное покрытие. [5, 6].

Самообучающиеся нейронные сети (НС) в ходовой системе мобильных энергосредств (МЭС) применяемых в сельском хозяйстве – решение, не имеющее аналогов. Возможности использования НС широки и требуют корректного использования в отдельной среде применения.

Программное обеспечение представляет из себя рекуррентную нейронную сеть (RNN), которая использует информацию о системе поддрессоривания МЭС и последовательные данные об уровне вибрации поддрессоренной и неподдрессоренной части МЭС на определенный момент времени. На основе этого анализа RNN прогнозирует будущее состояние системы поддрессоривания и корректирует его с помощью соответствующих действий контроллера и ИМ (рис. 3).

Изначально проектировалась НС с прямой связью для решения этой задачи (слева), но из-за проблем с этим типом НС (мы не могли обрабатывать последовательные данные, учитывались только текущая вводная информация, не было возможности запомнить предыдущий ввод) был осуществлен переход на RNN т.к. она может работать последовательно, принимая текущие и ранее полученные входные данные, а также запоминать благодаря своей внутренней памяти [3, 6, 7].

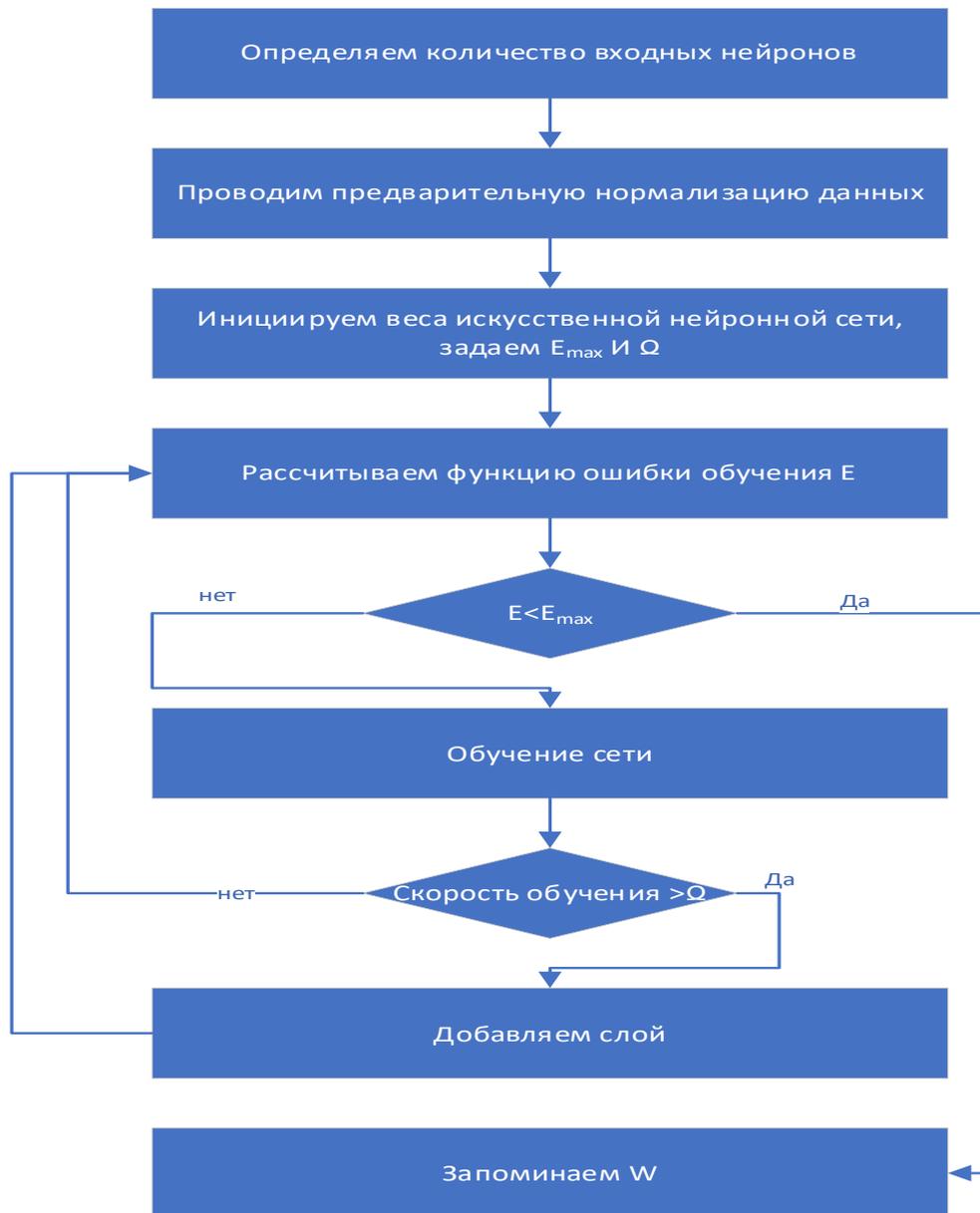


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма разработки НС

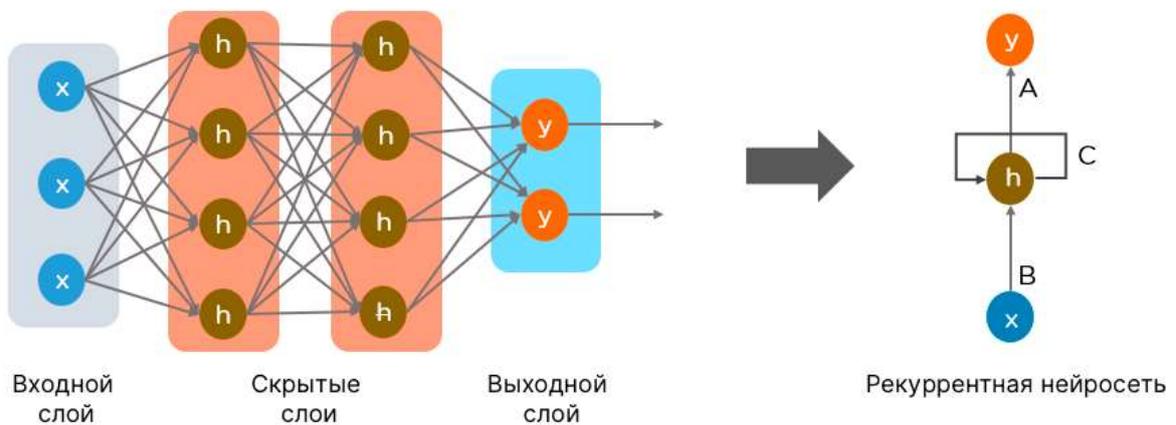


Рисунок 3 – Блок-схема слоёв рекуррентной НС

Алгоритм работы

Блок-схема предлагаемой системы управления адаптивной системы подрессоривания МЭС представлена на рис. 4. Элементарной (компонентной) базой для создания предлагаемой системы составляют следующие позиции:

- средств для измерения (мониторинга) состояния микропрофиля дорожного покрытия:

- оптические датчики,
- контроллеры систем управления,
- датчики давления,
- бортовой компьютер (64 Гб, Видеокарта GTX3080, 3 ГГц),
- пневмоподушки (грузоподъемностью не менее 2 тонн),
- рукава высокого давления,
- компрессор сжатого воздуха.

В представленной схеме необходимое звено в виде оптических приборов для наблюдения за микропрофилем. Данные с приборов поступают на бортовой компьютер, в котором происходит обработка информации НС в реальном времени и в зависимости от условий происходит регулировка ходовой системы. С помощью контроллера, который по сопоставленным данным формирует управляющее воздействие, изменяются упругодемпфирующие свойства системы подрессоривания.

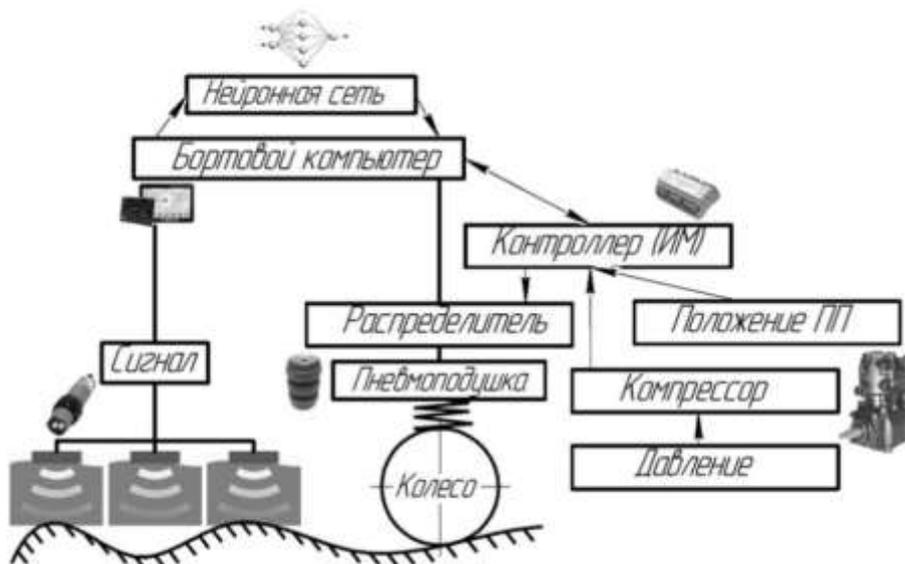


Рисунок 4 – Блок-схема системы управления адаптивной системы подрессоривания МЭС

Разработанные алгоритмы следует испытать и выявить некорректность работы адаптивной системы подрессоривания и её управления с целью даль-

нейшего устранения ошибок и отладки. Рационально для этой цели использовать специализированный стационарный стенд. Стенд должен имитировать реальные условия работы адаптивной системы поддресоривания мобильного энергосредства с максимальной точностью [2].

Цель исследования

Разработать стенд для испытания адаптивной системы поддресоривания мобильных энергосредств тягового класса 2-3 на пневмоэлементах.

Решая несколько задач, предполагается достигнуть следующие результаты:

- адаптивная система управления поддресориванием МЭС с применением в ней средств мониторинга опорных поверхностей;
- самообучающейся НС по характеристикам неровностей микропрофилей дорог и полей;
- математические модели, программные средства и аппаратное обеспечение для автономного оперативного управления системой поддресоривания МЭС.

Материалы и методы

Разработка любого стенда и его конструкций напрямую связана с конкретными особенностями имитируемого объекта. В настоящей статье предлагается создание стенда для имитации системы поддресоривания. Подобие модели и объекта должно быть основой разрабатываемого стенда, и, каждому значимому компоненту объекта в условиях рассматриваемой задачи должен соответствовать определенный компонент модели.

Стенд должен имитировать особенности движения мобильного энергосредства с сохранением логической структуры и последовательности выполнения во времени. Стенд должен содержать следующие основные компоненты:

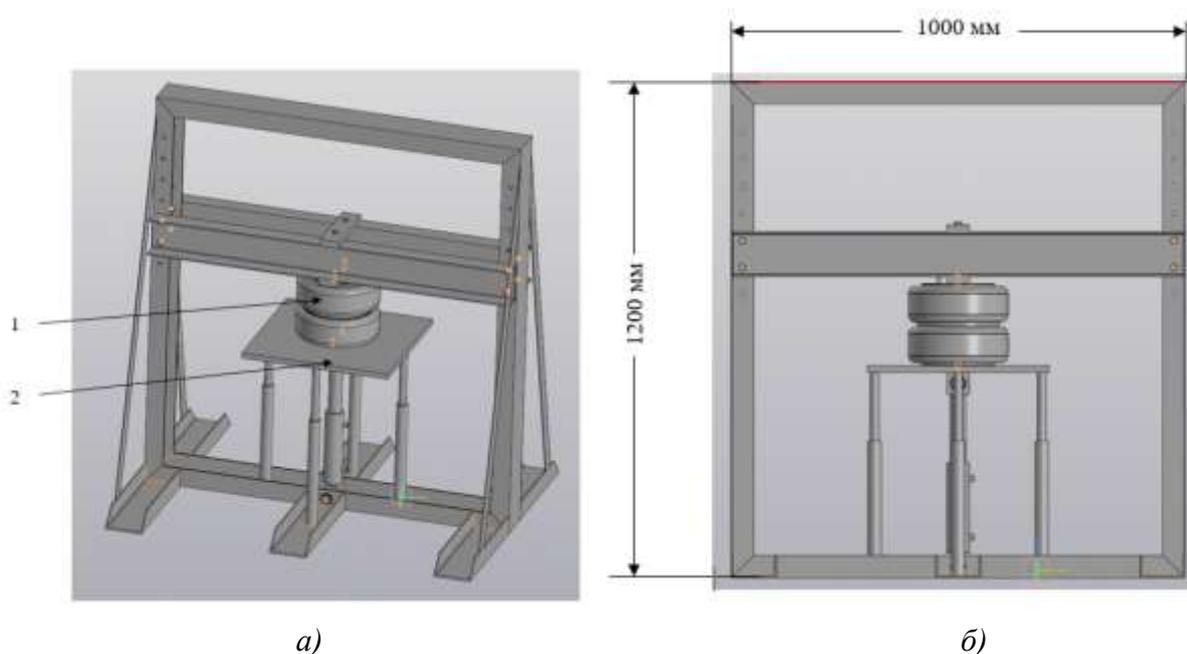
- раму;
- блоки имитаций дорожного рельефа под колесами,
- блоки имитаций поддресоренной массы,
- гидравлическую насосную станцию;
- пневматическую насосную станцию;
- пульт управления,
- комплект датчиков для контроля работы узлов стенда;
- устройство регистрации информации.

Стенд будет представлять собой масштабную модель адаптивной системы подрессоривания подвески, используемого в качестве объекта для разрабатываемой адаптивной системы управления подвеской.

Результаты и обсуждение

Для реализации данной стендовой силовой установки (рис. 5) используется две системы:

1. Гидравлическая система для имитации дорожного рельефа
2. Пневматическая система управления для давления воздуха в ПЭ.



1 – ПЭ; 2 – подвижный стол на гидроцилиндре

Рисунок 5 – Общий вид и геометрические размеры стенда для испытания пневмоэлемента (ПЭ) в имитационных режимах

Стенд имеет следующие геометрические размеры 1200x1000x700 мм (рис. 5, б).

Программное обеспечение стенда построено на алгоритме нейросети, которая в свою очередь обеспечивает обучаемость пневматической системы в режиме имитации. Непосредственное управление исполнительными устройствами стенда выполняет контроллер производства ОВЕН.

Принципиальная электрическая схема входов контроллера от датчиков контроля и положения представлена на рис. 6.

В систему контроллера заложена обратная связь по датчикам положения платформы, датчикам давления и оптическим датчикам (рис. 6, 7). С их помощью передается информация на бортовой компьютер для анализа и обработки

информации с последующим направлением команд в контроллер с целью регулирования давления в пневмоэлементе.

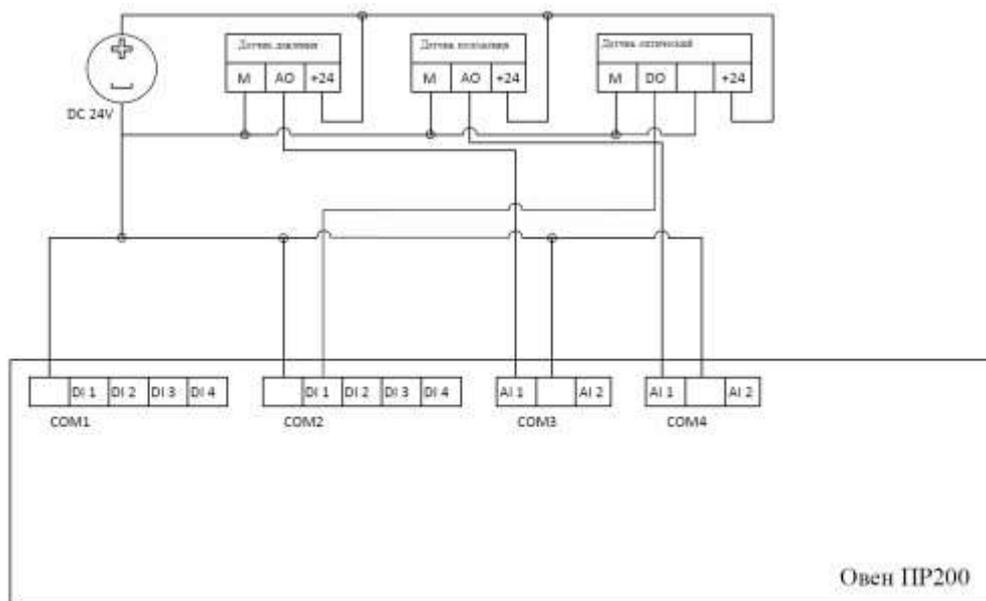


Рисунок 6 – Принципиальная электрическая схема входов контроллера от датчиков контроля и положения

Принципиальная электрическая схема выходов контроллера для управления исполнительными устройствами показана на рис. 7.

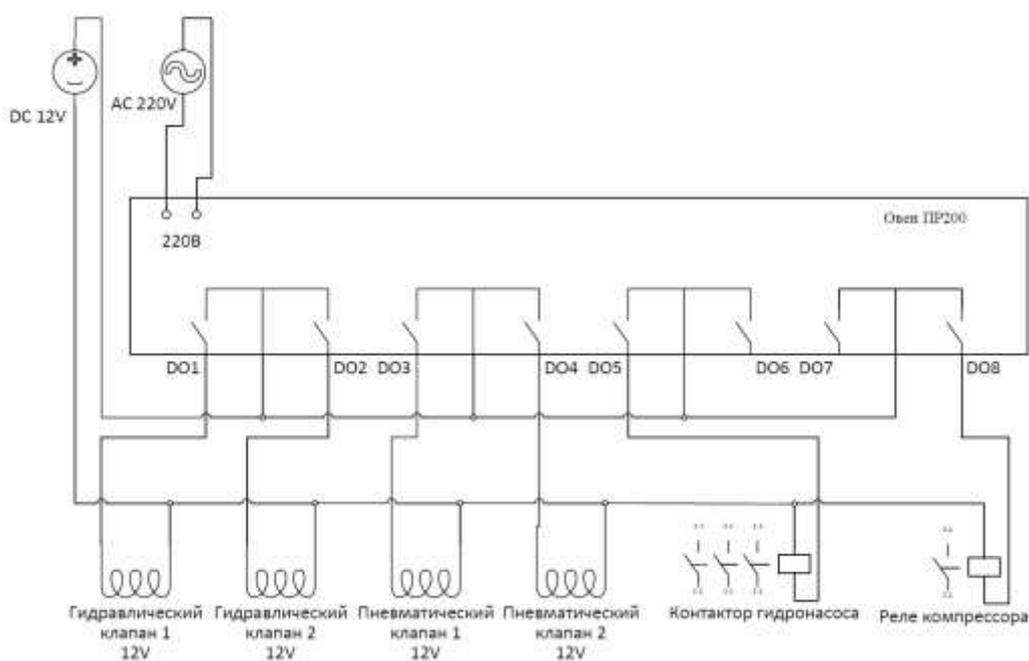


Рисунок 7– Принципиальная электрическая схема выходов контроллера для управления исполнительными устройствами

Блок схема управления представлена на рис. 8. В основу заложено два основных функционала управления: верхний уровень обеспечивает нейронная

сеть бортового компьютера и нижний уровень, заложенного в основе логически управляемого контроллера, на борту которого происходит получение сигнала от датчиков, их обработка, передача в БК и управление исполнительными устройствами от полученных команд БК.

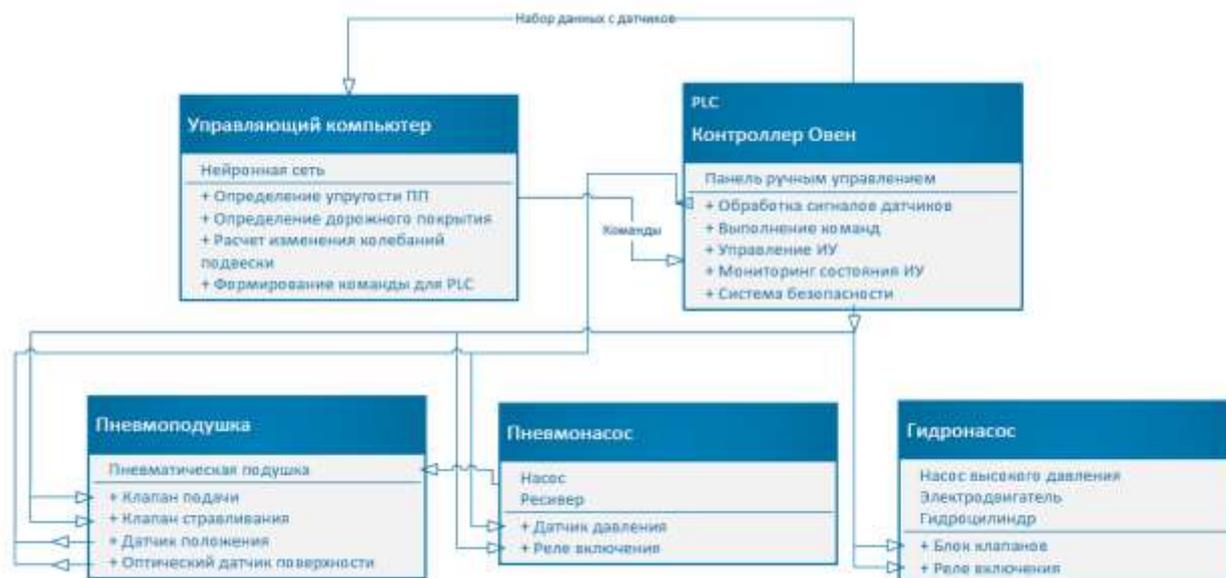


Рисунок 8 – Блок-схема управления стендом

С целью имитации подрессоренной массы были установлены резиновые демпферы между жестко закрепленной балкой конструкции и пневмоэлементом с возможностью хода демпфирования в пределах 10-15 мм в зависимости от давления, оказываемого гидравлической системой. Данный способ позволяет точно определить с помощью датчика давления на пневмоэлемент качество работы системы при имитации дорожного покрытия с различной частотой колебаний.

Реализованная система работает по принципу заложенной в бортовой компьютер информации по микропрофилю дороги с последующим преобразованием в сигналы для управления гидравлической системой стенда с целью выполнения имитации движения испытываемого пневмоэлемента в реальных условиях.

Для исследований используется датчик давления на пневмоэлемент, с целью получения данных и анализу по качеству работы системы в целом на снижение вибронгруженности на подрессоренную массу МЭС.

Гидравлическая система представляет собой гидростанцию с электродвигателем приводящий гидравлический насос НШ10 (рис. 9). Система замкнутого цикла с управлением потоков при помощи электромагнитных клапанов с целью

вызывать на гидроцилиндре частотное регулирование потока в диапазоне 2,5 – 5 Гц.

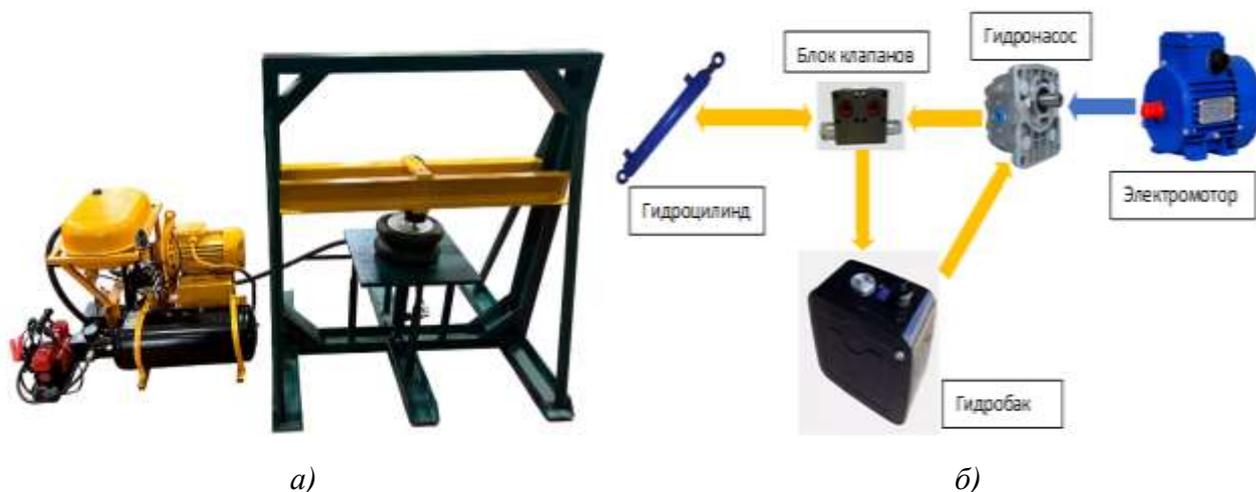


Рисунок 9 – Общий вид стенда и гидравлическая схема имитации вибрации на ПЭ:
 а – общий вид стенда; б – элементы стенда, обеспечивающие вибрацию

Выбор и оптимизация адаптивной системы поддрессирования на стенде является решением многокритериальной задачи с множеством входных и выходных параметров, представляющих собой критерии качества функционирования стенда.

Входными параметрами будут являться:

- X_1 – имитация воздействия дорожного рельефа на колеса МЭС (имитация дорожного покрытия и скорости движения);
- X_2 – имитация воздействия система управления давлением воздуха в ПЭ;

Выходные параметры:

- Y_1 – коэффициент изменения ускорений поддрессированной массы;
- Y_2 – коэффициент интенсивности;

Задача оптимизации параметров конструкции стенда имеет вид:

$$\begin{cases} Y_1 = f_1(X_1, X_2) \\ Y_2 = f_2(X_1, X_2) \end{cases} \Rightarrow \text{opt}$$

Блок-схема стенда как объекта управления показана на рис. 10.

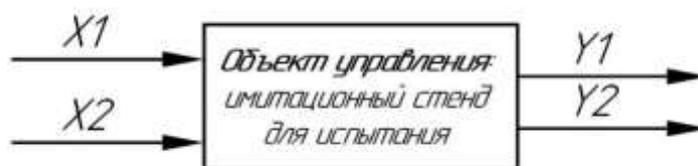


Рисунок 10 – Блок-схема стенда как объекта управления:

X_1, X_2 – входные варьируемые параметры; Y_1, Y_2 – выходные параметры отклика

Для контроля выходных параметров Y_1 , Y_2 на стенде необходимо использовать датчиков (нужно перечислить датчики, используемые в стенде) с которых должны передаваться испытуемой системе адаптивной системы управления подвеской и анализироваться ею. При несоответствии значений выходных параметров требуемым, осуществляется подача управляющих сигналов для соответствующей корректировки.

Заключение

1. Представленная схема даёт выигрышный момент, связанный с теорией машиноведения. Применение данной адаптивной ходовой системы (подрессоривания) МЭС позволит:

- повышать урожайность до 30 % путем снижения давления на почву и уменьшения буксования движителя;
- снижать уровень вибоактивности элементов конструкции МЭС, что позволит существенно улучшить условия труда оператора;
- защитить МЭС от воздействия вибраций, благодаря снижению динамических нагрузок, в последствии повысит сопротивление усталости и надежность элементов конструкции МЭС.

2. Разработана концепция стенда, подобрана компонентная база и разработана пневматическая и гидравлическая схемы соединений стенда.

3. Выбраны функциональные параметры и разработана конструкция стенда для испытания адаптивной системы подрессоривания.

4. Данный стенд имеет функциональное назначение для имитационных испытаний адаптивных систем подрессоривания МЭС сельскохозяйственного назначения. В стенде используется механические, электрические, пневматические и гидравлические элементы конструкции. Стенд позволяет имитировать неровности дорожного покрытия со следующими статистическими характеристиками: математическое ожидание 1,5 см до 3 см с частотой повторения 2,5-5 Гц. Максимальная нагрузка не менее 2 тонны, внутрикордное давление в ПЭ варьируется от 1 до 6 атмосфер.

5. Применение бортового компьютера, контроллера управления, а также нейронная сеть, обучающаяся за счет данных о микропрофилях дорог и полей, должны обеспечить воспроизведение режим подрессоривания с учетом минимизации вибронегруженности (перемещение, ускорение) элементов конструкции мобильных энергосредств тягового класса 2-3 тонны.

6. Элементы конструкции стенда, включенные в схему адаптивной системы управления подвеской, должны иметь погрешность не более 5%. Диапазон изменения внутрикодного рабочего давления ПЭ адаптивной системы поддрессирования должен составлять 1-6 атм., ход поршня платформы испытательного стенда не более 150 мм.

Исследование выполнено при поддержке гранта

Российского научного фонда — Соглашение № 23-29-00289, от 13.01.2023.

Режим доступа: <https://rscf.ru/project/23-29-00289/>.

Список литературы

1. Годжаев, З. А. Разработка и создание ходовых систем сельскохозяйственных тракторов со сменной полугусеницей / З. А. Годжаев, Е. В. Овчинников, А. С. Овчаренко // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2023. – Т. 24, № 3. – С. 498-509. – DOI 10.30766/2072-9081.2023.24.3.498-509. – EDN FQJGIQ.

2. Годжаев, З. А. Вибрационная защита гидравлической системы поддрессирования мобильных машин с применением активного регулирования нейросетевым контроллером / З. А. Годжаев, С. Е. Сенькевич, В. А. Кузьмин // *Тракторы и сельхозмашины*. – 2019. – № 4. – С. 43-49. – DOI 10.31992/0321-4443-2019-4-43-49. – EDN OZQAPF.

3. Роботизированные и автоматизированные системы в автомобиле- и тракторостроении : материалы Всероссийской научной конференции, Воронеж, 21 сентября 2022 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – 159 с. – EDN BYQLXJ.

4. Годжаев, Т. З. Обоснование функциональных характеристик сельскохозяйственных мобильных энергосредств в многокритериальной постановке / Т. З. Годжаев, В. А. Зубина, И. С. Малахов // *Тракторы и сельхозмашины*. – 2022. – Т. 89, № 6. – С. 411-420. – DOI 10.17816/0321-4443-121325. – EDN XTFDEB.

5. Годжаев, З. А. Разработка стенда для испытания системы управления беспилотным зерноуборочным комбайном / З. А. Годжаев, Н. С. Крюковская, С. Е. Сенькевич // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение*. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 5-14. – DOI 10.14529/engin200301. – EDN XMQJJW.

6. Годжаев, З. А. Перспективные проекты по созданию роботизированных мобильных энергетических средств сельскохозяйственного назначения / З. А. Годжаев, С. Е. Сенькевич, В. А. Кузьмин // *Материалы XII мультikonференции по проблемам управления (МКПУ-2019)*. В четырех томах, Дивноморское, Геленджик, 23–28 сентября 2019 года. Т. 2. – Дивноморское, Геленджик: Издательство Южного федерального университета, 2019. – С. 127-129. – EDN YXYDVI.

7. К вопросу синтеза системы управления технологическими процессами при выполнении полевых операций мобильным энергосредством / З. А. Годжаев, С. Е. Сенькевич, С. Э. Лонин [и др.] // *Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса : Коллективная монография / под ред. В. В. Окоркова*. – Иваново : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Верхневолжский федеральный аграрный научный центр", 2019. – С. 262-265. – EDN WBHNLA.

8. Повышение долговечности силовых передач МЭС за счет снижения их динамической нагруженности / С. Е. Сенькевич, З. А. Годжаев, Е. Н. Ильченко, И. С. Алексеев // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия:*

Машиностроение. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 22-33. – DOI 10.14529/engin210302. – EDN ZPSOCR.

9. Методы расчета на прочность тракторов и других мобильных машин / С. С. Дмитриченко, З.А. Годжаев, О. А. Русанов [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. – № 1. – С. 12-15.

10. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин : справочник / И. А. Биргер, Б. Ф. Шор, Г. Б. Иосилевич. – М.: Машиностроение, 1979. – 702 с.

11. Серенсен С.В. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность: руководство и справочное пособие / С. В. Серенсен, В. П. Когаев, Р. М. Шнейдерович / под ред. С.В. Серенсена. – М.: Машиностроение, 1975. – 488 с.

12. Kravchenko, V., Kravchenko, L., Senkevich S., Zhurba, V., Duryagina, V. (2023). Reducing the Dynamic Loading of the Links of the Machine-Tractor Unit Aggregated by the Mobile Power Vehicle of the 1.4 Drawbar Category. In: Guda, A. (eds) Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. NN 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 510. Springer, Cham. – https://doi.org/10.1007/978-3-031-11051-1_210.

13. Годжаев, З. А. Вибрационная защита гидравлической системы подпрессоривания мобильных машин с применением активного регулирования нейросетевым контроллером. / З. А. Годжаев, С. Е. Сенькевич, В. А. Кузьмин // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 4. – С. 43-49. – DOI: 10.31992/0321-4443-2019-4-43-49.

14. Development of a mathematical model of the oscillatory system of agricultural mobile power equipment with attachments for the creation of their adaptive springing systems / Z. Godzhaev, S. Senkevich, I. Malakhov, S. Uyutov // E3S Web of Conferences : XVI International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness - INTERAGROMASH 2023”, Rostov-on-Don, Russia, 01–05 марта 2023 года. Vol. 413. – Rostov-on-Don, Russia: EDP Sciences, 2023. – P. 02042. – DOI 10.1051/e3sconf/202341302042. – EDN YZMVZT.

15. Концепция создания адаптивных ходовых систем сельскохозяйственных мобильных энергосредств с применением элементов искусственного интеллекта / З. А. Годжаев, С. Е. Сенькевич, В. А. Кузьмин, И. С. Малахов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2023. – № 5(361). – С. 159-164. – DOI: 10.33979/2073-7408-2023-361-5-159-164.

16. Исследование динамических характеристик сельскохозяйственных мобильных энергосредств с адаптивной ходовой системой / З. А. Годжаев, С. Е. Сенькевич, И. С. Малахов [и др.] // XVI Всероссийская мультikonференция по проблемам управления (МКПУ-2023). В 4 т., Волгоград, 11–15 сентября 2023 года. Т. 4. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2023. – С. 48-50. – EDN KQRVIT.

17. Zakhid Godzhaev, Sergey Senkevich, Viktor Kuzmin, Izzet Melikov. Use of the Neural Network Controller of Sprung Mass to Reduce Vibrations From Road Irregularities // P. Vasant, G. Weber, and W. Punurai. Research Advancements in Smart Technology, Optimization, and Renewable Energy – Hershey, Pennsylvania (USA): IGI Global, 2021. – pp. 423-463. doi: 10.4018/978-1-7998-3970-5.ch005.

18. Проблема воздействия на почву ходовых систем мобильных энергосредств и эффективные пути решения [Применение мобильных средств на шинах сверхнизкого давления] / З. А. Годжаев, В. Г. Шевцов, А. В. Русанов, В. И. Прядкин // Инновац. развитие АПК России на базе интеллектуал. машин. технологий / Всерос. науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва.-Москва, 2014. – С. 327-329 // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2015. – No. 3. – P. 676. – EDN UHUKGB.

19. Годжаев, З. А. Разработка стенда для испытания системы управления беспилотным зерноуборочным комбайном / З. А. Годжаев, Н. С. Крюковская, С. Е. Сенькевич // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 5-14. – DOI 10.14529/engin200301. – EDN XMQJJW.

20. Патент № 2728860 С1 Российская Федерация, МПК G01M 17/00, G01M 15/00, G01M 15/02. Стенд для имитационного испытания системы управления беспилотным зерноуборочным комбайном : № 2020107178 : заявл. 17.02.2020 :опубл. 31.07.2020 / З. А. Годжаев, Н. С. Крюковская, А. В. Дунаев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ). – EDN HAXZNB.

21. Годжаев З.А., Сенькевич С.Е., Малахов И.С., Ильченко Е.Н., Уютов С.Ю. Определение упруго-демпфирующих характеристик адаптивной системы подрессоривания для выработки оптимального управления имитационным стендом // Тракторы и сельхозмашины. - 2024. - Т. 91. - №3. doi: 10.17816/0321-4443-633446

References

1. Godzhaev, Z. A. Development and creation of chassis systems of agricultural tractors with replaceable half-track / Z. A. Godzhaev, E. V. Ovchinnikov, A. S. Ovcharenko // Agrarian science of the Euro-North-East. - 2023. - Vol. 24, No. 3. - Pp. 498-509. - DOI 10.30766/2072-9081.2023.24.3.498-509. - EDN FQJGIQ.

2. Godzhaev, Z. A. Vibration protection of the hydraulic suspension system of mobile machines using active regulation by a neural network controller / Z. A. Godzhaev, S. E. Senkevich, V. A. Kuzmin // Tractors and agricultural machinery. – 2019. – No. 4. – P. 43-49. – DOI 10.31992/0321-4443-2019-4-43-49. – EDN OZQAPF.

3. Robotic and automated systems in automobile and tractor manufacturing: Proceedings of the All-Russian scientific conference, Voronezh, September 21, 2022. – Voronezh, 2022. – 159 p. – EDN BYQLXJ.

4. Godzhaev, T.Z. Justification of the functional characteristics of agricultural mobile energy vehicles in a multi-criteria formulation / T.Z. Godzhaev, V.A. Zubina, I.S. Malakhov // Tractors and agricultural machinery. – 2022. – Vol. 89, No. 6. – P. 411-420. – DOI 10.17816/0321-4443-121325. – EDN XTFDEB.

5. Godzhaev, Z. A. Development of a test bench for testing the control system of an unmanned grain harvester / Z. A. Godzhaev, N. S. Kryukovskaya, S. E. Senkevich // Bulletin of the South Ural State University. Series: Mechanical Engineering. – 2020. – Vol. 20, No. 3. – P. 5-14. – DOI 10.14529/engin200301. – EDN XMQJJW.

6. Godzhaev, Z. A. Promising projects for the creation of robotic mobile energy vehicles for agricultural purposes / Z. A. Godzhaev, S. E. Senkevich, V. A. Kuzmin // Proceedings of the XII multiconference on control problems (MKPU-2019). In four volumes, Divnomorskoye, Gelendzhik, September 23–28, 2019. Vol. 2. – Divnomorskoye, Gelendzhik: Publishing House of the Southern Federal University, 2019. – P. 127–129. – EDN YXYDVI.

7. On the issue of synthesis of a process control system for performing field operations by a mobile power vehicle / Z. A. Godzhaev, S. E. Senkevich, S. E. Lonin [et al.] // Modern trends in scientific support of the agro-industrial complex: Collective monograph / Edited by V.V. Okorkov. - Ivanovo: Federal State Budgetary Scientific Institution "Upper Volga Federal Agrarian Scientific Center", 2019. - P. 262-265. - EDN WBHNLA.

8. Increasing the durability of power transmissions of MES by reducing their dynamic loading / S. E. Senkevich, Z. A. Godzhaev, E. N. Ilchenko, I. S. Alekseev // Bulletin of the South Ural State University. Series: Mechanical Engineering. – 2021. – V. 21, No. 3. – P. 22-33. – DOI 10.14529/engin210302. – EDN ZPSOCR.

9. Methods of strength calculation of tractors and other mobile machines / S.S. Dmitrichenko, Z.A. Godzhaev, O. A. Rusanov [et al.] // Tractors and agricultural machinery. – 2001. – No. 1. – P. 12-15.

10. Birger I.A. Strength calculation of machine parts: Handbook / I.A. Birger, B.F. Shor, G.B. Iosilevich. – Moscow: Mechanical Engineering, 1979. – 702 p.

11. Sorensen S.V. Bearing capacity and strength calculation of machine parts: Manual and reference manual / S.V. Sorensen, V.P. Kogaev, P.M. Shneiderovich / Ed. by S.V. Serensen. - M.: Mashinostroenie, 1975. – 488 p.
12. Kravchenko V., Kravchenko L., Senkevich S., Zhurba V., Duryagina V. (2023). Reducing the Dynamic Loading of the Links of the Machine-Tractor Unit Aggregated by the Mobile Power Vehicle of the 1.4 Drawbar Category // Guda, A. (eds) Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. NN 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 510. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11051-1_210.
13. Godjaev Z.A., Senkevich S.E., Kuzmin V.A. Vibration protection of the hydraulic suspension system of mobile machines using active regulation by a neural network controller // Tractors and agricultural machinery. - 2019. - No. 4. - P. 43-49. DOI: 10.31992/0321-4443-2019-4-43-49.
14. Development of a mathematical model of the oscillatory system of agricultural mobile power equipment with attachments for the creation of their adaptive springing systems / Z. Godzhaev, S. Senkevich, I. Malakhov, S. Uyutov // E3S Web of Conferences: XVI International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness - INTERAGROMASH 2023”, Rostov-on-Don, Russia, March 01–05, 2023. Vol. 413. – Rostov-on-Don, Russia: EDP Sciences, 2023. – P. 02042. – DOI 10.1051/e3sconf/202341302042. – EDN YZMVZT.
15. The concept of creating adaptive running systems of agricultural mobile power vehicles using elements of artificial intelligence / Z.A. Godjaev, S.E. Senkevich, V.A. Kuzmin, I.S. Malakhov // Fundamental and applied problems of engineering and technology. - 2023. - No. 5 (361). - P. 159-164. - DOI: 10.33979 / 2073-7408-2023-361-5-159-164.
16. Study of dynamic characteristics of agricultural mobile power vehicles with an adaptive running system / Z. A. Godjaev, S.E. Senkevich, I.S. Malakhov [et al.] // XVI All-Russian multi-conference on control problems (MKPU-2023). In 4 volumes, Volgograd, September 11–15, 2023. Vol. 4. – Volgograd: Volgograd State Technical University, 2023. – Pp. 48–50. – EDN KQRVIT.
17. Zakhid Godzhaev, Sergey Senkevich, Viktor Kuzmin, Izzet Melikov. Use of the Neural Network Controller of Sprung Mass to Reduce Vibrations from Road Irregularities // P. Vasant, G. Weber, and W. Punurai. Research Advancements in Smart Technology, Optimization, and Renewable Energy – Hershey, Pennsylvania (USA): IGI Global, 2021. – pp. 423–463. doi: 10.4018/978-1-7998-3970-5.ch005.
18. Godjaev Z.A., Shevtsov V.G., Rusanov A.V., Pryadkin V.I. The problem of the impact on the soil of the running systems of mobile energy vehicles and effective solutions [Use of mobile vehicles on ultra-low pressure tires] // Innovative development of the agro-industrial complex of Russia based on intelligent machine technologies / All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization. - Moscow, 2014. - P. 327-329 // Engineering and technical support of the agro-industrial complex. Abstract journal. - 2015. - No. 3. - P. 676. - EDN UHUKGB.
19. Godjaev, Z. A. Development of a test rig for testing the control system of an unmanned grain harvester / Z. A. Godjaev, N. S. Kryukovskaya, S. E. Senkevich // Bulletin of the South Ural State University. Series: Mechanical Engineering. - 2020. - Vol. 20, No. 3. - Pp. 5-14. - DOI 10.14529/engin200301. - EDN XMJJW.
20. Patent No. 2728860 C1 Russian Federation, IPC G01M 17/00, G01M 15/00, G01M 15/02. Test rig for simulation testing of the control system of an unmanned grain harvester: No. 2020107178: appl. 17.02.2020 : publ. 31.07.2020 / Z. A. Godzhaev, N. S. Kryukovskaya, A. V. Dunaev [et al.] ; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (FGBNU FNAC VIM). – EDN HAXZNB.
21. Godzhaev Z. A., Senkevich S. E., Malakhov I. S., Ilchenko E. N., Uyutov S. Yu. Determination of elastic-damping characteristics of an adaptive suspension system for developing optimal control of a simulation stand // Tractors and agricultural machinery. - 2024. - Vol. 91. - No. 3. doi: 10.17816/0321-4443-633446.

Егоров Ю.В.

кандидат техн. наук, доцент Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, РФ

Воробьев Ю.Д.

кандидат физ.-мат. наук, доцент Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, РФ

Алименко И.А.

кандидат полит. наук,
ген. директор ГК «Логус», РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Школьных А.В.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Egorov Yu.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Bauman Moscow State Technical University, Russian Federation

Vorobiev Yu.D.

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Institute of Management Problems named after V.A. Trapeznikov, Russian Academy of Sciences, Russian Federation

Alimenko I.A.

Candidate of Political Sciences, General Director of Logus Group of Companies, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of technical sciences, professor, department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Shkolnykh A. V.

assistant of the department of automobiles and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Artyomov A.V.

senior lecturer of the department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ ДЛЯ РАЗМИНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

MOBILE ROBOTS FOR MINE CLEARANCE OF TERRITORIES

Аннотация. В статье рассматриваются различные направления разминирования территорий после прекращения боевых действий. Представлены основные технические средства для выполнения взрывотехнических работ. Представлена концепция робототехнического средства для разминирования территорий на колесной базе, оборудованного катковым тралом, которое обеспечивает возможность разминирования больших по площади территорий различного назначения.

Abstract. The article examines various approaches to demining territories after the cessation of hostilities. The main technical means for performing explosive ordnance disposal (EOD) operations are presented. The concept of a robotic demining vehicle on a wheeled platform, equipped with a roller-type mine-clearing plow, is introduced, which enables the demining of large areas with different purposes.

Ключевые слова: разминирование, технические средства, взрывотехнические работы, роботизированная платформа.

Keywords: mine clearance, technical means, explosive works, robotic platform

Введение

После прекращения активной фазы боевых действий встает проблема разминирования больших территорий сельскохозяйственных угодий, промышленных зон и жилых кварталов в населенных пунктах. Обеспечение безопасности населения данных территорий и возвращение сельскохозяйственных земель в хозяйственный оборот требует сплошной очистки местности от мин и взрывоопасных предметов [1]. Разминирование территорий подразумевает восстановление уровня безопасности территории, соответствующему состоянию до установки мин. Разминирование больших по площади территорий различного назначения, после прекращения боевых действий является сложной научной задачей, требующей разработку принципиально новых технологий разминирования и создание беспилотных роботов-саперов для их реализации [2].

Классическими направлениями разминирования являются: механический, взрывной, энергетический, а также их комбинация [3,4]. Наиболее распространёнными примерами механического разминирования являются механизированное траление любого вида (катковое, ножевое, бойковое). Однако, техническое совершенствование мин на основе применения принципиально новых взрывчатых веществ, электронных устройств приведения их в действие, требует разработки и создания новых технологий не только их разминирования, но и поиска и идентификации мин [5].

Успешное проведение работ по разминированию территорий возможно только при совместной работе средств поиска мин и средств для их уничтожения.

Ярким примером первого успешного применения средств дистанционной идентификации мин является разминирование территории в Кувейте после операции «Буря в пустыне», в которой американские специалисты применяли радиолокационную станцию, установленную на самолете «Бичкрафт», с аппаратурой для поиска мин, находящихся глубоко под землей. Полученные радиолокационные изображения сверялись с базой данных, где были сохранены снимки различных типов мин и боеприпасов.

Впоследствии в США разработали оборудование COBRA, предназначенное для поиска наземных мин с помощью беспилотников, летающих на небольшой высоте. Основой этой системы служит многоспектральная камера, ко-

торая работает в инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах. Быстродействующий бортовой компьютер анализирует полученные изображения в разных спектрах и позволяет выявить мины за время полета аппарата над территорией [6,7].

В настоящее время стали востребованы новые технологий разминирования на базе беспилотных летательных аппаратов, которые способны как обнаруживать, так и уничтожать мины огнестрельным оружием (рис. 1). Мины, которые трудно обнаружить с помощью традиционных методов, можно выявить благодаря дронам, оснащенными инфракрасными и спектральными камерами. Эти дроны передают информацию в режиме реального времени и благодаря специальному алгоритму позволяют точно определить координаты цели. В теплое время года, когда мины нагреваются от солнечных лучей, их можно обнаружить с помощью термальных камер. Эта технология позволяет построить карту заминированного участка с координатной сеткой и сделать первоначальный макет теплового следа от мин [8].



Рисунок 1 – БПЛА с мультиспектральной камерой

В настоящее время в связи с активными боевыми действиями применение беспилотных мобильных комплексов для разминирования территорий является важным научным направлением развития принципиально новых технических средств, для реализации разработанных технологий [9,10, 11].

Технические средства для разминирования территорий традиционно выполняются на колесной или гусеничной базе.

Французская компания MBDA представила систему разминирования SOUVIM II, которая используется для создания безопасных проходов и нейтрализации самодельных взрывных устройств. Эта система способна очищать до

150 км в сутки и включает две машины, буксирующие прицепы, активирующие мины. Первая машина движется по минам с нажимным механизмом, не вызывая их детонации, тогда как прицеп RDM (mine-triggering trailer) создает необходимую нагрузку для срабатывания мин, что делает безопасным путь для второй машины. Вторая машина дополнительно буксирует два RDM с разной колесной базой, что позволяет полностью очистить полосу движения.



Рисунок 2 – Технология разминирования SOUVIM II

Для машин, входящих в состав SOUVIM II, компания Michelin разработала специальные противоминные шины. Эти шины позволяют безопасно двигаться по минным полям без риска детонации мин плоской или конической формы. Это стало возможным благодаря использованию колес с низким давлением, составляющим 360 г/см^2 . В конструкции шины применен слой пены толщиной 10 см, прикрепленный к покрышке, что создает увеличенную площадь контакта с грунтом. Поверх пены нанесен тонкий слой защитной резины, улучшающий сцепление и долговечность шины.

В России для разминирования территорий разработан роботизированный комплекс «Уран-6» (рис. 3) с гусеничным движителем, который управляется дистанционно оператором посредством двухсторонней радиосвязи. Данное решение позволяет оператору находиться на расстоянии не менее 800 метров от места проведения взрывотехнических работ [10].

Французская оборонная компания CNIM разработала беспилотный гусеничный робот MILREM THeMIS, оснащенный выдвижным оборудованием и специализированными инструментами для обезвреживания мин (рис. 4).



Рисунок 3 – Роботизированный комплекс «Уран-6»



Рисунок 4 – Гусеничный робот MILREM THeMIS

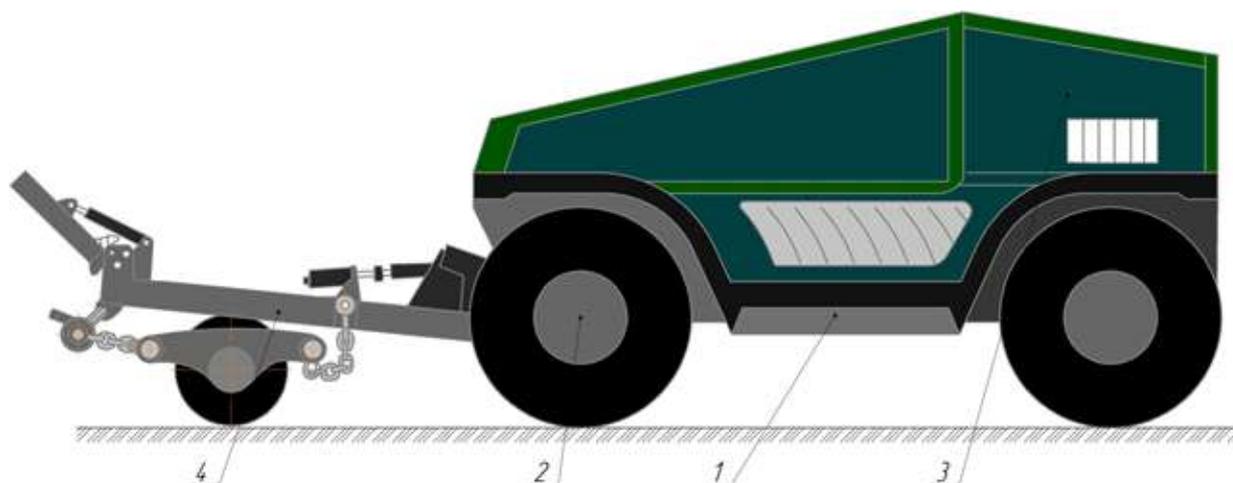
Данные технические средства позволяют проводить работы по разминированию на открытых территориях, в то время как для работ на урбанизированной местности в России разработан разработанмногофункциональный робототехнический комплекс разминирования легкого класса (МРТК-РЛК) [11].

Проведенный анализ выше приведенных технологий и мобильных средств для разминирования показал, что задача разминирования больших по

площади территорий различного назначения остается одной из главных проблем [12].

Применение роботов-саперов позволяет существенно повысить эффективность обезвреживания различных типов мин и взрывчатых веществ. Анализ особенностей применения роботов-саперов выявил ряд технических недостатков – это сложность их конструкции, большая мощность двигателя, повышенный расход топлива, малые скорости движения и как следствие высокая стоимость. Поэтому объем выпуска роботов-саперов ограничен [13, 14].

С целью минимизации выше указанных недостатков компанией «Логус-Агро» совместно с учеными МГТУ им. Н. Э. Баумана, Воронежского лесотехнического университета и Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук разработан робот-сапер на колесной базе, оборудованный катковым тралом (рис. 5). Управляет роботом подготовленный оператор мобильной робототехники.



1 – мобильный робот; 2 – колесный движитель сверхнизкого давления;
3 – моторно-трансмиссионная установка; 4 – катковый минный трал

Рисунок 5 – Робот-сапер на колесной базе

Таблица 1 – Технические характеристики робота-сапера

Показатели	Характеристики
Габариты (ДхШхВ), мм	3550х1650х2250
Мощность двигателя, л.с.	70 л.с.
Ширина захвата минного трала, мм	2000
Максимальная скорость движения, км/ч	36
Дальность управления по радиоканалу, км	до 2
Максимальный преодолеваемый угол подъема, град	40
Время работы в непрерывном движении, ч	до 10 ч
Время работы в режиме ожидания, ч	72 ч

Выводы

Исследования в области создания новых робототехнических комплексов должны продолжаться, вследствие чего появятся новые перспективные образцы техники для саперных подразделений.

Разработка новых методов поиска и ликвидации взрывоопасных предметов, а также технических средств для их реализации требует использования автоматизированных и автоматических систем анализа информации и управления робототехническими платформами, максимально исключая человеческий фактор.

Для повышения эффективности разминирования больших площадей сельскохозяйственных угодий, предлагается использовать мобильный робот-сапер на колесной базе.

Поисковые исследования по созданию принципиально новых типов роботов для разминирования больших площадей территорий, основанные на применении новых материалов и искусственного интеллекта, целесообразно продолжать, данные разработки позволят не только сохранить жизни личному составу саперов, но и гражданскому населению.

Список литературы

1. Ваулин, Н. Ю. Экологические аспекты гуманитарного разминирования / Н. Ю. Ваулин // Военная мысль. – 2020. – № 7. – С. 110-116.
2. Ваулин, Н. Ю. Экологические аспекты гуманитарного разминирования / Н. Ю. Ваулин, С. С. Катернюк, А. Ю. Сергеев // Инновационная деятельность в Вооруженных Силах Российской Федерации : Труды всеармейской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 10–11 октября 2019 года. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Военная академия связи имени маршала Советского Союза С. М. Буденного" Министерства обороны Российской Федерации, 2019. – С. 174-180.
3. Буянов, М. С. Средства механизации и порядок выполнения работ при минировании и разминировании участков путей сообщения / М. С. Буянов, А. В. Дюков, С. А. Гаранин // Специальная техника и технологии транспорта. – 2020. – № 6(44). – С. 81-87.
4. Шнайдер, В. В. Разминирование автомобильных дорог и сопровождение колонн войск / В. В. Шнайдер, Д. Н. Аршин, А. В. Насыров // Современные научные исследования и разработки. – 2019. – № 1(30). – С. 1113-1115
5. Спирин, И. В. Развитие способов разминирования / И. В. Спирин // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2022. – № 4(124). – С. 105-110.
6. Горошко, В. В. Опыт разминирования городских объектов и зданий / В. В. Горошко, А. Н. Нестеренко // Актуальные вопросы служебно-боевой деятельности войск национальной гвардии в обеспечении государственной безопасности Российской Федерации : сборник научных статей I Межведомственной научно-практической конференции, Новосибирск, 06 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский военный институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации, 2022. – С. 211-215.

7. О проблемах применения робототехнических средств при проведении разминирования / Д. С. Найденов, Е. В. Полевой, О. В. Саяпин, А. О. Багдасарян // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2022. – № 4(55). – С. 29-37.

8. Меджидов, А. К. Использование роботов для обнаружения и разминирования взрывных устройств / А. К. Меджидов, А. К. Мусиенко, М. О. Чигирева // Иностранный язык для профессиональных целей (ко Дню российской науки) : Сборник научных статей Международной студенческой научно-практической конференции, Саратов, 07 февраля 2023 года / под науч. ред. А.Е. Живлаковой. – Саратов: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский военный ордена Жукова Краснознаменный институт войск национальной гвардии Российской Федерации", 2023. – С. 138-142.

9. Беликов, Д. С. Применение робототехнических систем при ликвидации чрезвычайных ситуаций / Д. С. Беликов // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 21–22 апреля 2021 года. – Саратов: ООО "Амирит", 2021. – С. 274-278.

10. Антохин, Е. А. Перспективы применения робототехнических средств из состава многофункционального робототехнического комплекса "Кунгас" для решения задач гуманитарного разминирования / Е. А. Антохин, Л. Л. Воронин, А. С. Горский // Робототехника и техническая кибернетика. – 2020. – Т. 8, № 3. – С. 175-180.

11. Антохин, Е. А. Перспективы применения легкого инженерного робота из состава МКРС "Кунгас" для решения задач гуманитарного разминирования / Е. А. Антохин, И. А. Кашин, Е. В. Москвитина // Colloquium-Journal. – 2020. – № 21-1(73). – С. 40-44.

12. Гутьеррес, Н. Конструкция мобильного робота для задач гуманитарного разминирования / Н. Гутьеррес, Д. П. Зулета // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2023 : Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Севастополь, 18–21 сентября 2023 года. – Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2023. – С. 348-355.

13. Лагутина, А. В. Предложения по роботизации специального автомобиля для транспортировки авиационных бомб, фугасов и других крупнокалиберных неразорвавшихся боеприпасов / А. В. Лагутина, А. Ю. Баранник // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Иваново, 19 октября 2023 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. – С. 244-250.

14. Можаяев, А. Г. Показатели поперечной статистической и динамической устойчивости базовых шасси робототехнических комплексов МЧС России / А. Г. Можаяев // Достижения науки и образования. – 2020. – № 13(67). – С. 12-15.

References

1. Vaulin, N. Y. Ecological aspects of humanitarian demining / N. Y. Vaulin // Military thought. - 2020. – No. 7. – pp. 110-116.

2. Vaulin, N. Y. Ecological aspects of humanitarian demining / N. Y. Vaulin, S. S. Katernyuk, A. Y. Sergeev // Innovative activity in the Armed Forces of the Russian Federation : Proceedings of the All-Army scientific and practical conference, St. Petersburg, October 10-11, 2019. – St. Petersburg: Federal State-Owned Military Educational Institution Of Higher Education "Military Academy of Communications Named After Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, 2019. – pp. 174-180.

3. Buyanov, M. S. Means of mechanization and the procedure for performing work during mining and mine clearance of sections of communication routes / M. S. Buyanov, A.V. Dyukov, S. A. Garanin // Special equipment and technologies of transport. – 2020. – № 6(44). – Pp. 81-87.

4. Schneider, V. V. Mine clearance of highways and escort of columns of troops / V. V. Schneider, D. N. Areshin, A.V. Nasyrov // Modern scientific research and development. – 2019. – № 1(30). – Pp. 1113-1115
5. Spirin, I. V. Development of mine clearance methods / I. V. Spirin // Proceedings of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences. – 2022. – № 4(124). – Pp. 105-110.
6. Goroshko, V. V. Experience of mine clearance of urban objects and buildings / V. V. Goroshko, A. N. Nesterenko // Topical issues of the service and combat activities of the National Guard troops in ensuring state security of the Russian Federation : collection of scientific articles of the I Interdepartmental Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, April 06, 2022. Novosibirsk: Novosibirsk Military Institute named after General of the Army I.K. Yakovlev of the National Guard of the Russian Federation, 2022. – pp. 211-215.
7. On the problems of using robotic tools during mine clearance / D. S. Naydenov, E. V. Polevoy, O. V. Sayapin, A. O. Bagdasaryan // Scientific and educational problems of civil protection. – 2022. – № 4(55). – Pp. 29-37.
8. Medzhidov, A. K. The use of robots for the detection and clearance of explosive devices / A. K. Medzhidov, A. K. Musienko, M. O. Chigireva // Foreign language for professional purposes (for the Day of Russian Science) : Collection of scientific articles of the International Student Scientific and Practical Conference, Saratov, February 07, 2023 / Under the scientific editorship of A.E. Zhivlakova. – Saratov: Federal State-owned military Educational Institution of Higher Education "Saratov Military Order of Zhukov Red Banner Institute of the National Guard of the Russian Federation", 2023. - p. 138-142.
9. Belikov, D. S. Application of robotic systems in emergency response / D. S. Belikov // Innovations in environmental management and protection in emergency situations : Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference, Saratov, April 21-22, 2021. – Saratov: Limited Liability Company "Amirit", 2021. – pp. 274-278.
10. Antokhin, E. A. Prospects for the use of robotic tools from the multifunctional robotic complex "Kungas" for solving humanitarian demining tasks / E. A. Antokhin, L. L. Voronin, A. S. Gorsky // Robotics and technical cybernetics. – 2020. – Vol. 8, No. 3. – pp. 175-180.
11. Antokhin, E. A. Prospects of using a light engineering robot from the Kungas ICRS to solve humanitarian demining problems / E. A. Antokhin, I. A. Kashin, E. V. Moskvitina // Colloquium-Journal. – 2020. – No. 21-1(73). – pp. 40-44.
12. Gutierrez, N. The construction of a mobile robot for humanitarian demining tasks / N. Gutierrez, D. P. Zuleta // Environmental, industrial and energy security - 2023 : A collection of articles based on the materials of the international scientific and practical conference, Sevastopol, September 18-21, 2023. – Sevastopol: Sevastopol State University, 2023. – pp. 348-355.
13. Lagutina, A.V. Proposals for the robotization of a special vehicle for transporting aviation bombs, land mines and other large-caliber unexploded ordnance / A.V. Lagutina, A. Y. Barannik // Modern fireproof materials and technologies : collection of materials of the VI International Scientific and Practical Conference, Ivanovo, October 19, 2023. – Ivanovo: Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2023. – pp. 244-250.
14. Mozhaev, A. G. Indicators of transverse statistical and dynamic stability of the basic chassis of robotic complexes of the Ministry of Emergency Situations of Russia / A. G. Mozhaev // Achievements of science and education. – 2020. – № 13(67). – Pp. 12-15.

Колядин П.А.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Kolyadin P.A.

assistant of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Artyomov A.V.

senior lecturer of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ НА ШИНАХ СВЕРХНИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

TECHNICAL AND OPERATIONAL PARAMETERS OF MOBILE VEHICLES WITH ULTRA-LOW-PRESSURE TIRES

Аннотация. В статье дан анализ технико-эксплуатационных параметров и компоновочных схем, серийно выпускаемых на территории Российской Федерации мобильных самоходных штанговых опрыскивателей, оборудованных шинами сверхнизкого давления. Приведены таблицы с сравнительными характеристиками таких мобильных средств. Определены направления развития по ключевым параметрам перспективных самоходных опрыскивателей.

Abstract. The article provides an analysis of the technical and operational parameters and layout schemes of mobile self-propelled boom sprayers equipped with ultra-low-pressure tires, serially produced in the Russian Federation. Tables with comparative characteristics of such mobile vehicles are provided. Development directions for key parameters of promising self-propelled sprayers are determined.

Ключевые слова: мобильное энергетическое средство, МЭС, самоходный опрыскиватель, штанговый опрыскиватель, шины сверхнизкого давления.

Keywords: mobile energy vehicles, MEV, self-propelled sprayer, boom sprayer, ultra-low-pressure tires.

Введение

Мобильные энергетические средства (МЭС) и самоходные опрыскиватели на их базе, оборудованные шинами сверхнизкого давления способны применяться в условиях почв с низкой несущей способностью и на переувлажнённых почвах в ранний весенний период года, когда применение прицепных, навесных

или самоходных опрыскивателей на стандартных шинах становится невозможным. Взаимодействие шин сверхнизкого давления с опорной поверхностью характеризуется низким давлением на грунт, что оказывает минимальное травмирующее воздействие на растительный покров и практически исключает переуплотнение почвы в корневом слое растений и создание минерализованной колеи. Таким образом данные шины обладают наибольшей экологичностью, обеспечивают высокую проходимость и плавность хода самоходным опрыскивателям, увеличивая их производительность. В сочетании с шинами большого диаметра при движении штанговых опрыскивателей в технологической колее, достигается высокая годовая загрузка, повышающая экономическую эффективность мобильных энергетических средств.

По мере насыщения рынка сельскохозяйственной техники такими штанговыми опрыскивателями появилось несколько отдельных направлений развития конструкций и компоновочных схем, с похожими либо близкими технико-эксплуатационными параметрами. Для изучения эффективности и особенностей применения штанговых самоходных опрыскивателей, оборудованных шинами сверхнизкого давления, необходимо рассматривать все многообразие существующих серийно выпускаемых образцов, в том числе и опытно-конструкторских. Таким образом можно определить направления развития и ключевые характеристики перспективных МЭС.

Цель работы

Выполнить анализ технико-эксплуатационных и конструктивных параметров самоходных штанговых опрыскивателей, оборудованных шинами сверхнизкого давления.

Объект исследования

Самоходные штанговые опрыскиватели на шинах сверхнизкого давления, продаваемые на территории Российской Федерации.

Материалы и методы исследования

Использована и проанализирована информация из открытых источников, сайтов производителей сельскохозяйственной техники, материалы конференций и публикации журналов по тематике исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Выпускаемые в России самоходные штанговые опрыскиватели, имеющие возможность установки шин сверхнизкого и низкого давления, можно разделить на несколько основных групп по показателям объема технологического бака и колесной формуле опрыскивателя.

Первая группа опрыскивателей имеет колесную формулу 4x4 и объем бака до 1500 л. Большинство таких мобильных средств малой грузоподъемности основывается на базе серийно выпускаемых автомобилей повышенной проходимости марки УАЗ, на раму которого устанавливается штанговый опрыскиватель с емкостью, а в качестве шин используются Бел-79. Одной из наиболее удачных машин с такой компоновкой является опрыскиватель «АХА-1» (рис. 1, табл. 1).



Рисунок 1 – Самоходный опрыскиватель «АХА-1»

Таблица 1 – Технические характеристики самоходного опрыскивателя «АХА-1»

Название опрыскивателя	АХА-1
Скорость в поле (рабочая)	60 км/ч
Производительность	до 60 га/ч
Объем бака	1000 л
Ширина захвата	22 м
Расход рабочей жидкости	20–250 л/га
Давление на почву	0,6 кг/см ²
Расход топлива	до 0,4 л/га
Колёсная формула	4x4
Шины	Бел-79

Вторая группа опрыскивателей имеет колесную формулу 6x4 и объем бака до 1500 л. В такой колесной формуле нагрузка, приходящаяся на несущую систему самоходного опрыскивателя, более равномерно распределяется между колесами, обеспечивая равномерное давление каждой шины на опорное основание. Большинство мобильных энергетических средств и опрыскивателей на их базе, оборудованных шинами сверхнизкого давления, выполняются на ориги-

нальной платформе собственной разработки, имеющей переднее расположение кабины оператора и заднее расположение штангового опрыскивателя с емкостью. Принципиально самоходные штанговые опрыскиватели имеют два типа компоновочной схемы кабины оператора: в базе колес (за передней осью) и перед осью передних управляемых колес.

К мобильным энергетическим средствам с расположением кабины в базе колес относятся самоходные опрыскиватели «ОС 11110 «ROSA»-11», «ОЛС-1,0 БАРС 271», «ОРС-600» и «Бизон I» (рис. 2). В качестве движителя у всех используются шины сверхнизкого давления ОШ-1 (табл. 2), характеризующиеся минимальным воздействием на почвенно-растительный покров и минимальным уплотнением почвы. При ширине захвата штанг от 20 до 24 метров и рабочей скорости более 25 км/ч обеспечивается высокая часовая производительность, более 50 га/ч.



а



б



в



г

Рисунок 2 – Самоходные опрыскиватели:

а – «ОС 11110 «ROSA»-11», б – «ОЛС-1,0 БАРС 271», в – «ОРС-600», г – «Бизон I»

Мобильные энергетические средства с расположением кабины оператора перед осью передних управляемых колес представлены на Российском рынке опрыскивателями «Туман-1М» и «Рубин-1200» (рис. 3).



а



б

Рисунок 3 – Самоходные опрыскиватели:
а – «Туман-1М», б – «Рубин-1200»

Таблица 2 – Технические характеристики самоходных опрыскивателей малой грузоподъемности с колесной формулой 6х4

Название опрыскивателя	«Туман-1М»	«ОС 11110 «РОСА»-11»	«Рубин-1200»	«ОЛС-1,0 БАРС 271»	«ОРС-600»	«Бизон»
Скорость в поле (рабочая)	до 40 км/ч	-	до 40 км/ч	35 км/ч	25 км/ч	до 35 км/ч
Производительность	до 60 га/ч	до 54 га/ч	до 70 га/ч	до 45 га/ч	до 50 га/ч	до 80 га/ч
Объём бака	1000 л	850 л	1200 л	750 л	600 л	1000 л
Ширина захвата	20 м	24 м	24 м	24 м	22 м	24 м
Расход рабочей жидкости	10–180 л/га	30–300 л/га	15–300 л/га	5–200 л/га	10–150 л/га	-
Давление на почву	0,2 кг/см ²	0,1-0,16 кг/см ²	0,2 кг/см ²	0,09-0,13 кг/см ²	-	-
Расход топлива	до 0,25 л/га	до 0,2 л/га	0,2 (0,13) л/га	0,14 л/га	-	0,2 л/га
Дорожный просвет	до 0,4 м	-	0,7 м	0,5 м		
Колея	-	2,15	-	-	2,25 м	2,25 м
Колёсная формула	6х4	6х4	6х4	6х4	6х4	6х4
Вес пустой машины		1050 кг		1270 кг	1100 кг	
Шины	Бел-79	ОШ-1	Бел-79	ОШ-1	ОШ-1	ОШ-1

Такое расположение кабины обусловлено улучшением обзора в кабине оператора и расширением габаритов задней технологической площадки для установки штангового опрыскивателя с ёмкостью. Исходя из повышенной нагрузки на движители при увеличенном объеме бака опрыскивателя применяются на каждом шине Бел-79. При этом моторно-трансмиссионное отделение

располагается сразу за кабиной оператора перед баком-ёмкостью, обеспечивая равномерное распределение нагрузки на опорные колеса при полной загрузке. А с заявленной рабочей скоростью около 40 км/ч и шириной захвата 24 м обеспечивается производительность более 60 га/ч.

Третья группа опрыскивателей имеет колесную формулу 4х4 и объем бака до 3000 л. Такие мобильные энергетические средства средней грузоподъемности изготавливаются на базе автомобилей повышенной проходимости, путем установки на заднюю технологическую площадку штангового опрыскивателя. Характерными их представителями являются самоходные опрыскиватели «АВИОН 44-02» и «ВУАЗ АГРО 2000М» (рис. 4). Установленные на них шины способны воспринимать большую нагрузку, имея как больший диаметр и большую ширину профиля. Технические характеристики самоходных опрыскивателей третьей группы (табл. 3) позволят увеличить производительность за счет снижения времени на заправку технологического бака-ёмкости.



а



б

Рисунок 4 – Самоходные опрыскиватели:
а – «АВИОН 44-02», б – «ВУАЗ АГРО 2000М»

Таблица 3 – Технические характеристики самоходных опрыскивателей средней грузоподъемности с колесной формулой 4х4

Название опрыскивателя	«АВИОН 44-02»	«ВУАЗ АГРО 2000М»
Скорость в поле (рабочая)	до 50 км/ч	до 60км/ч
Объём бака	2000 л	2000 л
Ширина захвата	24 м	20 м
Дорожный просвет	0,45 м	-
Колёсная формула	4х4	4х4
Вес пустой машины	2300 кг	-

Первая схема компоновки предполагает размещение кабины оператора в колесной базе при переднем расположении моторно-трансмиссионной силовой

установки. Опрыскиватели с такой компоновкой (рис. 5) в большинстве случаев имеют конструкцию шасси собственной разработки с кабиной серийно выпускаемых автомобилей марок ГАЗ и УАЗ. Как правило их максимальная рабочая скорость превышает 40 км/ч, а ширина захвата штанг приближается к 28 м (табл. 4), что обеспечивает им также высокую производительность.



а



б



в

Рисунок 5 – Самоходные опрыскиватели: а – «АХА-2», б – «Бизон II», в – «BAGIRA 3000M»

Таблица 4 – Технические характеристики самоходных опрыскивателей средней грузоподъемности, с кабиной классической компоновки, с колесной формулой 6x4

Название опрыскивателя	«АХА-2»	«Бизон II»	BAGIRA3000M
Скорость в поле (рабочая)	60 км/ч	до 50 км/ч	до 40 км/ч
Производительность	до 60 га/ч	-	до 70 га/ч
Объем бака	2500 л	3000 л	3000 л
Ширина захвата	22 м	28 м	28 м
Расход рабочей жидкости	20-250 л/га	300 л/га	30–250 л/га
Расход топлива	до 0,4 л/га	0,3 л/га	0,27 кг/см ²
Колёсная формула	6x4	6x4	6x4
Шины	Бел-79	AVTOROS MAX-TRIM	AVTOROS MAX-TRIM

Другая схема предполагает размещение кабины перед осью передних управляемых колес. Силовая установка размещена непосредственно за кабиной. Такие самоходные штанговые опрыскиватели (рис. 6) имеют ширину захвата до 28 м и рабочую скорость движения около 35 км/ч, что обеспечивает их производительность до 80 га/ч (табл. 5). Их главной особенностью является улучшенная обзорность в кабине оператора и расширенная задняя технологическая площадка. На большинстве используются шины АВТОРОС S-TRIM или AVTOROS MAX-TRIM, позволяющие увеличить грузоподъемность мобильного средства. А производительность опрыскивателей достигает 80 га/ч.

Таблица 5 – Технические характеристики самоходных опрыскивателей средней грузоподъемности, с кабиной, вынесенной за базу, с колесной формулой 6х4

Название опрыскивателя	«Туман-2М»	«Туман-3»	«ОС-2500М2 ОРС»	«РУБИН- 2500»
Скорость в поле (рабочая)	до 35 км/ч	до 35 км/ч	до 35 км/ч	до 35 км/ч
Производительность	до 80 га/ч	до 80 га/ч	до 50 га/ч	до 70 га/ч
Объем бака	2000 л	2500 л	2500 л	2500 л
Ширина захвата	28 м	28 м	28 м	28 м
Расход рабочей жидкости	30–300 л/га	15–450 л/га	15–450 л/га	15–300 л/га
Давление на почву	0,4 кг/см ²	0,4-0,8 кг/см ²	0,4-0,8 кг/см ²	0,2 кг/см ²
Расход топлива	0,2-0,25 л/га	до 0,35 л/га	до 0,35 л/га	0,13 л/га
Дорожный просвет	0,45-0,8 м	до 0,8 м	до 0,8 м	0,5 м
Колея	2,25 м	2,25 м	2,25 м	
Колёсная формула	6х4	6х4	6х4	6х4
Вес пустой машины	3400	3400	4100	-
Масса заправленная	4800	5400	6200	6200 кг
Шины	АВТОРОС S- TRIM	АВТОРОС S- TRIM	АВТОРОС MAX-TRIM	АВТОРОС S- TRIM

Производимые в России самоходные опрыскиватели с колёсной формулой 6х4 на сегодняшний день наиболее развиты и распространены. Их главными преимуществами являются низкое давление на опорное основание, большая ширина захвата (28 м), высокая скорость движения (более 40 км/ч). Однако из-за высокой стоимости их применение в малых и крестьянско-фермерских хозяйствах будет довольно затратна. В тоже время существующие МЭС с колесной формулой 4х4 имеют перегруженную заднюю ось, дополнительно увеличивающую уплотнение почвы в прикорневом слое. Таким образом для распределения нагрузки равномерно между осями необходимо вынести кабину за ось передних управляемых колес.



а



б



в



г

Рисунок 6 – Самоходные опрыскиватели:
 а – «Туман-2М»-11», б– «ОЛС-1,0 БАРС 271», в – «ОРС-600», г – «Туман-3»

Выводы

В ходе анализа существующих мобильных энергетических средств на шинах сверхнизкого давления и самоходных штанговых опрыскивателей, выполненных на их базе установлено, что основными критериями для повышения их производительности является увеличение грузоподъемности и ширины захвата штанг, что также влечет за собой увеличение числа опорных колес и расширение базы шасси. С другой стороны, на рынке сельскохозяйственной техники нет достаточно эффективных недорогих самоходных опрыскивателей, с колесной формулой 4х4 и вынесенной вперед кабиной оператора за ось передних колес, позволяющей равномерно распределить нагрузку между ведущими мостами шасси опрыскивателя

Список литературы

1. Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Русанов А.В., Прядкин В.И. Проблема воздействия на почву ходовых систем мобильных энергосредств и эффективные пути решения // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий

Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. - М.: ВИМ, 2014. - С. 327-329.

2. Горин, Г.С., Янчук А.А., Ващула А.В. Анализ результатов сравнительных тягово-сцепных свойств колес с шинами сверхнизкого давления // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. - № 4. - С. 14-18.

3. Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Прядкин В.И. Влияние давления в высокоэластичной шине на тяговые свойства колеса // Автомобильная промышленность. - 2015. - № 2. - С. 9-12.

4. Прядкин В.И. Мобильные средства химизации грузоподъемностью 1...2 т на шинах сверхнизкого давления ; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2017. – 183 с.

5. Прядкин, В. И. Энергосредство нового поколения // Техника в сельском хозяйстве. - 2012. - № 3. - С. 23-25.

6. Прядкин В.И., Шапиро В.Я., Годжаев З.А., Гончаренко С.В. Транспортно-технологические средства на шинах сверхнизкого давления ; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2019. – 492 с.

7. Прядкин В. И., Гончаренко С. В. Шины сверхнизкого давления для сельскохозяйственных мобильных энергосредств. – Воронеж, 2016. – 240 с.

8. Прядкин В.И., Карабцев В.С., Валеев Д.Х. Экспериментально-теоретические исследования режимов работы цельнометаллокордных шин грузовых автомобилей // Силовая энергетика и электроника перспективных автомобилей : материалы Всероссийской научно-практической конференции / отв. ред. В.И. Прядкин. – Воронеж, 2021. – С. 21-26.

9. Прядкин В.И., Посметьев В.В., Колядин П.А., Артемов А.В. Моделирование процессов разрушения конструктивных элементов ЦМК шин грузовых автомобилей с применением SPH-метода конечных элементов // АРКТИКА: инновационные технологии, кадры, туризм: материалы международной научно-практической конференции / под общ. ред. В. И. Прядкина. – 2018. – С. 148-155.

10. Прядкин В.И., Посметьев В.В., Гончаренко С.В., Карабцев В.С., Валеев Д.Х. Моделирование режимов работы цельнометаллокордных шин грузовых автомобилей на основе метода динамики частиц // Проблемы и инновационные решения в химической технологии (ПИРХТ-2019). – 2019. – С. 37-38.

11. Гончаренко С.В., Прядкин В.И. Тягово-сцепные качества цельнометаллокордных шин грузовых автомобилей // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2016. – Т. 4. № 5-4 (25-4). – С. 221-226.

12. Гончаренко С.В., Прядкин В.И. Оценка упругих характеристик цельнометаллокордных шин грузовых автомобилей // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2016. – Т. 4. № 5-4 (25-4). – С. 226-233.

References

1. Gojaev Z.A., Shevtsov V.G., Rusanov A.V., Pryadkin V.I. The problem of the impact of mobile power systems on the soil and effective solutions // Innovative development of the agro-industrial complex of Russia on the basis of intelligent machine technologies: Collection of scientific reports of the International Scientific and Technical Conference. M.: VIM, 2014. pp. 327-329.

2. Gorin G.S., Yanchuk A.A., Vashchula A.V. Analysis of the results of comparative traction properties of wheels with ultra-low pressure tires // Tractors and agricultural machinery. 2013. No. 4. pp. 14-18.

3. Gojaev Z.A., Izmailov A.Y., Pryadkin V.I. The influence of pressure in a highly elastic tire on the traction properties of the wheel // Automotive Industry, 2015, No. 2. pp. 9-12.

4. Pryadkin V.I. Mobile means of chemicalization with a lifting capacity of 1 ... 2 tons on ultra-low pressure plates. Voronezh, 2017. 183 p.

5. Pryadkin V.I. New generation energy product // *Technique in agriculture*. 2012. No. 3. pp. 23-25.
6. Pryadkin V.I., Shapiro V.Ya., Gojaev Z.A., Goncharenko S.V. Transport and technological means on ultra-low pressure tires. Voronezh, 2019. 492 p.
7. Pryadkin V.I., Goncharenko S.V. Ultra-low pressure tires for agricultural mobile energy facilities. Voronezh, 2016. 240 p.
8. Pryadkin V.I., Karabtsev V.S., Valeev D.H. Experimental and theoretical studies of the operating modes of all-metal chord tires of trucks // *Power engineering and electronics of promising cars: Materials of the All-Russian scientific and practical conference / ed. by V.I. Pryadkin*. Voronezh, 2021. pp. 21-26.
9. Pryadkin V.I., Posmetyev V.V., Kolyadin P.A., Artyomov A.V. Modeling the processes of destruction of structural elements of CMC truck tires using the SPH finite element method // *ARCTIC: innovative technologies, personnel, tourism: Materials of the International scientific and practical conference / under the general editorship of V.I. Pryadkin*. 2018. pp. 148-155.
10. Pryadkin V.I., Posmetyev V.V., Goncharenko S.V., Karabtsev V.S., Valeev D.H. Modeling of operating modes of all-metal truck tires based on the particle dynamics method // *Problems and innovative solutions in chemical technology (PIRHT-2019)*. 2019. pp. 37-38.
11. Goncharenko S.V., Pryadkin V.I. Traction qualities of all-metal truck tires // *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*. 2016. Vol. 4. No. 5-4 (25-4). pp. 221-226.
12. Goncharenko S.V., Pryadkin V.I. Assessment of elastic characteristics of all-metal cord tires of trucks // *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*. 2016. Vol. 4. No. 5-4 (25-4). pp. 226-233.

Ларионов М.А.

заместитель руководителя отдела технологий качества автозавода ООО «Хавейл Мотор Мануфактуринг Рус», РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Школьных А.В.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Larionov M.A.

Deputy Head of the Quality Technologies Department of the automobile plant LLC "Haval Motor Manufacturing Rus", Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Shkolnykh A.V.

assistant of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Artyomov A.V.

senior lecturer of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

АВТОМОБИЛИ HAVAL: МОДЕЛЬНЫЙ РЯД И ИХ КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

HAVAL CARS: MODEL RANGE AND THEIR DESIGN FEATURES

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению проблемных вопросов конструктивных особенностей автомобилей нового поколения в автомобильной промышленности китайского автомобильного бренда HAVAL. Сделан обзор на производственные площадки завода, модельного ряда автомобилей HAVAL. Приведены для наглядного сравнения технические характеристики автомобилей HAVAL. В данной работе представлен макет МТУ HAVAL JOLION для комплексного изучения конструктивных особенностей автомобиля студентами среднеспециального и высшего образования.

Abstract. The article is devoted to the consideration of problematic issues of design features of new generation cars in the automobile industry of the Chinese automobile brand Haval. An overview of the production sites of the plant, the model range of HAVAL cars is made. Technical characteristics of HAVAL cars are given for visual comparison. This work presents a model of the HAVAL JOLION MTU for a comprehensive study of the design features of the car by students of secondary and higher education.

Ключевые слова: автомобильная промышленность, автомобили HAVAL, двигатель внутреннего сгорания, роботизированная коробка передач, китайские автомобильные бренды, автомобильный рынок России

Keywords: automotive industry, HAVAL cars, internal combustion engine, robotic gearbox, chinese car brands, Russian car market.

Введение

Автомобилестроение в России является одной из ведущих отраслей современного машиностроения. В настоящее время автомобильная и тракторная отрасли страны находятся на подъеме. Благодаря санкционному прессингу перед этими отраслями открылось новое "окно" возможностей на российском рынке. Отличительной особенностью современного автомобилестроения - высокая наукоёмкость и технологичность.

В России строятся новые автомобильные заводы, которые производят автомобили нового поколения, к таким заводам относится завод NAVAL. Автомобильный завод NAVAL в России – это современное высокотехнологичное, безопасное и экологичное предприятие, руководствующееся концепцией бережливого производства [1, 2].

Увеличение выпуска в России автомобилей, отвечающих современным требованиям, требует внедрение новых инновационных эксплуатационных материалов, пластмасс, применения специального электронного оборудования. Поэтому возникает потребность в углубленном изучении автомобилей нового поколения в различных образовательных учреждениях [3, 4].

1. Производственная площадка завода

Автомобильный завод ООО «Хавейл Мотор Мануфактуринг Рус» – это современное предприятие, общая площадь завода 2,16 млн м² и проектной мощностью до 150 тыс. автомобилей в год. Заводской комплекс оснащен роботами, включает цех штамповки прессом Fagor, сварки, окраски и литья пластика, производство выхлопной системы, сидений и деталей интерьера.

Инвестиции в проект составили около 500 млн долларов, это первый завод концерна Great Wall, построенный за пределами Китая. Сегодня китайская марка – в лидерах российского рынка. По данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», в России продан 23 801 автомобиль Naval, а всего с начала года реализовано 160 211 машин, включая модели, собираемые в Китае. Naval Jolion продолжает оставаться самой популярной у россиян новой иномаркой.

На заводе реализован полный цикл производства, включая штамповку кузовных элементов, а теперь и производство двигателей. Строительство завода двигателей началось в ноябре 2020 года. Сегодня на нем собирают полутора-литровые моторы для Naval JOLION и двухлитровые для Naval DARGO. Мощность этого завода составляет 100 тысяч двигателей в год.



а



б



в



г



д

Рисунок 1 – Производственная площадка завода Haval:

а – автоматизированный участок сварки боковин и основания кузова;

б – автоматизированный участок сварки крыши кузова; в – участок гальванической обработки кузова; г – участок сборки рамных внедорожников; д – участок проверки качества в световом тоннеле

2. Модельный ряд автомобилей Haval

В России освоено производство следующих моделей автомобилей: DAR-GO (Comfort, Elite, Premium и TechPlus); JOLION (Comfort, Elite, Premium); F7 (Comfort, Elite, Premium и TechPlus); F7x (Comfort, Elite, Premium и TechPlus);

H9 (Elite, Premium); GWMPOER (Comfort и Premium); WINGLE 7 (только в комплектации Comfort).

*а**б**в**г**д**е**ж*

Рисунок 2 – Модельный ряд автомобилей Haval:
а – Haval Dargo; *б* – Haval Jolion; *в* – Haval F7;
г – Haval F7X; *д* – Haval H9; *е* – Great Wall GWM Power King Kong;
ж – Wingle 7

Таблица – Технические характеристики автомобилей Haval

	Характеристики	DARGO	JOLION	F7	F7x	H9	GWM-POER	WING LE 7
1	Тип двигателя	Бензиновый	Бензиновый	Бензиновый	Бензиновый	Дизельный	Дизельный	Дизельный
2	Количество цилиндров	4	4	4	4	4	4	4
3	Рабочий объем, см ³	1998	1497	1967	1499	2400	1996	1996
4	Максимальная мощность, л.с.	192	143	190	150	184	150	143
5	Максимальный крутящий момент, Н·м	320	210	340	280	480	400	315
6	Расход топлива, л/100 км	9,2	8,1	8,4	8,2	9,1	9,5	9,5
7	Количество передач	7	7	7	7	9	8	6
8	Колесная база, мм	2738	2700	2725	1585	2850	3230	3350
9	Длина, мм	4620	4472	4691	4620	4950	5410	5395
10	Ширина, мм	1910	1874		1846	1976	1934	1800
11	Высота, мм	1780	1581	1690	1660	1930	1886	1760
12	Дорожный просвет, мм	200	190	190	190	224	232	212
13	Передние шины	235/65 R18	215/60 R17	225/65 R17	225/55 R19	265/60 R18	265/60 R18	235/70/ R16
14	Задние шины	235/65 R18	215/60 R17	225/65 R17	225/55 R19	265/60 R18	265/60 R18	235/70/ R16
15	Количество мест	5	5	5	5	7	5	5
16	Максимальная скорость, км/ч	180	186	195	1785	170	155	150
17	Снаряженная масса, кг	1815	1445	1670	1605	2560	2120	1992
18	Полная масса, кг	2040	1765	2180	1785	3070	2495	2967

3. Конструктивные особенности автомобилей Haval

Основные конструктивные изменения у автомобилей модельного ряда Haval претерпели: двигатель, коробка передач, раздаточная коробка и задний ведущий мост. Конструктивные особенности двигателей в основном коснулись турбокомпрессоров двигателей объемом 1,5 и 2,0 литра, балансировки коленчатого вала двигателя 2.0 л., а также блока радиаторов. Турбокомпрессоры имеют раздвоенный впускной коллектор, перепускные заслонки двигаются посредством электромеханических актуаторов (рис. 3).



а



б

Рисунок 3 – Турбокомпрессоры:
а – двигателя объемом 1,5 л., б – двигателя объемом 2, л.

Балансировка коленчатого вала производится балансирными валами, расположенными под коленчатым валом. Балансировочные валы приводятся во вращения зубчатой передачи (рис. 4).



Рисунок 4 – Механизм балансировка коленчатого вала

С целью снижения трудоёмкости при сборке автомобиля на конвейере все теплообменники собраны в единый блок, включающий – радиатор системы охлаждения, радиатор кондиционера и интеркуллер).

Система охлаждения состоит из двух контуров — низкотемпературного (НТ) и высокотемпературного (ВТ) с общим расширительным бачком. Высокотемпературный контур охлаждает блок, головку, турбину, а также отводит тепло в радиатор отопителя салона. Низкотемпературный контур работает на интеркуллер и охладитель масла в коробке (рис. 5).



Рисунок 5 – Блок радиаторов

На автомобилях семейства Haval широкое распространение получил семиступенчатый "Робот" GWM 7DCT450, который обладает высоким запасом прочности, поскольку рассчитан на внушительный крутящий момент до 450 Нм. "Робот" GWM 7DCT450 имеет высокий коэффициент полезного действия – более 95 %, что позволяет реализовать потенциал современных двигателей и, как следствие, обеспечить автомобилю высокие динамические качества и топливную экономичность.

GWM 7DCT450 является новым поколением семиступенчатых РКП от Haval. Число 450 в конце индекса указывает, что трансмиссия способна принимать от мотора до 450 Н*м крутящего момента. Семиступенчатая РКП имеет два диска сцепления, которые работают в масляных ванночках. Такие сцепления устанавливаются GWM 7DCT450 и на всю современную линейку автомобилей Haval – это F7, F7X, Jolion, Dargo и M6 (рис. 6).

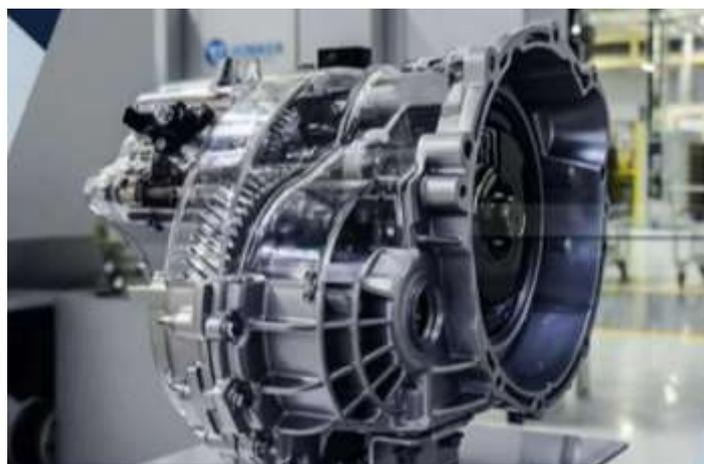


Рисунок 6 – Семиступенчатый "Робот" GWM 7DCT450

Отбор мощности на задний мост передается через угловую коническую передачу, присоединенную к коробке передач GW7DCT2-A02 (рис. 7).



Рисунок 7 – Угловая коническая передача

Задний ведущий мост интегрирован в единый блок с независимой задней подвеской. Крутящий момент от карданной передачи передается к многодисковой фрикционной муфте Haldex пятого поколения, которая установлена у картера заднего моста. Принцип действия муфты заключается в следующем: при равномерном движении по ровной сухой дороге она разомкнута, а ведущими являются только передние колеса, при изменении условий электроника дает команду насосу, который нагнетает жидкость на поршень, а тот с нужным усилием сжимает фрикцион. Таким образом обеспечивается передача крутящего момента на задние колеса автомобиля.



Рисунок 8 – Муфта и главная передача заднего ведущего моста

Главная передача коническая одноступенчатая. Naval Dargo имеет механизм принудительной блокировки дифференциала. Включение блокировки происходит следующим образом: напряжение подается на электромагнитную катушку, под действием возникшего импульса нажимная пластина воздействует на втулку-шестерню, которая перемещается в осевом направлении и соединяет полуосевую шестерню с корпусом дифференциала.



Рисунок 9 – Дифференциал с механизмом принудительной блокировки

Принудительную блокировку дифференциала рекомендуется включить при преодолении труднопроходимых участков, на асфальте блокировка должна быть выключена.

4. Макет МТУ HAVAL JOLION

Автомобили HAVAL являются автомобилями нового поколения. С целью углубленного изучения автомобилей модельного ряда HAVAL на кафедре автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова выделена специализированная аудитория. Для наглядного изучения конструктивных особенностей автомобилей наиболее распространенного в России автомобиля HAVAL JOLION при технической поддержке завода «Haval Motor Manufacturing Rus» разработан макет моторно-трансмиссионной установки автомобиля HAVAL JOLION (рис. 10).



Рисунок – 10 Макет моторно-трансмиссионной установки автомобиля HAVAL JOLION

Макет включает комплектный двигатель объемом 1,5 литра в разрезе с генератором и компрессором кондиционера, роботизированную семиступенчатую коробку передач в разрезе, привода передних ведущих колес, пружинно-амортизаторные стойки со ступицами и колёсами, рулевой механизм реечного типа, рулевой вал с электроусилителем и рулевым колесом, подрамник с блоком радиаторов. На макете также установлены все соединительные резиновые

патрубки, корпус воздухоочистителя, расширительный бачок, бачок омывателя и другие комплектующие.

Выводы

Автомобили семейства Haval являются автомобилями нового поколения.

Приведенные в статье конструктивные особенности автомобилей Haval позволят студентам и магистрантам более углубленно познакомиться с назначением и принципом работы принципиально новых узлов автомобилей.

Разработанный макет моторно-трансмиссионной установки автомобиля Haval Jolion должен быть наглядным примером для оснащения материально-технической базы другим вузам страны.

Список литературы

1. Загребельная Н.С. Российский рынок легковых автомобилей в условиях санкций и перспективы его развития / Н. С. Загребельная // Вестник МГИМО Университета. 2015. С. 258-265.
2. Волгина, Н. А. Китайские автомобильные компании на российском рынке: особенности проникновения и закрепления / Н. А. Волгина, Е. М. Луговская // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. – 2024. – Т. 32, № 2. – С. 303-323.
3. Киселев, Д. В. Хавейл в России: семилетний путь к успеху / Д. В. Киселев // Скиф. Вопросы студенческой науки. – 2022. – № 8 (72). – С. 228-232.
4. Киселев, А. В. Экспресс-анализ финансового состояния дилерских предприятий по продаже автомобилей Haval / А. В. Киселев // Управление и экономика народного хозяйства России : сборник статей VII Международной научно-практической конференции, Пенза, 21–22 февраля 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 205-210.

References

1. Zagrebelnaya N.S. Russian passenger car market under sanctions and its development prospects // Bulletin of MGIMO University. 2015. P. 258-265.
2. Volgina N.A., Lugovskaya E.M. Chinese automobile companies in the Russian market: features of penetration and consolidation // Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Economics. 2024. Vol. 32, No. 2. P. 303-323.
3. Kiselev D.V. Haval in Russia: a seven-year path to success // Skif. Issues of student science. 2022. No. 8 (72). P. 228-232.
4. Kiselev A.V. Express analysis of the financial condition of dealership enterprises selling Haval cars // Management and Economics of the National Economy of Russia: collection of articles from the VII International Scientific and Practical Conference, Penza, February 21–22, 2023. Penza: Penza State Agrarian University, 2023. P. 205-210.

DOI: 10.58168/AuInPT2024_59-67

УДК 629.114.2.011.5:62

Мерчалов С.В.

кандидат техн. наук, доцент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Затонский А.П.

кандидат техн. наук, конструктор компании «ООО Агро-Гарант», г. Воронеж, РФ

Снятков Е.В.

кандидат техн. наук, доцент кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Merchalov S.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Zatonsky A.P.

Candidate of Technical Sciences, company designer, Agro-Garant LLC, Voronezh, Russian Federation

Snyatkov E.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production, Repair and Operation of Machinery, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЗДУХООЧИСТИТЕЛЕЙ ДВС АВТОМОБИЛЕЙ КАМАЗ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

IMPROVING OPERATIONAL PERFORMANCE OF AIR PURIFIERS FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES OF KAMAZ VEHICLES BY APPLYING INNOVATIVE SYNTHETIC MATERIALS

Аннотация. В статье приведены оценка и анализ влияния запыленности воздуха на работу серийного фильтрующего элемента воздухоочистителя (ВО) двигателя КАМАЗ–740 с фильтрующим элементом бумажного серийного (БФЭ) 740-1109560-02 типа ДФВ 5801 и из объемных синтетических материалов (ОФЭ): пористой пластмассы пропилена и фторопласт-4. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что удельная пылеемкость ВО с БФЭ типа ДФВ 5801 составляет в пределах $1,5 \text{ кг/м}^2$, для ОФЭ из пропилена на естественной пыли составила $1,7 \text{ кг/м}^2$, из фторопласт-4 в сдвоенном варианте достигает до $2,6 \text{ кг/м}^2$. Следовательно, на основе анализа проведенных исследований можно заключить, что фильтрующие элементы из объемных синтетических материалов превосходят бумажные по удельной пылеемкости. Возможно проводить не однократно техническое обслуживание, практически не изменяя эксплуатационные показатели и использовать при большой влажности, низких температурах.

Abstract. The article presents the assessment and analysis of the influence of air dustiness on the operation of the serial filter element of the air cleaner (CE) of the KAMAZ-740 engine with

a serial paper filter element (PFE) 740-1109560-02 type DFV 5801 and made of bulk synthetic materials (BSM): porous plastic propylene and fluoroplastic-4. As a result of the experimental studies, it was found that the specific dust capacity of the CE with BSM type DFV 5801 is within 1.5 kg/m^2 , for BSM made of propylene on natural dust it was 1.7 kg/m^2 , made of fluoroplastic-4 in a dual version it reaches up to 2.6 kg/m^2 . Consequently, based on the analysis of the studies, it can be concluded that filter elements made of bulk synthetic materials are superior to paper ones in specific dust capacity. It is possible to carry out maintenance more than once, with virtually no changes in performance indicators and use at high humidity and low temperatures.

Ключевые слова: воздухоочиститель, частицы кварца, износ цилиндров, фильтрующий элемент, гидравлическое сопротивление, пылеемкость, синтетические материалы.

Keywords: air cleaner, quartz particles, cylinder wear, filter element, hydraulic resistance, dust capacity, synthetic materials.

Введение

Воздушная среда, в которой находится автомобиль во время работы, неоднородна. Она содержит большое количество минеральной пыли, влаги, химических образований от выбросов отработанных газов, типа сажи и др. Так, пылинки кварца имеют большую твердость и особенно отрицательно влияют на эксплуатационные показатели двигателя. За качество воздуха, по содержанию в нем минеральных включений, отвечает воздухоочиститель (ВО) и впускной воздушный тракт. Известно, что в сухую погоду при работе автомобиля содержание пыли достигает $2,5 \text{ г/м}^3$.

Например, автомобиль, передвигающийся по европейским дорогам за 1 тыс. км способен затянуть в двигатель до 50 гр. пыли [1].



а



б

Рисунок 1 – Работа автомобилей КАМАЗ:
а – КАМАЗ в карьере, б – КАМАЗ-65224 на полевых работах

Содержание пыли в воздухе при выполнении различных работ и почвенно-климатических условий в местах подачи воздуха автомобильных ВО разнятся в широком диапазоне и в пределах: от $0,03 \text{ г/м}^3$ до 5 г/м^3 (рис. 1) [2].

При работе автомобиля в различных условиях работы необходимо вовремя менять фильтрующие элементы, чтобы у двигателя падала мощность и не увеличивался расход топлива [3, 6].

Существует несколько типов фильтров, которые можно установить на КАМАЗ:

1. Бумажный фильтр. Самый дешевый вариант, но требует частой замены;

2. Пенополиуретановый фильтр. Эффективно задерживает пыль, но дороже бумажных аналогов;

3. Воздушный фильтр с активированным угольным слоем. Фильтры Евро-2. Поглощает вредные газы. Помимо синтетических материалов и целлюлозы, в состав входит уголь, знаменитый своими абсорбирующими характеристиками.

Данные типы фильтров представлены на рис. 2.



Рисунок 2– Воздушные фильтры:

а – Фильтр воздушный с активированным угольным слоем 728.1109560-10. 2 в 1 КАМАЗ ЕВРО-5, *б* – Фильтр воздушный, бумажный ДФВ 5801, *в* – Фильтр воздушный пенополиуретановый КАМАЗ ЕВРО-5 комплект, 9.1.1764, TSN

Активированный уголь предотвращает попадание паров топлива в чистую сторону фильтра [8].

В настоящее время для двигателей семейства КАМАЗ в воздухоочистителях больше всего применяют бумаги БФВ-105П, БФВ-145П, и картонные ПКВ и КФ. Эффективность таких материалов для фильтрации воздуха находится в пределах 10 000 км пробега автомобиля и требуют замены. В случае, если на них попадает вместе с воздухом влага, сажа, а также и капли масла они еще раньше начинают терять фильтрующие свойства, не выдерживая ре-

гламентного пробега. Восстановить работоспособность таких фильтрующих элементов после использования практически невозможно.

Цель работы

Повышение эксплуатационных показателей воздухоочистителей семейства КАМАЗ путем применения инновационных синтетических материалов.

1. Сравнить эксплуатационные показатели воздухоочистителей из фильтрующих элементов бумажного серийного 740-1109560-02 Камаз-740 типа ДФВ 5801, из пористой пластмассы фторопласт-4 и полипропилена.

2. Провести лабораторные исследования на безмоторном стенде испытаний воздухоочистителей для оценки влияния времени работы предлагаемых фильтрующих элементов с серийным типа ДФВ 5801 на эффективность очистки и пылеемкость.

Объект исследования

Фильтр воздушный, бумажный ДФВ 5801 (рис. 2, б), фильтр из фторопласта-4 и пропилен (рис. 3).



Рисунок 3 – Воздушные фильтры:

a – Фильтр воздушный из фторопласта-4 после испытаний, из одного и двух цилиндров, справа – цилиндр из фторопласта-4, образец *б* – Фильтр воздушный из пропилен

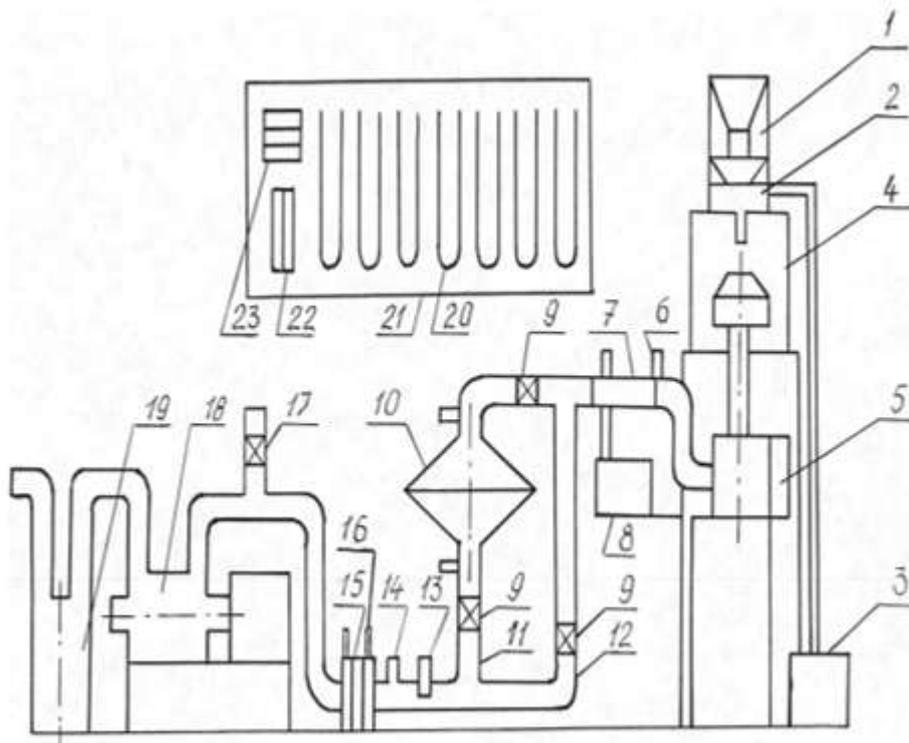
Материалы и методы исследований

Воздухоочистители испытывали на безмоторном стенде. Стенд (рис. 4) содержит оборудование для имитации условий работы фильтров в различной пылевоздушной среде, а также измерительные приборы.

Для создания вакуума использовался водокольцевой вакуум-насос ВВН-3. Перепад давления в диафрагме, в основной трубе, производится водя-

ным пьезометром. Замер сопротивления воздухоочистителя и абсолютного фильтра осуществлялся также водяными пьезометрами 20.

Работа стенда. При включенном вакуум-насосе 18 воздух начинает двигаться по патрубку 7 через абсолютный фильтр 10 и далее в основной патрубке 11. Дозатор 1 и компрессор 3 создают определенную пылевоздушную среду. Качество работы фильтров оценивается по количеству осажденной пыли на фильтре 10. Краном 17 регулируется подача воздуха. Температура в патрубке 11 измеряется термометром 13. Пьезометр 20 установлен на панели 21 для контроля разрежения в исследуемых точках. Дозатором 1 осуществляется насыщение воздуха пылью, определенной концентрацией, для подачи в испытываемый воздухоочиститель 5.



1 – дозатор; 2 – распылитель пыли; 3 – компрессор; 4 – камера для испытания фильтров; 5 – фильтр испытываемый; 6 – трубка для замера сопротивления фильтра; 7 – патрубок для отбора проб воздуха; 8 – прибор ПКЗВ-905; 9 – кран; 10 – фильтр абсолютный; 11 – патрубок основной; 12 – патрубок дополнительный; 13 – термометр; 14 – трубка для замера сопротивления; 15 – диафрагма; 16 – трубка для замера перепада давления на диафрагме; 17 – кран для регулировки подачи воздуха; 18 – вакуум-насос; 19 – ресивер; 20 – пьезометры водяные; 21 – панель приборная; 22 – термометр; 23 – барометр-психрометр

Рисунок 4 – Стенд для безмоторных испытаний воздухоочистителей

Для абсолютного фильтра принимали материал ФПП-Д ТУ 95-404-76 у которого скоростью фильтрации - 1 м/с.

Результаты и обсуждение

Фильтр воздушный, бумажный ДФВ 5801.

Как видно (рис. 5), работа фильтра с 3 часа до 10 часа наработки не была стабильной, имеется большой разброс значений в пределах, установленных ГОСТ, и фильтр выходил на максимальное значение эффективности по очистке воздуха. Это возможно объяснить следующим образом, что частицы пыли как бы «прилипают» к волокнам и начинают уменьшать поры бумаги. На поверхности фильтра создается дополнительный фильтрующий слой, и «пыль начинает чистить пыль».

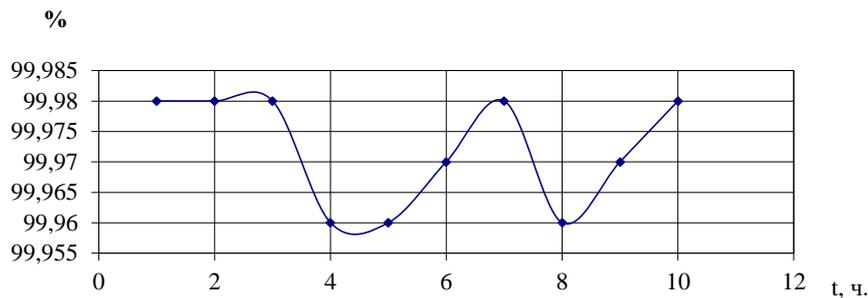


Рисунок 5 – Влияние времени работы фильтра ДФВ 5801 на эффективность очистки воздуха

Поэтому фильтру требуется определенная наработка по времени для выхода на режим максимальной эффективности. Удельная пылеемкость ВО по испытаниям составляет от 1,5 кг/ м² на сухой пыли. Эффективность очистки воздуха при испытаниях в пределах 10 часов работы вышла на 99,98%.

Фильтр воздушный из фторопласта –4

Испытания проводили для одного и двух цилиндров (рис. 6).

На рис. 6 представлены зависимости эффективности очистки воздуха фильтра воздушного из фторопласта – 4 от времени работы.

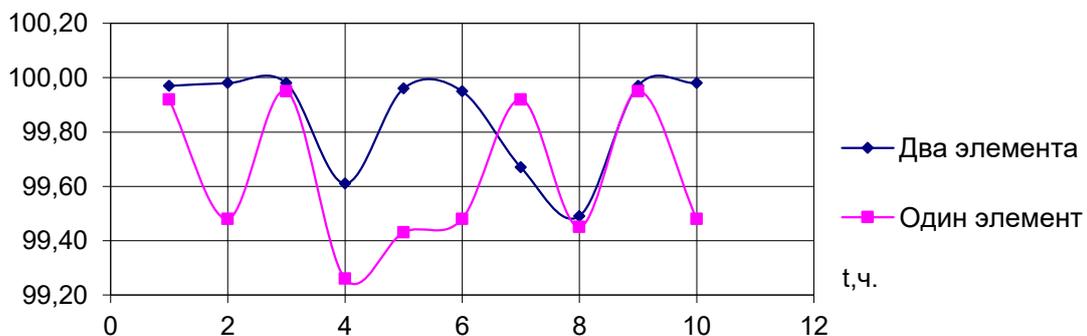


Рисунок 6 – Влияние времени работы фильтра воздушного из фторопласта-4 на эффективность очистки воздуха

Испытания показали (рис. 6), что работа фильтра из фторопласта-4 до выхода на режим максимальной эффективности носит такой же характер, как и работа фильтра бумажного типа ДФВ 5801 и требует дополнительного времени для выхода на стабильный режим работы. Удельная пылеемкость из двух фильтрующих элементов составила около $2,6 \text{ кг/м}^2$. Эффективность очистки воздуха при испытаниях в пределах 10 часов работы вышла на 99,99 % с двумя элементами.

Испытания, представленные графическими зависимостями на рис. 7, показывают, что работа фильтра из полипропилена до выхода на режим максимальной эффективности носит такой же характер, как и работа фильтра из бумаги и требует 7 часов для выхода на стабильный режим работы.

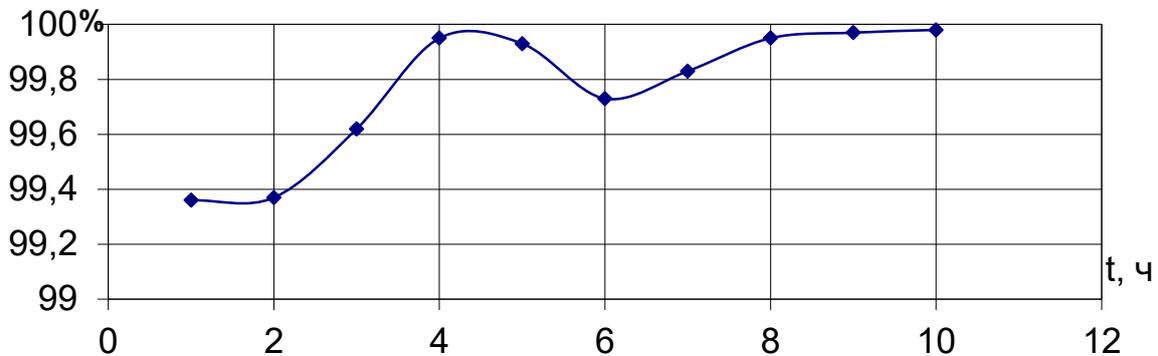


Рисунок 7 – Влияние времени работы фильтра из полипропилена на эффективность очистки воздуха

Удельная пылеемкость фильтра на естественной пыли составила $1,7 \text{ кг/м}^2$. Работа фильтра из полипропилена до 3 часа работы (рис. 7) показывает меньшую эффективность очистки воздуха по сравнению с фильтрами бумажного типа ДФВ 5801 и из фторопласта-4 при испытаниях и составила от 99,38 % до 99,6 %. Это означает, что он больше пропускает частичек пыли, что не желательно для ДВС. Для повышения надежности работы фильтрующего элемента можно дополнительно ввести фильтр тонкой очистки, сделать фильтр ступенчатым.

Выводы

1. Проведенные испытания показали, что эффективность очистки воздуха испытуемых фильтров бумажного типа ДФВ 5801 и из фторопласта-4 для двух цилиндров в начале наработки не была стабильной, имеется разброс значений в пределах, установленных ГОСТ, соответственно от 99,96 % до 99,98 % и от 99,96 % до 99,99 %.

2. Работа фильтра из полипропилена до 3 часа работы показывает меньшую эффективность очистки воздуха по сравнению с фильтрами бумажного типа ДФВ 5801 и из фторопласта-4 при испытаниях и составила от 99,38 % до 99,6 %. Он больше пропускает частичек пыли, что нежелательно для ДВС. Для повышения надежности работы фильтрующего элемента можно дополнительно ввести фильтр тонкой очистки, сделать фильтр ступенчатым.

3. Лучшую работу по эффективности очистки воздуха при испытаниях в пределах 10 часов работы показал фильтрующий элемент из фторопласта-4 в пределах 99,99 % с двумя элементами. Удельная пылеемкость из двух фильтрующих элементов составила около 2,6 кг/м². Это позволит увеличивать регламентные пробеги автомобиля до замены фильтра. Появляется возможность ТО фильтра без снижения его эффективности работы.

4. Фильтр бумажного типа ДФВ 5801 имеет высокую эффективность очистки воздуха до 99,98 %, но меньшую удельную пылеемкость, по испытаниям она составила около 1,5 кг/ м², что требует более частой их замены.

Список литературы

1. Ащеулов А.С., Ащеулова А.С., Кудреватых А.В., Фрянов Н.О., Сатторов Б.И. Современные автомобильные воздушные фильтры и требования, предъявляемые к ним // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте (ИИТМА-2020): сборник материалов IV Международной научно-практической конференции с онлайн-участием. – Кемерово, 2020. – 568 с.
2. Мерчалов С.В., Затонский А.П., Татаринцев В.Ю. Совершенствование системы очистки воздуха ДВС автомобилей семейства КАМАЗ // Повышение эксплуатационных качеств мобильных транспортно-технологических средств: материалы Всероссийской научной конференции. – Воронеж, 2023. – С. 32-36.
3. Слабов Е.П., Антропов В.С., Нилов В.Б. Влияние очистки воздуха на ресурс двигателя // Автомобильный транспорт. 1978. - № 4. - С. 41-42.
4. Воропаев В.В. Исследование и повышение долговечности тракторных двигателей путем совершенствования воздухоочистки: автореф. дис. канд. техн. наук / В.В. Воропаев; МАМИ. М., 1980. 16 с.
5. Лапшин С.А., Байбарин В.А. Улучшение эксплуатационных свойств трактора ЛТЗ-60АВ за счет применения мультициклонного воздухоочистителя // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2010. № 2 (25). С. 32-36.
6. Jante A. Uber Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen. – Berlin: VEB Verlag Technik, 1956. – 624 s.
7. Erdmannsdorfer H. Leistungsmöglichkeiten von PapierfilterzurReinigung der Ansaugluft // MTZ. – 1971. – № 4. – S. 123-131.
8. Фильтр воздушный КамАЗ, обслуживание и ремонт // FB.RU [сайт]. – URL: <https://fb.ru/article/485231/2023-filtr-vozdushnyiy-kamaz-obslujivanie-i-remont?ysclid=m2ho8kopt382507959> (дата обращения 11.11.2024).

References

1. Ascheulov A.S., Ascheulova A.S., Kudrevatykh A.V., Fryanov N.O., Sattorov B.I. Modern automotive air filters and the requirements imposed on them // Innovations in information technologies, mechanical engineering and motor transport (IITMA-2020): collection of materials of the IV International scientific and practical conference with online participation. Kemerovo, 2020. 568 p.
2. Merchalov S.V., Zatonsky A.P., Tatarintsev V.Yu. Improving the air purification system for internal combustion engines of KAMAZ family cars // Improving the operational qualities of mobile transport and technological means: Materials of the All-Russian Scientific Conference. Voronezh, 2023. Pp. 32-36.
3. Slabov E.P., Antropov V.S., Nilov V.B. Influence of air purification on engine life // Automobile transport. 1978. No. 4. pp. 41-42.
4. Voropaev V.V. Research and improvement of the durability of tractor engines by improving air purification: abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences / V.V. Voropaev; MAMI. M., 1980. 16 p.
5. Lapshin S.A., Baibarin V.A. Improvement of the operational properties of the LTZ-60AV tractor through the use of a multicyclone air cleaner // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2010. № 2 (25). Pp. 32-36.
6. Jante A. Uber Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen. Berlin: VEB Verlag Technik, 1956. 624 s.
7. Erdmannsdorfer H. Leistungsmöglichkeiten von Papierfilter zur Reinigung der Ansaugluft // MTZ. 1971. No. 4. S. 123 -131.
8. KAMAZ air filter, maintenance and repair // FB.RU [website]. – URL: <https://fb.ru/article/485231/2023-filtr-vozdushnyiy-kamaz-obslujivanie-i-remont?ysclid=m2ho8kopt382507959> (accessed 11.11.2024).

DOI: 10.58168/AuInPT2024_68-78

УДК 629.33

Московкин В.В.

доктор техн. наук, профессор, советник
ООО «НТЦ РИ», РФ

Гуров М.Н.

ген. директор ООО «НТЦ РИ», РФ

Колядин П.А.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Moskovkin V.V.

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Advisor to LLC "NTC RI", Russian Federation

Gurov M.N.

General Director of LLC "NTC RI", Russian
Federation

Kolyadin P.A.

Assistant of the Department of cars and service,
Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Department of cars and service, Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Russian Federation

ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ, ОБОРУДОВАННОГО ШИНАМИ СВЕРХНИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

FUEL EFFICIENCY OF A PASSENGER CAR EQUIPPED WITH ULTRA-LOW-PRESSURE TIRES

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы транспортной доступности в Арктике и Северных территориях России. Рассмотрены требования по экологичности к мобильным средствам эксплуатирующимся на опорных основаниях с низкой несущей способностью. Показано, что одним из путей повышения проходимости и соблюдения экологических требований транспортными средствами при выполнении транспортных работ в Арктике и Северных территориях России является использование различных мобильных средств на шинах сверхнизкого давления. Отмечено, что для снижения себестоимости этих машин и повышения их конкурентоспособности целесообразно их производство разворачивать на серийно выпускаемых платформах автомобилей. В статье приведен расчет топливной экономичности автомобиля, оборудованного шинами сверхнизкого давления.

Abstract. The article considers the problems of transport accessibility in the Arctic and Northern territories of Russia. Environmental requirements for mobile vehicles operating on low-bearing capacity support bases are considered. It is shown that one of the ways to improve cross-country ability and compliance with environmental requirements by vehicles when performing transport work in the Arctic and Northern territories of Russia is to use various mobile vehicles on ultra-low-pressure tires. It is noted that in order to reduce the cost of these machines and increase their competitiveness, it is advisable to deploy their production on serially produced vehicle platforms. The article provides a calculation of the fuel efficiency of a vehicle equipped with ultra-low-pressure tires.

Ключевые слова: легковой автомобиль, топливная экономичность, расход топлива, мощностной баланс, шины сверхнизкого давления.

Keywords: passenger car, fuel efficiency, fuel consumption, power balance, ultra-low-pressure tires.

Введение

В последние десятилетия развития Арктики и Северных территорий России является одним из стратегических направлений. В связи с этим возникла проблема не только транспортной доступности при освоении новых месторождений нефти, алмазов, редкоземельных металлов, но и связности вновь обживаемых территорий.

Складывается чрезвычайно тревожное положение с эксплуатацией средств вездеходного транспорта в экстремальных условиях тундровой и лесотундровой зон Северных территорий. На полуострове Таймыр группой ученых изучалась закономерность формирования вторичных растительных группировок в колеях, образованных гусеничными вездеходами. Только на трассе газопровода Мессоха – Норильск растительный покров оказался поврежденным на площади 70 тыс. га, из которых 26,8 тыс. га являются ценными оленьими пастбищами [1, 3].

Нарушение вездеходной техникой растительного и почвенного покрова приводит к протаиванию многолетнемерзлых грунтов, развитию эрозии, образованию очагов термокарста. Несколько проходов вездехода приводит к формированию залитых водой понижений. Скорость проседания поверхности вследствие термокарста достигает в южной тундре и лесотундре 10-12 см в год. В отдельных районах термокарстовые проседания имеют глубину от 0,5 до 1,5 м. развитие этого процесса приводит к подтоплению территорий [2, 3].

Обследования, проведенные в южной субарктической тундре северо-восточной Якутии, показали, что при однократном проходе вездехода лишайники (основная кормовая база оленеводства) повреждаются на 20-40%, при трехкратном – на 70%. Шестикратный проход вызывает их полную гибель. Они не восстанавливаются. Через 10 км маршрута вездехода выходит из строя 1 га поверхности тундры.

Восстановление растительного покрова, нарушенного воздействием наземной транспортной техникой, в различных регионах Крайнего Севера зависит от особенностей местных природных условий и характера хозяйственного освоения тундры. Однако общая закономерность в этом процессе выражается в крайне медленных темпах восстановления растительности тундры и лесотундры – десятки, а иногда и сотни лет.

В Канаде и на Аляске проведены испытания различных по удельному давлению на грунт вездеходов и платформ на воздушной подушке. Получены следующие практические выводы по предотвращению повреждений. Для рас-

тительного покрова в тундровой зоне рекомендуются машины на воздушной подушке с давлением не более 3-4 кПа, след которых становится заметным лишь после 20-кратного проезда по одной трассе [4].

Строительство дорог в северных и северо-восточных районах России очень дорого, при малом объеме грузового потока экономически невыгодно, а часто практически невозможно из-за высокой степени заболоченности и обводнённости. Решить транспортную проблему регионов со слаборазвитой дорожной сетью с помощью традиционных транспортных средств не представляется возможным. В Арктике, на Дальнем Востоке и Крайнем Севере необходимы транспортно-технологические средства, способные выполнять технологические и транспортные операции на слабых грунтах, в тундре и лесотундре, имеющие низкое давление на опорную поверхность. Поэтому, в последнее время в России, наряду с бесшумным, проверенным гусеничным вездеходом ГАЗ-71, переплывавшим всю тундру, стали применяться специальные вездеходы на пневматических шинах сверхнизкого давления, так как сейчас летом поездки на тяжелых машинах по тундре запрещены из природоохранных соображений.

В настоящее время, как и в обозримом будущем, отказаться от движения машин по почве не представляется возможным. Поэтому единственным реальным решением проблемы является применение ходовых систем с шинами сверхнизкого внутри шинного давления. В настоящее время в России разработаны транспортные средства высокой проходимости для перевозки пассажиров (рис. 1).

Однако, объемы выпуска этих машин мал и не удовлетворяют запросам народного хозяйства. При этом они имеют высокую стоимость. Транспортные средства необходимо разрабатывать на платформах серийно выпускаемых машин с целью снижения их стоимости и повышения конкурентоспособности. Поэтому предлагается использовать в качестве базовой платформы автомобиля NAVAL POER объемом двигателя 2,0 л и мощностью 150л.с., оборудованного шинами сверхнизкого давления 900х500-16 модели «Шаина».

Многочисленными исследованиями установлено, что при движении по почвам с низкой несущей способностью, заболоченным участкам, рыхлому снегу и песку этим опорным поверхностям существенно возрастает расход топлива. При движении по деформируемым опорным поверхностям сила сопротивления качению затрачивается на две составляющие: на гистерезисные потери в шине и на деформацию почвы при формировании колеи. Установлено, что до 95 % затрачиваемой энергии приходится на формирование колеи, и только 5 % на потери в шине [6]. Поэтому, одним из путей снижения энергозатрат при каче-

нии колесного транспортного средства подеформируемым опорным основания является снижение затрат энергии на формирование колеи.



а



б



в



г

Рисунок 1 – Транспортные средства на шинах сверхнизкого давления: а – ТРЭКЛ; б – Шаман; в – Викинг; г – Ямал

Несущая способность шины, согласно [7], определялась по выражению

$$H = \frac{G_{\kappa}}{P_f}, \quad (1)$$

где H – несущая способность шины.

Материалы и методы исследований

Для исследования топливной экономичности использовалось ПО «Программный пакет для комплексных исследований автомобиля» (ПО МВК). ПО МВК позволяет, на основе кратковременных экспериментов, без применения стендовых устройств и специального оборудования определить параметры, из которых складывается мощностной и топливный балансы автомобиля в общем случае движения:

- моменты инерции элементов трансмиссии и двигателя;
- потери в агрегатах трансмиссии;
- сопротивление качению шин;

- аэродинамическое сопротивление;
- потери от циркуляции мощности в системе привод-двигатель;
- сопротивление движению автомобиля при движении в усложненных условиях (на повороте, на дорогах с профильными неровностями, на деформируемых поверхностях и т.п.);
- механические потери в двигателе и потери на привод вспомогательного оборудования;
- многопараметровую характеристику двигателя с учетом влияния на нее внешней аэродинамики автомобиля, аэродинамики подкапотного пространства и конструкции впускной и выпускной систем.

На основе поэлементного сопоставления результатов экспериментов с испытанными аналогами или данными, имеющимися в банке данных, можно оценить совершенство отдельных элементов автомобиля и найти пути повышения его скоростных свойств и топливной экономичности.

В основе математической модели, реализованной в ПО МВК, лежит корректный силовой баланс автомобиля.

$$P_M + P_\tau + P_{тр} + P_f + P_w + P_j + P_\alpha = P_i, \quad (2)$$

где P_i – суммарная сила сопротивления движению автомобиля, приведенная к его колесам. Ее численное значение определяется суммой всех видов механических потерь, имеющих место при движении автомобиля: механических сопротивлений в двигателе – P_M (трение поршней о стенки цилиндров, привод насосов и системы газораспределения и т.п.), сопротивлений от привода вспомогательного оборудования – P_τ (вентилятор, компрессор, генератор и т.п.), сопротивлений в трансмиссии – $P_{тр}$, сопротивления качению шин – P_f , аэродинамического сопротивления – P_w , сил инерции – P_j и сил затраченных на преодоление подъемов – P_α .

Объектом исследования является автомобиль HAVAL POER (рис. 2) 2.0 150 л.с. 4WD, технические характеристики которого представлены на рис. 3.



Рисунок 2 – Автомобиль Great Wall Haval POER

Great Wall_JAC Poer 4L 2.0 (150)_4WD
Колесная формула 4 x 4.
Полная масса автомобиля 3130 кг.
Грузоподъемность автомобиля 975 кг.
Масса, приходящаяся на ведущие колеса 1848 кг.
Масса, приходящаяся на колеса прицепа 0 кг.
Масса груза 180 кг. Масса при испытаниях 2335 кг.
Двигатель D 4L-1.996(83.1x92)_16.7-150-3600-400 GW.
Мощность двигателя 150 л.с. при 3600 об/мин.
Макс.крутящий момент 400 Н*м при 1912 об/мин.
Мощность моторного тормоза, кВт 30 при 4320 об/мин.
Ведущий мост Single reduction Daihatsu. $U_r = 3.90$
Шины 245/70 R 17.
Коробка передач 6-speed 4.9-0.794 Haval.
4.91; 2.84; 1.72; 1.22; 1.00; 0.79.
Аэрод.(каб.кузов) GREAT WALL POER pickup.

Рисунок 3 – Технические характеристики автомобиля Haval POER

Основные тягово-скоростные и топливно-экономические параметры базового автомобиля представлены на рис. 4.

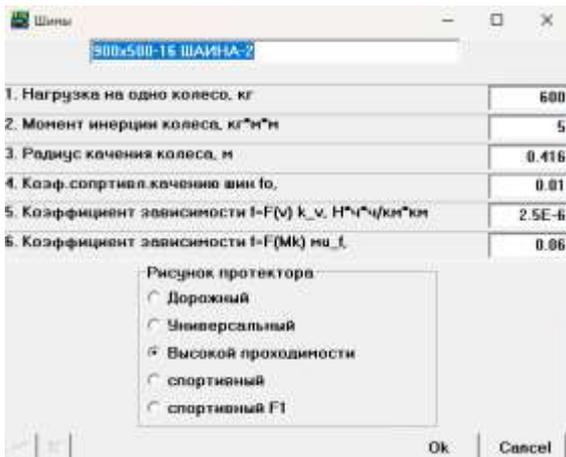
Расчетные данные		Экспериментальные данные	
Great Wall JAC Poer 4L 2.0 (150) 4WD		Russian English German	
Максимальная скорость - 163 км/ч		Изготовитель: Great Wall & JAC. Модель: Poer 4L 2.0 (150)_4WD. 25.11.2024	
Время разгона с переключением передач :		Максимальная скорость - 155 км/ч	
до 100 км/ч, сек - 12.2		Время разгона с переключением передач :	
до 130 км/ч, сек - 22.6		до 100 км/ч, сек - 16	
до 150 км/ч, сек - 36.6		Расход топлива и выбросы CO2	
- до скорости 250 км/ч не существует !		в ездовых циклах: л/100км CO2 г/км	
на пути 400 м, сек - 18.1, скорость 117.9 км/ч		EU городской 10,9	
на пути 1000 м, сек - 34.2, скорость 147.1 км/ч		скоростной 8,7	
Контрольный расход топлива на высшей передаче :		смешанный 9,5	
при скорости 90 км/ч, л/100км - 7.9			
при скорости 120 км/ч, л/100км - 10.9			
при скорости 130 км/ч, л/100км - 12.2			
при скорости 150 км/ч, л/100км - 15.3			
Расход топлива и выбросы CO2 в ездовых циклах			
	л/100км	г/км	
ECE городской	9.9		
EU городской	10.9		
скоростной	8.6		
смешанный	9.5	250	
WLTP Class 3b			
Low	19.2	507	
Medium	15.6	412	
High	12.9	343	
Extra	13.2	350	
Combined	14.4	380	

Рисунок 4 – Тягово-скоростные и топливно-экономические параметры

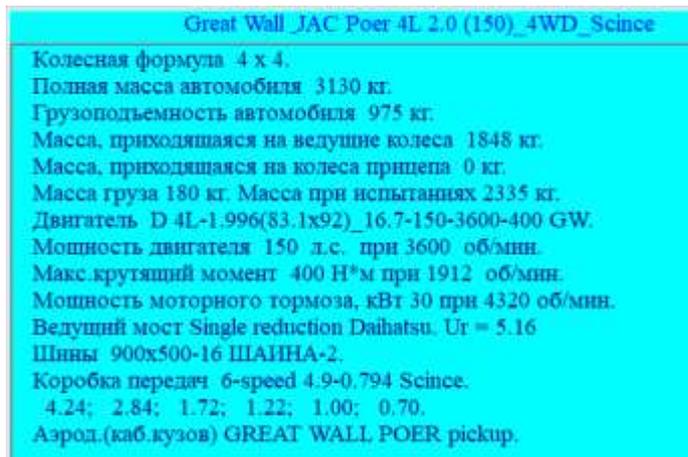
Результаты исследования и их обсуждение

На проектируемом автомобиле при установке шины 900x500-16 модели «Шаина» предлагается внести ряд конструктивных изменений:

1. Изменить передаточное отношение на первой передаче на 4,236.
2. Изменить передаточное отношение на пятой передаче на 0,704.
3. Изменить передаточное отношение главной передачи на 5,16.
4. Установить шины низкого давления 900x500-16 модели «Шаина», параметры которой представлены на рис. 5, а. Итоговые технические характеристики проектируемого автомобиля NAVAL POER, внесенного в программу, представлены на рис. 5, б.



а



б

Рисунок 5 – Параметры и технические характеристики:
 а) шина 900x500-16 модели «Шаина»; б) проектируемый автомобиль

После проведения компьютерного эксперимента в программе МВК получены тягово-скоростные и топливно-экономические характеристики проектируемого автомобиля, представленные на рис. 6.

Great Wall_JAC Poer 4L 2.0 (150)_4WD_Science. Дорожные характеристики	
Максимальная скорость:	
кинематическая – 156 км/час.	Передача 6 при 3600 об/мин.
кинематическая – 43.2 км/час.	Передача 6 при 1000 об/мин.
при движении – 156 км/час.	Передача 6 при 3600 об/мин.
Время разгона с переключением передач:	
до 100 км/ч, сек.	13.9 (Высокий момент старта)
до 130 км/ч, сек.	27.2 (Высокий момент старта)
до 150 км/ч, сек.	44.0 (Высокий момент старта)
- до скорости 250 км/ч не существует!	
на пути 400 м, сек.	18.7
скорость в конце дистанции, км/ч	112.2
на пути 1000 м, сек.	35.5
скорость в конце дистанции, км/ч	142.0
Контрольный расход топлива на высшей передаче:	
при скорости 90 км/ч, л/100км	9.8
при скорости 120 км/ч, л/100км	12.9
при скорости 130 км/ч, л/100км	13.7
при скорости 150 км/ч, л/100км	17.4

а

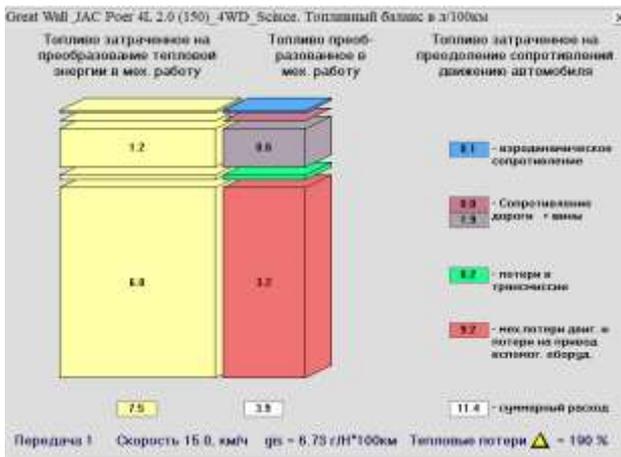
Great Wall_JAC Poer 4L 2.0 (150)_4WD_Science. Дорожные характеристики	
Максимальная скорость:	
кинематическая – 156 км/час.	Передача 6 при 3600 об/мин.
кинематическая – 43.2 км/час.	Передача 6 при 1000 об/мин.
при движении – 76 км/час.	Передача 4 при 3077 об/мин.
Время разгона с переключением передач:	
- до скорости 100 км/ч не существует!	
- до скорости 130 км/ч не существует!	
- до скорости 150 км/ч не существует!	
- до скорости 250 км/ч не существует!	
на пути 400 м, сек.	25.8
скорость в конце дистанции, км/ч	70.0
на пути 1000 м, сек.	55.0
скорость в конце дистанции, км/ч	75.8
Контрольный расход топлива на высшей передаче:	
Движение на скорости 90 км/ч - невозможно!	
Движение на скорости 120 км/ч - невозможно!	
Движение на скорости 130 км/ч - невозможно!	
Движение на скорости 150 км/ч - невозможно!	

б

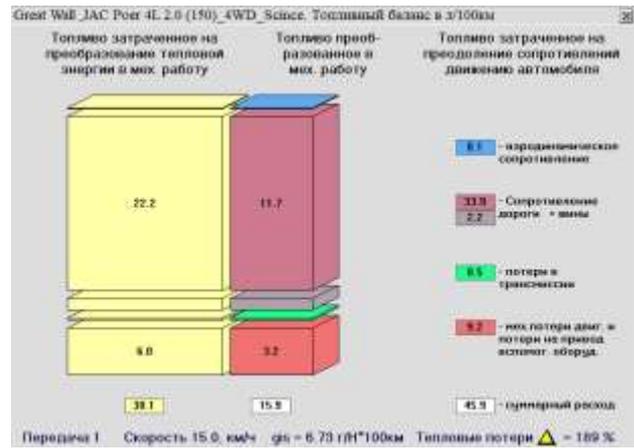
Рисунок 6 – Тягово-скоростные и топливно-экономические характеристики:
 а) тип покрытия – асфальт; б) тип покрытия – стерня (мягкая почва).

По результатам расчетов определили топливный баланс проектируемого автомобиля NAVAL POER на разных типах покрытия для низшей и высшей передачи, который приведен на рис. 7.

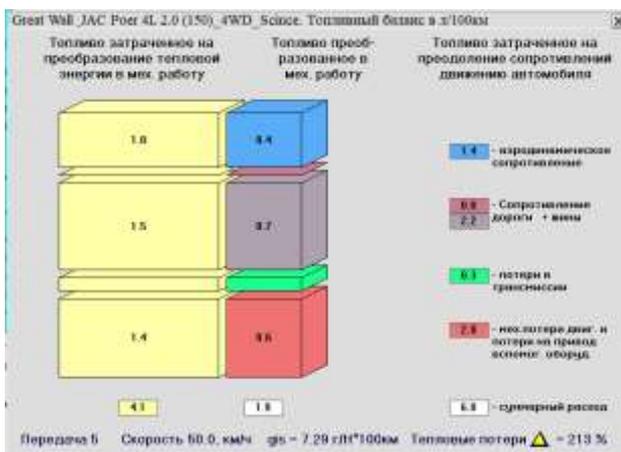
Также определили мощностной баланс автомобиля при движении с постоянной скоростью на 5 передаче, представлен на рис. 8.



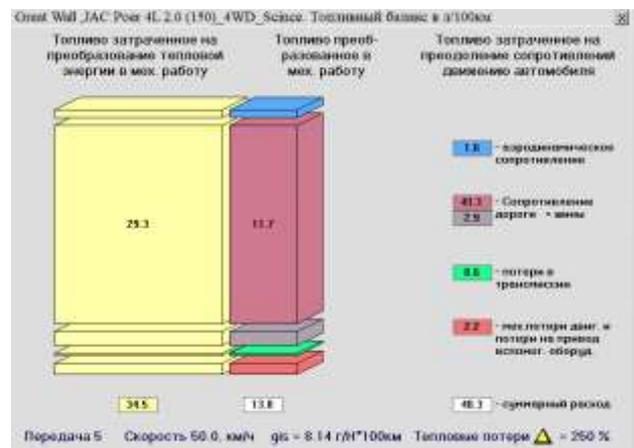
а



б



в



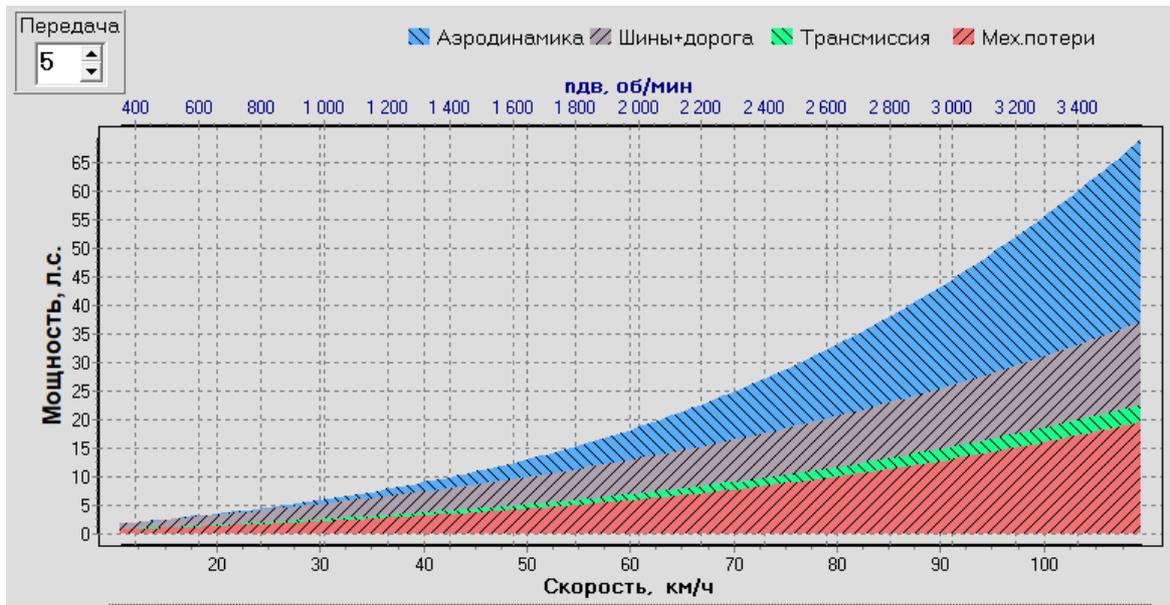
г

Рисунок 7 – Топливные балансы на разных типах поверхности при движении с постоянной скоростью: а) на первой передаче на асфальте; б) на первой передаче на стерне; в) на прямой передаче на асфальте; г) на прямой передаче на стерне

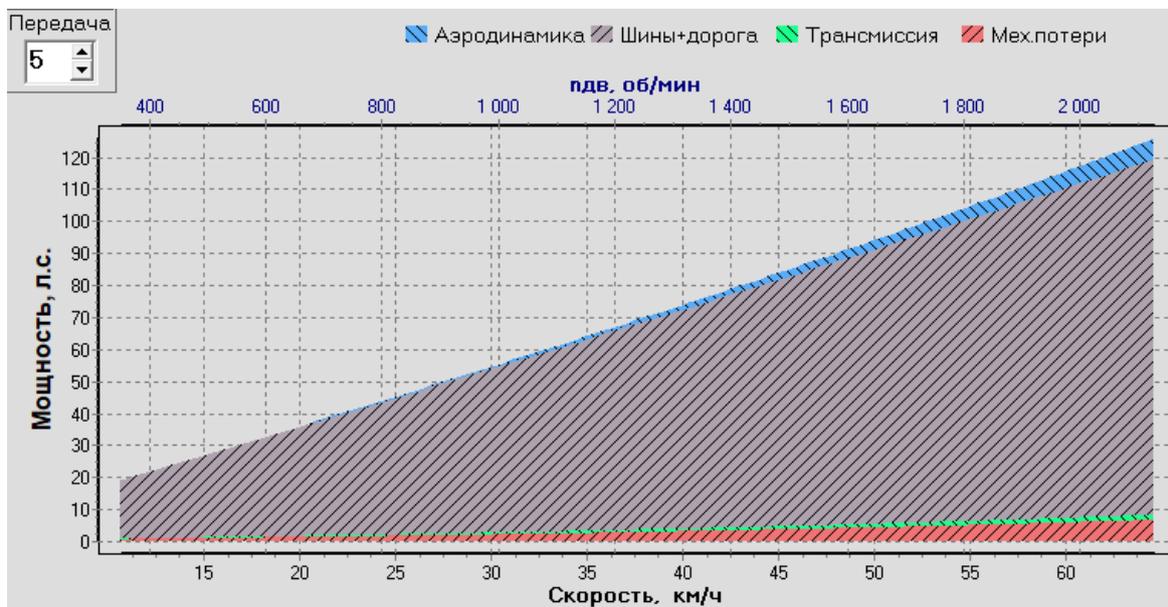
Выводы

Таким образом, для снижения доли затрат энергии на формирование колеи в общем топливном балансе необходимо снизить нагрузку на единичный колесный движитель и увеличить площадь контакта шины с опорной деформируемой поверхностью. На основании вышеизложенного целью статьи является оценка топливной экономичности автомобиля, оборудованного шинами сверхнизкого давления.

Расчет топливной экономичности был проведен с применением компьютерной программы МВК, позволяющим снизить стоимость и сроки выполнения работ, направленных на повышение топливной экономичности и скоростных свойств автомобилей.



а)



б)

Рисунок 8 – Мощностной баланс автомобиля:
а) тип покрытия асфальт; б) тип покрытия – стерня

Список литературы

- 1 Транспортно-технологические средства на шинах сверхнизкого давления / В. И. Прядкин, В. Я. Шапиро, З. А. Годжаев, С. В. Гончаренко. – Воронеж, 2019. – 492 с. – ISBN 978-5-7994-0897-8. – EDN HXLEOT.
2. Вержбицкий, А. Н. Обоснование выбора типа экологичного движителя для машин высокой проходимости / А. Н. Вержбицкий, И. А. Пливе, В. Н. Наумов // Автомобильная промышленность. – 1998. – № 11. – С. 11-14.
3. Добринский, Л. Н. Экологические требования к наземной транспортной технике на Севере / Л. Н. Добринский, В. П. Коробейников // Промышленный транспорт. – 1988. – № 2. – С. 9-10.

4. Киркин, С. Ф. Внедорожные транспортные машины с воздушной разгрузкой / С. Ф. Киркин // Автомобильная промышленность. – 1999. – № 5. – С. 8-10.
5. Котляренко, В. И. Проходимость АТС и экология / В. И. Котляренко // Автомобильная промышленность. – 2004. – № 3. – С. 8-10.
6. Гуськов, В. В. Тракторы / В. В. Гуськов. – М. : Машиностроение, 1988. – 376 с.
7. Рославцев, А. В. Теория движения тягово-транспортных средств : учеб. пособие / А. В. Рославцев. – М. : УМЦ «Триада», 2003. – 240 с.

References

1. Transport and technological vehicles on ultra-low pressure tires / V. I. Pryadkin, V. Ya. Shapiro, Z. A. Godzhaev, S. V. Goncharenko. – Voronezh, 2019. – 492 p. – ISBN 978-5-7994-0897-8. – EDN HXLEOT.
2. Verzhbitsky, A. N. Justification for the choice of the type of environmentally friendly propulsion for high-cross-country vehicles / A. N. Verzhbitsky, I. A. Plive, V. N. Naumov // Automobile industry. – 1998. – No. 11. – P. 11-14.
3. Dobrinsky, L. N. Environmental requirements for ground transport equipment in the North / L. N. Dobrinsky, V. P. Korobeynikov // Industrial transport. – 1988. – No. 2. – Pp. 9-10.
4. Kirkin, S. F. Off-road transport vehicles with air unloading / S. F. Kirkin // Automobile industry. – 1999. – No. 5. – Pp. 8-10.
5. Kotlyarenko, V. I. Cross-country ability of vehicles and ecology / V. I. Kotlyarenko // Automobile industry. – 2004. – No. 3. – Pp. 8-10.
6. Guskov, V. V. Tractors / V. V. Guskov. – М.: Mashinostroenie, 1988. – 376 p.
7. Roslavl'tsev, A. V. Theory of motion of traction vehicles : textbook / A. V. Roslavl'tsev. – М.: UMC "Triada", 2003. – 240 p.

Мураткин С.Е.

преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Колядин П.А.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Татаринцев В.Ю.

преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Школьных А.В.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г. Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Muratkin S.E.

lecturer at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Kolyadin P.A.

assistant at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Tatarintsev V.Yu.

lecturer at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Shkolnykh A.V.

assistant of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Artyomov A.V.

senior lecturer of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

ПОВЫШЕНИЕ ПЛАВНОСТИ ХОДА МИНИ-ТРАКТОРА УРАЛЕЦ-254

IMPROVING THE SMOOTH RUNNING OF THE URALETS-254 MINI-TRACTOR

Аннотация. В статье приведён анализ мини-тракторов и влияние упругости шин на плавность хода мини-трактора Уралец 254. Были проведены эксперименты на снятие упругих характеристик шин Бел-186 и 6.50-16 R-1. Произведены расчёты жёсткости шин при разных давлениях, из чего следует, что чем меньше жёсткость и давление в ней, тем лучше проходимость мини-трактора.

Abstract. The article provides an analysis of minitractors and the effect of tire elasticity on the smoothness of the Uralets 254 minitractor. Experiments were conducted to remove the elastic characteristics of Bel-186 and 6.50-16 R-1 tires. Calculations of tire stiffness at different pressures have been performed, which means that the lower the stiffness and pressure in it, the better the cross-country ability of the mini-tractor.

Ключевые слова: плавность хода, жёсткость шин, мини-трактор, упругие свойства, давление воздуха в шинах.

Keywords: smooth running, tire stiffness, minitractor, elastic properties, tire air pressure.

Введение

В настоящее время в России сборка мини-тракторов развивается бурными темпами. Мини-тракторы являются неотъемлемой частью технических процессов в лесных и сельскохозяйственных комплексах, садоводстве, овощеводстве, а также они не заменимы при работах в теплицах и на животноводственных фермах. Однако мини-тракторы являются, наименее изученными из типов мобильных средств.

Наибольшее распространение в России получили следующие марки мини-тракторов, внешний вид и модели которых представлены на рис. 1.

Минитракторы обладают мощностью двигателя 10-50 л. с. и могут быть использованы для решения широкого спектра задач: 1) обработка земельного участка; 2) покос травы; 3) перевозка грузов; 4) посадка сельскохозяйственных культур; 5) уборка дорожного полотна от снега. Их возможности, часто зависят от тягового класса.



Рисунок 1 – Мини-тракторы:

a – Уралец-180, *б* – Синтай ХТ-244, *в* – Уралец-254,
г – RussellRT-242D, *д* – Русич Т-21, *е* – Беларус-152Н

Тяговый класс трактора – это параметр, который характеризует мощность трактора и определяет его способность к выполнению тяжелых работ. Этот па-

раметр зависит от массы самого трактора и массы нагружаемого прицепа. Определение тягового класса производится путем сравнения отношения массы прицепа к массе трактора с определенными значениями. Понятие номинального тягового класса, рассчитанное по ГОСТ 27021-86, является исчерпывающей, подробной характеристикой, показывающей не только эффективность силового агрегата, но и насколько эффективна конструкция самой машины при имеющейся эксплуатационной массе.

Цель работы

Оценка плавности хода мини-трактора Уралец-254 при движении его через единичные неровности высотой 70 мм.

Объект исследования

Объект исследования: мини-трактор Уралец- 254.

Материалы и методы исследований

Так же мы проводим анализ данных моделей мини-тракторов и приводим к ним техническую характеристику, которая приведена в таблицах 1 и 2, здесь хотелось бы подметить, что рабочие скорости этих мини-тракторов в среднем варьируются от 2,58 и до 28,23 км/ч. Основными конструктивными особенностями являются: часть тракторов в базовых комплектациях не имеют кабины оператора, те марки которые приведены в таблицах 1 и 2 и множество других марок не указанных в данной статье. В базовой комплектации выпускаются с кабиной и без неё. Они выпускаются, что с передним ведущим мостом, что с задним 4x2. Как правило все тракторы имеют дизельный двигатель, мощность которых в диапазоне от 13 л.с. и до 25 л.с.)

Технические характеристики мини-тракторов представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Технические характеристики мини-тракторов

Модель	Уралец 180	Синтай ХТ-244(4+1)	Русич Т-21
Тип привода	2x4	4x4	4x2
Гидроцилиндр навесной системы	Одностороннего действия	Одностороннего действия	Двухсекционный (плавающ. режим)
Скорость(км/ч)	2,74-27,35	3,05-29,4	2,24-22,78
Размер колёс передних/задних	6L-12/7, 50-20	6,00-16/9,50-24	6,0-12/7,5-20
Марка двигателя/объём	ТУ290/1,272	HS385BT/1,532	ZS1105/0,995
Грузоподъёмность	350	420	200
Пуск двигателя	Электростартерный	Электростартерный	Электростартерный
Вес трактора	940	1250	1060
Количество передач	6/2	6/2	6/2
Тяговое усилие	3,7 кН	5,7 кН	4,3 кН
MIN дорожный просвет	300мм	370 мм	320мм

Таблица 2 – Технические характеристики мини-тракторов

Модель	Уралец 254	Rossel RT-242D	Беларус 152Н
Тип привода	4x4	4x2	4x4
Гидроцилиндр навесной системы	Одностороннего действия	Трёхточечный	Шарнирное трёхточечное
Скорость(км/ч)	1,73-26,4	1,56-45	4,2-18,46
Размер колёс передних/задних	5.00-15/9.5-24	6–16/9,5–20	8,2–13/8,2–13
Марка двигателя/объём	КМ385BT / 1.52	Rossel QM 24/1,7	GX390 HONDA/0,40
Грузоподъёмность	240	450	140
Пуск двигателя	Электростартерный	Электростартерный	Электростартерный
Вес трактора	1060	1100	615
Количество передач	(4+1)*3	6/2	4/3
Тяговое усилие	5,2кН	1,5кН	2кН
MIN дорожный просвет	340 мм	450 мм	280мм

Методы и приборы

Методы и приборы: для проведения экспериментальных исследований необходимо было определить вибронгруженность сидения оператора. Приборы: датчик виброускорений и анализатор вибраций АССИСТЕНТ модификация SIU 30 V3RT (рис. 2), а именно размещение искусственных неровностей высотой 70 мм

При проведении эксперимента на определение вибронгруженности сидения оператора мини-трактора Уралец-254, были использованы данные приборы и оборудование, которые показаны на рис. 2.

Здесь показано размещение установочного диска на сиденье, также интегрированный датчик с виброускорениями, анализатор вибраций АССИСТЕНТ (модификация SIU 30 V3RT) и единичные неровности высотой 70 мм через которые проезжал мини-трактор на разных скоростях и создавал колебания на сидения оператора.

- Оператор начинает регистрацию сигнала только после того, как разгонит мини-трактор до заданной скорости и заканчивает замер до начала снижения скорости или съезда с участка испытаний.

*а**б**в*

Рисунок 2 – Испытания по плавности хода мини-трактора Уралец-254:
а – анализатор вибраций «АССИСТЕНТ модификация SIU 30 V3RT», *б* – датчик
 виброускорений, *в* – размещение искусственных неровностей высотой 70 мм

Для определения жёсткости шин передних и задних колёс, на специальном стенде были сняты упругие характеристики шин мини-трактора Уралец-254.

Передняя шина 6.50-16 R-1 и задняя шина Бел-186.

На рисунках ниже видны данные шины в свободном положении и под нагрузкой на них.

*а**б**в**г*

Рисунок 3 – Испытания шин мини-трактора:

а – Шина Бел-186 в свободном положении, *б* – Шина Бел-186 под нагрузкой,
в – Шина 6.50-16 R-1 в свободном положении, *г* – Шина 6.50-16 R-1 под нагрузкой

Результаты исследования и их обсуждение

При работе на специальном стенде, были сняты статические радиусы шин Бел-186 и 6.50-16 R-1, при диапазоне вертикальной нагрузки от 0 - 12 кН на шину Бел-186, а на шину 6.50-16 R-1 от 0-7 кН и меняющимся давлением воздуха в них. Для шины Бел-186 давление было спущено от 250 кПа и до 60 кПа, а шина 6.50-16 R-1 от 200 кПа и до 40 кПа, а также с помощью формулы (1) были посчитаны жёсткости шин при разных нагрузках и давление в них. В табл. 3 указаны все статические радиусы для шины Бел 186 полученные с помощью специального стенда.

В табл. 4 указаны жёсткости шины Бел-186. В табл. 5 показаны статические радиусы шины 6.50-16 R-1, также в табл. 6 указаны жёсткости шины 6.50-16 R-1

$$C_z = \frac{V}{E_r r}, \quad (1)$$

где V – вертикальная нагрузка на шину, кН; E_r – радиальная деформация шины, м.

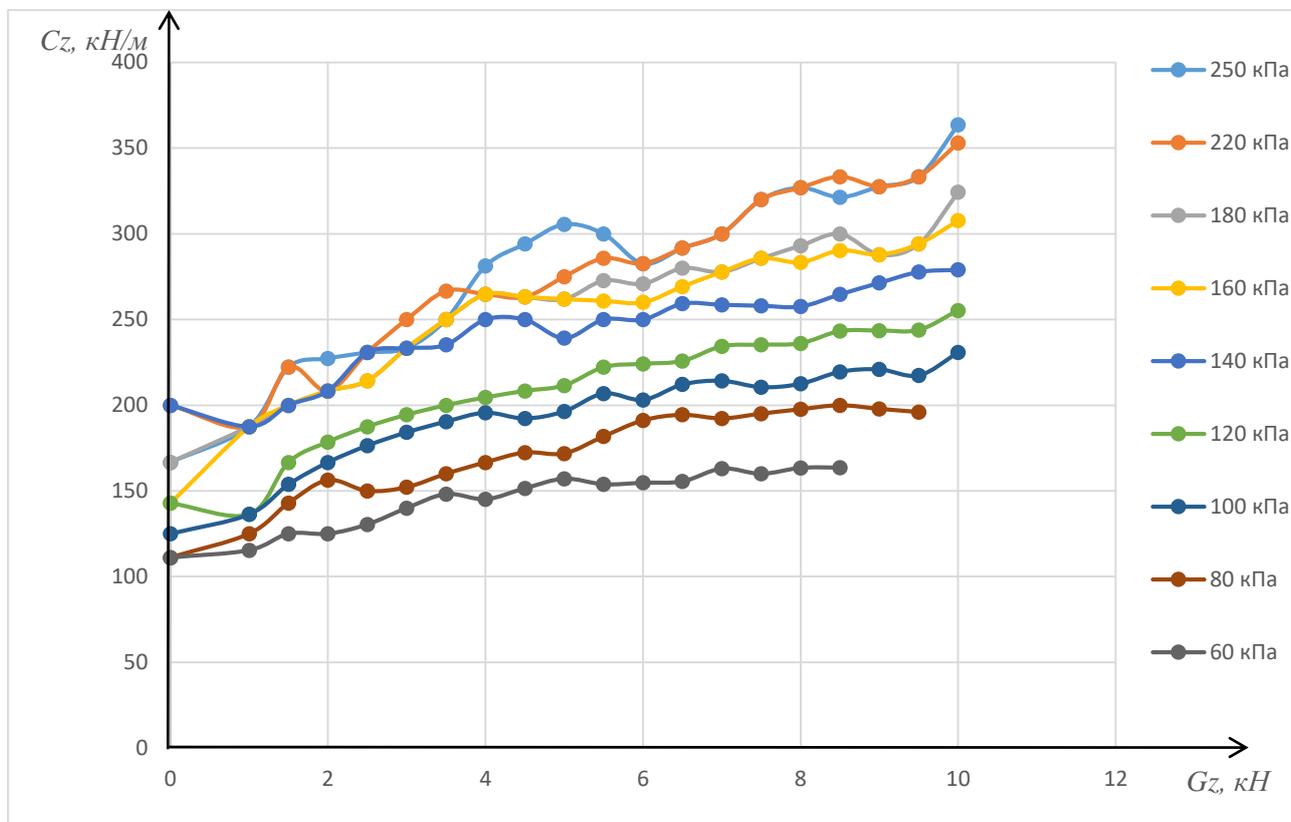


Рисунок 4 – Зависимость жёсткости шины Бел-186 от нагрузки и давления

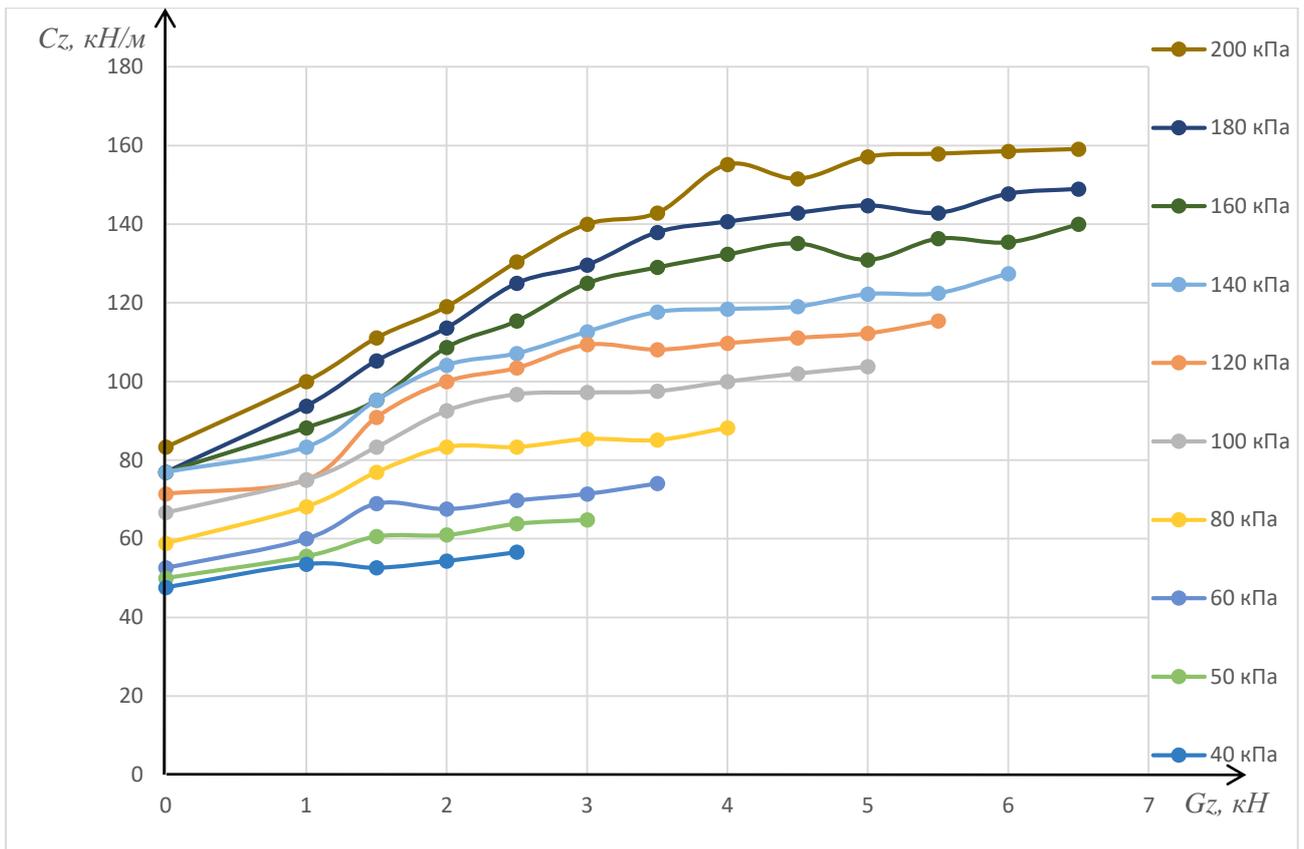


Рисунок 5 – Зависимость жёсткости шины 6.50-16 R-1 от нагрузки и давления

Выводы

Из анализа следует, что радиальная жесткость шин мини-трактора изменяется в зависимости от нагрузки и давления воздуха в них. Следовательно, меньшая радиальная жесткость шин позволяет повысить плавность хода мини-трактора Уралец-254, что в свою очередь снижает утомляемость оператора и повышает его работоспособность.

Данная методика нуждается в дальнейшем продолжении исследования. Планируются проведение лабораторно-дорожных испытаний мини-трактора Уралец-254 с установленными экспериментальными шинами низкого давления, при проезде через искусственные неровности с целью оценки плавности хода.

Список литературы

1. Мазур В.В. Повышение плавности хода автотранспортных средств внутренним поддрессированием колес. Москва. 2004. С.18-22.
2. Руктешель О.С. Плавность хода автомобиля. Минск. БНТУ, 2021. С. 61.
3. Кручинин П.А. Исследование колебаний человека при спокойном стоянии. Москва: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2018. С. 21-23.
4. Лукьянчук А.Д. Безопасность транспортных средств. Минск. БНТУ, 2012. С. 88-90.
5. Ряполов В.А., Чешуина Т.Г. Формообразование в конструкциях средств малой механизации // Теория и практика современной аграрной науки: сборник III национальной

(всероссийской) научной конференции с международным участием. Новосибирский государственный аграрный университет. 2020. С. 86-89.

6. Захаров Н.Е. Увеличение проходимости мотоблока с помощью комбинированного колеса // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. Ижевск, 2020. С. 1309-1315.

7. Оболенский В.А., Маков П.В., Спицын А. В. К вопросу повышения плавности хода подвижного состава специального назначения // Инновационные технологии в электронике и приборостроении: сборник докладов Российской научно-технической конференции с международным участием. Москва, 2021. С. 283-286.

8. Максимов Е.А., Устиновский Е.П. Исследование радиальной жесткости и демпфирующих свойств шины трактора при ударных нагрузках // Вестник НГИЭИ. 2020. № 4 (107). С. 16-23.

9. Блажинский В.Р. Разработка и реализация метода определения зависимостей радиальной жесткости автомобильных шин // XXIV Региональная конференция молодых учёных и исследователей Волгоградской области. Сборник материалов конференции. 2020. С. 148.

10. Балакина Е.В., Кочетов М.В., Сарбаев Д.С. Проектный расчет боковой жесткости шины при наклоне плоскости вращения колеса // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2023. Т. 10. № 3. С. 39-43.

11. Севрюгина Н.С., Савлук А.И., Манжула А.В. Способы повышения плавности хода автомобилей, эксплуатируемых в различных дорожных условиях. // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 231-235.

12. Годжаев З.А., Прядкин В.И., Артёмов А.В., Колядин П.А. Оценка влияния параметров шин на управляемость автомобиля // Автомобильная промышленность. 2022. № 6. С. 16-21.

13. Тарновский В.Н., Гудков В.А., Третьяков О.Б. // Автомобильные шины: Устройство, работа, эксплуатация, ремонт. Транспорт, 1990. 272 с.

14. Агейкин Я.С., Вольская Н.С. Моделирование движения автомобиля по мягким грунтам: проблемы и решения // Автомобильная промышленность. 2004. № 10. С. 24–25.

15. Liqiang Jin, Xianglong Peng, Jia Liu, Qixiang Zhang, Jianhua Li, Ligang Li. Robust algorithm of indirect tyre pressure monitoring system based on tyre torsional resonance frequency analysis. Zhejiang Asia-Pacific Mechanical & Electronic Co., Ltd. Hangzhou 311203, China, Received 19 February 2022.

16. Tan Li. Tire and vehicle handling dynamics. Maxxis Technology Center, Maxxis International—USA, Suwanee, GA, United States. Available online 8 February 2023.

17. Kyriakos Grigoriadis, Georgios Mavros, James Knowles, Antonios Pezouvanis. Experimental investigation of tyre–road friction considering topographical roughness variation and flash temperature. Loughborough University, Department of Aeronautical and Automotive Engineering, Epinal Way, Loughborough, LE11 3TU, Leicestershire, United Kingdom, Received 26 August 2022.

18. Brendan Rodgers, Walter Waddell. Tire Engineering // The Science and Technology of Rubber (Fourth Edition). 2013. P. 653-695.

19. Jarosław Pytka, Jarosław Dąbrowski, Maciej Zając, Piotr Tarkowski Effects of reduced inflation pressure and vehicle loading on off-road traction and soil stress and deformation state // Journal of Terramechanics, Volume 43, Issue 4, October 2006, Pages 469-485.

References

1. Mazur V.V. Improving the smooth running of motor vehicles by internal wheel springing. Moscow. 2004. pp. 18-22.
2. Rukteshel O.S. Smooth running of the car. Minsk. BNTU, 2021. P. 61.

3. Kruchinin P.A. Investigation of human vibrations when standing still. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 2018. pp. 21-23.
4. Lukyanchuk A.D. Vehicle safety. Minsk: BNTU, 2012. pp. 88-90.
5. Ryapolov V.A., Cheshuina T.G. Shaping in the structures of small-scale mechanization // Theory and practice of modern agricultural science. Collection of the III national (All-Russian) scientific conference with international participation. Novosibirsk State Agrarian University. 2020. pp. 86-89.
6. Zakharov N.E. Increasing the cross-country ability of the tillerblock using a combined wheel // Scientific works of students of Izhevsk State Agricultural Academy. Izhevsk, 2020. pp. 1309-1315.
7. Obolensky V.A., Makov P.V., Spitsyn A.V. On the issue of improving the smooth running of special-purpose rolling stock // Innovative technologies in electronics and instrumentation: collection of reports of the Russian Scientific and Technical Conference with international participation. Moscow, 2021. pp. 283-286.
8. Maksimov E.A., Ustinovsky E.P. Investigation of radial stiffness and damping properties of tractor tires under shock loads // Bulletin of the NGIEI. 2020. No. 4 (107). pp. 16-23. 9.
9. Blazhinsky V.R. Development and implementation of a method for determining the dependencies of radial stiffness of automobile tires // XXIV Regional Conference of young scientists and researchers of the Volgograd region: collection of conference materials. 2020. P. 148.
10. Balakina E.V., Kochetov M.V., Sarbaev D.S. Design calculation of the lateral stiffness of the tire when the plane of rotation of the wheel is tilted // Mechanical engineering: online electronic scientific journal. 2023. Vol. 10. No. 3. pp. 39-43.
11. Sevryugina N.S., Savluk A.I., Manzhula A.V. Ways to improve the smooth running of vehicles operated in various road conditions // Innovative materials, technologies and equipment for the construction of modern transport facilities. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2013. pp. 231-235.
12. Gojaev Z.A., Pryadkin V.I., Artyomov A.V., Kolyadin P.A. Evaluation of the influence of tire parameters on car handling // Automotive Industry. 2022. No. 6. pp. 16-21.
13. Tarnovsky V.N., Gudkov V.A., Tretyakov O.B. Automobile tires: Device, work, operation, repair. Transport, 1990. 272 p.
14. Ageikin Ya.S., Volskaya N.S. Modeling of car movement on soft soils: problems and solutions // Automotive industry. 2004. No. 10. pp. 24-25.
15. Liqiang Jin, Xianglong Peng, Jia Liu, Qixiang Zhang, Jianhua Li, Ligang Li. Robust algorithm of indirect tyre pressure monitoring system based on tyre torsional resonance frequency analysis. Zhejiang Asia-Pacific Mechanical & Electronic Co., Ltd. Hangzhou 311203, China, Received 19 February 2022.
16. Tan Li. Tire and vehicle handling dynamics. Maxxis Technology Center, Maxxis International—USA, Suwanee, GA, United States. Available online 8 February 2023.
17. Kyriakos Grigoriadis, Georgios Mavros, James Knowles, Antonios Pezouvanis. Experimental investigation of tyre–road friction considering topographical roughness variation and flash temperature. Loughborough University, Department of Aeronautical and Automotive Engineering, Epinal Way, Loughborough, LE11 3TU, Leicestershire, United Kingdom, Received 26 August 2022.
18. Brendan Rodgers, Walter Waddell. Tire Engineering // The Science and Technology of Rubber (Fourth Edition). 2013. P. 653-695.
19. Jarosław Pytka, Jarosław Dąbrowski, Maciej Zajac, Piotr Tarkowski Effects of reduced inflation pressure and vehicle loading on off-road traction and soil stress and deformation state // Journal of Terramechanics, Volume 43, Issue 4, October 2006, Pages 469-485.

Попиков П.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Нартов П.А.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Popikov P.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of mechanization and machine design, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Nartov P.A.

assistant of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

УДАЛЕНИЕ ПНЕЙ: ОБЗОР МЕТОДОВ, ТЕХНОЛОГИЙ И МАШИН

STUMP REMOVAL: AN OVERVIEW OF METHODS, TECHNOLOGIES AND MACHINES

Аннотация. В статье представлен всесторонний обзор методов и технологий удаления пней и деревьев, используемых в лесном и сельскохозяйственном хозяйствах. Рассмотрены механические, химические, биологические, огневые и комбинированные подходы, их преимущества и недостатки, а также условия применения. Особое внимание уделено современным техническим средствам, включая корчеватели, мульчеры и буровые установки, которые позволяют повысить производительность и минимизировать экологическое воздействие. Представлены рекомендации по выбору оптимального метода в зависимости от особенностей ландшафта, типа растительности и целей работ. Исследование подчеркивает важность интеграции инновационных технологий для повышения эффективности работ и сохранения экосистем.

Abstract. The article provides a comprehensive review of methods and technologies for stump and tree removal used in forestry and agriculture. Mechanical, chemical, biological, fire-based, and combined approaches are examined, along with their advantages, disadvantages, and conditions of application. Special attention is given to modern technical equipment, including stump pullers, mulchers, and drilling units, which enhance productivity and minimize environmental impact. Recommendations are provided for selecting the optimal method depending on landscape characteristics, vegetation type, and project goals. The study emphasizes the importance of integrating innovative technologies to improve operational efficiency and preserve ecosystems.

Ключевые слова: технология корчевания, корчеватель, мульчер.

Keywords: uprooting technology, uprooter, mulcher.

Введение

Удаление пней и деревьев является важной задачей в различных отраслях, включая лесное и сельское хозяйство, мелиорацию, дорожное строитель-

ство и инфраструктурные проекты. Эта проблема актуальна как в России, так и за рубежом, где интенсивные работы по расчистке земельных участков от древесной растительности требуются для восстановления лесов, подготовки сельскохозяйственных земель, строительства и развития инфраструктуры. Пни и корни деревьев, остающиеся после вырубki лесов и расчистки территорий, мешают использованию земель для сельскохозяйственных нужд, затрудняют строительные работы и могут привести к эрозии почвы и снижению ее плодородия.

Технологии, используемые в лесном комплексе, представлены в основном рычажными корчевателями на гусеничном ходу прошлого поколения, имеющими низкую производительность и функциональность [1]. В настоящее время на лесозаготовках применяют современные многофункциональные валочные и транспортные машины, зачастую импортного производства. В результате сложилась ситуация, когда площадь вырубаемого леса стала превосходить площадь восстанавливаемого, по некоторым данным, в два раза [2]. Всё это приводит к временному эффекту, а в конечном счёте к снижению производства деловой древесины и разрушению отечественной лесной машиностроительной отрасли [3].

Технологический прогресс и потребности в эффективных методах расчистки привели к разработке различных способов и машин для удаления пней и деревьев. Современные методы включают как традиционные механизированные способы, так и инновационные решения, направленные на снижение энергоёмкости процесса, повышение экологической безопасности и увеличение производительности. В то же время, в России значительная часть используемой техники устарела, что тормозит внедрение передовых технологий.

Целью данной статьи является анализ современных методов и технологий удаления пней и деревьев, сравнительная характеристика существующих машин, а также представление новой разработки, созданной для повышения эффективности работ по раскорчевке. В работе особое внимание уделяется проблемам, с которыми сталкивается российское сельское и лесное хозяйство в процессе удаления пней, а также возможностям улучшения производительности за счет внедрения новых технических решений.

Технологии удаления пней

В лесном и сельском хозяйстве, при мелиорации, строительстве дорог и освоении новых земель необходимо проводить работы по удалению древесно-кустарниковой растительности и очистке участка от выкорчеванных деревьев и

пней. Процесс включает несколько этапов, таких как вырубка деревьев, удаление кустарников, удаление пней и подготовка земли.

В нашей стране при проведении работ по раскорчевке древесной растительности зачастую применяют технологию сплошной раскорчёвки. Технология заключается в удалении пней или деревьев вместе с корневой системой, сгребании их в кучи на границе осваиваемого участка для последующего сжигания). Данная технология имеет ряд недостатков [4, 5]:

Технологические:

- Использование тяжёлых гусеничных тракторов тягового класса 80...100 кН (Т-130, Т-170, ЛТХ-55 и др.) для сплошной раскорчёвки;

- Технология сплошного валки деревьев требует выполнения множества манёвров, что приводит к нарушению поверхностной структуры почвы, уплотнению её нижних слоёв и увеличению расхода топлива [6];

- сплошная раскорчёвка приводит к тому, что почва требует проведения большого объёма культуртехнических работ по восстановлению плодородия;

- применение машинных технологий для раскорчёвки сталкивается с определёнными трудностями, поскольку эти технологии разрабатывались в первую очередь для лесного хозяйства и не учитывают уникальные характеристики садовых насаждений. К таким особенностям относятся разреженная схема посадки, архитектура кроны и корневой системы плодовых деревьев, а также отсутствие площадок для утилизации.

Экономические:

- стоимость раскорчёвки 1 га специализированными организациями варьируется в пределах 200...240 тыс. рублей в ценах 2024 г.;

- затраты на раскорчёвку в 1,5...2 раза превышают затраты при закладке молодых насаждений;

- сжигание раскорчеванных пней означает упущение возможности получения дополнительной прибыли от переработки древесно-растительных остатков [7].

Экологические:

- при сжигании остатков пней и деревьев выбрасываются сажа, углекислый и угарный газ, а также окислы азота и серы, и другие летучие и газообразные вещества;

- во время сжигания высокие температуры уничтожают запасы гумуса и почвенной биоты, а также изменяют физико-механические свойства и структуру почвы [8].

Правовые:

- при сжигании нарушаются правила противопожарного режима в РФ [9];
- сжигание древесно-растительных остатков на полях влечёт за собой «уничтожение или повреждение лесных насаждений» (в том числе защитных лесных полос), что в соответствии со ст. 261 УК РФ может повлечь уголовную ответственность;
- в каждом регионе есть собственные законы и подзаконные акты, регламентирующие вопрос утилизации древесно-растительных остатков.

Преимуществами сплошной раскорчевки являются:

Высокая производительность:

- сплошная раскорчевка позволяет очистить большие участки земли за короткое время благодаря применению мощной техники (корчеватели, бульдозеры), что особенно полезно при масштабных проектах, таких как создание сельскохозяйственных полей или подготовка строительных площадок.
- для крупных участков сплошная раскорчевка является наиболее экономически эффективным и быстрым способом расчистки.

Полная очистка участка:

- при сплошной раскорчевке удаляются не только пни, но и вся древесно-кустарниковая растительность, что обеспечивает готовность участка для последующей обработки, строительства или сельскохозяйственного использования.
- операции выполняются на всей территории, что позволяет обеспечить одинаковое состояние участка.

Также существует метод выборочного корчевания одиночных пней, который считается более трудоемким, так как их корневая система глубоко закреплена в почве и требует значительных усилий для удаления. Недостатками такого способа являются:

Низкая производительность:

- по сравнению со сплошной раскорчевкой, выборочное удаление требует больше времени и усилий на выполнение отдельных операций по удалению пней, что снижает общую производительность.
- в некоторых случаях, например, при плотной застройке или в сложных ландшафтах, выборочное удаление может быть затруднено, особенно если корневая система пней переплетается с корнями соседних деревьев.

Ограниченная механизация:

- для выборочного удаления могут требоваться специфические машины, такие как пнедробилки, корчеватели или подъемные механизмы, которые спо-

способны работать с отдельными пнями, что может увеличивать стоимость техники и ограничивать её доступность.

- технологии выборочного удаления часто требуют профессиональных навыков и опытных операторов машин, что может увеличить трудозатраты.

Меньшая экономическая эффективность для крупных объектов:

- при работе на больших участках выборочное удаление может быть экономически невыгодным из-за высокой трудоемкости и низкой производительности, особенно в случае, если необходимо удалить большое количество деревьев.

- выборочное удаление часто требует более частого проведения работ на той же территории по мере роста новых деревьев и кустарников.

Однако у этого метода есть свои преимущества:

Минимальное воздействие на почву и окружающую среду:

- выборочное удаление позволяет сохранить естественные экосистемы, растительность и почвенные структуры на участке, поскольку удаляются только отдельные деревья или пни.

- в отличие от сплошной раскорчевки, которая нарушает большую площадь почвы, выборочное удаление минимизирует разрушение корневой системы соседних деревьев и растений.

- поскольку удаляется лишь ограниченное количество деревьев, почва меньше подвержена разрушению от водной и ветровой эрозии.

Точность работы:

- выборочный метод позволяет точно выбирать, какие деревья и пни нужно удалить, не затрагивая другие объекты.

- этот метод подходит для ландшафтного озеленения или сельскохозяйственных проектов, где требуется сохранить определенные деревья или элементы ландшафта.

Экономическая эффективность для малых объемов работы:

- в ситуациях, когда необходимо удалить только несколько пней или деревьев, выборочный метод требует меньше ресурсов, машин и рабочей силы, что снижает затраты.

- поскольку удаляется только необходимая часть растительности, требуется меньше энергии и усилия, соответственно применяется маломощная техника

Сохранение эстетического и природного вида:

– в проектах, где важно сохранить вид участка (например, в парках, садах или рекреационных зонах), выборочное удаление позволяет сохранить часть деревьев и кустарников, поддерживая естественный облик.

- выборочное удаление помогает сохранить биоразнообразие, особенно если речь идет о заповедниках или лесопарках.

Выборочное удаление пней и деревьев более экологично и аккуратно воздействует на окружающую среду, позволяя сохранить ландшафтные и природные особенности участка. Однако оно требует больше времени и ресурсов при обработке больших площадей. Сплошная раскорчевка, напротив, является более быстрым и экономически выгодным решением для крупных проектов, но может привести к серьезным экологическим последствиям. Выбор метода зависит от специфики проекта, площади участка и экологических требований.

Методы удаления пней

Удаление пней может осуществляться с использованием различных методов: механическим корчеванием с помощью специализированной техники, инструментов и приспособлений; ручным способом; химической обработкой, при которой применяются специальные растворы или заражение пней грибковыми культурами, способствующими их разложению; выжиганием; а также взрывным способом. Преимущества и недостатки каждого из этих методов описаны в табл. 1.

Таблица 1 – Анализ методов удаления пней

Метод удаления пня	Достоинства	Недостатки
Механический	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая производительность 2. Экономия времени 3. Использование минимального физического труда работников, снижая риск получения травм и снижая общую усталость 4. Широкий спектр машин для различных условий позволяет выбрать оптимальный метод 5. Возможность работать на любых типах грунта и в любых погодных условиях 6. Возможность удаления корневой системы 7. Экономичность при большом объеме работы 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая стоимость машин и оборудования 2. Затраты на эксплуатацию и обслуживание 3. Способствует нанесению вреда почве и изменению ландшафта 4. Ограничения использования в условиях сложного рельефа (на крутых склонах или в труднодоступных местах) 5. Необходимость квалифицированных операторов 6. Шум и загрязнение от ДВС 7. Риск повреждения или потери оборудования
Ручной	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экономичность в небольших масштабах 2. Низкая стоимость оборудования 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая трудоемкость 2. Малая эффективность на больших участках

	<p>3. Минимальное воздействие на структуру почвы</p> <p>4. Возможность применения на любых рельефах, где применение техники невозможно</p>	<p>3. Высокий риск получения травм</p> <p>4. Ограниченная применимость на твёрдых или сложных почвах</p> <p>5. Необходимость ручной утилизации древесных остатков</p>
Огневой	<p>1. Не требует дорогостоящего оборудования</p> <p>2. Полностью уничтожает надземную часть пня и значительную часть корневой системы, что предотвращает повторное прорастание.</p> <p>3. Низкая стоимость</p> <p>4. Минимальные механические повреждения почвы</p> <p>5. Экономия труда</p> <p>6. Уничтожение патогенов: предотвращает распространение болезней и вредителей, так как высокая температура уничтожает не только растительность, но и их споры или яйца</p>	<p>1. Пожароопасность</p> <p>2. Выброс вредных веществ в атмосферу</p> <p>3. Ограниченное применение в разное время года и различных регионах из-за высокого риска пожаров</p> <p>4. Под поверхностью земли остаются корни, что требует дополнительной обработки участка</p> <p>5. Высокие затраты времени на полное сжигание пня из плотной древесины и большого размера</p> <p>6. Возможность применения только в сухую безветренную погоду</p> <p>7. необходимость контроля за процессом</p> <p>8. Административные и экологические ограничения</p>
Взрывной	<p>1. Высокая эффективность при удалении крупных и глубоко укорененных пней.</p> <p>2. Минимальное использование тяжелой техники</p> <p>3. Снижение трудозатрат: Взрывные работы могут значительно уменьшить физические усилия, необходимые для выкорчевки, особенно на больших площадях</p> <p>4. Применение в удалённых или горных районах, где использование механизированных средств затруднено или невозможно</p>	<p>1. Опасность использования взрывчатых веществ связано с высоким риском для жизни и здоровья людей.</p> <p>2. Ограниченное применение: взрывной метод может быть запрещён в густонаселённых районах, вблизи жилых домов, коммуникаций или лесных массивов из-за потенциальной угрозы безопасности.</p> <p>3. Повреждение почвы и окружающей среды: В результате взрыва на месте пня может образоваться большая воронка, что приводит к разрушению плодородного слоя почвы. Кроме того, разлетевшиеся части пня могут повредить близлежащие растения или постройки.</p> <p>4. Высокая стоимость</p> <p>5. Необходимость специального разрешения</p> <p>6. Ограниченная доступность: В связи со своей специфичностью и необходимостью наличия специализированной службы, взрывной метод не получил широкого распространения в лесном хозяйстве</p>

Химический	<ol style="list-style-type: none"> 1. Минимальные физические усилия 2. Доступность химических веществ (нитраты, гербициды, аммиачная селитра и другие средства) 3. Экономичность при большом объеме работы 4. Применение на любых участках 5. Ускорение естественного разложения пня, что позволяет утилизировать его без вреда для почвы. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Длительность процесса (от нескольких месяцев до года) 2. Возможное загрязнение почвы 3. Потенциальная токсичность 4. Низкая производительность 5. Остатки корневой системы слабо подвержены воздействию химикатов
Биологический	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экологичность (отсутствие хим. веществ) 2. Почва не подвергается химическому загрязнению и сохраняет свою плодородность 3. Низкие затраты 4. Процесс разложения пня обогащает почву органическими веществами, повышая её качество и плодородие 5. Стимулирование биологического разнообразия: Процесс разложения пня может привлечь различных полезных микроорганизмов и насекомых, что способствует поддержанию экологического баланса. 6. Устойчивое управление ресурсами: Использование биологических методов способствует устойчивому земледелию и сохранению природных ресурсов. 7. Отсутствие шума при проведении работ 8. Безопасность для людей и животных 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Длительность процесса: Разложение пня может занять несколько лет в зависимости от размеров пня и типа древесины. 2. Ограниченная эффективность: не подходит для удаления крупных пней или в тех случаях, когда требуется быстрая очистка территории. 3. Зависимость от условий: Биологические агенты наиболее эффективно работают в условиях повышенной влажности и температуры. В холодном климате или в условиях засухи процесс может замедлиться. 4. Необходим мониторинг условий разложения, чтобы убедиться, что микроорганизмы действуют эффективно, особенно в неблагоприятных условиях. 5. Некоторые микроорганизмы могут стать инвазивными и представлять угрозу для других растений или экосистем, при некорректном подборе агентов 6. Риск регенерации пня при благоприятных условиях, что потребует дополнительных усилий для контроля за растительностью.

Эти методы отличаются не только по уровню производительности, но и по своему воздействию на структуру и качество верхнего слоя почвы, что особенно важно при подготовке земли для лесовосстановления и сельскохозяйственных нужд. Механическое корчевание позволяет быстро и эффективно удалить пни, но может приводить к разрушению структуры почвы и уплотнению. Химический и биологический методы воздействуют на пни более медленно, но при этом меньше повреждают почвенный горизонт. Взрывной способ, хоть и эффективен на больших участках, требует особой осторожности, чтобы избежать нарушения целостности участка и близлежащих насаждений. Выбор

метода удаления пней зависит от особенностей участка, целей его дальнейшего использования и экономических факторов.

Выбор метода удаления пней зависит от различных факторов, таких как размер пня, тип почвы, доступность участка, бюджет и требования к срокам выполнения работ. Механизированные методы являются наиболее эффективными для крупных объемов, однако ручные и биологические методы могут быть предпочтительными в определенных ситуациях, особенно когда требуется минимальное воздействие на окружающую среду. Каждый метод имеет свои уникальные преимущества и недостатки, и правильный выбор может существенно повлиять на результат и последствия работы.

Анализ технологий механического метода удаления пней

Для расчистки площадей использовалось различное оборудование и машины. Механическая раскорчёвка пней является важной задачей при расчистке участков, предназначенных для сельскохозяйственных или строительных работ. На каждом этапе применение того или иного вида машин обуславливалось уровнем технического прогресса.

На представленной схеме (рис. 1) показаны различные технологии механического удаления пней с использованием специализированной техники. Рассмотрим основные из них:

– технология горизонтальной корчевки с применением канатных тросов и лебёдок (рис. 1, *а*, *б*). В этих случаях используются трос, канат или стропа (1), закреплённые за пень. Трос натягивается либо за счёт движения техники (*а*), либо с помощью лебёдки (*б*), что приводит к вырыванию пня из почвы.

– использование экскаватора с корчевальным захватом (рис. 1, *в*).

Технология с использованием экскаватора позволяет применять комбинированную корчевку пня (в горизонтальном и вертикальном направлениях), что значительно снижает энергозатраты на удаление пня. Захватный механизм экскаватора оборудуется ковшом с зубьями (5), которые подкапывают и вырывают пень из земли.

– Применение специального корчевателя с передней и задней навеской поворотного рабочего органа (рис. 1, *г* и *д*). Является самым распространенным методом корчевки в лесном хозяйстве. Позволяет корчевать пни и деревья в горизонтальном направлении. За счет применения тяжелой техники возможно удалять пни диаметром до 40 см.

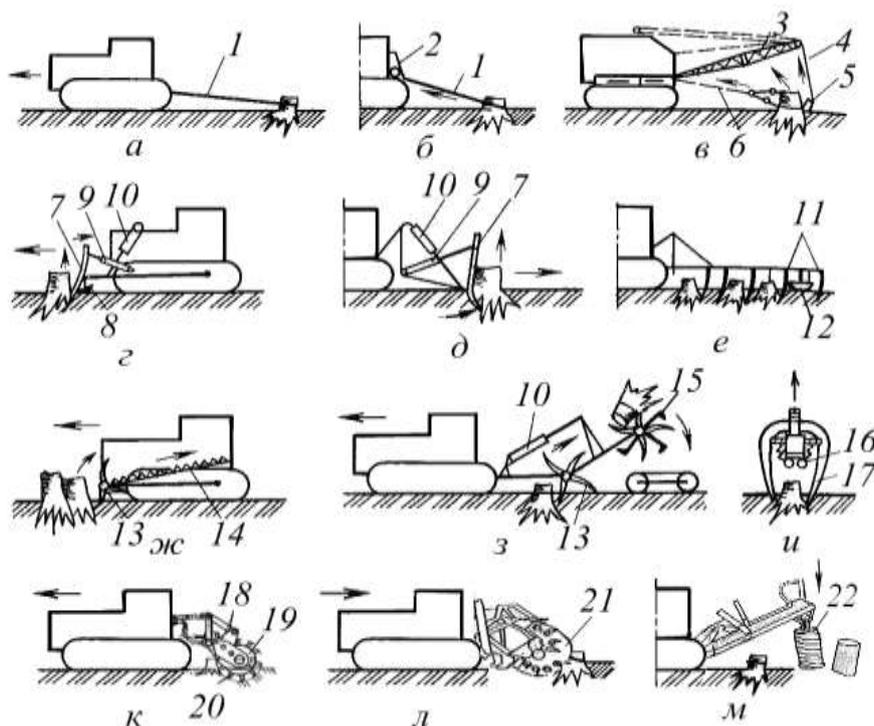


Рисунок 1 – Технологии раскорчевки с применением машин и орудий:

а – корчевание прямой тягой; *б* – корчевание с помощью тракторной лебедки; *в* – экскаватор с корчевальным захватом; *г, д* – корчеватель с передней и задней навеской поворотного рабочего органа; *е* – корчевальная борона; *ж, з* – ротационный корчеватель; *и* – виброкорчеватель; *к* – роторный (барабанный) навесной измельчитель; *л* – дисковый навесной измельчитель; *м* – высверливание

1 – канат; *2* – корчевальная лебедка; *3* – стрела; *4* – подъемный канат; *5* – корчевальные клещи; *6* – тяговый канат; *7* – щит-отвал с зубьями; *8* – упорная лыжа; *9,10* – гидроцилиндры поворота и подъема; *11* – пассивный зуб; *12* – опорная скользящая лыжа; *13* – ротор; *14* – клавишный сепаратор; *15* – ротор-очиститель; *16* – вибратор; *17* – клещевой захват; *18* – редуктор; *19* – барабан; *20* – нож; *21* – диск; *22* – пустотелое сверло

– Корчевание бороной (рис. 1, *е*) – это метод удаления пней и корней с помощью специальной сельскохозяйственной техники, такой как корчевальная борона. Этот метод направлен на подрезку корневой системы и рыхление почвы, что позволяет ускорить процесс очистки участка от древесной растительности. В основном применяется в сельском хозяйстве.

– Ротационный корчеватель (рис. 1, *ж, з*) используется для подрезания слоя почвы вместе с пнем, и последующего его перемещения на поверхность земли с помощью подъемников. Поднимаясь по ним вверх, происходит крошение пласта и частичное очищение пня от почвы, после этого пень выбрасывается либо на поверхность земли, либо в кузов [10].

– Виброкорчевка (рис. 1, *и*) – это технология основана на создании колебаний, передающихся от рабочего органа на пень и позволяющих разрушить связь корневой системы с почвой, что облегчает его удаление и снижает нагрузку на оборудование.

– Технология раскорчевки с применением роторного (или барабанного) навесного измельчителя (рис. 1, *к*) является одним из наиболее эффективных и производительных методов удаления пней, корней, и древесных остатков с земли. Этот метод включает использование специального навесного оборудования, состоящего из ротора или барабана. Это основной рабочий орган устройства, представляющий собой вращающийся цилиндр с множеством острых и прочных зубьев, ножей или фрез. Ротор вращается с высокой скоростью и контактирует с пнями и корнями, измельчая их на мелкие фрагменты. Данное орудие крепится на тракторы, экскаваторы или другие машины, и предназначено для измельчения древесных остатков прямо на месте. Измельчённые материалы могут быть оставлены на поверхности в качестве мульчи или удалены для дальнейшей переработки.

– Технология раскорчевки с применением дискового навесного измельчителя (рис. 1, *л*) на равне с роторной также является одним из популярных методов удаления пней. Основное отличие от роторного (барабанного) измельчителя заключается в том, что в конструкции используется несколько дисков с ножами или зубьями, которые вращаются и режут пни и корни, разбивая их на мелкие части.

– Технология высверливания пня (рис. 1, *м*) – это метод удаления пней и их корневых систем с использованием специализированного бурового оборудования, которое высверливает древесину, разрушая её структуру и ослабляя связь с почвой. Этот метод относится к механическим способам раскорчевки и особенно эффективен на участках с твёрдыми или глубокими корнями, где другие способы могут быть менее продуктивными.

Таблица 2 – Анализ технологий механического удаления пней

Обозначение на схеме	Технология	Достоинства	Недостатки
<i>А</i>	корчевание прямой тягой	<ul style="list-style-type: none"> – Выборочная раскорчевка – Простота – Эффективность – Сила тяги – Минимальные физические затраты – Возможность корчевки пней большого диаметра 	<ul style="list-style-type: none"> – Повреждение почвы – Необходимость в тяжёлой технике – Риск повреждения оборудования – Низкая эффективность на сложных рельефах – Необходимость в доступной рабочей площадке для движения трактора
<i>Б</i>	Корчевание с помощью тракторной лебедки	<ul style="list-style-type: none"> – Выборочная раскорчевка – Использование на любых участках – Минимальное повреждение почвы 	<ul style="list-style-type: none"> – Ограниченная производительность – Скорость удаления – Высокий риск повреждения техники и оборудования

		<ul style="list-style-type: none"> – Экономичность: техника используется в качестве якоря, поэтому затраты на топливо ниже в сравнении с методом А 	<ul style="list-style-type: none"> – Необходимость использования физического труда
<i>В</i>	Экскаватор с корчевальным захватом	<ul style="list-style-type: none"> – Выборочная раскорчевка – Возможность удаления пней любого размера – Высокая производительность – Экономичность при большом объеме работы – Возможность моментального удаления ям и выравнивания ландшафта после корчевки – Использования на труднодоступных участках 	<ul style="list-style-type: none"> – Стоимость – Требования к квалификации оператора – Невозможность применения на ухоженных участках – Возможность повреждения корневой системы соседних растений – Износ рабочего органа, особенно при работе на каменистой почве
<i>Г,Д</i>	Корчеватель с передней или задней навеской поворотного рабочего органа	<ul style="list-style-type: none"> – Сплошная раскорчевка – Высокая производительность – Экономичность при большом объеме работы – Возможность моментального удаления от ям и выравнивания ландшафта после корчевки – Удаление пней до 60 см 	<ul style="list-style-type: none"> – Высокая стоимость при малом объеме работы – Повреждения почвы – Необходимость в расчищенной площадке для движения трактора – Снижение плодородия почвы – Повреждение прилегающей к пню растительности – Износ рабочего органа
<i>Е</i>	Корчевальная борона	<ul style="list-style-type: none"> – Сплошная раскорчевка – Низкая стоимость при большом объеме работы – Эффективен для аграрных работ – Удаляет корневую систему – Возможность создания противопожарных полос 	<ul style="list-style-type: none"> – Возможность удаления пней до 20 см – Высокий износ оборудования – Применение тяжелой техники – Низкая эффективность при использовании в лесной отрасли – Не подходит для каменистой почвы
<i>Ж,З</i>	Ротационный корчеватель	<ul style="list-style-type: none"> – Сплошная раскорчевка – Минимальное повреждение почвы для сплошной раскорчевки – Высокая производительность 	<ul style="list-style-type: none"> – Возможность удаления пней до 35-40 см – Ограниченная глубина обработки – Быстрый износ лезвий орудия – Регулярное обслуживание оборудования – Ограничен в работе с крупными пнями – Не подходит для каменистой почвы
<i>И</i>	Виброкорчеватель	<ul style="list-style-type: none"> – Выборочная раскорчевка – Наиболее эффективен на песчаных и легких почвах – Снижает усилие для извлечения пня 	<ul style="list-style-type: none"> – Ограничен в работе с крупными пнями – Не подходит для каменистой почвы

		– Возможность применения на различной технике	
<i>К</i>	Роторный (барабанный) навесной измельчитель	<ul style="list-style-type: none"> – Выборочное удаления пней – Высокая производительность для расчистки больших площадей – измельчение растительности на месте – Удаление пней любого диаметра 	<ul style="list-style-type: none"> – Корневая часть остается в почве, что может вызвать появление грибков и болезней и препятствовать строительным работам – Возможность повторного роста побегов из оставшихся корней – Ограниченная глубина обработки, которой может быть недостаточно для последующей эксплуатации участка – Износ зубьев – Повреждение растительности, соседствующей с удаляемым пнем – Требуется мощный трактор – Скорость удаления и износа орудия зависит от типа древесины и ее состояния – Повреждение почвы
<i>Л</i>	Дисковый навесной измельчитель	<ul style="list-style-type: none"> – Выборочное удаления пней – Высокая производительность – Возможность использования трактора малой мощности – Минимальное повреждение почвы 	<ul style="list-style-type: none"> – Скорость удаления и износа орудия зависит от типа древесины и ее состояния – Быстрый износ зубьев – Удаление пней большого диаметра в несколько приемов – Корневая часть остается в почве – Возможность повторного роста побегов из оставшихся корней
<i>М</i>	Высверливание пня	<ul style="list-style-type: none"> – Минимальное повреждение почвы – Скорость понижения пня – Применение колесной техники – Использование тракторов малого класса – Использование в ограниченных условиях – Экономичность – Моментальная переработка пня в щепу и опилки – Возможность использования древесных остатков для различных нужд хозяйства 	<ul style="list-style-type: none"> – Корневая часть остается в почве – Требования к техническому состоянию бурового оборудования – Ограниченная глубина обработки – Возможность повторного роста побегов из оставшихся корней – Высокий износ режущей поверхности бура

Анализ существующих моделей машин и орудий для сплошной раскорчевки пней

Проблема эффективного удаления пней является острой еще с середины прошлого века. В 60-70 годы в Советском союзе активно занимались поиском

решений данной проблемы. Было выпущено большое количество статей, зарегистрировано десятки патентов на изобретения как на технологии, так и на машины и орудия для раскорчевки пней. Также защищено несколько диссертаций. Однако широкого применения эти наработки не получили.

В СССР, а потом и в России широкое применение получили орудия для сплошной раскорчевки, такие как КМ-1, МП-2А, Д-695 и КСП-2 и т. д.

Корчевальные машины КМ-1 и КМ-1А получили широкое распространение благодаря своей способности эффективно проводить полосную расчистку вырубок от пней, камней, валежа и крупных остатков древесины. Эти машины агрегируются с тракторами ЛХТ-55 или ТДТ-55А.

КМ-1А (рис. 2) способна корчевать пни как хвойных, так и лиственных пород с диаметром до 60 см, что делает ее универсальным инструментом для проведения различных лесохозяйственных работ.



Рисунок 2 – Корчевальная машина КМ-1 на базе трактора ТДТ-55

а – общий вид, *б* – устройство: 1 – трактор; 2 – кронштейн; 3 – гидроцилиндр подъема и опускания машины; 4 – гидроцилиндр поворота рабочего органа; 5 – рама; 6 – отвал; 7 – шарнир; 8 – рабочий орган; 9 – фиксирующая цепь



Рисунок 3 – Корчеватели:

а – Корчеватель-сборитель Д-695 агрегирующийся с трактором Т-100МБГП
б – Корчеватель ДП-8А агрегирующийся с трактором ДТ-75Б

Корчеватели-собиратели моделей Д-695 (рис.3, а), МП-2А, ДП-8А (рис. 3, б), МП-7А и МП-8 также предназначены для эффективного корчевания пней, извлечения камней из грунта и их транспортировки за пределы участка. Эти машины оптимизированы для работы в сложных условиях, что делает их незаменимыми в лесном и сельском хозяйстве [11].

Особенно интересной является конструкция корчевателя-собирателя КСП-20 (рис. 4), который не только удаляет пни и кустарники, но и используется для уборки строительных материалов. Эта машина позволяет эффективно погружать собранные объекты в транспортные средства, что значительно ускоряет процесс утилизации и облегчает выполнение различных задач на стройплощадках и в лесозаготовительных работах.



Рисунок 4 – Корчеватель-собиратель КСП-20:

- 1 – балка передняя; 2 – клыки (зубья) корчующие;
 3 – рама; 4, 5, 10 – гидроцилиндры; 6 – боковина; 7 – механизм подрезки корней;
 8 – защита двигателя; 9 – зубья захватывающие

Современная отечественная техника для сплошной раскорчевки пней представлена корчевателями-собирателями, такими как МП-18-6 (рис. 5), МП-19-3 и КТ-01СБ, предназначены для удаления пней и кустарниковой растительности на минеральных и осушенных торфяно-болотных почвах. Эти машины также способны перемещать крупные камни весом до 3 тонн за пределы участка или полосы. Универсальная толкающая рама 6 корчевателя представляет П-образную конструкцию, в которую вварены шесть зубьев 1 на расстоянии 0,4 м друг от друга. Привод рабочего оборудования осуществляется при помощи двух гидроцилиндров 4 и обеспечивает подъем зубьев над поверхностью земли на 0,8 м, а также заглубление в почву на 0,4 м. Масса навесного оборудования составляет 1500 кг, ширина захвата – 2,3 м, производительность припоштучной корчевке – 25-29 пней/ч, а при сплошной корчевке древесно-кустарниковой растительности – 0,11-0,17 га/ч [12].



а)



б)

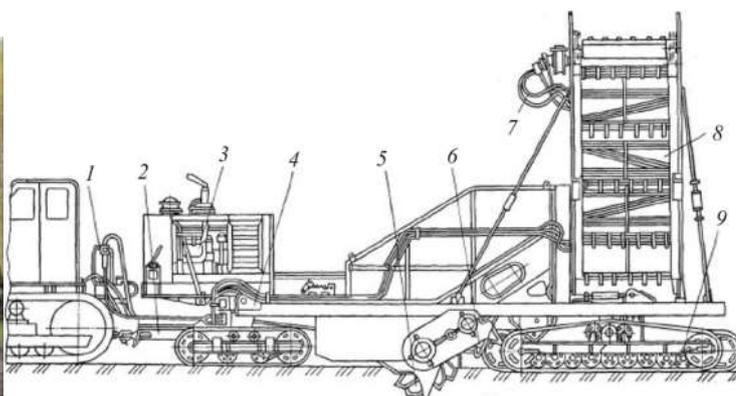
Рисунок 5 – Корчеватели:

- а – Корчеватель-собратель МП-18-6 на базе трактора Т-130,
 б – устройство корчевателя-собрателя МП-18-6 на базе трактора МТЗ-1502:
 1 – зуб; 2 – балка; 3 – толкатель; 4 – гидроцилиндр; 5 – шарнир;
 б – универсальная толкающая рама

В СССР также существовали корчеватели активного типа МТП-26, МТП-42, МТП-81А (рис. 6) и др.



а



б

Рисунок 6 – Корчеватели:

- а – Корчеватель активного типа МТП-81А,
 б – Устройство корчеватель активного типа МТП-81А:
 1 – ходоуменьшитель; 2 – прицеп; 3 – энергетический модуль; 4 – рама;
 5 – корчующий ротор; б – съемный и транспортирующий роторы; 7 – гидросистема;
 8 – сменное оборудование в виде скребкового транспортера; 9 – балансирные тележки

Они предназначены для сплошного корчевания древесных включений из верхнего слоя торфяной залежи, очистки их от торфа и формирования в валки. Применяются при ремонте действующих полей добычи фрезерного торфа. Принцип работы машины заключается в следующем: вращающийся корчующий ротор 5 извлекает из почвы пни, которые снимают с клыков съемным ротором и транспортируют назад по ходу машины. Проходя по транспортирующему ротору 6, пни встряхивают, очищают от грунта и подают на ленточный

транспортер, а затем в кузов транспортного средства и отвозят за пределы обработанной площади [13].

Корчующий, съемный и транспортирующие роторы получают привод от ходоуменьшителя трактора. Подъем корчующего рабочего органа в транспортное положение осуществляется двумя гидроцилиндрами, управляемыми распределителем трактора.

При работе корчевателя с пассивным рабочим органом допускается срезание гумусового слоя не более 25 м³/га, в то время как с активным рабочим органом срезания и сволакивания в кучи гумусового слоя не должно быть. Минимальный диаметр срезаемых стволов составляет 1,5-2,0 см, максимальный в зависимости от технических возможностей машин – до 15 см. При сгребании срезанной древесной массы не допускается сволакивание гумусового слоя почвы.

В Республике Беларусь с 2015 года началась разработка современного корчевателя активного типа. В 2019 году он прошел испытания и на данный момент производится предприятием ОАО «Завод торфяного машиностроения «Большевик». Корчеватель активного типа КАП-2 (рис. 7) предназначен для выкорчевывания пней, расчистки полосы отвода от корней и валунов, уборки стволов деревьев и кустарника.



Рисунок 7 – Корчеватель активного типа КАП-2

Является прицепной машиной к трактору тягового класса не менее 6 т с. Обладает следующими характеристиками: привод рабочего органа гидравлический, мощность двигателя трактора – не менее 103 кВт, глубина корчевания – 0,4 м, ширина захвата – 3,0 м, рабочая скорость движения: 1,2-2,4 км/ч, габаритные размеры: длина – 9,48 м, ширина – 8,36 м, высота в рабочем положении

– 4,94 м, высота в транспортном положении – 6,49 м, масса конструкции (без трактора-тягача) – 17 т [16].

Сейчас большое распространение получили машины для удаления пней – мульчеры (ротоваторы), дисковые и цилиндрические фрезы. Мульчеры с приводом от вала отбора мощности (рис. 2.12) закрепляются на трехточечную навеску трактора мощностью от 30 до 300 кВт с различными вариантами роторов и разнообразной комплектацией. Самые мощные модели позволяют измельчать кусты, ветки и деревья до 50 см в диаметре и обрабатывать территорию со скоростью до 5 км/ч. Для мощных машин используют двусторонний привод ротора, передача усилия на который может быть осуществлена через встроенную раздаточную коробку, эластичные ремни или боковые карданные валы.

Часто мульчеры оборудуются жестко закрепленной или управляемой гидроприводом рамкой-толкателем для раздвигания кустов и валки деревьев. Мульчеры с приводом от ВОМ могут быть выполнены для задней и передней навески. Некоторые производители предлагают также машины с автономным двигателем. Такие мульчеры могут навешиваться на самые разные шасси, в том числе на бульдозеры и фронтальные погрузчики.

Более универсальными измельчителями пней следует считать ротоваторы, которые позволяют измельчать корни и пни, разрыхлять почву. Такие машины подходят для создания противопожарных полос, восстановления заброшенных территорий, расчистки участков после лесозаготовок, корчевания, разрыхления почвы перед посадкой новых деревьев с одновременным удалением старых пней и корней.

Машина для дробления пней и обработки почвы (ротоватор) МДП-1,5 (рис. 8) предназначена для подготовки полос под посадку лесных культур с одновременным дроблением пней и обработки почвы на глубину до 25 см. Рабочий орган машины представляет собой барабан 6, на поверхности которого закреплены долотообразные ножи 7. Вращение роторному рабочему органу передается от ВОМ трактора ЛХТ-4 через карданную передачу, конический и цилиндрический редукторы. Частота вращения барабана – 65 м⁻¹. Трактор ЛХТ-4 оборудован гидроходоуменьшителем, обеспечивающим рабочие скорости в пределах 0,4...1,0 км/ч основного времени [14].

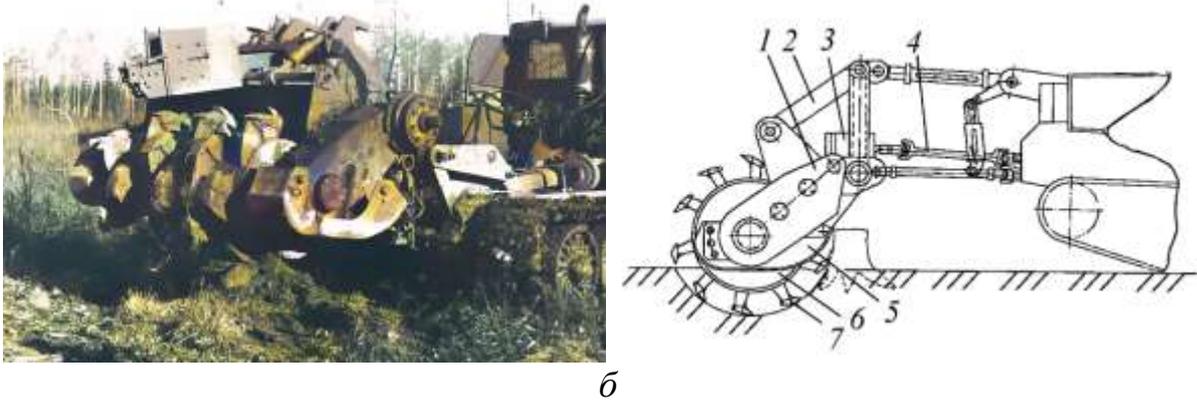


Рисунок 8 – Машина для дробления пней МДП – 1,5:

a – общий вид; *б* – конструктивная схема

1 – цилиндрический редуктор; 2 – рама; 3 – конический редуктор; 4 – карданный вал;
5 – опорные лыжи; 6 – рабочий орган; 7 – скалывающие ножи

На данный момент существует огромное количество производителей, которые выпускают мульчеры. К ним относятся Loftness, Bandit Industries, Vermeer, FECON (США), Ventura, Niubo Maquinaria, TMC Cancela (Испания) (рис. 9, *a*), Seppi M (рис. 10, *a*), FAE Group (рис. 9, *б*), BERTI Macchine Agricole (Италия), ANWI (Германия), Gyro-Trac (Канада) (рис. 10, *б*), Yantai Rima Machinery, Shandong Honest Machinery (КНР). Эти, а также другие компании производят мульчеры и ротоваторы как в исполнении навесного оборудования для тракторов, стрел экскаваторов, погрузчиков, так и в виде самоходной машины.



Рисунок 9 – Мульчеры:

a – мульчер TMC Cancela TFK-200, агрегируемый трактором Т-150,

б – мульчер с фиксированными зубьями FAE UML/EX на стреле экскаватора Fiat-Hitachi EX 165

Принцип работы мульчеров един у всех производителей. Отличие заключается лишь в ширине и глубине обрабатываемой полосы, диаметре удаляемого пня или дерева, потребляемой мощности и типе привода [21].



а

б

Рисунок 10 – Мульчеры:

а – мульчер SEPPi MINIFORST cl на базе погрузчика Kubota SVL 97-z,

б – самоходный мульчер Gyro-Trac GT-350

В России основным производителем мульчеров является компания ООО «Промышленный Меридиан» (г. Пермь). Она выпускает различные мульчеры с механическим или гидравлическим приводами, которые агрегируются тракторами МТЗ, ХТЗ/БТЗ, «СТАНИСЛАВ», а также самоходные мульчеры. Особое внимание заслуживают самоходные мульчеры ETW-240/300/330 (рис. 11, а) на колесном ходу. Основным преимуществом данных машин является гидростатическая трансмиссия с диапазоном скоростей при работе мульчера от 0 км/ч. Гидравлический привод мульчера обеспечивает плавный разгон ротора и позволяет избежать проблем с выходом из строя карданов, механизмов отбора мощности и соединительных муфт, что является частой проблемой у техники, работающей с мульчерами через механический привод. Самоходные колесные мульчеры не уступают по производительности гусеничным машинам, при этом выделяются более низкой стоимостью, а также возможностью самостоятельно перемещаться по дорогам общего пользования.

ООО «Петербургский машиностроительный завод» в январе 2022 года выпустил новую модификацию машины МФ-705 «СТАНИСЛАВ» для мульчирования и фрезерования почвы. Данная машина может агрегатироваться мульчерами Seppi STARFORST 210 или 200 в зависимости от мощности установленного двигателя.

Большое распространение получила гусеничная машина ТЛП-4М-037, оснащенная мульчером Seppi MIDIFORST dt, предназначена для сплошного измельчения кустарниковой и древесной растительности на открытых территориях до 300 мм в диаметре, а также доставки средств пожаротушения к месту пожара, организации опорных и заградительных полос с целью локализации огня.

Белорусское предприятие «Стройремавто» с 2018 года освоило производство навесных и самоходных мульчеров, предназначенных для расчистки объектов от древесно-кустарниковой растительности. Для возможности выполнения работ по расчистке объектов в наиболее сложных условиях разработан самоходный мульчер УРС-300 (рис.11, б).



а

б

Рисунок 11 – Самоходные мульчеры:
а – самоходный колесный мульчер UM-ForestETW-300
б – самоходный гусеничный мульчер УРС-300

Сравнительная характеристика основных российских и белорусских мульчеров представлена в табл. 3.

Таблица 3 – Характеристики мульчеров российского производства

Модель	ETW-300	УРС-300	МФ-705	ТЛП-4М-037
Максимальный диаметр срезаемой растительности, мм	400	350	400	300
Рабочая ширина, мм	2550	2 160	2100	250
Максимальное заглубление в почву, мм	70	–	–	–
Диаметр ротора, мм	505	500	–	–
Рабочая скорость, км/ч	0-5	8	0-5	0-4,5
Масса, кг	9800	13450	10000	18750
Габаритные размеры, мм	6310x2550x3000	6700x2500x2870	5600x2530x3300	9050x2550x2957

Также набирает популярность горизонтальные дисковые мульчеры. В сравнении с роторными мульчерами они требуют меньшей мощности для обработки древесины за счет более локального воздействия и направленного вращения, имеют лучшую производительность на плотной древесине, а также подхо-

дят для точечной работы. Главным отличием дисковых мульчеров перед всеми остальными орудиями сплошной раскорчевки пней и деревьев является масса. За счет низкой массы дисковый мульчер возможно устанавливать на любой тип техники.

Благодаря своим достоинствам в России сконструировали плавающий болотоходный мульчер Тром-20 УЭС (рис. 12). Он обладает следующими характеристиками: максимальный диаметр срезаемой растительности до 250 мм, масса мульчера составляет 1020 кг, скорость передвижения до 20 км/ч, масса вездехода 3500 кг. Производительность на сложных обводненных и рельефных участках за 10 часовую смену до 1га.



Рисунок 12 – Болотоходный мульчер Тром-20 УЭС

Компаниями «Промышленный Меридиан» (г. Пермь) выпускает навесные горизонтальные дисковые мульчеры серии UM-Forest D-100H/D-125H/D-150H (рис. 13, а), требующие гидросток 80/100/130 л/мин соответственно. Благодаря этому их можно устанавливать как на мини-погрузчики, так и на тяжелую технику. Производитель «EXTEN» (г. Казань) изготавливает мульчер ALF900 (рис. 13, б) для экскаваторов 15-25 тонн.

Мировые производители горизонтальных дисковых мульчеров включают такие американские компании, как FECON, Loftness, Gyro-Trac, Diamond и ряд европейских производителей, таких как Seppi и FAE Group, Wirax (Польша), Mcconnel (Великобритания).

Одним из немногих ротационных корчевателей являются Stump Puller 1700 Series американской фирмы Savannah Agro-Forestry Solutions. Конструкции запатентованы и включают модель 1710, предназначенную для корчевки небольших пней в диапазоне 8-20 см, в то время как 1720 может выкорчевывать более крупные пни диаметром от 10 до 58 см.



а



б

Рисунок 13 – Дисковые мульчеры:
 а – горизонтальный дисковый мульчер UM-Forest D-150H
 б – горизонтальный дисковый мульчер EXTEN ALF900



а



б



в

Рисунок 14 – Корчеватели:
 а – ротационный корчеватель Savannah Stump Puller 1710,
 б – 3D-модель ротационного корчевателя Savannah Stump Puller 1720,
 в – роторные грабли Savannah 1200 rotary rake

Корчеватели пней используют подъемные колеса диаметром 2,4 м, установленные в оптимальной геометрии, чтобы захватывать и поднимать пень и основную корневую структуру достаточно высоко, чтобы отделить их от почвы для эффективного сгребания. Для достижения этого корчеватели пней буксируются за трактором или бульдозером с соответствующей мощностью. Опти-

мальная скорость тяги для моделей 1710 и 1720 составляет 6,4 км/ч и 4,8–7,2 км/ч соответственно. С точки зрения производительности, модель 1710 может удалять пни на площади со скоростью 1,2–1,6 га/ч, в то время как модель 1720 может производить 1–1,6 га/ч. Оптимальная скорость вытягивания пней составляет 5–8 км/ч. Корчеватель агрегируется с тракторами мощностью от 250 до 600 л.с.

Корчеватели пней Savannah можно комбинировать с роторными граблями Savannah 1200 rotaryrake. Грабли можно использовать для удаления тяжелого мусора перед работой корчевателя пней. После этого грабли можно также использовать для перемещения и сбора поднятых пней в нужное место.

Анализ существующих моделей машин и орудий для выборочной раскорчевки пней

За последние 10–15 лет все больше и больше производителей выпускают технику для выборочного удаления пней и деревьев, так как эти машины требуют меньшей мощности и энерговооруженности.

Наиболее популярным устройством для удаления одиночных пней является фреза для пней, также известная как пнедробилка. Этот вид оборудования предназначен для измельчения пней на мелкие частицы прямо в земле, что делает его удобным для использования в ландшафтных, сельскохозяйственных и строительных работах [14]. Позволяют измельчать древесину, как правило, на глубину до 20–40 см. Благодаря простому принципу работы существует различные типы:

1. По типу привода

– Самоходные фрезы оборудованы собственным двигателем (бензиновым, дизельным или электрическим). Удобны для работы в различных условиях, обладают высокой маневренностью;

– Навесные фрезы монтируются на тракторы, мини-погрузчики, экскаваторы или другую базовую технику. Используют гидравлический или механический привод;

– Ручные фрезы – легкие устройства с небольшим бензиновым двигателем, предназначенные для мелких работ.

2. По мощности и производительности:

– Профессиональные фрезы предназначены для интенсивной эксплуатации в лесном хозяйстве, садоводстве или строительстве. Обладают высокой

производительностью и мощностью до 75-150 л.с., например, Rabaud XYLOCROK T (рис. 15, а);

– Полупрофессиональные фрезы подходят для среднего объема работ, таких как удаление пней на участках после вырубki деревьев. Мощность составляет 15-30 л.с., например, Herder SCT-550H (рис. 15, б);

– Любительские фрезы используются для удаления небольших пней на приусадебных участках, например, Laski F460/27 E (рис. 15, в).

3. По области применения:

– Для работы на твердых почвах. Такие машины оснащены усиленными зубьями или карбидными вставками для эффективного дробления в сложных условиях;

– Для работы на мягких и влажных почвах машины оснащены устройством для регулировки глубины обработки и функцией предотвращения залипания;

– Для работы в труднодоступных местах используются узкоспециализированные модели с компактной конструкцией, которые возможно применять на склонах, в лесопосадках и других сложных условиях.

Главная особенность некоторых самоходных дисковых измельчителей от остальных машин для удаления пней – возможность дистанционного управления, что обеспечивает безопасность оператора и удобство при работе на труднодоступных или опасных участках [17].

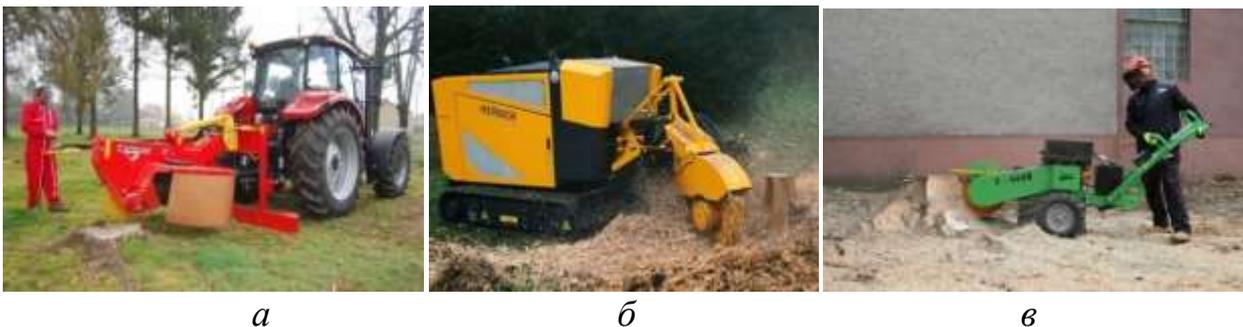


Рисунок 15 – Измельчители пней:
 а – дисковый измельчитель пней RabaudXYLOCROK T,
 б – беспилотный дисковый измельчитель пней Herder SCT-550H,
 в – дисковый измельчитель пней Laski F460/27 E

Основными производителями таких измельчителей являются FSI Power Tech (Дания), Laski (Чехия), Caravaggi (Италия), Herder B.V. (Нидерланды), Vermeer (Германия) и другие. В России выпускается измельчитель пней дисковый ИПД-70 (рис. 16, а, б), обладающий следующими характеристиками: диа-

метр фрезы 700 мм, требуемый гидропоток 70...150 л/мин, максимальная скорость вращения фрезы 625 об/мин, максимальная глубина фрезерования ниже уровня грунта 440 мм, габариты (дл/ш/в) 950/1200/900 мм, масса 290 кг. Максимальная высота фрезерования от уровня грунта определяется максимальным положением захватов стрелы по высоте мини-погрузчика или трактора относительно грунта.



а

б

Рисунок 16 – Дисковые измельчители пней:

а – дисковый измельчитель пней ИПД-70 на тракторе МТЗ-82,

б – дисковый измельчитель пней ИПД-70 на мини-погрузчике ЧЕТРА МКСМ 1200М

Также большую популярность среди навесного оборудования для тракторов получили буровые измельчители пней. Основной рабочий орган бурового измельчителя представляет собой бур с зубцами или резцами, выполненными из износостойких материалов [18]. Конструкция включает:

- 1) Шнековый бур, обеспечивающий проникновение в грунт и подрезку корневой системы;
- 2) Режущие резцы, расположенные по спирали или радиально и предназначены для измельчения древесины;
- 3) Гидравлический или механический привод, который обеспечивает вращение бура.

Данный тип измельчителей производит ограниченное число компаний: FERRI ROTOR (Италия) (рис. 17, а), (Эстония), Auger Torque (США), ELLETTARI LUCA(Италия) [19].

*а**б*

Рисунок 17 – Измельчители пней:

а – дисковый измельчитель пней ELLETTARI LUCA*б* – буровой измельчитель пней Dipperfox Stump Crusher 400

ООО " Опытный механический завод " изготавливает буровые измельчители ИПР-50 и ИПР-70 (рис. 18, *б*) для тракторов МТЗ ЮМЗ-6, ЮМЗ-6ДМ, ЛТЗ-60АБ. Сравнительные характеристики отечественной и итальянской установки приведены в табл. 4.

*а**б*

Рисунок 18 – Буровые измельчители пней:

а – буровой измельчитель пней Ferri Rotor Speedy 80/100*б* – буровой измельчитель пней ИПР-70

Таблица 4 – Сравнительная характеристика буровых измельчителей ИПР-70 и Ferri Rotor S 80/100

	ИПР-70	FerriRotorSpeedy80/100
Мощность агрегируемого трактора, л.с.	80-100	80-100
Привод инструмента	от ВОТ трактора, 500 об/мин	от ВОТ трактора, 1000 об/мин
Глубина заглубления, мм	До 500	До 950
Диаметр бура, мм	700	500
Масса, кг	756	1000



а

б

Рисунок 19 – Рычажные корчеватели:

а – рычажный корчеватель А.ТОМ Мна базе погрузчика JCB

б – рычажный корчеватель КИМ-600, агрегируемый экскаватором Shantui

Также набирают популярность рычажные корчеватели для раскорчевки одиночных пней диаметром до 40-50 см, устанавливаемые на экскаваторы от 8 тонн и погрузчики. Их изготавливают такие производители, как OMEF (Италия), А.ТОМ (Украина) (рис. 19, а), Леспромресурс (Россия) (рис. 19, б), Westtech (Австрия), Rockland (США) и другие [20].

Наиболее популярными в сельском хозяйстве при одиночной раскорчевке пней и деревьев диаметром до 20-30 см являются челюстные гидравлические корчеватели. Благодаря принципу работы они являются конструктивно простыми, эффективными, требуют минимальные затраты на производство и обслуживание. Их устанавливают на технику любого класса и любой мощности.

Такой корчеватель работает, захватывая ствол или корневую часть растения при помощи двух мощных челюстей с зубцами. Челюсти приводятся в движение гидравлической системой, что позволяет надежно захватить и вырвать из земли корни растения. Благодаря поднятию стрелы погрузчика или задней навески трактора пень вырывается с корнями.

Преимущества данного типа корчевателя:

- позволяет эффективно удалять деревья и пни без значительных повреждений почвы;
- удобен для использования на неровных или труднодоступных участках;
- подходит для работы с различными типами грунта и растительности.

Недостатки:

- требует наличия гидравлической системы на базовой машине (тракторе или экскаваторе).

– не эффективен на участках с большим количеством корней или при работе с крупными деревьями.

Большое количество российских компаний производят такие корчеватели, в основном, для тракторов МТЗ (рис. 20, а), Т-150 и К-700, а также погрузчиков (рис. 20, б).



а

б

Рисунок 20 – Челюстные корчеватели:

а – челюстной корчеватель КГЧ-1,2, агрегируемый трактором МТЗ-82

б – челюстной корчеватель КГЧ-1,2 на базе погрузчика JSB

Вывод

Проблема удаления пней и деревьев остается актуальной задачей в лесном и сельскохозяйственном хозяйстве, требующей применения эффективных и технологически продвинутых решений. В ходе обзора методов, технологий и оборудования для удаления пней и деревьев были выявлены преимущества и недостатки каждого подхода, а также их целесообразность для различных условий эксплуатации. Механические, химические, биологические и огневые методы демонстрируют различные уровни эффективности и экологической безопасности, что позволяет выбрать оптимальный метод в зависимости от условий работы и типа растительности.

Современные разработки в области специализированной техники, такие как корчеватели, мульчеры и буровые установки, позволяют не только повысить производительность работ, но и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Новейшие машины обеспечивают надежность, точность и безопасность проведения операций по удалению древесных остатков, позволяя успешно использовать их в труднодоступных местах и при сложных условиях.

Таким образом, интеграция инновационных технологий и оборудования для удаления пней и деревьев может значительно повысить эффективность ле-

совосстановительных и сельскохозяйственных работ, а также минимизировать затраты и экологический ущерб.

Список литературы

1. Технология и машины лесосечных работ : учебное пособие / В. И. Патякин, И. В. Григорьев, А. К. Редькин, В. А. Иванов [и др.]. – Санкт-Петербург, 2009. – 10 с.
2. Григорьев, И. В. Технология и машины лесовосстановительных работ : учебник для вузов / И. В. Григорьев, О. И. Григорьева, А. И. Никифорова. – Санкт-Петербург : Лань. – 2015. – 272 с.
3. Шекель, А. И. Технология и машины для удаления пней и подготовки посадочных ям : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 «Технология и машины лесного хозяйства и лесозаготовок» / Александр Иосифович Шекель. – Москва, 1999. – 494 с.
4. Завражнов, А. А. Рекультивация многолетних насаждений – основная компонента расширенного воспроизводства в промышленном садоводстве / А. А. Завражнов, А. И. Завражнов, В. Ю. Ланцев // Достижения науки и техники АПК. – 2016 – Т. 30. – № 5. – С. 33-37.
5. Технологии и техника промышленного садоводства / А. И. Завражнов, А. А. Завражнов, В. Ю. Ланцев, К. А. Манаенков, В. Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016 – 520 с.
6. Одноралов, Г. А., Влияние машинной трелевки на почвы лесных экосистем / Г. А. Одноралов, И. М. Бартенев // Соц.- эконом. и эколог. проблемы лесного комплекса. Екатеринбург. 1999. С. 61-62.
7. Носоновских, К. В. Получение дополнительной энергии за счет использования порубочных остатков / К. В. Носоновских, А. А. Побединский // Сборник статей II всероссийской (национальной) научно-практической конференции "Современные научно-практические решения в АПК", Тюмень, 26 октября 2018 года. Ч. 2. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2018. – С. 132-135. – EDN YRUIXJ.
8. Экологические последствия сжигания сельскохозяйственных отходов на состояние плодородия пахотных почв / Л. П. Степанова, М. Н. Моисеева, Е. Н. Цыганок, Е. А. Коренькова // Вестник ОрелГАУ. 2012. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-posledstviya-szhiganiya-selskohozyaystvennyh-othodov-na-sostoyanie-plodorodiya-pahotnyh-pochv> (дата обращения: 18.11.2024).
9. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 «О противопожарном режиме».
10. Тенденции развития перспективных технических средств для корчевания деревьев / А. В. Артемов, А. В. Федянин, С. А. Ермоленко, В. И. Прядкин // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2017. – Т. 4, № 1(7). – С. 343-348. – EDNZHKNTZ.
11. Арико, С. Е. Дорожно-строительные машины. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» специализации 1-36 05 01 01 «Машины и оборудование лесной промышленности» / С. Е. Арико, А. И. Смяян, В. А. Симанович. – Минск : БГТУ, 2016. – 107 с.
12. Михитаров, А. Р. Совершенствование параметров технологического процесса вибрационного корчевания пней и деревьев : дис. ... канд. техн. наук / А. Р. Михитаров. – Санкт-Петербург, 2024. – 184 с. – EDN TTJPWT.
13. Мажугин, Е. И. Мелиоративные машины : учеб. пособие: в 2 ч. / Е. И. Мажугин, А. Л. Казаков ; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; Главное управление образования, науки и кадров; Белорусская государственная

сельскохозяйственная академия. Ч. 2. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – 172 с. – ISBN 978-985-467-783-5. – EDNZNUFYX.

14. Поздняков, Е. В. Машины для удаления пней и древесно-кустарниковой растительности на вырубках / Е. В. Поздняков, С. В. Малюков // Молодой ученый. – 2013. – № 12 (59). – С. 161-164. – URL: <https://moluch.ru/archive/59/8420/> (дата обращения: 18.11.2024).

15. Конструкции и параметры машин для расчистки лесных площадей / И. М. Бартенев, М. В. Драпалюк, П. И. Попиков и др. – М.: Флинта: Наука, 2007. 208 с.

16. Разработка конструкторской документации, изготовление опытного образца и проведение испытаний корчевателя активного типа : ПЗ / Государственное предприятие «НИИ Белгипрогаз»; рук. В. Б. Васьков. – Минск, 2015. – 12 с. – № ГР 20122411. – Инв. № 67539.

17. Кублицкий, А. О. Обеспечение безопасности производственных работ по техническому обслуживанию лесопарковых территорий на основе процессных и технических решений / А. О. Кублицкий, А. А. Рогов // Аспирантские чтения : Сборник научных статей аспирантов РУТ (МИИТ) / под общ. ред. Т. В. Шепитько. Вып. 4. – Москва : Издательство "Перо", 2021. – С. 136-140. – EDNIQHLCX.

18. Орудия для удаления пней методом высверливания / М. В. Драпалюк, Д. С. Ступников, В. П. Жарков, Д. Ю. Дручинин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 5-3(10-3). – С. 104-108. – DOI 10.12737/6936. – EDN ТЕМЕКZ.

19. Компания Rotor. – URL: <http://www.ferrirotor.com>. – Загл. с экрана.

20. Корчеватель гидравлический челюстной ЛЕСПРОМРЕСУРС КГЧ-1,2. – URL: <https://www.lespromresurs.ru/korchevateli-krokodil/>.

21. Малюков, С. В. Анализ конструкций мульчеров и ротоваторов / С. В. Малюков, Е. А. Панявина, А. А. Аксенов // Лесотехнический журнал. – 2019. – Т. 9, № 1(33). – С. 159-167. – DOI 10.12737/article_5c9201714914a3.76705297. – EDN ZFEEGT.

References

1. Technology and machines of logging works: a textbook / V. I. Patyakin, I. V. Grigoriev, A. K. Redkin, V. A. Ivanov [et al.]. – St. Petersburg: SPb GLTA, 2009. – 10 p.

2. Grigoriev, I. V. Technology and machines of forest restoration works: a textbook for universities / I. V. Grigoriev, O. I. Grigorieva, A. I. Nikiforova. – St. Petersburg: Lan. – 2015. – 272 p.

3. Shekel, A. I. Technology and machines for removing stumps and preparing planting pits: dissertation for the degree of candidate of technical sciences: specialty 05.21.01 "Technology and machines for forestry and logging" / Alexander Iosifovich Shekel. Moscow, 1999. 494 p.

4. Zavrazhnov, A. A. Reclamation of perennial plantings is the main component of expanded reproduction in industrial horticulture / A. A. Zavrazhnov, A. I. Zavrazhnov, V. Yu. Lancev // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. - 2016 - Vol. 30 - No. 5 - P. 33-37.

5. Technologies and equipment of industrial gardening / A.I. Zavrazhnov, A.A. Zavrazhnov, V.Yu. Lancev, K.A. Manaenkov, V.F. Fedorenko. - M.: FGBNU "Rosinformagrotech", 2016 – 520 p.

6. Odnoralov G.A., Bartenev I.M. The influence of machine skidding on the soils of forest ecosystems // Soc.-economic. and ecologist. problems of the forest complex. Ekaterinburg. 1999. P. 61-62.

7. Nosonovskikh, K. V. Obtaining additional energy through the use of logging residues / K. V. Nosonovskikh, A. A. Pobedinsky // Collection of articles of the II All-Russian (National) Scientific and Practical Conference "Modern Scientific and Practical Solutions in the AIC",

Tyumen, October 26, 2018 / Northern Trans-Urals State Agrarian University. Part 2. - Tyumen: Northern Trans-Urals State Agrarian University, 2018. - P. 132-135. - EDN YRUIXJ.

8. Stepanova L. P., Moiseeva M. N., Tsyganok E. N., Korenkova E. A. Ecological consequences of agricultural waste burning on the fertility of arable soils // Bulletin of OrelSAU. 2012. No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-posledstviya-szhiganiya-selskohozyaystvennyh-otvodov-na-sostoyanie-plodorodiya-pahotnyh-pochv> (date of access: 11/18/2024).

9. Resolution of the Government of the Russian Federation of 04/25/2012 No. 390 "On the fire-fighting regime".

10. Trends in the development of promising technical means for tree uprooting / A. V. Artemov, A. V. Fedyanin, S. A. Ermolenko, V. I. Pryadkin // Alternative energy sources in the transport and technological complex: problems and prospects of rational use. - 2017. - Vol. 4, No. 1 (7). - P. 343-348. - EDN ZHKNTZ.

11. Ariko, S.E. Road construction machines. Laboratory practical training: teaching aid for students of the specialty 1-36 05 01 "Machines and equipment of the forestry complex" specialization 1-36 05 01 01 "Machines and equipment of the forestry industry" / S. E. Ariko, A. I. Smeyan, V. A. Simanovich. - Minsk: BSTU, 2016. - 107 p.

12. Mikhitarov, A. R. Improving the parameters of the technological process of vibration uprooting of stumps and trees: dissertation for the degree of candidate of technical sciences / A. R. Mikhitarov. - St. Petersburg, 2024. - 184 p. - EDN TTJPWT.

13. Mazhugin, E. I. Land reclamation machines: a textbook: in 2 parts / E. I. Mazhugin, A. L. Kazakov; Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus; Main Directorate of Education, Science and Personnel; Belarusian State Agricultural Academy. Part 2. - Gorki: Belarusian State Agricultural Academy, 2018. - 172 p. - ISBN 978-985-467-783-5. - EDN ZNUFYX.

14. Pozdnyakov, E. V. Machines for removing stumps and woody and shrubby vegetation in clearings / E. V. Pozdnyakov, S. V. Malyukov // Young scientist. - 2013. - No. 12 (59). - P. 161-164. - URL: <https://moluch.ru/archive/59/8420/> (date of access: 18.11.2024).

15. Designs and parameters of machines for clearing forest areas / I.M. Bartenev, M.V. Drapalyuk, P.I. Popikov et al. Moscow: Flinta: Nauka, 2007. 208 p.

16. Development of design documentation, manufacture of a prototype and testing of an active-type stump puller: PZ / State Enterprise "Research Institute Belgiprotopgaz"; head. V. B. Vaskov. - Minsk, 2015. - 12 p. - No. GR 20122411. - Inv. № 67539.

17. Kublitsky, A. O. Ensuring the safety of production work on the technical maintenance of forest park territories based on process and technical solutions / A. O. Kublitsky, A. A. Rogov // Postgraduate readings: Collection of scientific articles by postgraduate students of RUT (MIIT) / Under the general editorship of T.V. Shepitko. Issue 4. Moscow: Pero Publishing House, 2021. P. 136-140. EDN IQHLCX.

18. Tools for removing stumps by drilling / M. V. Drapalyuk, D. S. Stupnikov, V. P. Zharkov, D. Yu. Druchinin // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. - 2014. - Vol. 2, No. 5-3 (10-3). - P. 104-108. - DOI 10.12737/6936. - EDN TEMEKZ.

19. Rotor Company. - URL: <http://www.ferrirotor.com>. - Title from the screen.

20. Hydraulic jaw stump puller LESPROMRESURS KGCh-1,2. - URL: <https://www.lespromresurs.ru/korchevateli-krokodil/>.

21. Malyukov, S. V. Analysis of mulcher and rotovator designs / S. V. Malyukov, E. A. Panyavina, A. A. Aksenov // Lesotekhnicheskii zhurnal. - 2019. - Vol. 9, No. 1(33). - P. 159-167. - DOI 10.12737/article_5c9201714914a3.76705297. - EDN ZFEEGT.

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Колядин П.А.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Снятков Е.В.

кандидат техн. наук, доцент, кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Татаринцев В.Ю.

преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Мураткин С.Е.

преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Artyomov A.V.

senior lecturer of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Kolyadin P.A.

assistant of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Snyatkov E.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production, Repair and Operation of Machinery, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Tatarintsev V.Yu.

lecturer at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Muratkin S.E.

lecturer at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

ШИНЫ СВЕРХНИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ: ПРОБЛЕМЫ ИХ ИСПЫТАНИЙ

ULTRA-LOW PRESSURE TIRES: THE PROBLEMS OF THEIR TRIALS

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению проблемных вопросов при проведении лабораторных, дорожных и полевых испытаний шин. Показано, что эффективность подготовки магистров по техническим направлениям зависит не только от выполнения требований образовательных стандартах, но и от качества преподавания дисциплин, организации работы в вузе на стадиях приема в магистратуру, научно-исследовательской работы магистрантов, сотрудничества с научными лабораториями, испытательными полигонами и работодателями. Рассмотрены основные пути региональной направленности в подготовке магистров.

Abstract. The article is devoted to the consideration of problematic issues during laboratory, road and field tire tests. It is shown that the effectiveness of master's degree training in technical areas depends not only on meeting the requirements of educational standards, but also on the quality

of teaching disciplines, organization of work at the university at the stages of admission to the master's degree, research work of undergraduates, cooperation with scientific laboratories, testing grounds and employers. The main ways of regional orientation in the preparation of masters are considered.

Ключевые слова: испытания, шинный тестер, шина сверхнизкого давления, жесткость, коэффициент полезного действия, стенд с беговыми барабанами.

Keywords: tests, tire tester, ultra-low pressure tire, stiffness, efficiency, stand with running drums.

Введение

Мобильные средства на шинах сверхнизкого давления в последние два десятилетия были вызваны к жизни бурным освоением природных ресурсов Арктики и Северных территорий России, а также ужесточившимися требованиями к воздействию ходовых аппаратов мобильных средств на почвенно-растительный покров в аграрном и лесном комплексах страны. Проблема повышения проходимости транспортных и транспортно-технологических агрегатов является одной из наиболее значимых проблем машиностроения. В решении проблемы проходимости наступил новый этап – этап создания экологических средств высокой проходимости, способных эффективно работать на почвенно-грунтовых поверхностях с низкой несущей способностью. Одна из главных проблем, вставшая перед создателями принципиально новой техники высокой проходимости, предназначенной для движения по грунтам и почвенно-растительному покрову с низкой несущей способностью – разработка и создание шин сверхнизкого давления обеспечивающим движение машин в заданных условиях без колееобразования с соблюдением требуемых экологических показателей [1,2,3].

Для создания перспективных моделей мобильных средств высокой проходимости необходимо знать основные свойства и характеристики этого класса шин. В настоящее время имеется большое количество исследований, освещающих отдельные вопросы работы шин сверхнизкого давления [4,5,6,7]. Полученные в результате испытаний упругие и тяговые характеристики, коэффициенты аппроксимации могут быть использованы для теоретических исследований и сравнительной оценки тягово-сцепных свойств шин на стадии проектирования. Однако в настоящее время шины сверхнизкого давления являются наименее изученным тип шин. Имеющаяся скудная информация часто бывает противоречивая, так как для ряда производителей техники результаты испытаний являются коммерческой тайной.

Актуальность экспериментальных исследований новых типов шин и методов их совершенствования постоянно возрастает, так как разработка шин ба-

зируется главным образом на эмпирическом опыте специалистов. Усовершенствованные методы исследований работоспособности шин позволяют оценить правильность выбранных параметров и их технический уровень.

В настоящее время, с учетом зарубежного и отечественного опыта разработано различное оборудование для испытаний шин, в зависимости от их функционального назначения и видов испытаний. Шины подвергаются стендовым, полигонным, полевым и эксплуатационным испытаниям [8].

Стендовые испытания проводятся сразу после создания первых промышленных образцов шин. Эти испытания позволяют существенно сократить время на проведение испытаний шин, а при проведении испытаний более точно задавать режимы нагружения и давление воздуха в шинах. Основным и наиболее важным преимуществом стендовых испытаний в лабораторных условиях, является высокая сходимость результатов при повторных испытаниях. Стендовые испытания делятся на два вида: первые проводятся с целью определения их геометрических параметров и упругих характеристик и других параметров; вторые проводятся для оценки усталостной прочности шин.

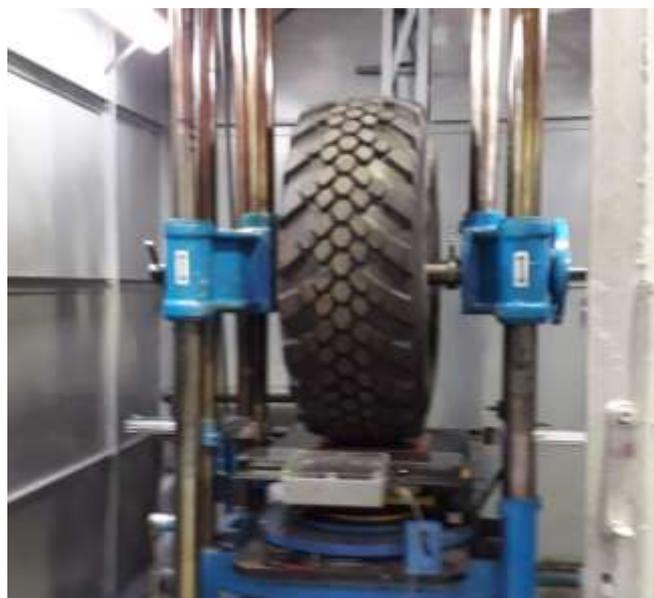


Рисунок 1 – Стенд для снятия упругих характеристик и определения давления в пятне контакта шины

Упругие характеристики шин снимаются на специальных нагрузочных прессах, позволяющих загрузить шину заданной (радиальной, боковой либо тангенциальной) нагрузкой, измерить деформацию шины, её геометрические размеры, а также снять отпечатки рисунков протектора (рис. 1) [9,10,11, 12, 13].

Динамические испытания шин на беговых барабанах проводятся с целью оценки усталостной прочности шины. При проведении испытаний на беговых барабанах и оценки их результатов необходимо учитывать следующие особенности [14]. В отличие от качения по дорожному полотну шина катится по барабану определенной кривизны, при этом деформация элементов шины отличается от деформации на плоскости. В связи этим в последние десятилетия появились новые стенды, имеющие плоскую опорную поверхность (рис. 2).



Рисунок 2 – Шинный тестер с плоской беговой дорожкой

Полигонные и полевые испытания проводятся с применением специальных шинных тестеров и предназначены для динамических испытаний шин. Испытания с применением шинных тестеров позволяют оценить сопротивление качению, тяговые свойства и другие свойства при взаимодействии с различными опорными поверхностями максимально приближенным к реальным условиям эксплуатации мобильных средств, нежели на беговых барабанах.

Для проведения полигонных и полевых испытаний разработаны различные шинные тестеры. Так в институте сельскохозяйственного машиностроения, университет Хоэнхайм (Германия), был разработан тестер для испытаний одиночного колеса, позволяющий обеспечить максимальный угол скольжения 16° (рис. 3). Тестируемая шина нагружается радиальной нагрузкой, а привод осуществляется с помощью гидравлической системы, 6-компонентный динамометр используется для измерения сил и моментов на испытанной шине. Шинный тестер позволяет выполнить два вида испытаний: испытания в ведомом режиме для измерения сопротивления качению шины и испытания в ведущем режиме для определения тяговой характеристики шины и КПД [15].



Рисунок 3 – Прицепной шинный тестер для испытаний шин в полевых условиях

Шинный тестер для исследования воздействия шин на почвенно-растительный покров показан на рис. 4. Подсоединенный к трехточечной навеске трактора шинный тестер позволяет испытывать шины диаметром до 900 мм и шириной до 500 мм. Максимальный крутящий момент 400 Нм и нагрузка на шины 5,3 кН подводятся через гидравлическую систему. Угол скольжения в диапазоне от 0° до 40° может изменяться с помощью гидравлического цилиндра. Силы и моменты, действующие на шину, измеряются 6-компонентным датчиком силы [16].



Рисунок 4 – Навесной шинный тестер

Различной конструкции шинные тестеры для исследования тяговых характеристик шин и уплотнения почвы были разработаны в Национальной лаборатории динамики почв (NSDL) в Оберне, США (рис. 5).



Рисунок 5 – Самоходный шинный тестер

Электрогидравлическое управление шинного тестера позволяет изменять и поддерживать заданную скоростью вращения колеса и динамические нагрузки на колесо. Это устройство рассчитано на два режима работы: постоянный коэффициент буксования и постоянная динамическая нагрузка на колесо. Постоянный коэффициент буксования регулируют путем точного управления скоростью вращения колеса и скоростью движения. Постоянная динамическая нагрузка задается с помощью гидравлического цилиндра, а датчик нагрузки соединяется с гидравлическим цилиндром для измерения динамической нагрузки. Тяговое усилие и крутящий момент измеряются с помощью датчиков нагрузки, соединяющих каретку с рамой. Возможность контролировать скорость колеса, скорость хода и динамическую нагрузку на колесо позволяет точно регистрировать параметры, которые определяют тяговые характеристики шины [17].

В работе [18] приведена мобильная установка и NSDL Wide Frame Tractive Vehicle (WFTV) для исследования тягово-сцепных качеств шин в заданных скоростных диапазонах (рис. 6). WFTV, тяжелая и мощная самоходная установка, движущаяся по полевой полосе шириной 6 м, была установлена на транспортном средстве, работающем в качестве мобильной платформы. Максимальный диаметр шины, которая может быть установлена на машине, составляет 2180 мм. Гидравлический цилиндр, расположенный над центром шины, был применен для регулировки вертикальной нагрузки. Усилия и моменты на испытанной шине измерялись датчиками нагрузки и датчиками крутящего момента.



Рисунок 6 – Самоходный шинный тестер

В России для проведения полигонных испытаний для получения корректной и достаточно объемной информации о показателях взаимодействия шин с различными типами реальных опорных оснований в ВИМе под руководством проф. В.А. Русанова был разработан шинный тестер для исследований в различных условиях выпускаемых и перспективных шин [19].

В Азово-Черноморском инженерном институте Донского государственного аграрного университета (г. Зерноград) был разработан шинный тестер для испытаний шин 16,9R-30 [20,21]. Ведущий режим испытываемой шине обеспечивается гидравлическим приводом, измерительный комплекс, включает тензометрические датчики измерения различных сил, датчики давления воздуха в шине и деформации и регистрирующую аппаратуру.

Режимы работы шин сверхнизкого давления принципиально отличаются от режимов работы шин грузовых и легковых автомобилей, а также мобильных сельскохозяйственных агрегатов. Мобильные средства на шинах сверхнизкого давления эксплуатируются на почвах с низкой несущей способностью. Они движутся по заболоченной местности, рыхлому снегу и песку, поэтому для испытаний этого типа шин необходимо применять специальные стенды и шинные тестеры.

Учитывая назначение шин сверхнизкого давления и их роль в формировании эксплуатационных качеств мобильных энергетических средств, комплекс их выходных характеристик включает определение: массово-геометрические параметры, в том числе и инерционные характеристики; показатели, оценивающие деформационное состояние шины; параметры, характеризующие кинема-

тику качения колеса; комплекс показателей для оценки силового взаимодействия колеса с поверхностью контакта; показатели долговечности и экономичности.

Стендовые испытания шин сверхнизкого давления предусматривают определение следующих характеристик в лабораторных условиях: определение упругих характеристик и их воздействия на поверхность качения; определение базовых и тяговых характеристик; определение сглаживающей способности испытываемых шин; боковой увод, определение энергозатрат при качении шин.

На кафедре автомобилей и сервиса испытания шин сверхнизкого давления проводится на универсальном стенде, сочетающем функции прессы и шинного тестера, который позволяет снимать различные упругие характеристики шин – радиальную, тангенциальную, боковую, также этот стенд позволяет определить увод шин, пятно контакта и тяговую характеристику (рис. 7) [1, 2, 22, 23, 24, 25, 26, 27].



Рисунок 7 – Универсальный стенд для испытаний шин сверхнизкого давления

Наиболее характерной особенностью шин сверхнизкого давления является их высокая сглаживающая и поглощающая способность при преодолении различных препятствий. Экспериментальные исследования, направленные на построение траектории оси колеса при качении его по различным неровностям проводятся в почвенном канале с применением шинного тестера, оборудованного электрифицированной тележкой (рис. 8) [1,2].



Рисунок 8 – Шинный стенд для исследований шин сверхнизкого давления

Выводы

Для исследования динамического взаимодействия шин сверхнизкого давления и оценки их влияния на физико-механические свойства почвы и растения, а также оценки тягово-сцепных свойств и сопротивления качению разработан навесной шинный тестер.

Дальнейшее проведение комплексных испытаний шин сверхнизкого давления предусматривает расширение видов испытаний – это лабораторные испытания по оценке вдавливания пуансона для измерения разрушающего усилия и энергии на разрушение шины, ресурсные испытания и другие.

Полученные результаты испытаний шин сверхнизкого давления позволяют не только определять их различные характеристики, но и проводить верификацию и валидацию разработанных математических испытаний шин.

Список литературы

1. Транспортно-технологические средства на шинах сверхнизкого давления / В. И. Прядкин, В. Я. Шапиро, З. А. Годжаев, С. В. Гончаренко. – Воронеж, 2019. – 492 с. – ISBN 978-5-7994-0897-8. – EDN HXLEOT.
2. Проблема воздействия на почву ходовых систем мобильных энергосредств и эффективные пути решения / З. А. Годжаев, В. Г. Шевцов, А. В. Русанов, В. И. Прядкин // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий :

сборник науч. докл. Междунар. науч.-техн. конференции, Москва, 17–18 сентября 2014 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2014. – С. 327-329. – EDN TASQBF.

3. Прядкин В. И. Мобильные средства химизации грузоподъемностью 1...2 т на шинах сверхнизкого давления / В. И. Прядкин. – Воронеж, 2017. – 183 с. – ISBN 978-5-7994-0806-0. – EDN YNTUXO.

4. Прядкин В. И. Шины сверхнизкого давления для сельскохозяйственных мобильных энергосредств / В. И. Прядкин, С. В. Гончаренко. – Воронеж, 2016. – 240 с. – ISBN 978-5-7994-0760-5. – EDN XCFQJL.

5. Экспериментальная оценка тягово-сцепных качеств шины сверхнизкого давления / С. В. Гончаренко, З. А. Годжаев, А. В. Артемов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2020. – № 6. – С. 50-58. – DOI 10.31992/0321-4443-2020-6-50-58. – EDN BPQZIZ.

6. Горин, Г. С. Показатели опорной и агроэкологической проходимости комплексов для внесения удобрений / Г. С. Горин, В. В. Радкевич, А. А. Янчук // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 6. – С. 8-13. – EDN OODFOJ.

7. Годжаев, З. А. Влияние давления в высокоэластичной шине на тяговые свойства колеса / З. А. Годжаев, А. Ю. Измайлов, В. И. Прядкин // Автомобильная промышленность. – 2015. – № 2. – С. 9-12. – EDN TQTGEF.

8. Захаров, С. П. Система испытаний шин / С. П. Захаров. – М.: НТЦ «НИИШП», 2007. – 264 с.

9. Годжаев, З. А. Массово-инерционные характеристики цельнометаллокордных шин грузовых автомобилей / З. А. Годжаев, В. И. Прядкин, В. С. Карабцев // Автомобильная промышленность. – 2022. – № 9. – С. 14-18. – EDN SAGLSN.

10. Артемов, А. В. Экспериментальная оценка момента инерции шин сверхнизкого давления / А. В. Артемов, П. А. Колядин, В. И. Прядкин // Арктика: инновационные технологии, кадры, туризм. – 2020. – № 1(2). – С. 284-290. – EDN QBRRFC.

11. Прядкин, В. И. Экспериментальная оценка контактных давлений ЦМК шины 425/85R21 грузового автомобиля разными методами / В. И. Прядкин, В. С. Карабцев, А. Ю. Кольцов // Арктика: инновационные технологии, кадры, туризм. – 2021. – № 1(3). – С. 173-181. – EDN PKLQNK.

12. Артемов, А. В. Определение пятна контакта шин сверхнизкого давления 1020x420-18 Бел-79 для лесной техники малого класса / А. В. Артемов, С. В. Гончаренко, В. И. Прядкин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2020. – Т. 8, № 1(48). – С. 250-256. – DOI 10.34220/2308-8877-2020-8-1-250-256. – EDN IHXWNE.

13. Тягово-скоростная характеристика шины 425/85R21 / В. И. Прядкин, И. Ф. Гумеров, В. С. Карабцев, Д. Х. Валеев // Автомобильная промышленность. – 2024. – № 1. – С. 28-31. – EDN SQVAWO.

14. Гуслицер, Р.Л. Шина и автомобиль / Р.Л. Гуслицер// М.: НТЦ «НИИШП». – 2007. – 284 с.

15. Armbruster K., Kutzbach H. D. Development of a Single Wheel Tester for Measurements on Driven Angled Wheels. The 4th European Conference of ISTVS, Wageningen, Niederlande, 1989.

16. Morhard, J. Untersuchungen im Bereich der Rad-Boden-Schnittstelle bei Maschinen zur Rasenpflege, DRG Rasen, Oktober 2008

17. Way, T. R. Three Single Wheel Machines for Traction and Soil Compaction Research. Agricultural Engineering International: the CIGR E-journal 4 (2009), 1-24.

18. Monroe G. E., Burt E. C. Wide frame tractive vehicle for controlled-traffic research. Applied Engineering in Agriculture. 5 (1) (1989), 40-43.

19. Русанов, В. А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути её решения / В. А. Русанов. – М.: Изд-во ВИМ, 1998. – 366 с.
20. Пархоменко, С. Г. Экспериментальное исследование характеристик тракторных пневматических шин / С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – № 11. – С. 40-48. – DOI 10.17816/0321-4443-66350. – EDN ZSLOJH.
21. Патент № 2092806 С1 Российская Федерация, МПК G01M 17/02. Шинный тестер : № 96103746/11 : заявл. 26.02.1996 : опубл. 10.10.1997 / И. М. Меликов, В. Г. Яровой, А. В. Яровой [и др.] ; заявитель Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. – EDN XGQZVB.
22. Расчетно-экспериментальная оценка воздействия на почву шин сверхнизкого давления мобильных энергосредств / З. А. Годжаев, С. В. Гончаренко, А. В. Артемов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2020. – № 3. – С. 35-47. – DOI 10.31992/0321-4443-2020-3-35-47. – EDN CRBLBG.
23. Гончаренко, С. В. Упругие характеристики шины сверхнизкого давления при различных режимах нагружения. Ч. 1. Вертикальные и боковые нагрузки / С. В. Гончаренко, В. И. Прядкин // Каучук и резина. – 2011. – № 1. – С. 24-26. – EDN SAXRJH.
24. Гончаренко, С. В. Упругие характеристики шины сверхнизкого давления при различных режимах нагружения. Ч. 2. Оценка тангенциальной жесткости / С. В. Гончаренко, В. И. Прядкин // Каучук и резина. – 2011. – № 2. – С. 23-25. – EDN SAXIOV.
25. Перспективные мобильные средства на шинах сверхнизкого давления для сельскохозяйственного производства / З. А. Годжаев, В. И. Прядкин, П. А. Колядин, А. В. Артёмов // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. – № 4. – С. 277-286
26. Упругие характеристики шины сверхнизкого давления. Вертикальные нагрузки / З.А. Годжаев, С.В. Гончаренко, А.В. Артёмов, В.И. Прядкин, Т.З. Годжаев // Автомобильная промышленность. – 2020. – №8. – С. 18-21.
27. Упругие характеристики шины сверхнизкого давления. Боковые и тангенциальные нагрузки / З.А. Годжаев, С.В. Гончаренко, А.В. Артёмов, В.И. Прядкин, Т.З. Годжаев // Автомобильная промышленность. – 2020. – №10. – С. 32-36.

References

1. Transport and technological means on ultra-low pressure tires / V. I. Pryadkin, V. Ya. Shapiro, Z. A. Gojaev, S. V. Goncharenko. – Voronezh, 2019. – 492 p. – ISBN 978-5-7994-0897-8. – EDN HXLEOT.
2. The problem of impact on the soil of running systems of mobile energy facilities and effective solutions / Z. A. Gojaev, V. G. Shevtsov, A.V. Rusanov, V. I. Pryadkin // Innovative development of the agroindustrial complex of Russia based on intelligent machine technologies : Collection of scientific reports of the International Scientific and Technical Conference, Moscow, September 17-18, 2014. – Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Mechanization, 2014. – pp. 327-329. – EDN TASQBF.
3. Pryadkin V. I. Mobile means of chemicalization with a lifting capacity of 1 ... 2 tons on ultra-low pressure tires / V. I. Pryadkin. – Voronezh, 2017. – 183 p. – ISBN 978-5-7994-0806-0. – EDN YNTUXO.
4. Pryadkin V. I. Ultra-low pressure tires for agricultural mobile power facilities / V. I. Pryadkin, S. V. Goncharenko. – Voronezh, 2016. – 240 p. – ISBN 978-5-7994-0760-5. – EDN XCFOJL.
5. Experimental evaluation of traction qualities of ultra-low pressure tires / S. V. Goncharenko, Z. A. Gojaev, A.V. Artemov [et al.] // Tractors and agricultural machinery. – 2020. – No. 6. – pp. 50-58. – DOI 10.31992/0321-4443-2020-6-50-58. – EDN BPQZIZ.

6. Gorin, G. S. Indicators of the basic and agroecological patency of complexes for fertilization / G. S. Gorin, V. V. Radkevich, A. A. Yanchuk // Tractors and agricultural machines. – 2010. – No. 6. – pp. 8-13. – EDN OODFOJ.
7. Gojaev, Z. A. The influence of pressure in a highly elastic tire on the traction properties of a wheel / Z. A. Gojaev, A. Y. Izmailov, V. I. Pryadkin // Automotive industry. - 2015. – No. 2. – pp. 9-12. – EDN TQTGEF.
8. Zakharov, S.P. Tire testing system / S.P. Zakharov. – M.: NTC "NIISHP", 2007. – 264 p.
9. Gojaev, Z. A. Mass-inertial characteristics of all-metal truck tires / Z. A. Gojaev, V. I. Pryadkin, V. S. Karabtsev // Automotive industry. – 2022. – No. 9. – pp. 14-18. – EDN SAGLSN.
10. Artyomov, A.V. Experimental assessment of the moment of inertia of ultra-low pressure tires / A.V. Artyomov, P. A. Kolyadin, V. I. Pryadkin // Arctic: innovative technologies, personnel, tourism. – 2020. – № 1(2). – Pp. 284-290. – EDN QBRRFC.
11. Pryadkin, V. I. Experimental assessment of the contact pressures of CMC tires 425/85R21 of a truck by different methods / V. I. Pryadkin, V. S. Karabtsev, A. Yu. Koltsov // Arctic: innovative technologies, personnel, tourism. – 2021. – № 1(3). – Pp. 173-181. – EDN PKLQNK.
12. Artyomov, A.V. Determination of the contact spot of ultra-low pressure tires 1020x420-18 Bel-79 for small-class forestry equipment / A.V. Artyomov, S. V. Goncharenko, V. I. Pryadkin // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. - 2020. – Vol. 8, No. 1(48). – pp. 250-256. – DOI 10.34220/2308-8877-2020-8-1-250-256. – EDN IHXWNE.
13. Traction and speed characteristics of the 425/85R21 tire / V. I. Pryadkin, I. F. Gumerov, V. S. Karabtsev, D. H. Valeev // Automotive industry. – 2024. – No. 1. – pp. 28-31. – EDN SQVAWO.
14. Guslitzer, R.L. Tire and car / R.L. Guslitzer. Moscow: NTC "NIISHP". – 2007. – 284 p.
15. Armbruster K., Kutzbach H. D. Development of a Single Wheel Tester for Measurements on Driven Angled Wheels. The 4th European Conference of ISTVS, Wageningen, Niederlande, 1989.
16. Morhard, J. Untersuchungen im Bereich der Rad-Boden-Schnittstelle bei Maschinen zur Rasenpflege, DRG Rasen, Oktober 2008.
17. Way, T. R. Three Single Wheel Machines for Traction and Soil Compaction Research. Agricultural Engineering International: the CIGR E-journal 4 (2009), 1-24.
18. Monroe G. E., Burt E. C. Wide frame tractive vehicle for controlled-traffic research. *appliedengineeringinagriculture* 5 (1) (1989), 40-43.
19. Rusanov, V. A. The problem of soil re-compaction by movers and effective ways to solve it / V. A. Rusanov. – M.: VIM Publishing House, 1998. – 366 p.
20. Parkhomenko, S. G. Experimental study of characteristics of tractor pneumatic tires / S. G. Parkhomenko, G. G. Parkhomenko // Tractors and agricultural machinery. - 2017. – No. 11. – pp. 40-48. – DOI 10.17816/0321-4443-66350. – EDN ZSLOJH.
21. Patent No. 2092806 C1 Russian Federation, IPC G01M 17/02. Tire tester : No. 96103746/11 : application. 02/26/1996 : publ. 10.10.1997 / I. M. Melikov, V. G. Yarovoy, A.V. Yarovoy [et al.]; applicant Azov-Black Sea State Agroengineering Academy. – EDN XGQZVB.
22. Computational and experimental assessment of the impact of ultra-low pressure tires of mobile power facilities on the soil / Z. A. Gojaev, S. V. Goncharenko, A.V. Artemov [et al.] // Tractors and agricultural machinery. – 2020. – No. 3. – pp. 35-47. – DOI 10.31992/0321-4443-2020-3-35-47. – EDN CRBLBG.
23. Goncharenko, S. V. Elastic characteristics of an ultra-low pressure tire under various loading conditions. Part 1. Vertical and lateral loads / S. V. Goncharenko, V. I. Pryadkin // Rubber and rubber. – 2011. – No. 1. – pp. 24-26. – EDN SAXRJH.

24. Goncharenko, S. V. Elastic characteristics of an ultra-low pressure tire under various loading conditions. Part 2. Assessment of tangential stiffness / S. V. Goncharenko, V. I. Pryadkin // Rubber and rubber. – 2011. – No. 2. – pp. 23-25. – EDN SAXIOV.

25. Promising mobile devices on ultra-low pressure tires for agricultural production / Z.A. Gojaev, V.I. Pryadkin, P.A. Kolyadin, A.V. Artemov // Tractors and agricultural machines. – 2022. – No.4. – pp. 277-286

26. Elastic characteristics of an ultra-low pressure tire. Vertical loads / Z.A. Gojaev, S.V. Goncharenko, A.V. Artemov, V.I. Pryadkin, T.Z. Gojaev // Automotive industry. – 2020. – No.8. – pp. 18-21.

27. Elastic characteristics of an ultra-low pressure tire. Lateral and tangential loads / Z.A. Gojaev, S.V. Goncharenko, A.V. Artemov, V.I. Pryadkin, T.Z. Gojaev // Automotive industry. – 2020. – No. 10. – pp. 32-36.

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Воробьев Ю.Д.

кандидат физ.-мат. наук, доцент Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, РФ

Алименко И.А.

кандидат полит. наук, ген. директор ГК «Логус», РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Школьных А.В.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Vorobiev Yu.D.

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Institute of Management Problems named V.A. Trapeznikov, Russian Academy of Sciences, Russian Federation

Alimenko I.A.

Candidate of Political Sciences, General Director of Logus Group of Companies, Russian Federation

Artyomov A.V.

senior lecturer of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Shkolnykh A.V.

assistant of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

БЕСПИЛОТНЫЕ МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННОМ САДОВОДСТВЕ

DIGITAL TECHNOLOGIES IN INDUSTRIAL GARDENING WITH THE USE OF UNMANNED ROBOTS

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению проблемных вопросов применения беспилотных мобильных роботов в цифровых технологиях промышленного садоводства. Показано, что эффективность использования мобильных роботов зависит от уровня разработки нейросетей при мониторинге заболеваний деревьев, спелости плодов и оценки урожайности. Рассмотрены основные пути совершенствования нейросетей при диагностике яблоневых деревьев и их плодов. Также рассмотрены основные пути модернизации мобильных платформ роботов и их приводов.

Abstract. The article is devoted to the consideration of problematic issues of using unmanned mobile robots in digital technologies of industrial horticulture. It is shown that the effectiveness of using mobile robots depends on the level of development of neural networks when monitoring tree diseases, fruit ripeness and yield assessment. The main ways to improve neural networks for diagnosing apple trees and their fruits are considered. The main ways to modernize mobile robot platforms and their drives are also considered.

Ключевые слова: цифровые технологии, роботы для садоводства, промышленное садоводство, нейросеть, искусственный интеллект, техническое зрение.

Keywords: digital technologies, robots for gardening, industrial gardening, neural network, artificial intelligence, technical vision.

Введение

Садоводство в России на сегодняшний день остается одной из наименее цифровизированных отраслей сельского хозяйства. В то же время за рубежом цифровые технологии стали неотъемлемой частью работы в садоводстве, которые обеспечивают повышение производительности и улучшение качества продукции при снижении трудовых затрат. Так, широкое внедрение цифровых технологий позволило в автоматическом режиме проводить мониторинг роста и ухода за садовыми деревьями, сбора урожая и сохранности спелой продукции [1, 2].

Садоводство относится к наиболее трудоемкой отрасли сельскохозяйственного производства, где производительность ряда операций ограничена физическими возможностями человека. Уборочные работы по сбору урожая яблок связаны с большими затратами труда, здесь в наибольшей степени используется ручной труд. Агропредприятия в развитых странах сталкиваются с дефицитом работников. Только в Калифорнии (США) 55% фермеров испытывали дефицит рабочей силы, который не могли покрыть даже иммигранты. По данным Бюро трудовой статистики США 74% работников агропредприятий США составляли иммигранты из Мексики и Центральной Америки. Подобные проблемы характерны для многих развивающихся и развитых стран [3, 4].

Сгладить негативные факторы в садоводстве позволяет применение роботизированных средств. Специалисты ведущих зарубежных стран работают над созданием различных роботов для садоводства, в том числе мобильных используемых при работе в полевых условиях. Основная особенность мобильных сельскохозяйственных роботов заключается в том, что им приходится взаимодействовать с живой природой, иметь непосредственный контакт с растениями и деревьями, имеющие различные характеристики и существенные требования к взаимодействию с ними.

Применение цифровых технологий в промышленном садоводстве предусматривает разработку принципиально новых интеллектуальных технических систем, выполняющих анализ больших массивов информации о состоянии агробиоценоза сада с помощью нейросетей, выдачи рекомендаций для принятия

управленческих решений и их реализацию специализированным роботизированным техническим средствам.

Для реализации цифровых технологий в промышленном садоводстве применяются различные мобильные роботы (рис. 1).

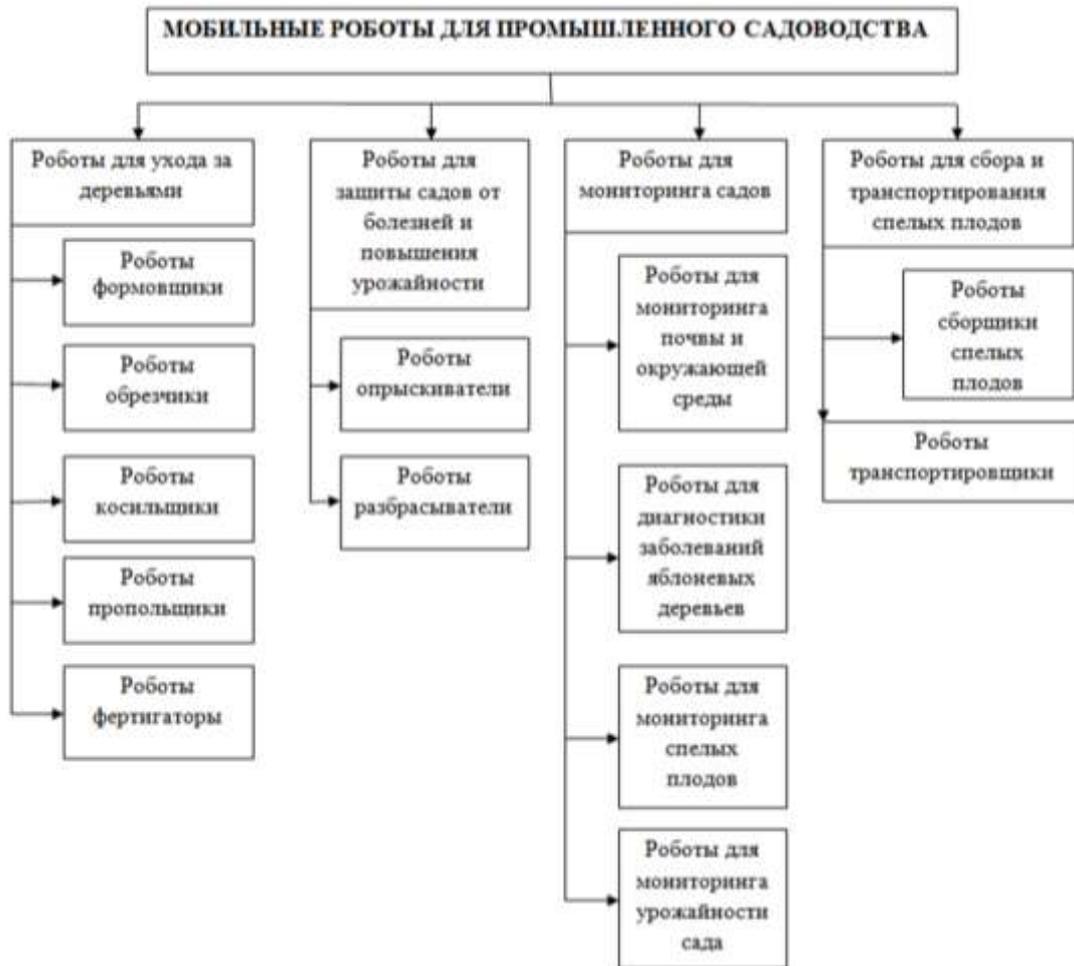


Рисунок 1 – Роботы для промышленного садоводства

К первой группе относятся роботы для ухода за деревьями. Так, роботы обрезчики предназначены для формировочной обрезки, обрезки однолетних веток-конкурентов на макушке дерева и веток, растущих под острым углом, а также обрезки вертикально растущих веток второго порядка и веток-приростов продолжения, которые затеняют крону деревьев. Роботы формовщики выполняют подвязку деревьев к шпалерной проволоке резиновым кембриком. Роботы косильщики предназначены для покоса травы внутри садовых междурядий, а роботы пропольщики обеспечивают защиту сада от сорняков пристволенной полосы и удаления лишней корневой системы. Роботы фертигаторы предназначены для дифференцированного полива и внесения удобрения.

Вторая группа роботов предназначена для борьбы с болезнями и вредителями деревьев, а также повышения урожайности сада. Это роботы, которые опрыскивают деревья препаратами от болезней и вредителей, а также для листовых подкормок и химического прореживания. Роботы разбрасыватели применяют для внесения основных корневых удобрений или отравы против грызунов.

К третьей группе относятся роботы для мониторинга состояния сада, они предназначены для оценки состояния почвы и окружающей среды, оценки агробиоценоза и урожайности сада.

В четвертую группу входят роботы для сбора спелых плодов и обеспечения логистики продукции.

Основными задачами при реализации цифровых технологий являются: разработка баз данных о состоянии почвы и окружающей среды; создание роботизированных средств для мониторинга и оперативного получения данных об изменениях состояния сада и окружающей среды; создание системного программного обеспечения на основе нейросетей для анализа и распознавания видов заболеваний деревьев, проведения классификации поражений болезнями листьев, а также определения видов поражений, таких как парша, мучниста роса, ржавчина, пятнистость; создание системного программного обеспечения для распознавания спелых плодов на основе нейросетей для принятия решений роботами-сборщиками яблок; разработка машинных технологий с применением мобильных роботизированных средств для реализации управляющих воздействий в системе «Цифровой сад».

Внедрение цифровых технологий в садоводстве предусматривает создание узко специализированных роботов для выполнения технологических операций в беспилотном режиме. Так, для ухода за садом компанией RoboticsPlus разработан робот, позволяющий опрыскивать деревья, уничтожать и косить сорняки, мульчировать почву, анализировать состояние деревьев и плодов (рис. 2).



Рисунок 2 – Мобильный робот для ухода за садом

Мониторинг заболеваний деревьев в основном производится мобильными роботами, оборудованными колесным либо гусеничным движителем. Эти роботы имеют камеру, с помощью которой он производит сканирование деревьев и производит их позиционирование. Благодаря техническому зрению робот способен быстро находить и анализировать заболевания и вредителей деревьев. Другим применением интеллектуальных систем технического зрения является картографирование сельскохозяйственных угодий и классификация их для различных технологических операций – обработка средствами защиты растений, внесение удобрений, борьба с сорняками и другими [3,4].

Компанией Cambridge Consultants разработан мобильный робот с колесным движителем для мониторинга состояния плодовых деревьев. Робот обладает искусственным интеллектом, он составляет карту и ориентируется с помощью стереокамеры, системы искусственного интеллекта, лидара и компаса. Устройство оснащено инспекционными датчиками и шестью камерами кругового обзора, одна из которых – мультиспектральная. Робот перемещается по саду и собирает визуальные данные, чтобы выявить болезни деревьев и плодов, а также выбрать оптимальное время для сбора урожая (рис. 3).



Рисунок 3 – Мобильный робот для мониторинга садов

Мониторинг садов производят также с помощью дронов, одним из которых является Mavic 3 Multispectral (рис. 4).



Рисунок 4 – Дрон Mavic 3 Multispectral

Основное техническое преимущество Mavic 3M – оснащение RGB и мультиспектральной камерами, размещенными на одном стабилизированном подвесе. Этот дрон проводит аэросъемку объектов и территорий в разных спектральных диапазонах и отслеживает рост и состояние растений с максимальной детализацией и четкостью снимков. Mavic 3M совместно с программным обеспечением DJI Terra или DJI SmartFarm позволяют создавать карты садов в высоком разрешении, считать количество деревьев, создавать трехмерные маршруты

полетов. DJI SmartFarm генерирует индекс вегетации NDVI для контроля за состоянием деревьев и фруктов

В лаборатории «Интеллектуальных цифровых систем мониторинга, диагностики и управления процессами в сельскохозяйственном производстве» ВИМ, разработана нейросеть, апробированная в садах Федерально Научного Центра им. Мичурина. Другая часть нейросетей разработана совместно со специалистами из Кубанского государственного университета.

Результаты распознавания плодов яблони и классификация поражений болезнями: гниль плодовая, парша, мучнистая роса, механические повреждения приведены на рис. 5. Применение искусственного интеллекта позволяет выявить болезни деревьев и вредителей в саду. В качестве базы используются метеоданные, информация с датчиков и камер дронов. Такой анализ позволяет выявить заболевания на ранней стадии или распознать вредителей, пока они не распространились по саду, и сохранить урожай.

Роботы также производят сканирование листьев деревьев и одновременно производит классификацию поражений болезнями листьев яблони и определяет виды поражений: парша, мучниста роса, ржавчина, пятнистость (рис. 6).



Рисунок 5 – Мониторинг поражений плодов ябллок

Для сканирования российская компания РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ предлагает использовать камеру расширенного спектра RT-1280Lynx, которая производит съёмку в узких зонах спектра с учётом оптических свойств здоровых и поражённых листьев, что позволит получить более точный результат. Робот-монитор производит оценку спелости плодов в различной фазе роста и определяет урожайность каждого дерева (рис. 7).



Рисунок 6 – Мониторинг поражений листьев яблоневых деревьев

Внедрение искусственного интеллекта позволяет компаниям оценить будущий урожай. На основании собранных данных с помощью алгоритмов строится карту урожайности: она покажет, сколько компания соберет с каждого участка сада.

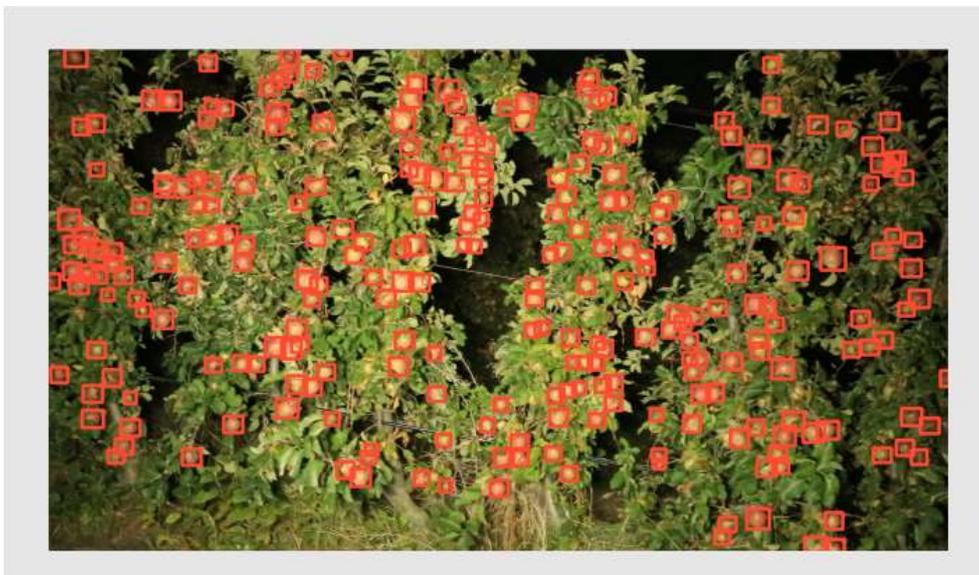


Рисунок 7 – Мониторинг урожайности деревьев

Необходимо научить машины бережно и без повреждений собирать такой урожай. Многие компании в мире сейчас работают над решением этих задач.

Сбор спелых плодов осуществляется роботами различными способами: с применением роборуки, вакуумного механизма и захватом на принципе присоски.

Компанией FRRobotics разработано устройство с трехпальцевым захватом, при помощи которого робот может отодвигать фрукт от листвы и веток и сворачивать. Компания использует передовую обработку изображений для поиска и сбора спелых плодов яблок (рис. 8).



Рисунок 8 – Роборука с жестким захватом

Компанией AbundantRobotics (Калифорния) разработан роботизированный сборщик яблок. Этот робот, используя алгоритмы компьютерного зрения, находит спелые яблоки и выбирает их, с помощью вакуумного механизма, не повреждая плодов, собирает их. Скорость сбора – одно яблоко в секунду. В компании планируют добавить своему сборщику функцию распознавания испорченных яблок (рис. 9).



Рисунок 9 – Вакуумный механизм для сбора яблок

Израильская компания Tevel вместе с компанией Unifrutti и производит сбор яблок с помощью роботизированной платформы с искусственным интеллектом, который управляет летающими дронами с проводным питанием от платформы. Дроны снуют среди веток и выбирают только спелые фрукты без признаков повреждений. Сбор яблок ведётся без участия людей на всех этапах (рис. 10).



Рисунок 10 – Платформа с роем дронов для сбора плодов яблок

Обучаемый машинный интеллект анализирует внешний вид яблок и даёт команду на съём только тогда, если фрукт необходимой спелости и без повреждений. Захват яблок дронами осуществляется присоской с воздушным подсосом. Утверждается, что это минимизирует повреждение плодов. Сорванные яблоки дроны укладывают на ленту платформы, а с неё фрукты попадают в контейнеры для транспортировки на предприятие по упаковке (рис. 11).



Рисунок 11 – Дрон с присосками для сбора яблок

Для сбора и транспортировки спелых плодов разработаны различные роботы-транспортёры. Собранные спелые плоды яблок далее помещаются на автономный транспортёр фруктов. Hugo RT Gen. III способствует эффективной логистике, автономно доставляя и собирая лотки. Этот мобильный робот сочетает в себе искусственный интеллект и надёжную конструкцию для поддержки роботов-сборщиков. Оснащённый в соответствии с высокими требованиями современного цифрового сада, Hugo RT Gen. III впечатляет своей значительной грузоподъёмностью и возможностями буксировки. Его конструкция облегчает выполнение различных задач, от доставки пустых лотков сборщикам в сад до транспортировки полных лотков обратно в пункты сбора, при этом преодолевая пересечённую местность в сельскохозяйственных районах. Безопасность и надёжность стоят на первом месте в конструкции Hugo RT Gen. III. Он оснащён усовершенствованным искусственным интеллектом, который позволяет ему различать людей, проезжие части и препятствия, обеспечивая безопасную работу вблизи персонала фермы. Наличие всесторонних механизмов аварийной остановки и защитных бамперов ещё больше подчёркивает его стремление к безопасности работы (рис. 12).



Рисунок 12 – Hugo RT Gen. III - Автономный транспортер фруктов

Финансовый университет при Правительстве РФ и Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ при технологической поддержке Microsoft разработали умного робота для сбора урожая яблок (рис. 13).

Уборка плодов осуществляется с помощью манипулятора. Искусственный интеллект помогает распознавать плоды и степень их спелости. Поиск плодов на фруктовом дереве осуществляется с применением искусственного интеллекта, в основе модели которого лежит нейросеть. Нейросети – это одно из направлений искусственного интеллекта, целью которого является моделирование аналитических механизмов, характерных для мозга человека. К задачам, которые обычно решаются с помощью нейросетей относятся классификация, предсказание и распознавание.



а



б

Рисунок 13 – Роботы для садов:

а – для мониторинга деревьев и плодов; *б* – робот для сбора спелых плодов

В настоящее время садоводы в России проявляют наибольший интерес к роботам для диагностики заболеваний яблоневых деревьев и их плодов, а также к роботам для сбора урожая.

Беспилотный робот для мониторинга садовых деревьев, разработанный специалистами компании Логус Агро совместно с НИИ им. Трапезникова и Воронежским лесотехническим университетом им. В.Ф. Морозова. Робот имеет платформу с колесным движителем, оборудован системой родаров и лидаров, техническим зрением (рис. 14).



Рисунок 14 – Робот монитор для садов

Привод ходового аппарата производится при помощи электродвигателей.

Выводы

Современный уровень развития спутниковых навигационных систем, компьютерной техники и программного обеспечения позволили создать новое поколение сельскохозяйственных роботов, широкое применение которых способствовало в промышленном садоводстве выйти на качественно новый уровень внедрения цифровых технологий.

На основании ранее проведенных исследований как за рубежом, так и в России применение цифровых технологий в промышленном садоводстве позволяет повысить урожайность плодовых культур на 20-30%, сократить затраты на 30-40% за счет оптимального использования расходных материалов, снизить человеческой фактор, а также минимизировать вредное воздействие химических препаратов на окружающую среду.

Применение роботов в садоводстве способствовало исключению монотонного ручного труда на ряде технологически операций и повышению производительности труда. Однако в России создание беспилотных роботов находит-

ся на этапе становления. В настоящее время в России необходимо создание технологической и производственной базы для создания роботов нового поколения.

Список литературы

1. Измайлов, А. Ю. Цифровые агротехнологии в системе "Умный сад" / А. Ю. Измайлов, И. Г. Смирнов, Д. О. Хорт // Садоводство и виноградарство. – 2018. – № 6. – С. 33-39.
2. Новые цифровые решения в развитии отечественного садоводства / О. В. Кондратьева, А. Д. Федоров, О. В. Слинько, В. А. Войтюк // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 9(303). – С. 16-20. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-9-16-20. – EDN EZDXQC.
3. Бисалиев, А. С. Перспективы использования цифровых технологий в сельском хозяйстве стран Прикаспия / А. С. Бисалиев, Р. К. Арыкбаев, А. А. Айтпаева // Каспий в цифровую эпоху : матер. Национальной науч.-практ. конференции с международным участием в рамках Междунар. науч. форума «Каспий 2021: пути устойчивого развития», Астрахань, 27 мая 2021 года / Астраханский государственный университет. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2021. – С. 219-223.
4. Войтюк, В. А. Цифровые решения в садоводстве и питомниководстве / В. А. Войтюк, О. В. Слинько // Малые Вавиловские чтения-2023 : Сборник статей Междунар. науч.-практ. конференции, посвященной 136-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова и 110-летию Вавиловского университета, Саратов, 06–07 декабря 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 17-23.
5. Разработка и применение робототехнического средства для работы в садоводстве / Смирнов И. Г., Хорт Д. О., Филиппов Р. А., Кутырев А. И. // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы IX Междунар. науч.-практ. конференции «ИнформАгро-2017». – М., 2017. – С. 579-585.
6. Основные направления внедрения роботов в сельскохозяйственное производство России / Н. Т. Гончаров, А. Ю. Измайлов, В. К. Хорошенков [и др.] // Автоматизация в промышленности. – 2017. – № 1. – С. 38-40.
7. Лобачевский, Я. П. Беспилотные технические средства для интеллектуальных технологий в садоводстве / Я. П. Лобачевский, И. Г. Смирнов, Д. О. Хорт // Научно-практические основы ускорения импортозамещения продукции садоводства, Мичуринск-Наукоград, 08–10 сентября 2016 года. – Мичуринск-Наукоград: Тамбовский полиграфический союз, 2017. – С. 257-262.
8. Робототехнические средства для современного садоводства / А. Ю. Измайлов, И. Г. Смирнов, Д. О. Хорт, Р. А. Филиппов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2. – С. 131-138.
9. Хорт, Д. О. Комплекс технологических адаптеров для реализации машинных технологий в садоводстве / Д. О. Хорт, Р. А. Филиппов, И. Г. Смирнов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 236-242.
10. Войтюк, В. А. Внедрение цифровых решений в российском садоводстве и питомниководстве / В. А. Войтюк, О. В. Слинько // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : Сборник матер. VII Междунар. науч.-практ. конференции, Чебоксары, 15 ноября 2023 года. – Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2023.
11. Мещеряков, Р. В. Постановка задачи гетерогенного группового взаимодействия роботов при решении задач умного сада / Р. В. Мещеряков, А. С. Широков // Вестник Южно-

Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика. – 2024. – Т. 16, № 2. – С. 41-49.

12. Зинченко, Т. С. Использование искусственного интеллекта в садоводстве / Т. С. Зинченко, Р. В. Щербаков // Экономика устойчивого развития региона: инновации, финансовые аспекты, технологические драйверы развития в сфере туризма и гостеприимства : Матер. X Междунар. науч.-практ. конференции, Ялта, 28–31 марта 2023 года. – Симферополь: ООО «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 283-285.

13. Смирнов, И. Г. Интеллектуальные технологии и роботизированные машины для возделывания садовых культур / И. Г. Смирнов, Д. О. Хорт, А. И. Кутырев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 35-41.

14. Кондратьева, О. В. Инновационные решения в садоводстве и питомниководстве / О. В. Кондратьева, О. В. Слинько, В. А. Войтюк // Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам Всерос. (нац.) науч.-практ. конференции, Курган, 12 марта 2020 года / под общ. ред. И.Н. Миколайчика. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2020. – С. 75-78.

15. Курунов, А. Ю. Создание автоматизированной системы управления «Умный сад» / А. Ю. Курунов // Мавлютовские чтения : Матер. XV Всерос. молодежной науч. конференции. В 7 т. Уфа, 26–28 октября 2021 года. Т. 7. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2021. – С. 876-878.

16. Структура системы контроля и управления поливом на тест - полигоне «УМНЫЙ сад» / А. И. Завражнов, А. А. Завражнов, А. А. Земляной, Б. С. Мишин // Роль науки в развитии современного садоводства России, Мичуринск-научоград РФ, 15–16 сентября 2022 года. – Мичуринск: Б. и., 2022. – С. 125-132.

17. Елизаров, И. А. К вопросу разработки технического обеспечения испытательного полигона «умный сад» / И. А. Елизаров, В. Н. Назаров, А. А. Третьяков // Современное состояние садоводства Российской Федерации, проблемы отрасли и пути их решения : Матер. науч.-практ. конференции, в рамках 15-й Всерос. выставки «День садовода-2020», Мичуринск, 17–18 сентября 2020 года. – Тамбов: ООО "Тамбовский полиграфический союз", 2020. – С. 190-195.

References

1. Izmailov, A. Yu. Digital agrotechnologies in the Smart Garden system / A. Yu. Izmailov, I. G. Smirnov, D. O. Khort // Horticulture and viticulture. – 2018. – No. 6. – pp. 33-39.

2. New digital solutions in the development of domestic horticulture / O. V. Kondratieva, A.D. Fedorov, O. V. Slinko, V. A. Voityuk // Machinery and equipment for the village. – 2022. – № 9(303). – Pp. 16-20. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-9-16-20. – EDN EZDXQC.

3. Bisaliev, A. S. Prospects for the use of digital technologies in agriculture of the Caspian countries / A. S. Bisaliev, R. K. Arykbayev, A. A. Aitpaeva // The Caspian in the digital age : materials of the National Scientific and practical conference with international participation within the framework of the International Scientific Forum "Caspian 2021: ways of sustainable development", Astrakhan, 27 May 2021 / Astrakhan State University. Astrakhan: Astrakhan University Publishing House, 2021. pp. 219-223.

4. Voityuk, V. A. Digital solutions in horticulture and nursery / V. A. Voityuk, O. V. Slinko // Small Vavilovsky readings-2023 : Collection of articles of the International scientific and practical conference dedicated to the 136th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov and the 110th anniversary of Vavilovsky University, Saratov, December 06-07 In 2023. Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 2023. – pp. 17-23.

5. Development and application of a robotic tool for work in horticulture / Smirnov I.G., Hort D.O., Filippov R.A., Kutyrev A.I. // Scientific and information support of innovative

development of agro-industrial complex / Materials of the IX International scientific and practical conference "InformAgro-2017". – M., 2017. - pp. 579-585.

6. The main directions of introducing robots into agricultural production in Russia / N. T. Goncharov, A. Y. Izmailov, V. K. Khoroshenkov [et al.] // Automation in industry. - 2017. – No. 1. – pp. 38-40.

7. Lobachevsky, Ya. P. Unmanned technical means for intelligent technologies in horticulture / Ya. P. Lobachevsky, I. G. Smirnov, D. O. Hort // Scientific and practical foundations for accelerating import substitution of horticultural products, Michurinsk-Naukograd, September 08-10, 2016. – Michurinsk-Naukograd: Tambov Polygraphic Union, 2017. – pp. 257-262.

8. Robotic tools for modern gardening / A. Y. Izmailov, I. G. Smirnov, D. O. Hort, R. A. Filippov // Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. 2016. No. 2. pp. 131-138.

9. Hort, D. O. Complex of technological adapters for the implementation of machine technologies in horticulture / D. O. Hort, R. A. Filippov, I. G. Smirnov // Fruit and berry growing in Russia. - 2014. – vol. 38, No. 2. – pp. 236-242.

10. Voityuk, V. A. Introduction of digital solutions in Russian horticulture and nursery / V. A. Voityuk, O. V. Slinko // Scientific, educational and applied aspects of production and processing of agricultural products : Collection of materials of the VII International Scientific and practical Conference, Cheboksary, November 15, 2023. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University, 2023.

11. Meshcheryakov, R. V. Formulation of the problem of heterogeneous group interaction of robots in solving problems of a smart garden / R. V. Meshcheryakov, A. S. Shirokov // Bulletin of the South Ural State University. Series: Mathematics. Mechanics. Physics. - 2024. – Vol. 16, No. 2. – pp. 41-49.

12. Zinchenko, T. S. The use of artificial intelligence in horticulture / T. S. Zinchenko, R. V. Shcherbakov // Economics of sustainable development of the region: innovations, financial aspects, technological drivers of development in the field of tourism and hospitality : PROCEEDINGS OF the X INTERNATIONAL SCIENTIFIC and PRACTICAL CONFERENCE, Yalta, March 28-31, 2023. – Simferopol: Limited Liability Company "Publishing House Printing House "Arial", 2023. – pp. 283-285.

13. Smirnov, I. G. Intelligent technologies and robotic machines for cultivating garden crops / I. G. Smirnov, D. O. Khort, A. I. Kutyrev // Agricultural machines and technologies. - 2021. – vol. 15, No. 4. – pp. 35-41.

14. Kondratieva, O. V. Innovative solutions in horticulture and nursery / O. V. Kondratieva, O. V. Slinko, V. A. Voityuk // Scientific and innovative technologies as a factor of sustainable development of the agro-industrial complex : A collection of articles based on the materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference, Kurgan, March 12, 2020 / Under the general editorship of I.N. Mikolajczyk. – Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, 2020. – pp. 75-78.

15. Kurunov, A. Y. Creation of an automated control system "Smart garden" / A. Y. Kurunov // Mavlyutov readings : Materials of the XV All-Russian Youth Scientific conference. In 7 volumes, Ufa, October 26-28, 2021. Volume 7. Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2021. – pp. 876-878.

16. The structure of the irrigation control and management system at the SMART Garden test site / A. I. Zavrazhnov, A. A. Zavrazhnov, A. A. Zemlyanoi, B. S. Mishin // The role of science in the development of modern horticulture in Russia, Michurinsk-naukograd RF, September 15-16, 2022. – Michurinsk: B. I., 2022. – pp. 125-132.

17. Elizarov, I. A. On the issue of developing technical support for the smart Garden test site / I. A. Elizarov, V. N. Nazarov, A. A. Tretyakov // The current state of horticulture in the Russian Federation, problems of the industry and ways to solve them : Materials of the scientific and practical conference, within the framework of the 15th All-Russian exhibition "Day Sadovoda 2020", Michurinsk, September 17-18, 2020. – Tambov: Tambov Polygraphic Union LLC, 2020. – pp. 190-195.

Татаринцев В.Ю.

преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Снятков Е.В.

кандидат техн. наук, доцент, кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Tatarintsev V.Yu.

lecturer at the Department of automobiles and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Artyomov A.V.

senior lecturer of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Snyatkov E.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Production, Repair and Operation of Machinery, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

ПОВЫШЕНИЕ АДАПТИВНОСТИ КОЛЁСНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ НА МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВАХ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

IMPROVING ADAPTIVE WHEEL THRUSTERS ON MOBILE VEHICLES: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Аннотация. В статье рассматривается проблема повышения адаптивности колёсных движителей мобильных средств. Адаптивность колёсных движителей обусловлена изменением пятна контакта с опорным основанием в зависимости от условий движения мобильного энергетического средства (МЭС). Одним из наиболее эффективных способов повышения адаптивности колёсных движителей мобильных средств является автоматическое регулирование давления воздуха в шинах. Разработана установка автоматического регулирования давления воздуха в шинах в зависимости от дорожных условий. Приведены результаты экспериментальных исследований шины 900x500-16 ШАИНА-2 НС-4.

Abstract. The article deals with the problem of increasing the adaptability of wheeled propellers of mobile vehicles. The adaptability of the wheel thrusters is due to a change in the contact spot with the support base, depending on the driving conditions of the mobile energy vehicle (MES). One of the most effective ways to increase the adaptability of wheeled propellers of mobile vehicles is the automatic regulation of tire air pressure. An automatic tire air pressure control system has been developed depending on road conditions. The results of experimental studies of the tire 900x500-16 tire-2 NS-4 are presented.

Ключевые слова: адаптивность, тягово-сцепные свойства, мобильные средства, адаптивный колёсный движитель, давление, проходимость, регулирование, буксование, автоматическая подкачка шин.

Keywords: adaptability, traction properties, mobile means, adaptive wheel drive, pressure, patency, regulation, slipping, automatic tire pumping.

Введение

Применение адаптивных колёсных движителей, способных автоматически изменять свои характеристики в зависимости от условий движения, является перспективным направлением развития мобильных средств. Они обеспечивают повышение проходимости, маневренности и эффективности движения, что особенно важно для транспортных средств, работающих в сложных и изменяющихся условиях (рис. 1). Однако реализация адаптивных колёсных движителей сталкивается с рядом проблем, которые требуют решения.



Рисунок 1 – Адаптивные колёсные движители мобильных средств

Схема путей адаптации колёсных движителей мобильных средств представлена на рисунке 2. Из неё следует, что, если не регулируется давление воздуха в движителе, тогда догружается ведущий мост мобильного средства с помощью увеличения сцепного веса, либо дополнительных устройств. При регулировании давления воздуха учитываются параметры колёсного движителя и используется система регулирования давления воздуха в шинах – СРДВШ [1–5].

Увеличение сцепного веса колёсного трактора представляет собой применение балластов и догрузателей. В качестве балласта используют чугунные грузы, навешиваемые на ведущие колеса, и балластную жидкость, которую заливают в камеры ведущих колес. Однако следует отметить отрицательные стороны балластировки трактора. Так, при снижении тяговых усилий и повышении

скорости движения трактора, балласт способствует увеличению потерь на качение и уменьшению коэффициента полезного действия (КПД).



Рисунок 2 – Схема путей адаптации колёсных движителей мобильных средств

Эффективным способом увеличения сцепного веса трактора считают применение догрузателей ведущих колес механического и гидравлического типов. Принцип действия их основан на переносе части веса машины на ведущие колеса трактора. С увеличением массы трактора, шина становится жёстче, глубина колеи и уплотнение почвы повышаются.

Регулирование давления воздуха в шинах позволяет снижать и повышать давление воздуха в колёсах мобильных средств, тем самым увеличивая проходимость и производительность, уменьшая износ шин и расход топлива, а также эффективно сохраняет почву, так как более мягкая и широкая шина увеличивает пятно контакта с поверхностью, благодаря чему лучше распределяется вес и снижается давление на грунт [5–8].

Цель исследования

Целью данного исследования является определение характеристик системы автоматической подкачки шин, используемой при реализации адаптивного колесного движителя.

1. Обосновать рациональные параметры системы автоматической подкачки шин (объём ресивера, номинальное давление воздуха в ресивере, время снижения давления воздуха в шине при переходных режимах).

2. Провести лабораторные испытания по оценке тягово-сцепных качеств шины ШАИНА-2, снять тяговую характеристику шины, определить влияние давления воздуха в шине на величину пятна контакта и уровень контакта давления.

3. Выявить зависимость изменения площади пятна контакта шины от внутреннего давления воздуха в ней с помощью системы автоматической подкачки шин.

4. Оценить эффективность применения на мини-тракторе шин сверхнизкого давления с системами автоматической подкачки и противобуксовочной.

Объект исследования

Стенд для испытаний системы «Автоматической подкачки шин».

Материалы и методы исследований

Одним из наиболее эффективных путей решения адаптивности колёсных движителей является применение автоматической системы регулирования давления воздуха в шинах – АСРДВШ [8–10].

В настоящее время в этой области можно выделить три основных направления развития:

- 1) разработка структуры и алгоритма системы централизованной подкачки шин;
- 2) проектирование системы подвода воздуха к вращающейся ступице колеса;
- 3) разработка устройства контроля давления в пневматической шине.



Рисунок 3 – Техническая реализация АСРДВШ

Автоматическая система регулирования давления воздуха в шинах с внешним подводом сжатого воздуха позволяет не усложнять конструкцию мостов мобильных средств, что определенно снижает стоимость машин в целом. Внешний подвод может монтироваться как на сборочном конвейере, так и на машинах, находящихся в эксплуатации. Установка АСРДВШ с внешним подводом возможна на любой прицепной технике, что также повышает рентабельность её использования. АСРДВШ позволяет изменять давление воздуха в шинах, тем самым увеличивая его проходимость и производительность, уменьшая износ шин и расход топлива, а также эффективно сохраняет почву благодаря изменению площади пятна контакта шины (рис. 4) [11].

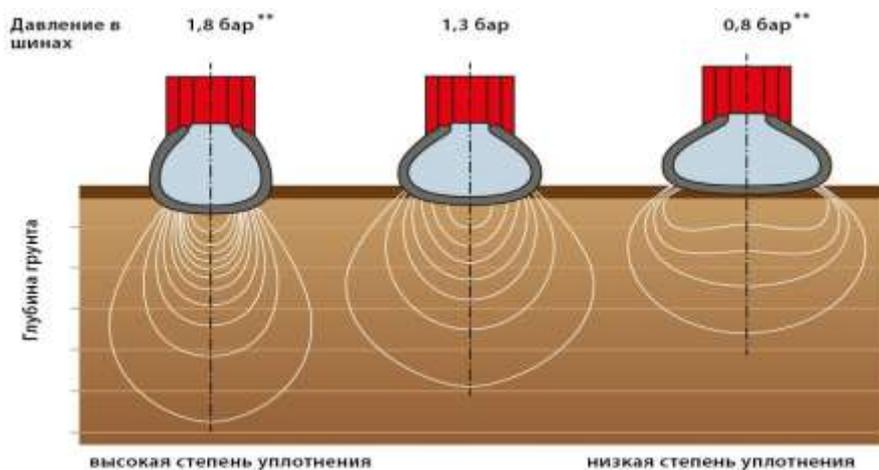


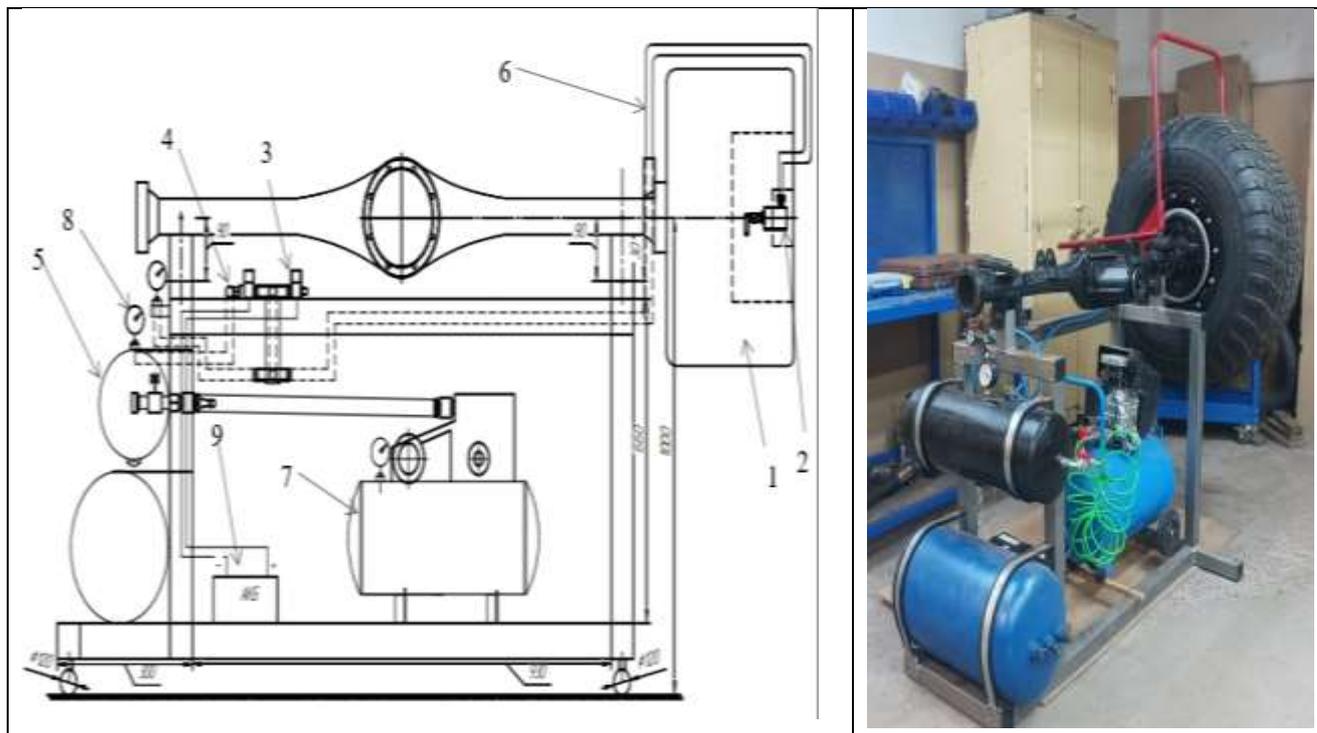
Рисунок 4 – Зависимость давления на грунт от давления в шине

Так для решения данных задач исследования на кафедре Автомобилей и сервиса ФГБОУ ВО «ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова» был спроектирован и разработан стенд «Автоматическая подкачка шин».

Предложенная система подкачки шин позволяет автоматически регулировать давление воздуха в шинах для сельскохозяйственных работ или движения по дорогам общего пользования. При повреждении трубопроводов системы подкачки воздух из шин не выходит, что значительно увеличивает безопасность движения. Давление в шинах переднего и заднего мостов, а также для отдельного колеса можно регулировать отдельно. Таким образом, система подкачки шин позволяет управлять площадью пятна контакта во время движения [11].

Система с внешним подводом сжатого воздуха позволяет не усложнять конструкцию мостов колёсного трактора для обеспечения подвода сжатого воздуха, что определенно снижает его стоимость в целом. Внешний подвод может

монтироваться как на сборочном конвейере, так и на машинах, находящихся в эксплуатации.



1 – колесо; 2 – устройство контроля давления воздуха в шине; 3 – трехпозиционный электропневмораспределитель; 4 – управляющее устройство; 5 – ресивер; 6 – пневмопровод; 7 – компрессор; 8 – манометр; 9 – АКБ

Рисунок 5 – Стенд автоматической подкачки шин

Предлагаемая система автоматической подкачки шин изображена на рис. 5. Принцип работы: сжатый воздух от компрессора 7 подаётся в ресивер 5, из которого по пневмопроводам 6 поступает к трёхпозиционному электропневмораспределителю 3, благодаря управляющему устройству 4 сжатый воздух подаётся к устройству контроля давления воздуха в шине 2, и далее, непосредственно в шину.

Результаты исследования и их обсуждение

Используя данную зависимость (1) можно рассчитать внутренний объём шины, зная её основные параметры и размеры [12].

$$V_{ш} = \frac{\pi^2 \times (D_{об} + b - 2 \times t_б) \times (B - 2 \times t_б)^2}{4},$$

где $V_{ш}$ – внутренний объём шины, м³; $D_{об}$ – диаметр обода, мм; B – ширина профиля шины, мм; $t_б$ – толщина стенки боковины шины, м.

Расчётным методом определили внутренний объём шины ШАИНА-2, который равен $V_{ш} = 0,36 \text{ м}^3$.

Технические характеристики шины ШАИНА-2 представлены в таблице.

Таблица – Техническая характеристика шины ШАИНА-2 900x500-16

Наружный диаметр, мм	Ширина профиля, мм	Свободный радиус, мм	Норма слойности PR	Масса, кг	Внутреннее давление, МПа	Допустимая нагрузка, кг	Объём шины, м ³
900	500	450	2	25	0,1-0,6	400	0,4

В результате проведенных лабораторных испытаний на стенде «Автоматической подкачки шин» определили время подачи и спуска сжатого воздуха в шине ШАИНА-2.

Методика проведения лабораторного эксперимента заключалась в следующем: с помощью компрессора сжатый воздух подавался в ресивер, давление в ресивере на всех этапах эксперимента составляло 0,6 МПа. Исходя из технических характеристик шины ШАИНА-2 были выбраны следующие режимы подачи и спуска сжатого воздуха. Подача сжатого воздуха в шину: 1) с 0,2 до 0,3 МПа; 2) с 0,2 до 0,4 МПа; 3) с 0,2 до 0,5 МПа; 4) с 0,2 до 0,6 МПа. Спуск сжатого воздуха в шине: 1) с 0,6 до 0,2 МПа; 2) с 0,5 до 0,2 МПа; 3) с 0,4 до 0,2 МПа; 4) с 0,3 до 0,2 МПа.

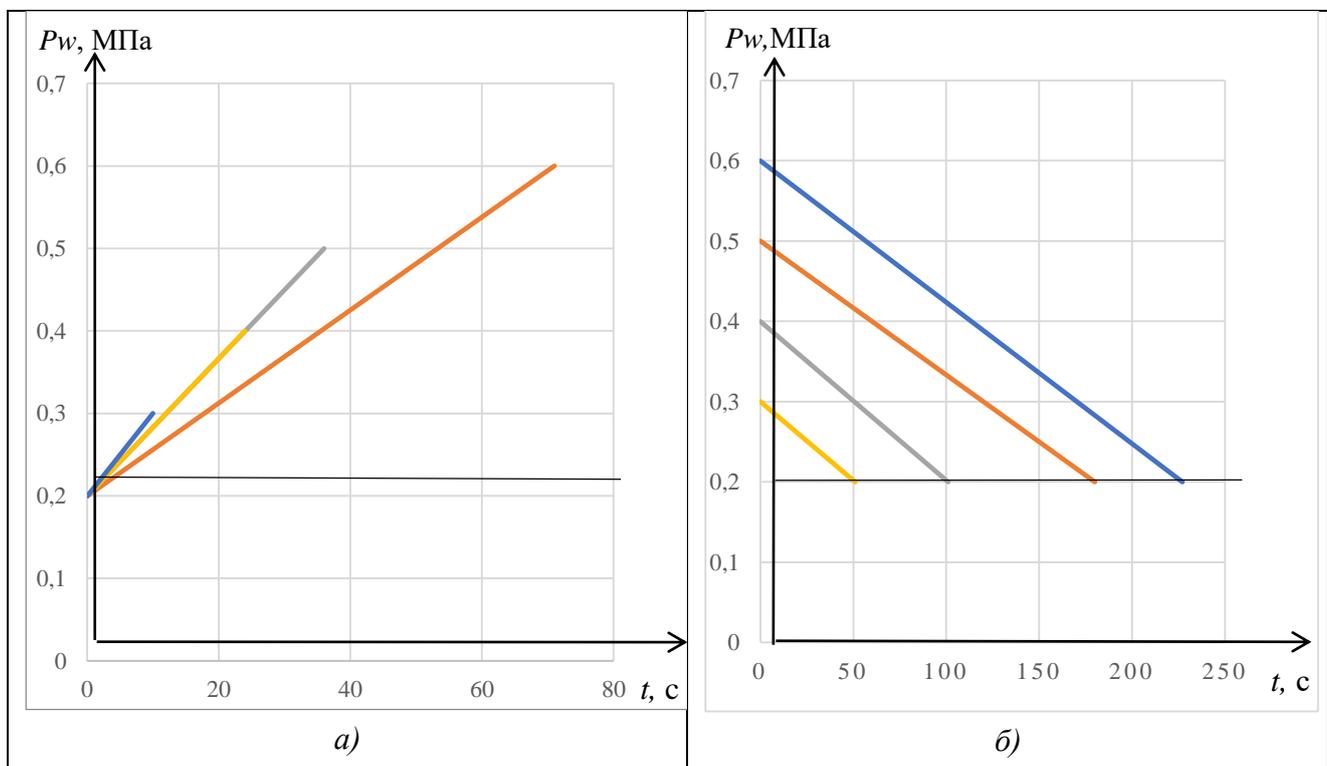


Рисунок 6 – Время подачи и спуска сжатого воздуха в шине ШАИНА-2:
а) подача давления, б) спуск давления

Проведя анализ графиков, можно утверждать, что для оптимальной и эффективной работы системы автоматической подкачки шин необходимо в автоматическом режиме отслеживать технические параметры шин и дорожные условия, в которых эксплуатируется мобильное средство [13–19].

Выводы

1. Применение системы автоматической подкачки шин позволяет в автоматическом режиме изменять параметры пятна контакта шин.
2. Оптимальное давление воздуха в шине позволяет снизить буксование, снизить повреждение и уплотнение почвы, повысить топливную экономичность, рабочую скорость движения и как следствие производительность агрегата.
3. Целесообразно продолжить исследования в полевых условиях МЭС на шинах сверхнизкого давления с автоматической системой регулирования давления воздуха и противобуксовочной системой.
4. Теоретические и экспериментальные исследования, направленные на повышение тягово-сцепных качеств колёсных тракторов, требуют проведения дополнительных опытно-конструкторских работ и продолжения начатых исследований.

Список литературы

1. Хахина А. М., Устинов В. В. Влияние модуля деформации на форму пятна контакта движителя с почвогрунтом // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 9-2(20-2). – С. 287-290. – DOI 10.12737/16489.
2. Ким Ю. А., Бобрович В. А., Войтеховский Б. В., Исаченков В. С. Влияние величины давления воздуха в шинах колес на геометрические параметры пятна контакта при взаимодействии с опорной поверхностью // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2018. – № 2(210). – С. 308-312.
3. Гапич Д. С., Лебедь Н. И., Панчишкин А. П. Влияние колебаний в пятне контакта с почвой ведущего колеса трактора на коэффициент буксования // Сельский механизатор. – 2023. – № 5. – С. 5-7. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-5-5-6-7.
4. Ким Ю. А., Насковец М. Т., Жарков Н. И., Гиль В. И. Повышение проходимости колесных машин за счет регулирования давления воздуха в шинах // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2022. – № 2(258). – С. 125-129. – DOI 10.52065/2519-402X-2022-258-2-125-129.
5. Гуськов В. В., Бойков В. П., Поварехо А. С., Павлова В. В., Лысанович П. В. Проблемы автоматического регулирования давления в шинах мобильных машин // Транспорт и транспортные системы: конструирование, эксплуатация, технологии: сборник научных статей. Министерство образования Республики Беларусь; Белорусский национальный технический университет. Вып. 2. – Минск : Белорусский национальный технический университет, 2020. – С. 16-31.

6. Горшков Ю. Г., Старунова И. Н., Калугин А. А., Бакунин В. В. Основные показатели статической устойчивости колёсного трактора на склоне при автоматическом регулировании давления воздуха в шинах // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2(52). – С. 74-77.

7. Усиков В. Ю., Келлер А. В., Ушнурцев С. В., Яковлев А. С. Техническое решение повышения эффективности децентрализованной системы регулирования давления воздуха в шинах // Наука и военная безопасность. – 2020. – № 1(20). – С. 67-73.

8. Усиков В. Ю., Каширин Е. А. Решение задачи повышения опорной проходимости автомобилей многоцелевого назначения путем децентрализации регулирования давления воздуха в шинах // Наука и военная безопасность. – 2016. – № 2(5). – С. 68-78.

9. Лещинский Д. Ю., Смирнов А. А., Ягубова Е. В. Анализ перспективных конструкций систем централизованной подкачки шин на примере патентов мировых производителей // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – № 12(24). – С. 26.

10. Баженов С. Н., Польдин Е. О., Сутейник Е. С., Федоров Р. Ю. Усовершенствование конструкции систем регулирования давления воздуха в шинах транспортных средств специального назначения // Современная парадигма естественных и технических наук : сборник науч. трудов по матер. Междунар. науч.-практ. конференции, Белгород, 29 апреля 2019 года / под общ.ред. Е. П. Ткачевой. – Белгород: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство перспективных научных исследований", 2019. – С. 171-173.

11. Повышение тягово-сцепных качеств минитрактора путем применения автоматической подкачки шин / В. Ю. Татаринцев, С. Е. Мураткин, А. В. Артемов, В. И. Прядкин // Повышение эксплуатационных качеств мобильных транспортно-технологических средств : материалы Всерос. науч. конференции, Воронеж, 15 ноября 2023 года. – Воронеж, 2023. – С. 78-91. – DOI 10.58168/IPMTTM2023_78-91. – EDN BRZHQF.

12. Богданов, А. В. Обоснование параметров устройства для поддержания заданного давления воздуха в шинах колесных машин / А. В. Богданов, Ю. Б. Четыркин, Е. А. Лещенко // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 11-1(103). – С. 44-46. – EDN PWTBJD.

13. Мадьяров Т. М., Егоров А. Л., Костырченко В. А. Устройство для подвода воздуха к шинам // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 4-1. – С. 82-86.

14. Тогизбаева Б. Б., Топильский Р. А. Повышение проходимости автомобилей за счет регулирования давления воздуха в шинах // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: материалы XI Междунар. науч.-практ. конференции, Астана, 16 марта 2023 года. – Астана: Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, 2023. – С. 323-325.

15. Баженов С. Н., Польдин Е. О., Сутейник Е. С., Федоров Р. Ю. Усовершенствование конструкции систем регулирования давления воздуха в шинах транспортных средств специального назначения // Современная парадигма естественных и технических наук : сборник научных трудов по матер. Междунар. науч.-практ. конференции, Белгород, 29 апреля 2019 года / под общ. ред. Е. П. Ткачевой. – Белгород: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство перспективных научных исследований", 2019. – С. 171-173.

16. Транспортно-технологические средства на шинах сверхнизкого давления / В.И. Прядкин, В.Я. Шапиро, З.А. Годжаев, С.В. Гончаренко ; М- во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛУ». – Воронеж, 2019 – 492 с.

17. Артемов А. В., Гончаренко С. В., Прядкин В. И. Определение пятна контакта шин сверхнизкого давления 1020x420-18 Бел-79 для лесной техники малого класса // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2020. – Т. 8, № 1(48). – С. 250-256. – DOI 10.34220/2308-8877-2020-8-1-250-256.

References

1. Khakhina A.M., Ustinov V. V. The influence of the deformation modulus on the shape of the contact spot of the mover with the soil // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. – 2015. – Vol. 3, No. 9-2(20-2). – pp. 287-290. – DOI 10.12737/16489.
2. Kim Yu. A., Bobrovich V. A., Voitekhovskiy B. V., Isachenkov V. S. The influence of air pressure in wheel tires on the geometric parameters of the contact spot when interacting with the support surface // The works of BSTU. Series 1: Forestry, environmental management and processing of renewable resources. – 2018. – № 2(210). – Pp. 308-312.
3. Gapich D. S., Lebed N. I., Panchishkin A. P. The effect of vibrations in the contact spot with the soil of the tractor drive wheel on the slip coefficient // Rural mechanizer. – 2023. – No. 5. – Pp. 5-7. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-5-5-6-7.
4. Kim Yu. A., Naskovets M. T., Zharkov N. I., Gil V. I. Increasing the cross-country ability of wheeled vehicles by regulating air pressure in tires // Proceedings of BSTU. Series 1: Forestry, environmental management and processing of renewable resources. – 2022. – № 2(258). – Pp. 125-129. – DOI 10.52065/2519-402X-2022-258-2-125-129.
5. Guskov V. V., Boikov V. P., Povarekha A. S., Pavlova V. V., Lysanovich P. V. Problems of automatic tire pressure regulation in mobile machines // Transport and transport systems: design, operation, technology: collection of scientific articles / Ministry of Education of the Republic of Belarus; Belarusian National Technical University. Issue 2. – Minsk : Belarusian National Technical University, 2020. – pp. 16-31.
6. Gorshkov Yu. G., Starunova I. N., Kalugin A. A., Bakunin V. V. Basic indicators of static stability of a wheeled tractor on a slope with automatic regulation of air pressure in tires // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. – 2015. – № 2(52). – Pp. 74-77.
7. Usikov V. Yu., Keller A.V., Ushnurtsev S. V., Yakovlev A. S. Technical solution for improving the efficiency of a decentralized tire air pressure control system // Science and military security. – 2020. – № 1(20). – Pp. 67-73.
8. Usikov V. Yu., Kashirin E. A. Solving the problem of increasing the basic cross-country ability of multi-purpose vehicles by decentralizing the regulation of air pressure in tires // Science and military security. – 2016. – № 2(5). – Pp. 68-78.
9. Leshchinsky D. Yu., Smirnov A. A., Yagubova E. V. Analysis of promising designs of centralized tire pumping systems on the example of patents of world manufacturers // Engineering Journal: Science and Innovation. – 2013. – № 12(24). – P. 26.
10. Bazhenov S. N., Poldin E. O., Suteynik E. S., Fedorov R. Yu. Improving the design of air pressure control systems in tires of special purpose vehicles // The modern paradigm of natural and technical sciences : a collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference, Belgorod, April 29, 2019 / Under the general editorship of E.P. Tkacheva. – Belgorod: Limited Liability Company "Agency for Advanced Scientific Research", 2019. – pp. 171-173.
11. Improving the traction qualities of a minitractor by using automatic tire pumping / V. Y. Tatarintsev, S. E. Muratkin, A.V. Artemov, V. I. Pryadkin // Improving the performance of mobile transport and technological means : materials of the All-Russian Scientific Conference, Voronezh, November 15, 2023. – Voronezh, 2023. – pp. 78-91. – DOI 10.58168/IPMTTM2023_78-91. – EDN BRZHQP.
12. Bogdanov, A.V. Substantiation of device parameters for maintaining a given air pressure in tires of wheeled vehicles / A.V. Bogdanov, Yu. B. Chetyrkin, E. A. Leshchenko // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2012. – № 11-1(103). – Pp. 44-46. – EDN PWTBJD.
13. Magyarov T. M., Egorov A. L., Kostyrchenko V. A. Device for supplying air to tires // Fundamental research. - 2016. – No. 4-1. – pp. 82-86.
14. Togizbayeva B. B., Topilsky R. A. Increasing the cross-country ability of cars by regulating air pressure in tires // Actual problems of transport and energy: ways of their innovative

solutions: materials of the XI International Scientific and Practical Conference, Astana, March 16, 2023. – Astana: L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2023. – pp. 323-325.

15. Bazhenov S. N., Poldin E. O., Suteynik E. S., Fedorov R. Yu. Improving the design of air pressure control systems in tires of special purpose vehicles // The modern paradigm of natural and technical sciences : a collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference, Belgorod, April 29, 2019 / Under the general editorship of E. P. Tkacheva. – Belgorod: Limited Liability Company "Agency for Advanced Scientific Research", 2019. – pp. 171-173.

16. Transport and technological means on ultra-low pressure tires / V.I. Pryadkin, V.Ya. Shapiro, Z.A. Gojaev, S.V. Goncharenko ; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, VGLTU. – Voronezh, 2019 – 492 p.

17. Artyomov A.V., Goncharenko S. V., Pryadkin V. I. Determination of the contact spot of ultra-low pressure tires 1020x420-18 Bel-79 for small-class forestry equipment // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. - 2020. – Vol. 8, No. 1(48). – pp. 250-256. – DOI 10.34220/2308-8877-2020-8-1-250-256.

DOI: 10.58168/AuInPT2024_161-166
УДК 378:629.3

Черных А.С.

кандидат. техн. наук, доцент,
проректр по УР
Воронежского государственного
лесотехнического университета
имени Г.Ф. Морозова, РФ

Писарева С.В.

кандидат. физ.-мат. наук, доцент,
начальник УМУ
Воронежского государственного
лесотехнического университета
имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса
Воронежского государственного
лесотехнического университета
имени Г.Ф. Морозова, РФ

Мураткин С.Е.

преподаватель кафедры автомобилей
и сервиса Воронежского государственного
лесотехнического университета
имени Г.Ф. Морозова, РФ

Онуфриев С.Ю.

директор департамента технического
обслуживания оборудования
автозавода ООО «Хавейл Мотор
Мануфактуринг Рус», РФ

Воробьёва Д.В.

руководитель группы по внешним связям
ООО «Хавейл Мотор Мануфактуринг Рус»,
РФ

Chernykh A.S.

PhD, Associate Professor, vice-rector,
Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Pisareva S.V.

PhD, Associate Professor, the head of the
UMU, Voronezh State University
of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Russian
Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Department of cars and service, Voronezh State
University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Russian Federation

Muratkin S.E.

lecturer at the Department of cars and service,
Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Onufriev S. Yu.

Director of the Department of Equipment
Maintenance at the Havale Motor
Manufacturing Rus Automobile Plant, Russian
Federation

Vorobyova D.V.

Head of the External Relations Group of
Havale Motor Manufacturing Rus LLC,
Russian Federation

СОТРУДНИЧЕСТВО АВТОМОБИЛЬНОГО ЗАВОДА С ТЕХНИЧЕСКИМ ВУЗОМ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

COOPERATION OF AN AUTOMOBILE PLANT WITH A TECHNICAL UNIVERSITY: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению проблемных вопросов подготовки кадров для автомобильной отрасли в технических вузах. Отражена проблема дефицита кадров в отрасли и показан опыт сотрудничества технического вуза с современным высокотехнологичным автопромом.

Abstract. The article is devoted to the consideration of problematic issues of personnel training for the automotive industry in technical universities. The problem of personnel shortage in

the industry is reflected and the experience of cooperation between a technical university and a modern high-tech automotive industry is shown.

Ключевые слова: автомобильная отрасль, подготовка кадров, вуз, траектории образования, образовательные программы.

Keywords: automotive industry, personnel training, university, educational trajectories, educational programs.

Автомобильная отрасль России, несмотря на санкции и уход с рынка зарубежных производителей, демонстрирует неуклонный рост и является одной из динамично развивающихся секторов экономики страны [1]. В отрасли занято около 290 тыс. человек, при этом одно рабочее место в отрасли обеспечивает 9-10 рабочих мест в смежных отраслях [2].

В настоящее время автомобильная отрасль испытывает острую потребность в высококвалифицированных кадрах. Распоряжением Правительства РФ утверждена «Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2035г.», в которой указана необходимость формирования консолидированной позиции производителей автомобильной техники с различными структурными подразделениями образовательных организаций по вопросам подготовки кадров [3].

При подготовке кадров для высокотехнологичных производств автомобильной отрасли в сфере высшего образования у вузов возникли проблемы: нехватка кадров профессорско-преподавательского состава для подготовки специалистов с учетом новых вызовов работодателей и устаревшее материально-техническое обеспечение и оснащённость образовательного процесса. Одним из путей решения данных проблем является тесное сотрудничество технических ВУЗов с автоконцернами.

С целью консолидации и координации совместных усилий при подготовке высококвалифицированных кадров Воронежский государственный лесотехнический университет (ВГЛТУ) имени Г.Ф. Морозова заключил договор о сотрудничестве с автомобильным заводом «Хавейл Мотор Мануфэкчуринг Рус».

Автомобильный завод «Хавейл Мотор Мануфэкчуринг Рус» в России – это современное высокотехнологичное, безопасное и экологичное предприятие, руководствующееся концепцией бережливого производства. Заводской комплекс оснащен современными роботами, включает цеха штамповки, сварки, окраски и сборки, а также цех изготовления компонентов. В технологические процессы завода входят: штамповка, сварка, окраска, сборка и литье пластика, производство выхлопной системы, сидений и деталей интерьера. В 2024 году

завод планирует выпустить 130 тысяч автомобилей, а на данный момент выпущено более 95 тысяч.

В рамках договора о сотрудничестве между автомобильным заводом «Хавейл Мотор Мануфэкчуринг Рус» и ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова была разработана программа совместного сотрудничества. На рабочей встрече, которая состоялась в ВГЛТУ, ректор Драпалюк М.В. ознакомил представителей завода со структурой подготовки кадров для автомобильной отрасли (рис. 1, рис. 2)

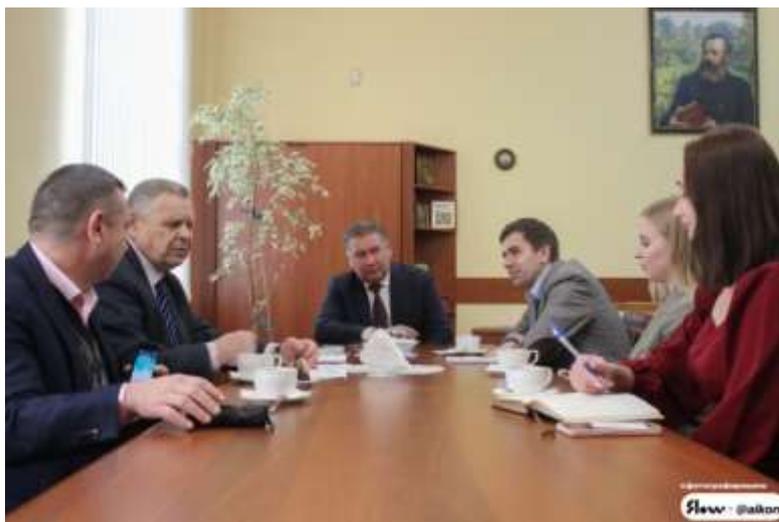


Рисунок 1 – Рабочая встреча ректора Драпалюка М.В. с представителями завода «Хавейл Мотор Мануфэкчуринг Рус»

В течение 2024 года сотрудничества между автомобильным заводом «Хавейл Мотор Мануфэкчуринг Рус» ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова в вузе была создана специализированная аудитория №26 по углубленному изучению автомобилей HAVAL. Перед аудиторией размещён информационный щит «Автомобили HAVAL в России», на котором представлена информация о сотрудничестве завода с вузом, представлены современные высокотехнологичные производственные участки завода. В аудитории № 26 установлены макеты моторно-трансмиссионных установок высокой информативности автомобилей HAVAL - JOLION и HAVAL DARGO, предоставленные в дар директором завода Лю Хэтуном.

В рамках учебного процесса студенты средне-профессионального образования и высшего образования автомобильного факультета изучают конструктивные особенности автомобилей HAVAL. Сотрудники завода активно участвуют в научно-практических конференциях, проводимых в ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова, совместно публикуют в журналах и сборниках научные статьи.



Рисунок 2 – Система подготовки кадров в вузе для автомобильной отрасли

Руководство автомобильного завода два раза в год проводит экскурсии для студентов автомобильного факультета.



Рисунок 3 – Посадка «Аллеи Дружбы»

Студенты выезжают на завод HAVAL, который находится на территории индустриального парка «Узловая» в Узловском районе Тульской области. Летом 2023 года студенты ВГЛУ на прилегающей к заводу территории посадили «Аллею Дружбы», символизирующую крепкую дружбу между Россией и Китайской Народной Республикой.

Экскурсия на производственной площадке завода проводят специалисты, они максимально подробно и интересно рассказывают о технологическом процессе производства и сборки автомобилей, с последующими испытаниями. Компания уделяет большое внимание качеству выпускаемой продукции и тщательно следит за соблюдением технологического процесса на каждой стадии производства.

В настоящее время на заводе установлено новейшее роботизированное оборудование, которое позволяет производить легковые автомобили в полном соответствии с мировыми стандартами. Уникальные разработки, современные технологии и соблюдение всех требований при производстве гарантируют, что автомобили HAVAL – это продукт высокого качества.

Руководство завода уделяет большое внимание социальным вопросам, предоставляет своим сотрудникам при трудоустройстве: бесплатную доставку корпоративным транспортом до места работы, компенсацию за питание, спецодежду, скидки на выпускаемую продукцию.



Рисунок 4 – Экскурсия студентов автомобильного факультета на автомобильном заводе «Хавейл Мотор Мануфэкчуринг Рус»

С целью повышения практикоориентированности производственные практики студенты ВГЛТУ проходят на производственных площадках автомобильного завода и получают первые навыки работы на автомобильном производстве.

Благодаря совместному сотрудничеству стало возможным обновление материально-технической базы вуза узлами и агрегатами автомобилей HAVAL. Руководство университета активно привлекает сотрудников HAVAL для реализации образовательных программ. Проведение экскурсий способствуют повышению качества образовательного процесса обучающихся. Полученный опыт сотрудничества постоянно совершенствуется и расширяется.

Список литературы

1. Лавров О. С. Развитие российской автомобильной промышленности в условиях санкций и новых вызовов / О. С. Лавров // Российский внешнеэкономический вестник. - 2023. - № 11. - С. 88-104.
2. Ларионова Т. Мультипликатор развития. Автомобильная промышленность демонстрирует рост / Т. Ларионова // Сайт газеты «Транспорт России», 25 февраля 2024 г. – URL: <https://transportrussia.ru/razdely/obshchestvennye-slushaniya/21-economy/10805-multiplikator-razvitiyaavtomobilnaya-promyshlennost-demonstriruet-rost.html> (дата обращения: 03.06.2024).

References

1. Lavrov O.S. The development of the Russian automotive industry in the context of sanctions and new challenges / O.S. Lavrov // Russian Foreign Economic Bulletin. - 2023. - No. 11. - P. 88-104.
2. Larionova T. The multiplier of development. The automotive industry is demonstrating growth / T. Larionova // Website of the newspaper "Transport of Russia", February 25, 2024. – URL: <https://transportrussia.ru/razdely/obshchestvennye-slushaniya/21-economy/10805-multiplikator-razvitiyaavtomobilnaya-promyshlennost-demonstriruet-rost.html> (date of application: 06/03/2024).

Щеклеин Д.А.

преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Shcheklein D.A.

lecturer at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЯ ОТОПИТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ

IMPROVING THE TESTING METHODOLOGY FOR MICROCLIMATE HEATERS OF MOBILE DEVICES

Аннотация. В статье рассматривается проблема повышения комфортных условий микроклимата кабин. Особую актуальность приобретает создание благоприятных условий для механизаторов, производительность труда которых в значительной степени зависит от условий окружающей среды и непосредственно от комфорта в рабочей зоне.

Abstract. The article deals with the problem of improving the comfortable conditions of the microclimate of cabins. Of particular relevance is the creation of favorable conditions for machine operators, whose labor productivity largely depends on the conditions of the surrounding environment and directly on the comfort in the work area.

Ключевые слова: микроклимат кабины, отопители, радиаторы, мобильные средства, лабораторная установка.

Keywords: cabin microclimate, heaters, radiators, mobile facilities, laboratory installation.

Введение

Развитие технического оснащения лесного хозяйства, внедрение передовых технологий и появление современной сложной техники требуют более надежной защиты работающих операторов от воздействия вредных факторов производства.

Особое внимание при создании новых и модернизации уже существующих сельскохозяйственных машин уделяется созданию комфортных условий труда для механизаторов, чья производительность в значительной степени зависит от окружающей среды и удобства рабочей зоны. Неблагоприятные условия труда операторов лесных машин (шум, вибрация, пыль в воздухе, низкие или высокие температуры в кабине и т.д.) являются основной причиной сниже-

ния производительности, быстрого утомления, профессиональных заболеваний и текучести кадров механизаторов.

Условия работы операторов мобильных сельскохозяйственных агрегатов считаются неблагоприятными. В кабинах тракторов и других лесохозяйственных машин не соблюдаются параметры микроклимата, установленные ГОСТами и нормативными документами [3, 4]. Летом в кабинах слишком жарко из-за солнечной радиации и тепла от двигателя, а зимой – наоборот, слишком холодно, что приводит к утомляемости, снижению внимания и, как следствие, ухудшению производительности и возможности ошибок при работе. Важно обеспечить комфортную температуру в кабинах тракторов зимой, чтобы предотвратить простудные заболевания и повысить работоспособность водителя.

Существует много различных отопительных устройств, рекомендуемых для использования в кабинах мобильных средств. В работе [1] рассматривается обзор 470 описаний изобретений, полученных авторскими свидетельствами СССР и патентами США, ФРГ, Англии и Франции, относящихся к различным типам отопительных устройств. В работе [9] все описанные устройства, работающие на принципе производства тепла, можно разделить на три группы: первая группа включает в себя наиболее распространенные отопительные устройства, использующие тепловыделение двигателя; вторая группа - устройства, преобразующие механическую энергию двигателя машины в тепловую; третья группа - автономные устройства, у которых энергетические установки отделены от двигателя машины.

Цель работы

Проведение анализа микроклимата кабин мобильных средств, лабораторных установок. Найти решение усовершенствования лабораторных установок по испытанию отопителей.

Объект исследования

Лабораторные установки для испытания отопителей кабин мобильных средств.

Материалы и методы исследования

Использована и проанализирована информация из открытых источников, сайтов производителей сельскохозяйственной техники, материалы конференций и публикации журналов по тематике исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Существующие специализированные устройства для проверки эффективности теплообмена в радиаторах и отопителях автомобилей и тракторов используют принцип работы аэродинамической трубы. Испытания теплообменников проводятся в соответствии с установленными методиками для различных типов теплообменных устройств. Регулировка температуры жидкости в системе осуществляется автоматически, чтобы поддерживать ее на нужном уровне в течение всего испытательного периода. Температура воздуха в лаборатории регулируется и поддерживается автономной системой отопления, чтобы обеспечить стабильные условия испытаний при изменении погодных условий. Расход воды измеряется перед началом испытаний с помощью расходомера в гидравлической системе. Давление воды в теплообменнике контролируется с помощью датчиков давления, установленных на входе и выходе из радиаторного модуля

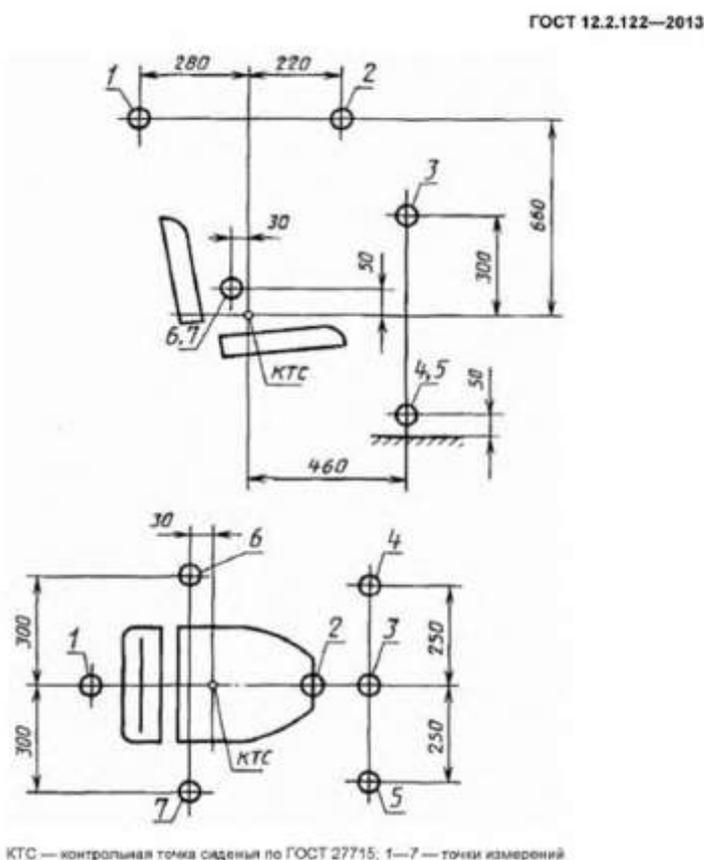


Рисунок 1 – Схема проверки эффективности теплообмена в радиаторах и отопителях автомобилей и тракторов

Для изменения скорости воздуха в аэродинамическом контуре используется регулируемый дроссель. Теплоотдача теплообменника зависит от скорости воздуха и расхода воды (масла) в радиаторах при установленном тепловом режиме. Режим считается установившимся, если температура воды (масла) и воз-

духа на входе и выходе из теплообменника остается постоянной в течение 3 минут, при этом проводится не менее 3-5 измерений. Регулировка расхода наддувочного воздуха осуществляется с помощью пульта управления, путем плавного изменения скорости вращения привода нагнетателя. Нагрев наддувочного воздуха происходит в нагревательной камере с помощью нагревательных элементов

В статье [4] предлагается испытательный стенд, представляющий собой аэродинамическую трубу для продувки радиатора охлаждения трактора МТЗ-80 в ООО «Научно-производственное объединение «ГАЛИС».



Рисунок 2 – Специальный стенд для испытаний разных конструкций радиаторов

А для испытаний приближенным к реальным условиям работы трактора было предложено испытывать радиатор охлаждения в лаборатории ЛКИТА

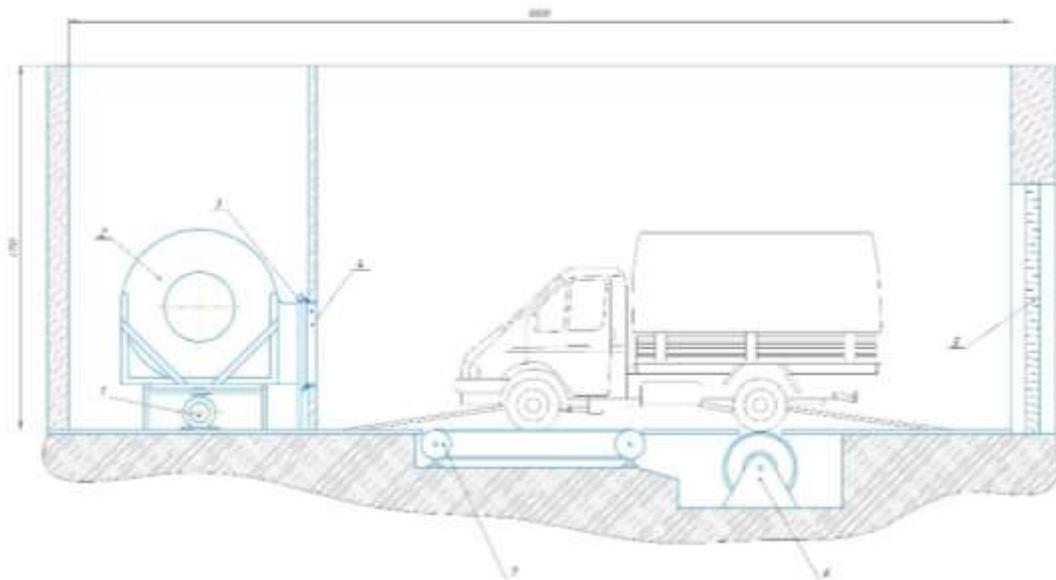


Рисунок 3 – Лабораторная установка для испытаний отопителей кабин мобильных средств

Испытательный стенд НПО «ТАЛИС» требует доработки для испытаний отопителей кабин, нами предлагается усовершенствованная лабораторная установка.

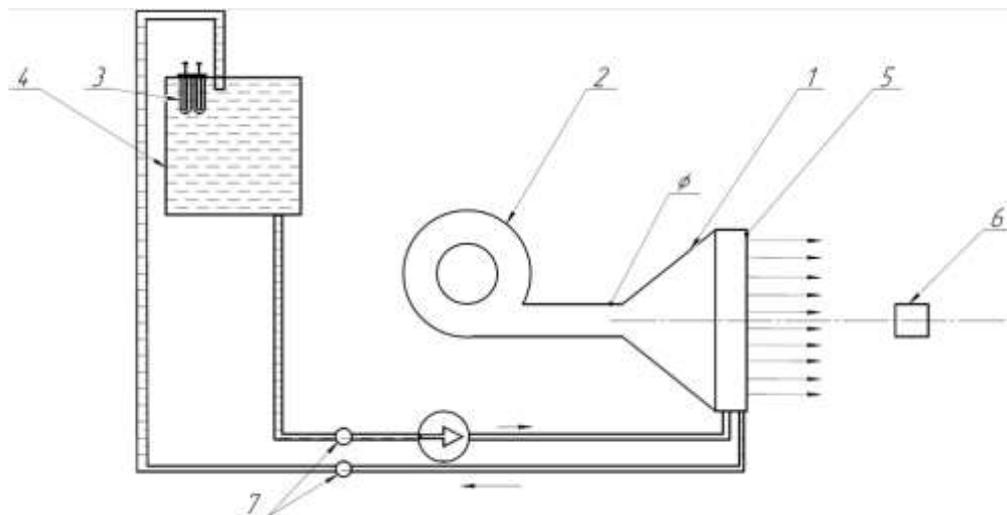


Рисунок 4 – Модернизированная лабораторная установка для испытаний отопителей кабин мобильных средств:

1 – диффузор; 2 – вентилятор; 3 – ТЭН; 4 – бак; 5 – Радиатор отопитель; 6 – ALMEMO 2890-9

Выводы

Исследование влияния микроклимата на энергетический баланс и экономичность топлива мобильных средств показало, что важной задачей является обеспечение транспортных средств различных классов для лесного хозяйства. При этом, соответствующая организация рабочего места водителя и улучшение его условий труда напрямую влияют на производительность и экономические показатели. Была разработана лабораторная установка, которая позволяет определить оптимальные параметры отопителя для различных кабин мобильных средств.

Список литературы

1. ГОСТ 12.2.120-2005. Система стандартов безопасности труда. Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности. Москва: Стандартинформ, 2010. 11 с.
2. ГОСТ 12.2.120-2015. Система стандартов безопасности труда. Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных машин. Москва: Стандартинформ, 2018. 13 с.
3. Занько Н.Г., Малаян К.Р., Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2012. 667 с.
4. Дидманидзе О.Н., Хакимов Р.Т., Парлюк Е.П. Результаты испытаний полимерного радиатора системы охлаждения трактора МТЗ-80.
5. Михайлов В.А., Валасик Е.В. Системы отопления кабин самоходных машин: обзор. Москва: [Б. и.], 1973. 45 с.
6. Михайлов В.Н. [сост.] и др. Охрана труда в сельском хозяйстве: справ. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1988. 542 с.

7. Михайлов Л.А., Соломин В.П., Михайлов А.Л. и др. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов. Санкт-Петербург: Питер, 2006. 302 с.
8. Михайлов М.В., Гусева С.В. Микроклимат в кабинах мобильных машин. Москва: Машиностроение, 1977. 230 с.
9. Поливаев О.И., Ворохобин А.В. Теория тракторов и автомобилей: учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 232 с.
10. Поливаев О.И., Костиков О.М., Ворохобин А.В., Ведринский О.С. Конструкция тракторов и автомобилей: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2020. 282 с.
11. Поливаев О.И., Костиков О.М. Испытание сельскохозяйственной техники и энергосиловых установок: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2017. 280 с.
12. Синяков В.Г. Оценка условий труда операторов на тракторах // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1991. № 10. С. 23–25.
13. Халфин М.А., Халфин С.М. Условия труда на сельскохозяйственных тракторах // Техника и оборудование для села. 1990. № 10. С. 3–5.

References

1. GOST 12.2.120-2005 Kabiny i rabochie mesta operatorov traktorov i samohodnykh sel'skokhozyajstvennykh mashin. Obshchie trebovaniya bezopasnosti [Occupational safety standards system. Cabs and operator's workplaces of tractors and powered agricultural machines. General safety requirements]. Moscow: Standartinform, 2010. 11 p. (In Russ.).
2. GOST 12.2.120-2015. Kabiny i rabochie mesta operatorov traktorov i samohodnykh mashin. Obshchie trebovaniya bezopasnosti [Occupational safety standards system. Cabs and operator's workplaces of tractors and powered machines. General safety requirements]. Moscow: Standartinform, 2018. 13 p. (In Russ.).
3. Zan'ko N.G., Malayan K.R., Rusak O.N. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: uchebnik dlya vuzov [Life safety: textbook for higher education]. Saint Petersburg: Lan', 2012. 667 p. (In Russ.).
4. Didmanidze O.N., Khakimov R.T., Parlyuk E.P., Bolshakov N.A. Results of a Polymer Radiator of MTZ-80 Tractor Cooling System.
5. Mikhailov V.A., Valasik E.V. Sistemy otopleniya kabin samohodnykh mashin: obzor [Heating systems of cabins of self-propelled machines: an overview]. Moscow, 1973. 45 p. (In Russ.).
6. Mikhailov V.N. et al. Okhrana truda v sel'skom khozyajstve: spravochnik. 4-e izd., pererab. idop. [Labor protection in agriculture: handbook. 4th ed., revised and enlarged]. Moscow: Agropromizdat Press; 1988. 542 p. (In Russ.).
7. Mikhailov L.A., Solomin V.P., Mikhailov A.L. et al. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: uchebnik dlya vuzov [Life safety: textbook for higher education]. Saint Petersburg: Piter, 2006. 302 p. (In Russ.).
8. Mikhailov M.V., Guseva S.V. Mikroklimat v kabinakh mobil'nykh mashin [Microclimate in the cabins of mobile machines]. Moscow: Mashinostroenie, 1977. 230 p. (In Russ.).
9. Polivaev O.I., Vorokhobin A.V. Teoriya traktorov i avtomobilej: uchebnik [Theory of tractors and automobiles: textbook]. Saint Petersburg: Lan', 2021. 232 p. (In Russ.).
10. Polivaev O.I., Kostikov O.M., Vorokhobin A.V., Vedrinsky O.S. Konstruktsiya traktorov i avtomobilej: uchebnoe posobie [Construction of tractors and cars: study guide]. Saint Petersburg: Lan', 2020. 282 p. (In Russ.).
11. Polivaev O.I., Kostikov O.M. Ispytanie sel'skokhozyajstvennoj tekhniki i energosilovykh ustanovok. Uchebnoe posobie [Testing of agricultural machinery and energy power plants. Study guide]. Saint Petersburg: Lan', 2017. 280 p. (In Russ.).
12. Sinyakov V.G. Otsenka uslovij truda operatorov na traktorakh [Assessment of the working conditions of operators of tractors]. *Traktory i sel'khoz mashiny = Tractors and Agricultural Machinery*. 1991; 10: 23-25. (In Russ.).
13. Khalfin M.A., Khalfin S.M. Usloviya truda na sel'skokhozyajstvennykh traktorakh [Working conditions of agricultural tractors]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 1990. No. 10. P. 3-5.

Научное издание

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ
АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

Материалы Всероссийской научной конференции

Воронеж, 16 октября 2024 г.

Ответственный редактор В. И. Прядкин

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано к изданию 06.12.2024. Объем данных 47,1 Мб
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»
ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8