

В диссертационный совет 24.2.437.09
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский
государственный университет (НИУ)»,
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук Перевозчикова Юрия Анатольевича, на диссертационную работу Тараторкина Алексея Игоревича на тему «Метод снижения динамической и вибрационной нагруженности быстроходных гусеничных машин путем стабилизации колебательных процессов в движителе», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11 – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы»

Гусеничные машины обладают уникальной проходимостью и в современном мире интенсивно развиваются в направлении обеспечения высоких скоростей и энергоэффективности. При увеличении скоростей движения гусеничный движитель в отличие от колесного испытывает динамические явления, которые слабо поддаются прогнозированию, существенно зависят от дорожных условий и конструктивных особенностей, в том числе схематических решений гусеничного обвода. Безусловно тема, выбранная автором, **является актуальной**, а круг решаемых задач достаточно широк, чтобы обеспечить высокий потенциал дальнейших научных изысканий и поиска оптимальных конструктивных решений.

Научная новизна полученных результатов диссертационной работы заключается в следующем:

– в разработанной математической модели движения гусеничной машины, отличающейся возможностью исследования влияния успокоителя ветви гусеницы на динамические процессы в движителе с учетом звенчатости гусеницы и упругодемпфирующего взаимодействия между траками. Наличие данной модели позволило разработать **метод стабилизации динамических процессов в свободной ветви гусеничного обвода** машины с передним расположением ведущего колеса путем изменения собственной частоты

колебаний ветви, позволяющий исключить «захват» (наматывание) гусеницы ведущим колесом;

– в предложенной математической модели нелинейного упругого взаимодействия опорного катка с беговой дорожкой гусеницы при движении машины по твердому опорному основанию, отличающейся возможностью учета переменной по длине трака жесткости при упругом взаимодействии опорного катка и беговой дорожки гусеничной ленты, описывающей возбуждение параметрических резонансных колебаний;

– в частотной имитационной модели быстроходной гусеничной машины, отличающейся от известных моделей учетом пути распространения вибраций через параллельные жесткие связи по схеме «опорный каток – балансир – блок подвески – подрессоренная масса – оборудование», позволяющей исследовать высокочастотные резонансы подрессоренной массы, возникающие вследствие динамического нагружения опорных катков, и оценить эффективность распространения вибраций от неподрессоренных масс к специальному технологическому оборудованию закрепленному внутри или снаружи корпуса машины;

– в разработанном методе исключения высокочастотных резонансных колебаний опорных катков путем обеспечения устойчивости динамической системы за счет выбора рационального значения глубины модуляции параметрической жесткости упругого взаимодействия шины опорных катков со звенчатой беговой дорожкой гусениц посредством оценки устойчивости по диаграмме Айнса-Стретта.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается корректной постановкой задач, использованием общепринятых научных подходов и апробированных методов исследований. Используемые методы исследований нелинейной теории колебаний опираются на фундаментальные труды иностранных и отечественных ученых. Адекватность разработанных математических и имитационных моделей подтверждается численным сопоставлением теоретических и экспериментальных данных, представленных в диссертационной работе.

Значимость для науки и практики результатов диссертационного исследования заключается:

– в разработанном и программно-аппаратно реализованном методе экспериментального определения кинематических параметров гусеничного

обвода на основе технологии компьютерного зрения с применением алгоритма Лукаса-Канаде для анализа оптического потока;

– в разработанных практических рекомендациях применительно к объекту исследования – семикатковой быстроходной гусеничной машины, по снижению динамической нагруженности элементов конструкции движителя, исключаящих такие явления как «захват» свободной ветви гусеницы зубчатым венцом ведущего колеса и «сброс» гусеницы при поперечных колебаниях ветвей гусеничного обвода;

– в разработанных практических рекомендациях по снижению динамической и тепловой нагруженности опорных катков, а также вибронгруженности элементов конструкции машины и специального технологического оборудования применительно к опытным образцам быстроходных гусеничных машин, путем снижения глубины модуляции параметрической жесткости упругого взаимодействия шины опорных катков с траками гусеницы и исключением параметрических резонансов.

Практическая ориентированность работы существенно улучшает качество проведенных исследований. Результаты работы могут лечь в основу дальнейших исследований, а разработанные программно-аппаратные средства применены в научно-исследовательских организациях и конструкторских бюро транспортного машиностроения, занимающихся созданием гусеничных машин.

Общая характеристика, структура и объем диссертационной работы.

Представленная диссертационная работа на 155 стр. состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, списка использованных источников и трех приложений.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, дана краткая характеристика состояния проблемы, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приводится обзор работ, посвященных исследованию динамической нагруженности гусеничного движителя, анализируются методы аналитического и экспериментального исследования процессов в ветвях гусеницы, приводится анализ наиболее значимых результатов отечественных и зарубежных авторов в той или иной степени реализовавших перечисленные выше подходы при создании математических, имитационных моделей, позволяющих с разной степенью эффективности исследовать динамику процессов в гусеничном движителе.

На основании анализа работ сделаны выводы об отсутствии моделей с достаточной полнотой описывающих основные закономерности колебательных динамических процессов. В конце главы, на основе выполненного анализа сформулированы цель и задачи диссертационного исследования, решение которых необходимо для ее достижения.

Во второй главе представлены результаты теоретического исследования динамических процессов в гусеничном двигателе быстроходных гусеничных машин.

Для решения частной задачи исследования динамических процессов поперечных колебаний свободной ветви гусеничного обвода быстроходной гусеничной машины при носовом расположении ведущего колеса была рассмотрена расчетная схема динамической системы как упругого инерционного стержня при учете возмущающих факторов в виде инерционных динамических нагрузок на свободную ветвь гусеницы, формируемых микропрофилем грунта.

Для учета неопределённости растягивающих усилий, зависящих не только от характера взаимодействия машины с грунтом, но также, в общем случае, и от процессов, происходящих в моторно-трансмиссионной установке и формирующих тяговое усилие на гусеницах, разработана имитационная модель гусеничного двигателя в программном комплексе автоматизированного анализа динамики систем тел, позволяющая учитывать влияние внешних и внутренних силовых факторов на модальные характеристики ветвей гусеничного обвода различных объектов исследования. Валидация разработанной модели выполнена на основе сопоставления амплитудных и частотных параметров, характеризующих динамику ветвей гусеничного обвода, полученных при выполнении вычислительного эксперимента и при проведении ходовых испытаний объекта исследований – опытного образца быстроходной гусеничной машины.

Разработанная имитационная модель позволяет исследовать динамические эффекты в ветвях гусеничного обвода с учетом расположения ведущих колес в носовой или кормовой частях машины, допускает существенное развитие с целью учета новых факторов, действующих в элементах конструкции гусеничного двигателя и машины в целом.

Для теоретического исследования высокочастотных колебаний неподдресоренных масс быстроходной гусеничной машины массой 18 т. использовалась математическая модель в форме дифференциального уравнения Матье с методом определения областей неустойчивости на плоскости параметров диаграммы Айнса-Стретта.

В процессе выполнения теоретического исследования высокочастотного вибрационного нагружения на «траковой» частоте специального технологического оборудования, устанавливаемого на подрессоренной массе машины, возникающего вследствие колебания неподрессоренных масс, на основе анализа существующих подходов к моделированию систем подрессоривания, обоснована необходимость дифференцированного подхода при разработке математических моделей, учитывающих различные пути распространения вибраций. Научно обоснована и установлена необходимость учета пути распространения вибраций по схеме «опорный каток – балансир – блок подвески – подрессоренная масса – оборудование».

Этот тезис неоднократно высказывался специалистами ведущих организаций, в том числе АО «УКБТМ» в научных трудах, при этом научное глубоко продуманное расчетное обоснование получил впервые. Данный факт заслуживает особого признания в научных кругах.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования процесса динамического нагружения ветвей гусеничного движителя; изложены разработанные новая методика экспериментального определения кинематических и силовых параметров гусеницы на основе реализации способа оценки разряженного оптического потока с применением технологии компьютерного зрения; методика определения динамической и вибрационной нагруженности опорных катков, приборов и устройств, расположенных на подрессоренной массе; приведены технические характеристики объектов исследования; сформулированы цель и задачи экспериментального исследования; описан комплекс информационно измерительной аппаратуры; обоснован перечень регистрируемых параметров, обеспечивающих надежную количественную и качественную оценку динамических и вибрационных процессов в ветвях гусеницы, подрессоренных и не подрессоренных элементах конструкции машины во временной и частотной областях.

В четвертой главе изложены результаты исследования динамической нагруженности гусеничного движителя на основе теоретического и экспериментального исследования, описаны обоснованные технические решения, позволяющие достичь поставленную в работе цель.

На основе разработанной и валидированной имитационной модели для исследования динамики гусеничного движителя удалось: на качественно новом техническом уровне исследовать не рассматриваемые ранее динамические эффекты в ветвях гусеничного обвода с учетом расположения ведущих колес в носовой части машины, определить численные параметры

динамической нагруженности в свободной ветви объекта исследования; обосновать и исследовать предпочтительный вариант технического решения проблемы «захвата» гусеницы ведущим колесом при наезде на неровность, заключающийся в установке успокоителя в виде катка в зоне схода гусеницы с ведущего колеса.

По результатам исследования высокочастотных колебаний опорных катков быстроходной гусеничной машины научно обоснован и разработан метод снижения динамической и тепловой нагруженности элементов ходовой части быстроходной гусеничной машины, оснащенных гусеницей с параллельным шарниром.

Необходимо отметить, что представленный метод может быть дополнен расчетной методикой, учитывающей энергию деформации массивных шин опорных катков, что позволило бы проводить оценку их долговечности, а также оценить энергоэффективность всего движителя.

На основе разработанной имитационной частотной модели в программном пакете Amesim подтверждена гипотеза о необходимости учитывать параллельные жесткие связи по тракту «каток – балансир – блок подвески – корпус – оборудование».

Таким образом работа выполнена в полном объеме и имеет обоснованный законченный вид.

Основные результаты работы представлены в виде шести выводов. По результатам работы опубликовано 10 научных статей и получено 3 патента Российской Федерации на полезную модель и изобретения.

Список использованных источников содержит 86 пунктов. Среди данных работ содержатся статьи, монографии, учебные пособия и диссертации ведущих отечественных и зарубежных ученых.

Общие замечания по диссертационной работе.

1. Основные результаты диссертационной работы опираются на исследования конкретных образцов гусеничных машин при этом при моделировании динамики исследуется шасси с 7 катками, при анализе нагрева шин с 5 катками, а при оценке частотных передаточных функций шасси с 6 катками. Такой подход не позволяет идентифицировать и сопоставить влияние конкретных кинематических зависимостей на динамическую и вибрационную нагруженность при колебательном процессе.

2. Не ясно как при оценке влияния виброускорений опорных катков учитывалась энергетическая составляющая особенно на высоких частотах более 80 Гц, в том числе вторичных супергармонических составляющих.

Вызывает сомнение, что такое воздействие может иметь существенное влияние поскольку время действия, даже значительного виброускорения доходящего до 25 g на частотах свыше 80 Гц, настолько мало, что его воздействие не влияет на сенсомоторные реакции членов экипажа, а тем более на медицинские (физиологические) показатели.

3. В работе отсутствует оценка выполнения медико-технических требований к обитаемости быстроходной гусеничной машины, общих технических требований к вибронагруженности рабочих мест экипажа, воздействий виброударных ускорений на экипаж и соответствие международным стандартам (например ISO 2631-1). В следствие этого не ясно как предложенные автором технические решения могут ухудшить или улучшить характеристики быстроходной гусеничной машины в целом.

4. При рассмотрении вопроса распространения вибрационного силового воздействия через опору балансира и шарниры амортизатора огромное значение имеет подстилающая поверхность под гусеницей (макро и микро-профиль дороги), обладающая в реальной эксплуатации случайным характером, а также углы раскачки корпуса. Таким образом, проведенная оптимизация и предложенное техническое решение вероятно не оптимально для всей широты дорожно-грунтовых условий.

Отмеченные выше замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы. Диссертация Тараторкина Алексея Игоревича имеет заверченный вид, который позволяет эффективно воспользоваться ее результатами и научно-методическим аппаратом ученым и разработчикам, решать научные и инженерные задачи, возникающие в процессе разработки быстроходных гусеничных машин.

Сформулированные в диссертационной работе цель и задачи актуальны для транспортного машиностроения и промышленности в целом. Основные научные положения, выносимые на защиту, нашли отражение в заключении диссертационного исследования. Полученные результаты свидетельствуют о решении поставленных задач и достижении цели диссертационного исследования, диссертация прошла достаточную апробацию, по теме исследования опубликовано 10 научных работ, в том числе 3 статьи в научных журналах, включенных в перечень ВАК РФ, 1 статья в научном журнале, индексируемом в базе данных SCOPUS и 6 статей в прочих изданиях. Печатные работы и содержание диссертации характеризуют соискателя как состоявшегося ученого с необходимой теоретической подготовкой, и достаточным опытом выполнения научно-исследовательских работ.

Диссертация отличается грамотным инженерным стилем изложения,

имеет логически выстроенное последовательное изложение. Выводы диссертации научно обоснованы и соответствуют поставленным автором целям. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации и производит благоприятное впечатление. Текст автореферата соответствует тексту диссертационной работы. Содержание соответствует специальности 2.5.11 – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы».

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением ВАК РФ.

Диссертация Тараторкина Алексея Игоревича на тему «Метод снижения динамической и вибрационной нагруженности быстроходных гусеничных машин путем стабилизации колебательных процессов в двигателе», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук выполнена на актуальную тему и является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей паспорту научной специальности 2.5.11 — «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы». Диссертация Тараторкина Алексея Игоревича соответствует требованиям п. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, а сам соискатель, решивший научно-практическую задачу по снижению динамической и вибрационной нагруженности быстроходной гусеничной машины, направленную на повышение надежности, путем стабилизации динамических процессов в гусеничном двигателе заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11 – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы».

Официальный оппонент
кандидат технических наук,
начальник отдела научно-
технического развития акционерного
общества «Уральское
конструкторское бюро транспортного
машиностроения»

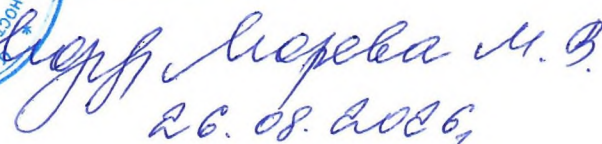

26.08.2026 Ю.А. Перевозчиков

Россия, Свердловская область, 622007
г. Нижний Тагил, Восточное шоссе, 38
Тел. 8-919-366-0615
E-mail: perevozchikovya@mail.ru

Подпись Перевозчикова Ю.А. удостоверяю:



Начальник
отдела кадров


26.08.2026