

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента Блохина Александра Николаевича на диссертационную работу
Лихачёва Дмитрия Сергеевича по теме:

«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»

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Проблемы экологии, экономии нефтяного топлива и глобального потепления в мире приводят разработчиков к необходимости создания и внедрения в транспортные средства (ТС) комбинированных энергетических установок (КЭУ), в которых источником механической энергии является как двигатель внутреннего сгорания (ДВС), так и электродвигатель (ЭД) совместно с электрическими накопителями энергии при различных вариантах их совместной работы. Прогноз развития энергетических установок в решении данных проблем демонстрирует высокий показатель заинтересованности многих стран мира в финансировании соответствующих программ по развитию КЭУ.

Первым серийным автомобилем с КЭУ стал Toyota Prius, выпущенный в 1997 г. В течение 20 лет сменилось 4 поколения семейства этого автомобиля, к настоящему времени выпущено (с учетом модификаций) более 6,1 млн. шт. (в 2016 г. порядка 607 тыс. автомобилей).

В 2014 г. в Европейском Союзе доля проданных автомобилей с КЭУ в общем объеме рынка пассажирских автомобилей составила 1.4% или порядка 200 тыс.; в США в 2012-2014 гг. – 3.5...3.8% или 490...590 тыс. автомобилей в год. В Японии КЭУ оснащаются порядка 20% продаваемых новых автомобилей или 857...1015 тыс. в год (данные 2012-2014 гг.). По прогнозам Европейской комиссии по транспорту, к 2020 году в Европе 7 % пассажирского и легкого коммерческого транспорта будет с автомобилями с КЭУ, а к 2030 году эта цифра увеличится до 31 %.

На основании этого следует, что работы по созданию автомобилей с КЭУ и совершенствование методик их расчетов являются весьма актуальными.

Однако все изменения, связанные с применением КЭУ, а также увеличением мощностных показателей ДВС, совершенствованием конструкции трансмиссии, потенциально увеличивают интенсивность и расширяют спектр вибраций в колесных машинах. В многочисленных источниках по вибронагруженности трансмиссий рассматриваются, как правило, механические трансмиссии, где источник колебаний является ДВС, и мало работ, посвященных исследованию автоматических коробок передач (АКП) без гидротрансформатора в составе трансмиссии автомобиля с КЭУ. Ранее в работах не учитывались особенности функционирования электродвигателя, как дополнительного источника силового и кинематического воздействия; не учитывался полигармонический характер возмущений от КЭУ. Отсутствия методик по выбору параметров виброзащиты трансмиссией с КЭУ является одним из сдерживающих факторов развития данных транспортных средств.

Учитывая то, что в настоящее время существует недостаток в инструментальных средствах и способах определения динамической нагруженности узлов трансмиссий автомобилей с КЭУ на стадии проектирования, тема диссертационной работы представляется актуальной.

Для реализации поставленной цели автором работы сформулированы восемь основных задач, решение которых отражено в разделе «Заключение».

2. НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ДОСТОВЕРНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научная новизна. В целом сформулированная научная новизна отражает суть достигнутых автором диссертации результатов и содержит отличия от ранее выполненных работ в обозначенной области исследований, однако основными пунктами научной новизны, которые следовало бы выделить, являются:

- Разработанная имитационная модель динамики механической системы «ДВС – ЭД – АКП – ТС», в которой на основе использования методов статистической динамики и спектрального анализа учтены полигармонические возмущения от КЭУ и виброзащитные свойства трансмиссии;
- Новая методика, позволяющая на ранних этапах проектирования прогнозировать динамическую нагруженность трансмиссии автомобиля с КЭУ;
- Новые результаты экспериментальных исследований 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.

Достоверность исследований. При участии автора работы выполнен достаточно большой комплекс исследований с использованием численных методов решения дифференциальных уравнений, метода имитационного математического моделирования, теории планирования эксперимента. Достоверность полученных результатов базируется на сопоставлении данных математического моделирования и результатов дорожных экспериментов, проводимых с использованием поверенных и аттестованных комплексов измерительных приборов и оборудования.

3. ЦЕННОСТЬ ДЛЯ НАУКИ И ПРАКТИКИ

Научная ценность работы заключается в том, что на основании комплекса проведенных экспериментальных и теоретических исследований разработана новая методика, позволяющая на ранних этапах проектирования прогнозировать динамическую нагруженность трансмиссии автомобиля с КЭУ. Ценность для науки и практики представляет и разработанная имитационная модель динамики механической системы «ДВС – ЭД – АКП – ТС», в которой на основе использования методов статистической динамики и спектрального анализа учтены полигармонические возмущения от КЭУ и виброзащитные свойства трансмиссии.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования имитационной модели динамики механической системы для проведения теоретических исследований, позволяющих сократить существенные затраты труда

и материалов на проведение большого объема натурных экспериментальных работ по прогнозированию резонансных режимов работы и снижению уровня динамической нагруженности элементов трансмиссии ТС с КЭУ. Кроме этого, методика позволяет определить рациональное расположение гасителя крутильных колебаний (ГКК) и его параметры на ранних стадиях проектирования трансмиссии.

С практической точки зрения важен предложенный и научно-обоснованный автором критерий оценки динамической нагруженности трансмиссии по уровню виброускорений инерционных масс механической системы.

Полученные в работе результаты использованы в ряде исследований, проводимых ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», ООО «НИИ «Мехмаш», а также при выполнении НИР по заданию Минобрнауки РФ (проект № 291 «Повышение эффективности управления динамическими процессами», номер госрегистрации в ЕГИСУ НИОКР № 361), что подтверждено соответствующими актами о внедрении.

Работа прошла значительную апробацию на научно-исследовательских конференциях и семинарах, в том числе и на международных.

Таким образом, можно сделать обоснованный вывод о том, что диссертация и результаты исследований Д.С. Лихачёва имеют существенное значение для науки и практики.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из четырех глав основного текста, заключения, списка литературы 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.

Список опубликованных автором работ по теме диссертационного исследования достаточен и содержит 7 пунктов, в том числе 4 публикации в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ. Автореферат в целом отражает материалы диссертации.

Диссертация отличается логичностью построения и хорошим стилем изложения, написана грамотным техническим языком, аккуратно оформлена, достаточно иллюстрирована и по этим признакам полностью отвечает предъявляемым требованиям.

Основные результаты и выводы по работе полностью соответствуют ее содержанию.

5. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ

1. Раздел 1.1 диссертации называется «Обзор конфигураций комбинированных энергоустановок. Описание объекта и предмета исследований». Но, в этом разделе в основном представлены схемы и конструкции автомобилей с параллельным соединением энергоустановок и не рассмотрены варианты последовательного и последовательно-параллельного типа подключения двигателей, характерных для наиболее массовых в мире гибридов. Поэтому, считаю, что название данного раздела некорректное и его следовало бы изменить так, чтобы оно более детально отражало суть представлено в нем материала.

2. Сформулированные в разделе 1.4 диссертации задачи исследования (стр. 41 диссертации) в целом совпадают с указанными в автореферате и в разделе «Введение», но не полностью им соответствуют.

3. На рисунке 2.4 (стр. 48 диссертации) представлена не блок-схема программы расчета двигателя V8, а лишь эквивалентная схема с блоками исходных данных для выполнения расчета в выбранном программном комплексе. Аналогично, на рисунке 2.16 (стр. 68 диссертации) представлена не блок-схема программы расчета динамики системы, а эквивалентная схема динамической системы, реализуемая в выбранной автором программой среде для расчета.

4. В диссертации не представлены скоростные характеристики ДВС и ЭД, что в некоторой степени усложняет понимание сути работы. Например, не определенными являются «номинальный режим работы двигателя» и «номинальная

частота работы электродвигателя», указанные в тексте диссертации на стр. 48 и стр. 65.

5. На рисунке 2.6, б (стр. 50 диссертации), а также на рисунках П1.3. П1.4, П .1.5 (стр. 139-141 текста диссертации) не удачно выбраны градации масштабной шкалы для представления спектральной плотности крутящего момента ДВС.

6. На рисунках 2.22 (стр. 80 диссертации), а также в приложении П4 представлены изменения угловых ускорений инерционных масс на всех передачах. Однако в работе не описаны допущения, используемые автором при моделировании.

7. В разделе 3.3 диссертации представлен комплекс регистрационно-измерительной аппаратуры. К сожалению, автор не указал точности средств измерения.

8. В разделе 4 диссертации (стр. 121) сказано, что экспериментально измеряемыми параметрами являются четыре параметра частоты вращения ведущей и ведомой двухмассового маховика, крутящий момент и частота вращения карданного вала. Однако из многочисленных фрагментов осциллографм экспериментальных исследований (рисунки 4.1 - 4.4, 4.7-4.8) видно, что записанных и исследуемых параметров гораздо больше (крутящие моменты ДВС и электродвигателя, положение педали газа, скорость автомобиля и другие). Каким образом регистрировались эти дополнительные параметры и с какой точностью?

9. Автором получено, что расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 10...15% по амплитудам динамического момента и частотам колебаний. Это расхождение автор связывает с нелинейностью реальной механической системы (стр. 122 диссертации), но при этом не указывает какие именно параметры механической системы имеет в виду. Поэтому, не понятно, как следует изменить математическую модель динамической системы, чтобы учесть нелинейности реальной механической системы.

10. По тексту диссертации и автореферата имеются замечания редакционного характера: на рисунке 1.12 (стр. 31 диссертации) перепутаны ссылки на кон-

структуре пружинного-фрикционных гасителей МАЗ и ГАЗ-3102 (при этом в тексте работы ссылки верные); стр. 63 (рисунок 2.14) не верно указан параметр M_c – это момент сопротивления движения, приведенный к входному валу АКП; на стр. 55 и 149 нет расшифровки позиций у рисунков 2.9 и П2.8. Кроме этого, в тексте диссертации встречаются досадные опечатки (стр. 15, 53, 132).

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Лихачева 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 отражения в выводах диссертационного исследования.

В целом рассматриваемая диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной лично автором, в которой решена актуальная научная задача, имеющая важное прикладное значение и заключающаяся в снижении уровня динамической нагруженности трансмиссии ТС с КЭУ за счет разработки и внедрения новой методики прогнозирования нагруженности трансмиссии на стадии проектирования. Несмотря на сделанные замечания, можно заключить, что достоверность выводов базируется на теоретических разработках, данных имитационного моделирования и результатах экспериментов на перспективном автомобиле с КЭУ, разработанным в ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ».

По совокупности проведенных исследований и полученных результатов диссертационная работа «Особенности вибонагруженности и пути снижения крутильных колебаний в трансмиссии автомобиля с комбинированной энергоструктурой» отвечает требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее

автор – Лихачёв Дмитрий Сергеевич, за решение задачи снижения уровня динамической нагруженности трансмиссии ТС с КЭУ, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

Официальный оппонент –
кандидат технических наук (05.05.03),
доцент, доцент кафедры
«Автомобили и тракторы»
ФГБОУ ВО «Нижегородский государ-
ственный технический университе-
т им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ),
603950, г. Нижний Новгород,
ул. Минина, д. 24
Тел.: 8 (950) 621-79-50
E-mail: a.n.blokhin@gmail.com

Блохин Александр
Николаевич

04.07.2017

Подпись к.т.н., доцента А.Н. Блохина удостоверяю.
Первый проректор НГТУ
кандидат технических наук, доцент

М.В. Ширяев

