

Ученому секретарю диссертационного совета
Д217.014.01 при ФГУП «НАМИ»
Курмаеву Р.Х.
125438, г. Москва
ул. Автомоторная. д.2

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Нагайцева М.М.
**«РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНХРОНИЗАЦИИ ЗУБЧАТЫХ МУФТ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АВТОМАТИЧЕСКИХ ПЛАНЕТАРНЫХ КОРОБКАХ
ПЕРЕДАЧ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ»,**
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины»

1. Актуальность избранной темы исследования

Проблема управления процессом переключения передач в трансмиссии автомобилей, конструирования механизмов переключения решается более 100 лет, начиная с работ Э.Леванссера, Л.Рено, В.Майбаха и др. и в настоящее время. Совершенствование эксплуатационных свойств автомобиля – повышение скоростных и динамических качеств, энергоэффективности, экологичности, комфортабельности и др. требует новых решений.

Развитие конструкций механизмов переключения происходит по спирали зубчатые муфты-синхронизаторы-фрикционные элементы. Последние нашли широкое применение в трансмиссиях автомобилей мировых лидеров ZF, Allison, в нашей стране от автомобиля Чайка до колесных тягачей. Однако, несмотря на массовое применение, как показывает параметр потока отказов, фрикционные диски обладают самой низкой долговечностью. Это требует совершенствования методик расчета, учета новых явлений – параметрических резонансов, термоупругой неустойчивости, создания программ управления, новых материалов. Одним из недостатков фрикционных элементов является уровень потерь мощности в выключенных фрикционах и повышение температуры масла. В настоящее время создаются многоступенчатые коробки передач с 4-мя степенями свободы, в которых число фрикционов возрастает. Для сокращения потерь мощности разработчики предлагают использовать зубчатые муфты. Такое решение в 80 гг. реализовано в опытных образцах специалистов БПИ – но не удалось обеспечить точную синхронизацию центральным синхронизатором - двигателем. Развитие электронной техники, гибридных энергосиловых блоков создают предпосылки решения задачи синхронизации элементов на новом уровне. В связи с этим диссертационная работа М.М. Нагайцева, направленная на разработку метода синхронизации зубчатых муфт, в случае их использования в автоматических планетарных коробках передач в качестве элементов управления является *актуальной*.

2. Степень обоснованности научных положений

Выносимыми на защиту научными результатами являются:

1. Метод синхронизации звеньев зубчатых муфт в случае их использования в автоматических планетарных коробках передач в качестве элементов управления.
2. Математическая модель системы «двигатель - трансмиссия - внешняя среда».
3. Результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Приведенные научные положения вполне обоснованы, так как базируются на результатах фундаментальных исследованиях механических систем отечественных и зарубежных авторов. На основе собственных экспериментальных данных и результатов численного моделирования динамики системы с использованием современного программно-аппаратного обеспечения автор обосновал новый метод синхронизации элементов муфт. Результаты теоретических исследований подтверждены экспериментальными данными, полученными при стендовых испытаниях автоматических коробок передач, с использованием аттестованного комплекса информационно-измерительной аппаратуры и при ходовых испытаниях автомобиля.

3. Степень обоснованности выводов, сформулированных в диссертации

В диссертации сформулировано восемь выводов:

1. Синхронизация зубчатых муфт, используемых в автоматических планетарных коробках передач, возможна только при условии разрыва потока мощности, поскольку только в этом случае возможно обеспечить необходимое изменение относительных угловых скоростей звеньев за счет соответствующего изменения частоты вращения двигателя.
2. Выработаны рекомендации по определению элементов управления планетарной коробки передач, в качестве которых наиболее рационально использовать несинхронизированные зубчатые муфты (что подтверждено при разработке автоматической коробки передач КАТЕ R932).
3. Разработан метод синхронизации звеньев зубчатых муфт, используемых в качестве элементов управления в автоматических планетарных коробках передач. Данный метод использовался при создании коробки передач КАТЕ R932 и может быть использован в других практических проектах по разработке планетарных коробок передач, построенных по кинематическим схемам, отличным от кинематической схемы КАТЕ R932.
4. Использование несинхронизированных зубчатых муфт в качестве элементов управления в автоматической планетарной коробке передач позволяет снизить потери в элементах управления.
5. Экспериментальными исследованиями подтверждена достоверность разработанного метода синхронизации звеньев зубчатых муфт, в случае использования их в качестве элементов управления в автоматических планетарных коробках передач.
6. Разработана математическая модель прямолинейного движения автомобиля, оборудованного планетарной коробкой передач, обладающей четырьмя степенями свободы и несинхронизированными зубчатыми муфтами, используемыми в качестве элементов управления.

7. Проведены расчеты динамических характеристик движения автомобиля в случае использования в планетарной коробке передач в качестве элементов управления несинхронизированных зубчатых муфт и сформулированы выводы о качестве переключений в различных условиях.

8. Предложены способы снижения времени синхронизации зубчатых муфт, используемых в планетарных коробках передач в качестве элементов управления. Для предложенного способа синхронизации зубчатых муфт параметры оценки плавности переключения передач не превышают критических значений.

Все выводы следуют из содержания диссертации и обоснованы.

4. Степень обоснованности рекомендаций, сформулированных в диссертации

На основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований, оценки корректности принятых допущений, автором диссертации разработаны и предлагаются рекомендации:

1. По определению элементов управления коробкой передач, для которых рационально использовать зубчатые муфты.
2. По обоснованию предложений повышения быстродействий процесса синхронизации зубчатых муфт.
3. По реализации алгоритмов синхронизации элементов зубчатых муфт управлением электромашиной гибридного энергосилового блока и тормозом, установленным между двигателем и коробкой передач.

Рекомендации следуют из содержания диссертации и обоснованы.

5. Достоверность результатов

Достоверность научных результатов работы подтверждается корректностью постановки задач. При их решении эффективно используются методы системного анализа, теории управления, а также результаты имитационного моделирования на ЭВМ и экспериментальных исследований.

Результаты численного моделирования динамики системы с использованием разработанных математической модели, согласуются с экспериментальными данными. Расхождение значений параметров вибонагруженности, наблюдаемое по частоте и амплитуде момента, не превышает 7...10%, что связано с отклонением начальных условий при моделировании и вариации параметров исследуемой системы.

6. Научная новизна результатов исследования состоит в следующем:

- Предложен метод синхронизации зубчатых муфт, используемых в автоматических планетарных коробках передач в качестве элементов управления.
- Разработана математическая модель системы «двигатель - трансмиссия - внешняя среда».

- Проведена оценка качества переключений в случае использования зубчатых муфт в качестве элементов управления.

- Выработаны предложения по снижению времени синхронизации зубчатых муфт, используемых в планетарных коробках передач в качестве элементов управления.

7. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением ВАК РФ

Рассматриваемая диссертация М.М. Нагайцева является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи разработки метода синхронизации зубчатых муфт включение передач в автоматической коробке, ограничения вибонагруженности системы в процессе переключения передач вверх и вниз.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. Диссертация имеет прикладной характер. Практическое использование, полученных автором диссертации научных результатов заключается в следующем:

- разработан метод синхронизации звеньев зубчатых муфт, в случае их использования в планетарных коробках передач в качестве элементов управления;

- даны рекомендации по определению элементов управления планетарной коробкой передач, для которых наиболее рационально использование синхронизируемых зубчатых муфт;

- даны предложения по снижению времени синхронизации зубчатых муфт, используемых в планетарных коробках передач в качестве элементов управления.

На основе предложенного метода синхронизации зубчатых муфт, для разрабатываемой автоматической планетарной коробки передач KATE R932 были внесены технические предложения по замене некоторых дисковых фрикционных элементов управления на синхронизируемые зубчатые муфты. Полученные в ходе исследования результаты были учтены при разработке технического задания на проектирование автоматической коробки передач KATE R932.

Результаты работы используются:

- в ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» при проектировании трансмиссии транспортных средств;

- в учебном процессе при подготовке инженеров по специальностям «Наземные транспортно-технологические средства» и «Транспортные средства специального назначения» в МГТУ им. Н.Э. Баумана и в Курганском государственном университете;

- в процессе НИР, выполняемой по заданию Минобрнауки РФ;

- метод синхронизации зубчатых муфт используется в ООО «НИИ «Мехмаш».

Предложенные автором диссертации решения аргументированы и по сравнению с другими известными решениями отличаются тем, что в предлагаемой методике синхронизации муфт предложено использовать электрические машины гибридные энергосиловые установки и тормоз между коробкой и электрической машиной.

Основные научные результаты диссертации М.М. Нагайцева опубликованы в рецензируемых научных изданиях: в изданиях, рекомендованных ВАК РФ - 8. Получено 6 патентов РФ на изобретения и 1 патент на полезную модель. Таким образом, количество и качество публикаций соответствуют требованиям Положения ВАК РФ.

В диссертации М.М. Нагайцев ссылается на источники заимствованных материалов (использовано 59 наименований). При исследовании динамики процесса переключения передач автором за основу взята математическая модель, разработанная в результате работы многих ученых и специалистов. Автор развил эту модель путем введения процесса синхронизации элементов зубчатых муфт.

8. Оценка содержания диссертации

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой. Ее объем составляет 120 страниц машинописного текста, содержит введение и 4 главы:

- Состояние вопроса и задачи исследования;

- Анализ возможности использования в планетарной коробке передач несинхронизированных зубчатых муфт в качестве элементов управления и математическая модель системы «двигатель - трансмиссия – внешняя среда»;

- Экспериментальное исследование процесса синхронизации зубчатой муфты за счет изменения режима работы двигателя;

- Анализ динамических процессов, протекающих в системе «двигатель – трансмиссия – внешняя среда» в случае использования в автоматической планетарной коробке передач в качестве элементов управления зубчатых несинхронизированных муфт;

- Основные выводы и результаты по работе;

- Список литературы из 59 наименований и 2 приложения.

Диссертация написана технически грамотным языком и качественно оформлена. Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации. Результаты апробированы на научно-технической конференции и на научных семинарах ФГУП «НАМИ», кафедры СМ-9 МГТУ им. Н.Э. Баумана с участием ведущих специалистов.

По содержанию диссертации есть отдельные замечания редакционного характера и по оформлению:

1. В тексте автореферата и диссертации слово «несинхронизированные» целесообразно заменить на «синхронизируемые».

2. В выражении «...двигатель-трансмиссия-внешняя среда...» добавить «двигатель-машина» внешняя среда.

3. Уравнение, определяющее «джерк», более правильно написать в виде:

$$j = \frac{1}{g} \cdot \frac{d^2v}{dt^2} \text{ или } j = \frac{1}{g} \cdot \ddot{v}$$

4. Из рис. 3 и 4 автореферата трудно зритально определить взаимосвязь функции и ее производной из-за различного масштаба осей абсцисс. Это же относится и к рис. 5 и 6.

5. Стр. 8 автореферата и далее. «Это значение (1,5)» соответствует не знаменателю геометрической прогрессии, а отношению передаточных чисел смежных передачах.

6. Способ синхронизации зубчатых муфт управлением электромашиной или тормозом между двигателем и коробкой передач определяет новизну технического решения. Из текста не ясно, запатентовано ли это решение.

Общий вывод

Диссертация выполнена на актуальную тему. Результаты обладают научной новизной и практической значимостью, выводы достоверны и обоснованы. Автор диссертации М.М. Нагайцев, решивший задачу разработки метода синхронизации звеньев зубчатых муфт, в случае их использования в планетарных коробках передач в качестве элементов управления и обосновании основных направлений повышения эффективности синхронизации, имеющих значение для развития теории и методов проектного расчета механизмов управления трансмиссий автомобилей, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины».

Официальный оппонент,
Заслуженный машиностроитель РФ,
доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
«Гусеничные машины и прикладная механика»
ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет»

В.Б. Держанский



640020, г.Курган, ул. Советская, д.63, строение 4
ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет»
тел.: (3522) 65-49-99,
E-mail: dvb_47@mail.ru

Докторская диссертация по специальности
05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины»

ВЕРНО
Зав. канцелярией
Козлова М.А.
« 25 » 08 2017 г.