

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.09,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 26.06.2024 № 7

О присуждении Жакову Андрею Олеговичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Оценка курсовой устойчивости прямолинейного движения гусеничного трактора путем учета силового влияния со стороны рабочего орудия» по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы принята к защите 24.04.2024 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.437.09, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 76, приказ о создании диссертационного совета №1169/нк от 12 октября 2022 г.

Соискатель Жаков Андрей Олегович, 14.08.1996 года рождения, в 2019 г. окончил с отличием федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства». С 2019 по 2023 гг. обучался в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение.

В настоящее время работает руководителем молодёжного конструкторского бюро бронетанковой техники и транспортных машин «Танкоград» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Колёсные и гусеничные машины» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Трояновская Ирина Павловна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Колёсные и гусеничные машины» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»; профессор кафедры «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие» ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

Официальные оппоненты:

1. Беляев Александр Николаевич, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», агроинженерный факультет, заведующий кафедрой «Прикладная механика»;
 2. Вязников Максим Валерьевич, кандидат технических наук, ООО «Международная инжиниринговая компания по разработке новой техники», генеральный директор,
- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», г. Барнаул, в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Наземные транспортно-технологические системы» Коростелевым Сергеем Анатольевичем и заместителем заведующего кафедрой «Наземные транспортно-технологические системы» Горбачевым Александром Владимировичем, указала, что диссертационная работа

Жакова А.О., посвященная оценке курсовой устойчивости прямолинейного движения гусеничного трактора путем учета силового влияния со стороны рабочего орудия, является актуальной, позволяющей получать конкурентоспособные решения уже на этапе проектирования. В отзыве сделан вывод, что диссертационная работа «Оценка курсовой устойчивости прямолинейного движения гусеничного трактора путем учета силового влияния со стороны рабочего орудия» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по Положению о присуждении ученых степеней, утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Жаков Андрей Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11 - «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы».

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ (3 работы в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России и 4 работы в журналах, индексируемых в международной реферативной базе Scopus). Также получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

В диссертацию включены результаты, полученные автором лично. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах.

Публикации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. Жаков А.О., Трояновская И.П. Модель отклонения трактора от прямолинейного движения под действием внешних нецентральных сил // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2020. Т. 20, № 3. С. 15-23. DOI:10.14529/engin200302 (0,25/0,5 п. л.)

2. Жаков А.О., Трояновская И.П. Влияние анизотропии на взаимодействие гусеничного движителя с грунтом при повороте машины // Тракторы и сельхозмашины. 2020. №2. С. 43-49. DOI:10.31992/0321-4443-2020-2-43-49 (0,22/0,44 п. л.)

3. Трояновская И.П., Жаков А.О. Курсовая устойчивость машинно-тракторного агрегата при вспашке // Тракторы и сельхозмашины. 2020. №6. С. 41-49. DOI:10.31992/0321-4443-2020-6-41-49 (0,25/0,5 п. л.)

Публикации в научных изданиях, индексируемых в международных базах Scopus:

4. Troyanovskaya I., Zhakov A., Grebenshikova O., Voinash S., Timofeev E. Directional stability of an agricultural tractor // FME Transactions, 2021, vol. 49(2), pp. 456-462. DOI:10.5937/fme2102456T (0,14/0,42 п. л.)

5. Troyanovskaya I.P., Ulanov A.G., Zhakov A.O., Voinash S.A. Friction forces at the wheels contact with the ground in a turning vehicle // Tribology in industry, 2019, vol. 41(2). pp. 166-171. DOI:10.24874/ti.2019.41.02.03 (0,1/0,4 п. л.)

6. Troyanovskaya I.P., Zhakov A.O., Starunova I.N. Mathematical model of passive withdrawal of a tractor unit // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, vol. 659(1), no. 012081. DOI:10.1088/1755-1315/659/1/012081 (0,15/0,45 п. л.)

7. Troyanovskaya I., Zhakov A., Shepelev S. Method for Calculating the Limiting Shear Force Deviating from a Given Direction of Movement Using the Example of the B12 Bulldozer // Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2023, pp. 779-787. DOI:10.1007/978-3-031-14125-6_76 (0,146/0,438 п. л.)

Публикации в прочих научных изданиях:

8. Трояновская И.П., Жаков А.О. Модель неуправляемого сдвига на примере строительно-дорожной техники // Вестник СибАДИ. 2021. Т. 18, №6(82). С. 678-687. DOI:10.26518/2071-7296-2021-18-6-678-687 (0,375/0,5 п. л.)

9. Жаков А.О. Модель движения машинно-тракторного агрегата при воздействии внешней силы // АПК России. 2021. Т. 28, № 5. С. 649-652.

10. Трояновская И.П., Жаков А.О. Экспериментальные исследования неуправляемого сдвига бульдозера // Вестник СибАДИ. 2022. Т. 19, № 4(86). С. 514-521. DOI:10.26518/2071-7296-2022-19-4-514-521. (0,28/0,56 п. л.)

11. Жаков А.О., Трояновская И.П. Учет сил со стороны рабочего орудия в управлении беспилотным тракторным агрегатом // Мехатроника, автоматика и робототехника. 2024. №13. С.70-72. (0,094/0,188 п. л.)

Комплекс программ для ЭВМ:

12. Жаков А.О., Трояновская И.П. Программа для расчёта силовых факторов в контакте гусеничного движителя с грунтом при повороте машины // Свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020610824 от 20.01.2020.

13. Жаков А.О., Трояновская И.П. Увод трактора под действием внецентренной крюковой нагрузки // Свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020615467 от 25.05.2020.

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают ее основные положения.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов. Во всех отзывах отмечается актуальность темы диссертации и даётся положительная оценка результатов работы.

Замечания, отмеченные в отзывах:

1) *Таджикский технический университет им. академика М.С. Осими, Сайдуллозода С. С., к.т.н., зам. декана факультета транспорта и дорожной инфраструктуры, и. о. доцента кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»,:*

1. Автор утверждает, что уравнения (6) справедливы для невысоких рабочих скоростей. Хотелось бы уточнить – какая величина скорости принимается авторов за невысокую?

2) *Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Тарасенко Б. Ф., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Тракторы, автомобили и техническая механика»:*

1. Согласно рисунку 1 в системе уравнений (1) составляющие F_x , $P \cos \beta$ должны иметь разные знаки и в дальнейшем пояснении к формуле (1) указаны составляющие, не указанные на схеме (рисунок 1) и в системе уравнений.

2. В тексте автореферата не отражено влияние физико-механических свойств почвы на курсовую устойчивость движения гусеничного трактора при агрегатировании с/х машины.

3. В третьей главе из текста автореферата не ясно, чем обоснован выбор интервала углов направления предельной сдвигающей силы (рисунок 8).

4. В тексте автореферата не указано, для каких рабочих орудий данная методика является определяющей, поскольку различные почвообрабатывающие орудия по-разному могут влиять на курсовую устойчивость трактора при его работе в зависимости от их компоновки.

3) *Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина, Глазунов Д. В., д.т.н., профессор кафедры «Автомобильный транспорт»:*

1. Из автореферата не ясно, каким образом автор предлагает корректировать управляющее воздействие на трактор при установке датчиков в местах крепления рабочего орудия?

4) *Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Добрецов Р. Ю., д.т.н., доцент, профессор Высшей школы транспорта:*

1. Представляется некорректным употребление фразы «Тракторные агрегаты отличаются от всех других наземных транспортных комплексов особым отношением к грунту» и термина «базовая машина» (см. с. 3); некорректны фразы «модель силового взаимодействия гусеничного трактора с грунтом и уравнений предельного сдвига в виде условий предельного равновесия, учитывающая взаимодействие движителя и рабочего орудия» (с. 14), «внецентренной силы» (с. 15).

2. Следует отметить наличие опечаток в тексте автореферата (с. 6) и другие. Кроме того, систематически игнорируется правила набора формул.

3. Основные допущения, принятые при построении математической модели движения МТА, распределены по тексту, что усложняет работу с авторефератом.

4. Не все обозначения на рис. 1 (с. 7) расшифрованы. Что понимается, в частности, под силами P_f ?

5. Не приведены сведения о характерном диапазоне изменения нагрузок, создаваемых агрегатами в составе МТА, потому логично было бы рассмотреть весь диапазон изменений – от нулевого значения до допустимого по буксованию значения.

5) *ООО «Строительно-дорожные машины инжиниринг», Гусев С. А., д.т.н., доцент, начальник центра компетенций «Гусеничные тракторы» - главный конструктор:*

1. На рис. 2, 4 отсутствуют численные значения параметров на шкалах X и Y , что затрудняет понимание учета конкретного (в цифрах, в % и т.д.) влияния этих параметров друг на друга.

2. Желательно было бы рассмотреть и сравнить (на практике) применимость полученной модели для оценки особенностей нагрузок на гусеничный трактор от переднего расположенного рабочего оборудования бульдозеров (прежде всего от наиболее часто используемых: прямого и полусферического отвалов), базой для которых служат порядка 85% (от общего числа) гусеничных промышленных тракторов.

б) Белорусский государственный аграрный технический университет, Орда А. Н., д.т.н., профессор, профессор кафедры механики материалов и деталей машин, Ракова Н. Л., к.т.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой механики материалов и деталей машин:

1. В модели значение внешней силы со стороны рабочего орудия имеет постоянную величину, в то время как на практике силы сопротивления могут иметь случайный характер.

2. На странице 6 автореферата указывается, что за основу силового взаимодействия гусениц с грунтом принята математическая теория трения профессора Ф.А. Опейко. Следовало бы привести краткую сущность данной теории.

7) Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, Широков Ю. А., д.т.н., профессор кафедры техносферной безопасности:

1. Чем обоснован выбор именно гусеничных тракторов, применение которых в сельском хозяйстве практически сведено к минимуму вследствие ограниченных возможностей их использования на многих сельскохозяйственных операциях?

2. Не ясно, почему именно каждые 30 метров тракторист-машинист вынужден подправлять машину, что приводит к его повышенной утомляемости и снижению производительности трактора на 10-15%. Также, как и источник о снижении производительности МТА.

3. По какой методике оценивалась утомляемость тракториста-машиниста?

4. Автором явно не закончена фраза на стр.7: *«При неуправляемом сдвиге относительного движения гусениц отсутствует, ..»*. Что отсутствует?

8) *Московский политехнический университет, Келлер А. В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Наземные транспортные средства»:*

1. Из автореферата не совсем понятны термины поступательного и вращательного сдвига. Желательно дать их определения и пояснения.

9) *Сибирский государственный университет путей сообщения, Кочергин В. И., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин», Вахрушев В. В., к.т.н., доцент кафедры «Подъемно-транспортные, путевые, строительные и дорожные машины»:*

1. В разделе «Актуальность темы» (стр. 3) рассмотрен исключительно вопрос прямолинейного движения трактора с позиции утомляемости водителя (оператора) технологической машины и не приведены другие показатели, в частности, влияние непрямолинейного движения трактора на показатели: качества выполнения технологических операций, надежности трансмиссии и других агрегатов трактора и т.д. В тексте автореферата не приведены примеры применения современных систем автоматизированного вождения технологической машины (однако автором утверждается (стр. 4) о возможной перспективе внедрения разработанного программного комплекса в качестве обратной связи в системе управления беспилотного варианта тракторного агрегата сельскохозяйственного назначения в ООО «ЧКЗ»).

2. В тексте автореферата не приведены граничные значения для математических моделей, в частности: систем уравнений (2) (стр.7), (5) (стр. 9), (6) (стр. 10); помимо этого, отсутствует анализ графической

зависимости на рисунке 3 (стр. 9), что затрудняет ее практическое применение.

3. На рисунке 9 (стр. 13) не приведены графические границы участков действия внешней силы (т.е. время их действия). Не обоснована длительность записи осциллограммы (согласно данным графика, 3 - 4 секунды). Кроме этого, не приведены осциллограммы предельной сдвигающей силы, располагающейся под углом 0° ; 10° ; 26° ; 62° ; 80° (на стр. 12, возможно, автор допустил техническую ошибку, указав, что измерение «предельной сдвигающей силы осуществлялось при семи различных направлениях», вероятно, автор имел в виду угол приложения сдвигающей нагрузки).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований по теме диссертационной работы. Выбранные оппоненты и сотрудники ведущей организации являются признанными специалистами и компетентны в области исследования, выполненного соискателем, а также имеют публикации в соответствующем направлении. Работы оппонентов и сотрудников ведущей организации опубликованы в рецензируемых изданиях за последние 5 лет с 2019 по 2024 гг., что свидетельствует об актуальности и новизне выполненных научно-исследовательских работ, а также об их осведомленности в современных тенденциях развития в области наземных транспортно-технологических средств и комплексов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика расчёта траектории движения тракторного агрегата при выполнении технологических операций, позволяющая спрогнозировать величину отклонения от прямолинейного направления под действием внешней силы со стороны рабочего орудия;

предложен комплексный подход к оценке курсовой устойчивости, заключающийся в совокупности управляемого прямолинейного движения тракторного агрегата и неуправляемого предельного сдвига под действием внешней силы;

доказана необходимость учета внешнего воздействия со стороны рабочего орудия при проектировании систем управления тракторными

агрегатами при выполнении технологических операций;

введены понятия «поступательного и вращательного сдвига», характеризующие вид неуправляемого скольжения тракторного агрегата после его отклонения от заданного курса.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана необходимость учета принципиально разного характера взаимодействия гусеничного движителя с грунтом в продольном (смятие и срез почвы) и поперечном (срез почвы) направлениях при описании силовых факторов в контакте, что расширяет границы применимости математической теории трения;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы: фундаментальные положения теоретической механики; математическая теория трения; теория грунтов; математическое моделирование; статистический аппарат; численные методы решения уравнений; специализированные программные комплексы (MathCad); комплекс существующих методов экспериментальных исследований;

изложен оригинальный алгоритм построения траектории движения с учетом неуправляемого отклонения от прямолинейного направления за счет внешней сдвигающей силы со стороны рабочего орудия;

раскрыта зависимость в виде годографа предельного значения сдвигающей силы от направления ее действия;

изучено влияние внешней силы на рабочем орудии на траекторию движения тракторного агрегата и величину его отклонения от заданной прямолинейной траектории.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в процесс проектирования машинно-тракторных агрегатов на ООО «Завод буровой техники» (г. Челябинск) и ООО «Челябинский компрессорный завод» программные комплексы (свидетельства №2020615467 и №2020610824);

определены перспективы практического применения полученных результатов в качестве информации обратной связи систем управления движением тракторными агрегатами, включая беспилотные образцы;

представлены практические рекомендации по разработке конструкции тензометрической установки в раме крепления рабочего

орудия к трактору, позволяющей фиксировать величину и направление внешней силы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные результаты получены на сертифицированном оборудовании; с помощью стандартизированных и авторских методик;

теория основана на применении законов механики и математической теории трения и характеризуется качественным и количественным совпадением полученных результатов с данными экспериментальных исследований;

использовано сравнение авторских данных и сведений, полученных ранее по рассматриваемой тематике другими авторами;

установлено качественное и количественное совпадение отдельных результатов расчётно-экспериментальных исследований с результатами, представленными в независимых источниках;

использованы современные методы численного моделирования, специализированные программные комплексы, а также современные методики сбора и обработки исходной информации при проведении исследований.

Личный вклад соискателя состоит в участии на всех этапах исследовательского процесса: обзоре и анализе научных трудов по теме исследования; разработке математических моделей; составлении и отладке программного комплекса для ЭВМ; постановке и проведении экспериментальных исследований; статистической обработке полученных результатов; подготовке основных публикаций и апробации результатов исследований.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Допущение о постоянном значении внешней внецентренной силы, принятом в математической модели и представленной соискателем, требует обоснования.

2. Перед использованием новых терминов «поступательного и вращательного сдвига» соискателю необходимо было дать их определение и пояснение.

Соискатель Жаков Андрей Олегович обоснованно ответил на замечания и задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную

аргументацию: 1. В представленной математической модели внешняя сила со стороны рабочего орудия принята постоянной величиной, равной среднему значению его сопротивления. 2. Поступательный сдвиг определяется приложением вектора внешней силы проходящей через центр давлений пятна контакта; вращательный сдвиг определяется приложением внешней силы, не проходящей через центр давлений пятна контакта.

На заседании 26.06.2024 г. диссертационный совет принял решение за разработку методики по оценке курсовой устойчивости гусеничного тракторного агрегата с учетом силового влияния со стороны рабочего орудия, внедрение которой вносит значительный вклад в развитие страны – присудить Жакову Андрею Олеговичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета

Задорожная Елена Анатольевна

Ученый секретарь

диссертационного совета

Абызов Алексей Александрович



26.06.2024 г.