

## ОТЗЫВ

официального оппонента заслуженного машиностроителя РФ, доктора технических наук, профессора Городецкого Константина Исааковича на диссертационную работу Лихачёва Дмитрия Сергеевича «Особенности вибронагруженности и пути снижения крутильных колебаний в трансмиссии автомобиля с комбинированной энергоустановкой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины»

### **Актуальность диссертационной работы.**

Современные тенденции развития автомобилестроения направлены, в частности, на повышение производительности, средней скорости движения и экологичности транспортных средств (ТС). Однако все изменения, связанные с увеличением мощностных показателей двигателя внутреннего сгорания (ДВС), применением гибридных приводов, совершенствованием конструкции трансмиссии, неизбежно приводят к увеличению интенсивности и расширению спектра вибраций в колесной машине. Не учет динамических нагрузок, порождаемых силовой установкой, может привести к преждевременным усталостным поломкам деталей трансмиссии или к уменьшению комфортабельности автомобиля. Учитывая высокую стоимость современных трансмиссий и дополнительные затраты на восстановление их в течение срока службы ТС, снижение уровня колебаний в трансмиссии является важной и актуальной проблемой современного машиностроения.

В многочисленных источниках, связанных с уменьшением вибронагруженности трансмиссий, в недостаточно полном объеме освещены особенности размещения гасителя крутильных колебаний (ГКК) в трансмиссиях автомобилей с комбинированной энергоустановкой (КЭУ). Большинство научных работ по данной проблеме ориентировано на определение крутильных колебаний в механических трансмиссиях, где основным источником силового воздействия на колесную машину является ДВС. В связи с этим ранее в исследованиях не рассматривался полигармонический характер возмущения от КЭУ, не учитывалось наличие электродвигателя как дополнительного элемента динамической системы с собственными упруго-инерционными параметрами, и наличие автоматической коробки передач (АКП) без гидротрансформатора.

Недостаточный уровень проработки в области создания ГКК приводит к тому, что при конструировании выбор типа гасителя и его параметров осуществляется в процессе доводки конструкции. Необходимость решения этой задачи на ранних стадиях проектирования определяет актуальность диссертационной работы автора.

**Научная новизна** работы заключается в следующем:

1. Разработана имитационная модель динамики механической системы «ДВС – ЭД – АКП – ТС», в которой на основе использования методов статисти-

ческой динамики и спектрального анализа учтены полигармонические возмущения от КЭУ и виброзащитные свойства трансмиссии.

2. Предложен научно обоснованный критерий оценки динамической нагруженности трансмиссии по уровню виброускорений инерционных масс механической системы.

3. Выполнено теоретическое обоснование конструктивных решений по выбору типа гасителя крутильных колебаний, его параметров и места установки путём анализа устойчивости полученных периодических решений исследуемой динамической системы методом корневого годографа.

4. Получены новые экспериментальные данные о динамических процессах, протекающих в системе «ДВС – ЭД –АКП–ТС» при различных режимах работы трансмиссии, на основе которых выявлены условия возникновения резонансов в эксплуатационном диапазоне рабочих частот силовой установки.

5. На основе обобщения результатов расчётных и экспериментальных исследований разработан метод, позволяющий на ранних этапах проектирования прогнозировать динамическую нагруженность трансмиссии автомобиля с КЭУ.

### **Обоснованность и достоверность результатов.**

Расчетно-теоретические исследования выполнены с использованием имитационного моделирования на основе фундаментальных законов и уравнений механики и подтверждены сходимостью результатов с экспериментальными данными.

Экспериментальные исследования проведены на полигоне испытательного центра НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ» с использованием поверенных и аттестованных средств измерения и обработки результатов эксперимента. Объектом исследования диссертационной работы является автомобиль с КЭУ, разрабатываемый в ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ».

### **Научная и практическая значимость результатов работы.**

Разработанный метод прогнозирования резонансных режимов работы и снижения уровня динамической нагруженности элементов трансмиссии ТС с КЭУ позволяет определить необходимое место расположения ГКК и его параметры на ранних стадиях проектирования трансмиссии, а не в процессе доводки конструкции.

Полученные в работе результаты могут быть использованы при решении вопроса о размещении ГКК в трансмиссиях автомобилей с КЭУ и для формирования технических требований к ГКК.

### **Структура и содержание работы.**

Диссертация состоит из четырех глав основного текста, выводов, списка использованных источников и приложений. Содержание работы изложено на 135 страницах машинописного текста, включающих 65 рисунков, 16 таблиц, список использованных источников из 80 наименований и приложение на 56 стр.

В первой главе изучено состояние вопроса и проанализированы ранее выполненные работы, посвященные исследованию влияния КЭУ на динамическую нагрузженность трансмиссий ТС. Также проведен анализ современных конструкций КЭУ, выявлены особенности их интеграции с трансмиссией, рассмотрены основные достоинства и недостатки известных средств уменьшения крутильных колебаний.

Во второй главе приведены результаты имитационного моделирования динамической нагруженности механической системы «ДВС – ЭД – АКП – ТС» на установившихся режимах работы. Выполнена численная оценка эффективности предложенных решений, вызывающая необходимость проведения экспериментальных исследований динамической нагруженности трансмиссии в реальных условиях движения автомобиля.

В третьей главе представлены результаты лабораторных испытаний ГКК, описан комплекс регистрационно-измерительного оборудования, представлена программа проведения экспериментального исследования, включающая в себя перечень измеряемых параметров и режимы проведения дорожных испытаний.

В четвертой главе проведено сопоставление результатов теоретического и экспериментального исследования, выполнена оценка корректности принятых в расчетной модели допущений, корректировка и валидация по результатам эксперимента имитационной модели.

Заключительные выводы отражают суть и результаты выполненных автором исследований.

Список литературы из 80 проработанных источников по теме диссертации.

### **Публикации основных результатов работы.**

Количество публикаций по теме диссертации в количестве 7 статей, из которых 4 в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ, говорит о достаточной апробации основных положений диссертации. В публикациях Лихачёва Д.С. подробно раскрываются основные положения диссертации.

### **Соответствие содержания диссертации и автореферата.**

Название диссертации соответствует ее содержанию. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ к кандидатским диссертациям. Изложение материала ясное для понимания положений работы специалистами. По содержанию диссертация соответствует специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

Автореферат диссертации отражает основные положения и результаты диссертационного исследования.

### **Замечания по диссертационной работе:**

1. В работе не приводится сравнение результатов, полученных как в среде программных продуктов для исследования динамики механических систем, реализующих расчеты с использованием 3D-моделей, так и с использованием рассматриваемого автором продукта.

2. В диссертации не показано, как получена диаграмма на рис. 2.14, на базе которой даются рекомендации о величинах допустимых ускорений.

3. Из описания экспериментальной части работы не ясно, чем обусловлено место установки тензодатчиков на заднем карданном валу.

4. Работа перенасыщена формулировками сложной конфигурации, что затрудняет восприятие и анализ представленной информации.

### **Заключение.**

Диссертация Лихачёва Д.С., представленная к соисканию ученой степени кандидата технических наук, соответствует научной специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

Основные результаты исследований достаточно полно опубликованы в трудах автора и апробированы на научных конференциях.

Диссертация обладает научной новизной, практической ценностью, подкрепленной актами внедрения. Основные положения научной новизны нашли отражение в выводах диссертационного исследования.

В целом рассматриваемая диссертация является завершенной научно-квалифицированной работой, выполненной лично автором, в которой решена актуальная научная задача прогнозирования вибронагруженности трансмиссии транспортных средств с комбинированными энергоустановками на стадии проектирования, определения резонансных режимов работы и рациональных способов снижения уровня динамической нагруженности элементов трансмиссии. Несмотря на сделанные замечания, можно заключить, что достоверность выводов базируется на теоретических разработках, данных имитационного моделирования и результатах экспериментальных работ.

По совокупности проведенных исследований и полученных результатов диссертационная работа отвечает требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Лихачёв Дмитрий Сергеевич, за решение задачи прогнозирования и снижения вибронагруженности трансмиссий автомобилей с комбинированными энергоустановками, имеющей значение для развития одного из основных направлений автомобилестроения, связанного со снижением уровня колебаний и повышением надежности транспортного средства, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

Официальный оппонент  
д.т.н., профессор,  
профессор кафедры  
«Наземные транспортные средства»  
ФГБОУ ВО «Московский  
политехнический университет»



К.И. Городецкий