УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»
_____ д.т.н., доцент
Башкиров Алексей Викторович
«__» _____ 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет» на диссертационную работу Бородина Дмитрия Михайловича «Снижение времени тепловой подготовки гидрофицированных технологических машин совершенствованием алгоритма управления системой нагрева рабочей жидкости», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11 – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы»

Структура и объём диссертационной работы

Диссертационная работа содержит введение, четыре раздела, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы и 3 приложения. Общий объем диссертации составляет 166 страниц, работа содержит 74 рисунка, 31 таблицу, 116 источников. Автореферат включает 24 страницы машинописного текста с рисунками и таблицами, а так же список основных публикаций по теме диссертационного исследования.

1. Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Бородина Дмитрия Михайловича посвящена снижению времени тепловой подготовки гидрофицированных технологических машин за счёт совершенствования алгоритма управления системой нагрева рабочей жидкости, в частности:

- анализу предложенных к настоящему времени средств и способов повышения теплового состояния теплового состояния гидропривода технологических машин, эксплуатируемых при низких температурах окружающего воздуха;
- разработке математической модели тепловой подготовки модернизированного гидропривода одноковшового гидравлического экскаватора модели ЭО-5126;
-проведению лабораторного и натурного эксперимента с целью установления зависимостей температуры прогреваемых элементов гидропривода экскаватора от времени их тепловой подготовки;
- разработке нового изменённого алгоритма тепловой подготовки гидропривода экскаватора модели ЭО-5126 на основе результатов исследования;

- разработке программно-аппаратного обеспечения для автоматизации процесса тепловой подготовки гидропривода экскаватора на основа полученного алгоритма;

- оценке внедрения результатов исследования.

Снижение времени тепловой подготовки гидрофицированных технологических машин применяемых при низких температурах окружающего воздуха с целью повышения эффективности их использования является актуальным.

2. Общая характеристика работы

Объектом исследования диссертации Бородина Дмитрия Михайловича, является процесс изменения температуры рабочей жидкости гидропривода в гидробаке при теплообмене с ОГ ДВС и в гидроцилиндрах с дополнительными гидролиниями при тепловой подготовке гидропривода одноковшового экскаватора, который эксплуатируется в условиях низких температур окружающего воздуха. Предметом исследования являются данные зависимости в модернизированном установкой теплообменника гидробака и дополнительных гидролиний гидроцилиндров гидроприводе одноковшового экскаватора модели ЭО-5126.

Во введении отражена актуальность диссертационного исследования, степень разработанности проблемы, цель, задачи, область исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, сведения об апробации работы.

В первой главе рассмотрено влияние условий эксплуатации на работу гидрофицированных технологических машин и основных проблем, возникающих при их эксплуатации в условиях низких температур окружающего воздуха. Проведён обзор известных и перспективных способов тепловой подготовки гидросистем технологических машин. Для проведения исследований, соответственно поставленным задачам, определена и разработана укрупненная схема методики исследований тепловой подготовки гидропривода экскаватора.

Во второй главе проведены теоретические исследования, определены гидравлические сопротивления в гидроприводе экскаватора ЭО-5126 при температурах минус 10 ^{0}С, минус 25 ^{0}С, минус 40 ^{0}С. Установлены условия работы системы тепловой подготовки гидропривода. Получены теоретические зависимости температуры прогреваемых элементов гидропривода экскаватора от времени их тепловой подготовки. Разработана математическая модель процесса тепловой подготовки гидропривода одноковшового экскаватора ЭО-5126.

Третья глава посвящена лабораторным и натурным экспериментальным исследованием. В ходе экспериментов исследовался процесс изменения температуры рабочей жидкости гидропривода в гидробаке при теплообмене с отработавшими газами ДВС и в гидроцилиндрах с дополнительными гидролиниями при тепловой подготовке гидропривода одноковшового экскаватора, который эксплуатируется в условиях низких температур окружающего воздуха. В результате были получены зависимости температуры прогреваемых элементов гидропривода экскаватора от времени их тепловой подготовки. Результаты обработки экспериментальных данных, на основе корреляционно-регрессионного анализа, подтвердили адекватность принятых математических моделей.

В четвёртой главе внимание уделено оценке эффективности внедрения системы тепловой подготовки гидропривода и практической реализации результатов исследований. Предложен программно-аппаратный комплекс автоматизации тепловой подготовки гидропривода экскаватора ЭО-5126 на основе разработанного алгоритма. Произведена экономическая оценка внедрения системы тепловой подготовки гидропривода для экскаватора ЭО-5126.

Диссертация содержит научную новизну, теоретическую и практическую значимость.

Заключение содержит основные выводы и результаты, которые соответствуют поставленным задачам и цели, а так же научной новизне выполненного исследования.

Список литературы содержит 116 отечественных и зарубежных литературных источников, включая научные работы автора диссертации, это является достаточным количеством.

Личное участие автора в получении результатов данного научного исследования состоит в том, что им была сформулирована основная идея научного исследования, разработана методика проведения экспериментов, изготовлена лабораторная установка. Автор данной диссертационной работы принимал участие в оснащении экскаватора системой тепловой подготовки с целью проведения натурного эксперимента. Обработка результатов также произведена автором. Так же им предложены электрические принципиальные схемы контроллера, которые позволили автоматизировать процесс тепловой подготовки экскаватора согласно разработанному алгоритму.

Публикации. По тематике диссертационного исследования опубликовано 19 научных работ, из которых: 4 публикации в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ; 1 работа опубликована в журнале, индексируемом в международной реферативной базе Scopus. В рамках проведенного исследования автором получено 4 патента на изобретение.

Автореферат диссертации содержит краткое описание работы по главам, сведения об актуальности работы, поставленной цели и задачах, сформулированной научной новизны, теоретической и практической значимости, списка публикаций автора по результатам проведённых исследований, положений, выносимых на защиту, основные выводы и результаты.

Текст автореферата соответствует тексту диссертации. Содержание соответствует специальности 2.5.11. – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы».

3. Научная новизна проведённых исследований

Основными составляющими научной новизны диссертации можно считать следующие:

– определены аналитические зависимости температуры рабочей жидкости в объёме гидробака и в гидроцилиндрах с дополнительной гидролинией рабочего оборудования одноковшового экскаватора, который эксплуатируется при низких температурах окружающего воздуха, впервые предложен способ предпусковой тепловой подготовки гидропривода с последовательным прогревом рабочей жидкости в гидробаке и гидроцилиндрах, снабжённых байпасом;

– разработана математическая модель, отличающаяся учётом нерегулярного режима и характеризующегося перераспределением температур жидкости в гидробаке в начале прогрева, до установления упорядоченного температурного поля. В модели так же учтены процессы тепломассопереноса в модифицированных гидроцилиндрах;

– получен алгоритм процесса тепловой подготовки гидропривода одноковшового экскаватора, новизна которого заключается в совмещении последовательного прогрева рабочей жидкости в объёме гидробака отработавшими газами ДВС, и передачи аккумулированного тепла гидроцилиндрам рабочего оборудования экскаватора, снабжённых байпасами с переходом к прогреву жидкости движением исполнительными механизмами;

– на основе полученного алгоритма и результатов исследования впервые реализована автоматизация тепловой подготовки гидропривода одноковшового экскаватора. Для этого применена микроконтроллерная система.

Ключевые положения диссертации были представлены и одобрены на международных и всероссийских научно – технических и научно-практических конференциях «Транспортные и транспортно-технологические системы» (2011 – 2023 гг.), г. Тюмень; «Наземные транспортно-технологические комплексы и средства» (2014 – 2021 гг.), г. Тюмень; «Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств», г. Пенза (2016 г.); «Интерстроймех» (2013, 2018, 2020 гг.); «Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений» (2013 г.); «Нефть и газ Западной Сибири» (2013 г.), г. Тюмень; «Проблемы, перспективы и направления инновационного развития науки», г. Уфа (2016 г.); «Проблемы функционирования систем транспорта» (2012, 2013 гг.); «Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе» (2013 г.); «Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем» (2013 г.); «Новые технологии – нефтегазовому региону» (2013 – 2015 гг.), г. Тюмень; «Энергореурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях», г. Белгород (2017 г.); IV Национальной научно-практической конференции «Образование, Транспорт, Инновации Строительство» (2021 г.) «СибАДИ», г. Омск; «Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных» (2023 г.) «СибАДИ», г. Омск; «Проблемы функционирования систем транспорта», г. Тюмень, (2024 г.); «Энергоресурсосберегающие технологии в машиностроительной и строительной отраслях», г. Белгород, (2025 г.).

4. Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что установлены зависимости температуры прогреваемых элементов гидропривода одноковшового экскаватора ЭО-5126, эксплуатируемого при низких температурах от времени прогрева, при использовании системы тепловой подготовки. Разработан изменённый алгоритм управления системой прогрева рабочей жидкости гидропривода экскаватора. Полученные результаты исследования планируется применять при адаптации существующих гидрофицированных машин к эксплуатации при низких температурах, а также в учебном процессе по

направлениям подготовки бакалавров (23.03.02), магистрантов (23.04.02) – «Наземные транспортно-технологические комплексы», специалистов (23.05.01) – «Наземные транспортно-технологические средства», аспирантов по научной специальности (2.5.11), при проведении НИОКР.

5. Практическая значимость диссертационного исследования

Практическая значимость диссертационного исследования состоит в том, что повысится эффективность использования одноковшового экскаватора, эксплуатируемого при низких температурах окружающего воздуха за счет прибавки сэкономленного времени к сменному времени работы машины. Внедрение результатов исследования позволит снизить эмиссию загрязняющих веществ в окружающую среду, в процессе предпусковой тепловой подготовки гидропривода гидрофицированных машин, так как новый алгоритм позволит уменьшить время подготовки машин. В результате исследований разработана микроконтроллерная система автоматизации процесса предпусковой тепловой подготовки гидропривода одноковшового экскаватора, эксплуатируемого в условиях низких температур окружающего воздуха.

6. Теоретическая значимость диссертационного исследования

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что предложен новый комбинированный способ предпусковой тепловой подготовки гидропривода одноковшового экскаватора в условиях низких температур, который позволяет сократить время процесса. Разработана математическая модель процесса предпусковой тепловой подготовки гидропривода экскаватора ЭО-5126, которая учитывает теплообмен рабочей жидкости с отработавшими газами ДВС. В ходе экспериментов получены параметры математических моделей процессов прогрева рабочей жидкости в объёме гидробака и гидроцилиндров, снабжённых дополнительной гидролиниями применительно к экскаватору ЭО-5126.

На основании результатов исследований получен алгоритм предпусковой тепловой подготовки гидропривода одноковшового экскаватора, используемого при низких температурах окружающего воздуха.

Внедрение результатов диссертационной работы позволит сократить временные и материальные затраты при тепловой подготовке гидропривода одноковшового экскаватора, эксплуатируемого при низких температурах окружающего воздуха.

7. Достоверность основных научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность основных научных положений, выносимых на защиту, основных результатов и рекомендаций обеспечиваются: использованием раннее апробированных методов исследований, адекватностью математических моделей применением основных положений и методов статистической обработки и математического анализа результатов, использованием прикладных программ математического анализа и обработки результатов,

получением численных значений для зависимостей времени прогрева от температуры окружающего воздуха. Подтверждённой статистическими методами достоверностью и объемом полученных экспериментальных данных.

8. Вопросы и замечания по содержанию диссертации

1. Известно, что тепло отработавших газов двигателя при тепловой подготовке машины используется не только для подогрева масла гидравлической системы, но и для подогрева других жидкостей (на пример дизельного топлива) и воздуха. В работе не приведен анализ влияния отбора тепла отработавших газов на эти цели.
2. Не понятно, почему металлические стенки масляного бака с теплообменником (рис. 2.4, стр. 56) не имеют слоя теплоизоляционного материала, что значительно сократило бы потери тепла в окружающую среду и ускорило нагрев жидкости.
3. Не обосновано принятие постоянства разницы температур $T_{вг1}$ и $T_{вг2}$ (формула 2.22, стр. 56), ведь при прогреве двигателя $T_{вг1}$ будет увеличиваться, а $T_{вг2}$ зависит от разности температур $T_{вг1}$ и гидравлической жидкости которая будет изменяться по мере ее прогрева.
4. Система уравнений 2.28 (стр. 56) описывает процесс прогрева гидробака без учета обмена жидкости в нем при прогреве гидроцилиндров через байпасы.
5. При составлении системы уравнений теплопереноса (формулы 2.45 стр. 63) не обосновано пренебрежение потерями тепла в стальных трубопроводах и гибких рукавах гидравлической системы экскаватора, особенно для удаленного гидроцилиндра поворота ковша.

9. Соответствие диссертации научной специальности

На основе вышеизложенного получены следующие выводы:

1. Тема диссертации Д.М. Бородина актуальна и важна. Работу следует отнести к специальности 2.5.11 – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы».

2. В основных результатах исследования присутствует научная новизна. Решена научно-практическая задача по снижению времени предпусковой тепловой подготовки гидропривода одноковшового экскаватора при низких температурах окружающего воздуха. Установлены закономерности изменения температуры рабочей жидкости в гидробаке и гидроцилиндрах при выбранном способе тепловой подготовки. Разработаны математические модели процесса тепловой подготовки гидробака и гидроцилиндров рабочего оборудования одноковшового экскаватора, снабжённых дополнительной гидролинией. Определён алгоритм тепловой подготовки элементов гидропривода, заключающийся в последовательном прогреве рабочей жидкости в объёме гидробака экскаватора за счет тепла отработавших газов ДВС и последовательной передачи аккумулированного тепла гидроцилиндрам, стрелы, рукояти и ковша.

3. В целом диссертационная работа является законченным научным исследованием, вносящим вклад в область, касающуюся тепловой подготовки гидропривода технологических машин, эксплуатация которых связана с низкими температурами окружающегося воздуха.

10. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Выводы, результаты и основные положения диссертации в целом при некоторой доработке могут быть применены для модернизации и приспособления гидрофицированных технологических машин к эксплуатации в условиях низких температур. Содержание диссертационного исследования может быть использовано в учебном процессе ВУЗов технического направления при подготовке бакалавров, специалистов, магистров, аспирантов, а также при переподготовке и повышении квалификации инженерно-технических работников.

Заключение

На основании вышеизложенного, можно констатировать, что диссертационная работа Бородина Дмитрия Михайловича на тему «Снижение времени тепловой подготовки гидрофицированных технологических машин совершенствованием алгоритма управления системой нагрева рабочей жидкости» соответствует критериям, установленным п.п. 9…14 Постановления правительства РФ от 24. 09.2013 года №842 (ред. От 16.10.2024) «О порядке присуждения ученых степеней» (изм. и доп. 01.01.2025), а её автор Бородин Дмитрий Михайлович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11 – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы».

Отзыв на диссертацию рассмотрен и утверждён на заседании кафедры строительной техники и инженерной механики им. профессора Н.А. Ульянова ФГБОУ ВО «ВГТУ» (протокол № 4 от 28 января 2026 г.).

Заведующий кафедрой строительной техники и
инженерной механики им. профессора
Н.А. Ульянова ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный технический университет» (ВГТУ),
д.т.н., профессор, (специальность 05.05.04 - «Дорожные,
строительные и подъемно-транспортные машины»)
Жулай Владимир Алексеевич

Подпись В.А. Жулая заверяю:
Проректор по науке и инновациям
доктор техн. наук, доцент Башкиров А.В.
29.01.2026

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; Адрес: 394006, г. Воронеж, ул. 20-лет Октября, д. 84; Раб. тел: 8(473) 207-22-20 доб. 5286, E-mail: zhulai@cchgeu.ru