

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор-проректор по научной работе

ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»

В.Н. Зимин

2014 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» (национальный исследовательский университет техники и технологий) на диссертацию Абызова Алексея Александровича по теме «**Обеспечение безотказности элементов ходовых систем быстроходных гусеничных машин при проектировании на основе моделирования процессов эксплуатации и формирования отказов**», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.05.03 - «Колесные и гусеничные машины» и 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

1. Актуальность темы исследования

В настоящее время на предприятиях отечественного транспортно-машиностроительного комплекса сложилась ситуация, когда выполнение требований технического задания на разработку объектов новой техники в части, касающейся надежности и долговечности как отдельных узлов и агрегатов, так и всего объекта в целом, обеспечивается не на стадии проектирования, а по результатам доводочных испытаний макетных и опытных образцов. Как показывает опыт, недостатки конструкции, заложенные на этапе проектирования, достаточно сложно ликвидировать в дальнейшем. При этом возрастают затраты, увеличиваются сроки подготовки серийного производства, увеличивается расход запчастей, значительно снижаются показатели надежности машин в целом.

Это обусловлено, в первую очередь, отсутствием у конструкторов машиностроительных предприятий отлаженных инструментов для проведения расчетных и лабораторных исследований надежности и долговечности на ранних стадиях разработки. Создание новых поколений отечественных быстроходных гусеничных машин в условиях острой

конкурентной борьбы требует кардинального повышения научно-технического уровня проектирования, снижения затрат и сроков освоения производства новых изделий. В связи с этим тема диссертации является актуальной.

2. Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, десяти глав, основных выводов и результатов, списка литературы.

Во введении раскрыта актуальность темы исследования и степень ее разработанности в настоящий момент, определены цель и задачи, сформулированы основные положения, обладающие научной новизной и выносимые на защиту, охарактеризованы методы исследований.

В первой главе выполнен обзор и анализ литературы по вопросам, разрабатываемым в диссертации: описание условий эксплуатации быстроходных гусеничных машин (БГМ), моделирование динамической системы шасси БГМ, теории поворота гусеничных машин, моделирование взаимодействия гусеницы с грунтом, модели накопления усталостных, износных повреждений. На основании выполненного обзора литературы сформулированы требования, предъявляемые к математической модели эксплуатации гусеничной машины и описанию внешних условий. Сформулированы задачи диссертационной работы.

Во второй и третьей главах предложена концепция имитационного моделирования испытаний гусеничных машин и приведено описание математической модели.

Четвертая глава посвящена моделированию взаимодействия опорной поверхности гусеницы на активных участках с грунтом.

В пятой главе описана подсистема математической модели, предназначенная для определения скорости движения машины по труднопроходимой местности.

В шестой главе приведены результаты тестовых расчетов, выполненных с помощью разработанной математической модели гусеничной машины. Расчеты иллюстрируют влияние различных факторов на динамику машины.

Седьмая глава посвящена разработке методов исследования эксплуатационной нагруженности и процессов изменения компонентов напряженного состояния в потенциально опасных зонах деталей ходовой системы.

Восьмая глава посвящена методам прогнозирования и обеспечения усталостной долговечности деталей ходовой системы, работающих в условиях однопараметрического случайного нагружения.

Девятая глава посвящена методам прогнозирования и обеспечения усталостной долговечности деталей ходовой системы, работающих в условиях многопараметрического случайного нагружения.

Десятая глава посвящена исследованию динамики и прогнозированию долговечности гусеничной ленты с податливыми уширителями.

В заключении сделаны выводы, отражающие итоги исследования.

Содержание диссертации изложено в логически последовательной форме. Стиль изложения четкий и ясный.

Автореферат и публикации соискателя в полной степени отражают ее наиболее существенные положения, выводы и рекомендации. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК.

3. Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

К основным результатам диссертационного исследования, обладающим научной новизной, относятся следующие положения и разработки соискателя:

1. Специализированная применительно к задачам прочностной надежности математическая модель, отличающаяся тем, что она описывает динамику связанной нелинейной системы «внешняя среда – гусеничный движитель – подрессоренный корпус – силовая установка – водитель» при многопараметрическом нестационарном случайном воздействии. Модель отображает существенные нелинейности элементов системы подрессоривания и гусеничного движителя; при моделировании силовой установки учитываются характеристика двигателя, характеристики фрикционных элементов и гидравлических передач в трансмиссии и механизме поворота. Это позволяет описывать динамические процессы при прямолинейном и криволинейном движении с учетом изменения структуры силовой установки и переходных процессов, вызванных управляющими воздействиями со стороны водителя. Одновременное, достаточно подробное описание гусеничного движителя, подрессоренного корпуса и силовой установки позволяет моделировать движение машины по трассе под действием комплекса внешних воздействий, приближенного к условиям реальной эксплуатации.

2. Модель взаимодействия опорной поверхности гусеницы с поверхностью трассы, отличающаяся тем, что грунт представлен в виде континуальной нелинейной среды. Для расчета сил, возникающих в контакте, применен метод конечных элементов, использующий трехмерные модели траков и грунтового объема. Это позволяет учесть влияние формы опорной поверхности траков, нелинейных свойств различных видов грунта при сложном напряженном состоянии и его разрушения при больших перемещениях, вызванных погружением трака и нагребанием грунта. В отличие от известных моделей, такой подход не требует применения упрощающих схематизаций при описании формы опорной поверхности трака. Модель используется как подсистема в математической модели машины для расчета нагрузок, действующих на элементы ходовой части при прямолинейном и криволинейном движении.
3. Подсистема математической модели гусеничной машины, используемая для формирования управляющих воздействий на двигатель и силовую установку при интегрировании уравнений движения. Подсистема отличается тем, что управляющие воздействия, определяющие скорость и траекторию движения, формируются в соответствии с заданной дорожной ситуацией. Учет изменения скорости при моделировании движения машины по трассе позволяет повысить точность определения силовых и кинематических параметров, выявить характер и уровень эксплуатационных нагрузок.
4. Новая концепция задания многопараметрического нестационарного случайного воздействия внешней среды, основанная на формализации картографического описания типовых испытательных полигонов, применяемых для ресурсных испытаний опытных образцов техники. Описание включает сочетание параметров микро- и макропрофиля участков трассы, характеристик ее криво-линейных фрагментов, параметров отдельных препятствий, требующих существенного снижения скорости, свойств грунта и др. Предложенный подход позволяет на ранних стадиях проектирования прогнозировать характеристики надежности при эксплуатации машин в различных природно-климатических условиях.
5. Методика преобразования силового и кинематического воздействия на элементы конструкции в случайные процессы изменения компонентов тензора напряжений в опасных точках тяжелонагруженных деталей, отличающаяся тем, что она базируется на методе конечных элементов и моделях взаимодействия с нелинейной средой. Для деталей гусеничного движителя, непосредственно контактирующих с грунтом, использование

данной методики позволяет получить процессы изменения напряжений с учетом случайного характера взаимодействия.

6. Модель накопления усталостного повреждения и метод прогнозирования усталостной долговечности для случая, когда компоненты тензора напряжений описываются независимыми случайными процессами. Подобное характерно для элементов ходовой системы при многопараметрическом случайном нагружении. Предложенный подход отличается применением структурной модели среды и использованием микропластических деформаций при расчете накопленного многоциклового усталостного повреждения. Метод учитывает рассеяние усталостных свойств материала, что позволяет представлять результаты в виде функций вероятностей безотказной работы тяжело нагруженных элементов.

4. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов обеспечена использованием верифицированных методов численного решения дифференциальных уравнений, тщательным тестированием разработанных компьютерных программ. Адекватность разработанных математических моделей подтверждена сопоставлением расчетных и экспериментальных результатов.

5. Практическая ценность результатов

Практическую ценность составляют методика и программ расчета, позволяющие на ранних стадиях проектирования прогнозировать характеристики надежности элементов ходовой системы гусеничной машины, соответствующие ее эксплуатации в различных природно-климатических условиях.

Созданный комплекс измерительных устройств и аппаратуры, позволяет исследовать нагруженность элементов подвески и гусеничного движителя в лабораторных условиях, а также в условиях реальной эксплуатации.

6. Значимость результатов для науки и производства

Диссертация не только направлена на совершенствование методов расчета гусеничных машин, но и обладает высокой степенью практической значимостью. Основные положения и выводы диссертации Абызова А.А. могут быть использованы на предприятиях транспортного машиностроения при разработке перспективных многоцелевых транспортно-технологических комплексов на гусеничном ходу применением разработанных методик и компьютерных программ, а также в технических высших учебных заведениях при чтении курсов, посвященных вопросам динамики и надежности гусеничных транспортных средств.

7. Замечания

В целом диссертация Абызова А.А. заслуживает высокой оценки. Однако, присутствуют недостатки, к числу которых относятся следующие.

1. Глава 2 диссертации носит в основном обзорный характер и не содержит конкретных результатов. Математическая модель ездового цикла отсутствует. Если речь идет об использовании трасс имеющихся в стране испытательных полигонов, было бы уместно привести анализ, какие именно полигоны соответствуют конкретным условиям эксплуатации гусеничных машин.
2. Диссертация, несомненно, выиграла бы, если бы автор учел в математической модели подсистем гусеничной машины крутильные колебания в трансмиссии и непостоянство крутящего момента двигателя внутреннего сгорания.
3. В диссертации отсутствует структура программного обеспечения, реализующего разработанные математические модели. Вследствие этого остается непонятным, как реализовано взаимодействие различных программных модулей.
4. В разделе диссертации, посвященном описанию формирования управляющих воздействий со стороны водителя (ограничение скорости машины по заносу при прохождении криволинейных участков трассы) отсутствуют рекомендации по значениям скорости прохождения поворотов.
5. Несомненно, на твердой опорной поверхности траки испытывают существенные переменные вертикальные нагрузки от перемещающихся опорных катков. Однако, доля пробегов гусеничных машин по твердой опорной поверхности в суммарном пробеге не позволяет сделать вывод о значительном влиянии

полученных усталостных повреждений на долговечность траков. Кроме того, при движении гусеничной машины происходит наклеп поверхности траков, приводящий к повышению стойкости усталостным повреждениям.

8. Заключение о соответствии работы требованиям ВАК

Диссертационное исследование Абызова Алексея Александровича является законченной научной квалификационной работой, содержащей новое решение важной народнохозяйственной проблемы повышения надежности и сокращения сроков разработки быстроходных гусеничных машин в части, связанной с обеспечением надежности тяжелонагруженных элементов ходовых систем на ранних этапах проектирования и доводки.

Работа выполнена на высоком уровне, она соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.03 - «Колесные и гусеничные машины» и 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Работа рассмотрена на заседании НТС кафедр «Многоцелевые гусеничные машины и мобильные роботы» и «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана, протокол №16/13-14 от 20 января 2014 года.

Заведующий кафедрой
«Многоцелевые гусеничные машины
и мобильные роботы», д.т.н., профессор



В.Н. Наумов

Заведующий кафедрой
«Колесные машины», д.т.н., профессор



Г.О. Котиев