

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе  
Д.т.н., проф. Жанказиев С.В.

«30»

2017 г.



## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ \*

на диссертацию Нагайцева Максима Максимовича

«Разработка метода синхронизации зубчатых муфт, используемых в автоматических планетарных коробках передач в качестве элементов управления»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины»

### Актуальность темы исследования.

В настоящее время важнейшими проблемами, связанными с эксплуатацией транспортных средств в крупных городах, являются высокий уровень загрязнения атмосферы выхлопными газами и повышенный расход органического топлива. Очевидно, что совершенствование конструкций транспортных средств (ТС) направлено, в том числе, на решение данных проблем.

В целях решения этих проблем разработчики и производители современных автоматических коробок передач (АКП) стремятся снизить потери мощности, которые возникают при ее передаче от двигателя внутреннего сгорания (ДВС) к ведущим колесам ТС. Большинство АКП строится на основе планетарных механизмов, управляемых с помощью фрикционных элементов управления, а количество фрикционных элементов управления коробки передач, находящихся в выключенном состоянии существенным образом влияет на величину потерь в трансмиссии с автоматической планетарной коробкой передач. Учитывая, что чем меньше таких элементов управления, тем выше коэффициент полезного действия коробки передач, то очевидно, что минимизация, а возмож-

но и исключение фрикционных элементов управления, является важной и актуальной задачей современного машиностроения.

Наиболее современным подходом в снижении потерь мощности во фрикционных элементах управления АКП является переход к использованию в качестве элементов управления несинхронизированных зубчатых муфт. Первая и пока единственная АКП в которой фрикционные элементы заменены зубчатыми муфтами была разработана немецкой компанией ZF. В настоящее время российская компания ООО «КАТЕ» также ведет разработку перспективной девятиступенчатой АКП в составе которой также есть зубчатая муфта. Однако использование зубчатых муфт в конструкции АКП должно быть технически допустимо и не должно сказываться на комфорте и безопасности в процессе движения и переключения передач ТС. В этой связи все задачи диссертационной работы являются весьма актуальными.

### **Научная новизна исследования.**

В качестве основных результатов работы, относящихся к научной новизне, в диссертации вынесены следующие положения:

1. Разработана математическая модель системы «двигатель - трансмиссия - внешняя среда», где учитывается наличие автоматической планетарной коробки передач, построенной на основе кинематической схемы, обладающей четырьмя степенями свободы, в составе трансмиссии;
2. Сформулированы предложения по определению возможности применения несинхронизированных зубчатых муфт вместо фрикционных элементов управления в АКП;
3. Предложены способы оценки качества переключений в случае использования зубчатых муфт в качестве элементов управления на ранней стадии проектирования АКП;
4. На основе обобщения результатов расчетных и экспериментальных исследований разработан метод синхронизации зубчатых муфт, используемых в

автоматических планетарных коробках передач в качестве элементов управления;

5. Получено теоретическое обоснование возможности снижения времени синхронизации зубчатых муфт, используемых в планетарных коробках передач в качестве элементов управления.

### **Достоверность научных положений, результатов и выводов.**

Достоверность основных положений, изложенных в диссертации, основана на фундаментальных законах и уравнениях теоретической механики, методах имитационного моделирования и вычислительной математики. Результаты расчетных исследований подтверждены большим объемом лабораторных испытаний, выполненных с использованием современной системы сбора и обработки данных, а также комплекса измерительного оборудования.

### **Практическая ценность исследования.**

Разработанный метод синхронизации звеньев зубчатых муфт позволяет на ранних стадиях проектирования АКП дать рекомендации по определению элементов управления планетарной коробкой передач, для которых наиболее рациональна замена на несинхронизированные зубчатые муфты.

Кроме того, практическая значимость работы заключается в возможности использования имитационной математической модели системы «двигатель - трансмиссия - внешняя среда» для проведения виртуально-физических исследований различных кинематических схем АКП, позволяющих оценить качество переключений передач, в случае использования в качестве элементов управления несинхронизированных зубчатых муфт.

Особенно стоит отметить, что с помощью разработанного в диссертационной работе метода синхронизации зубчатых муфт, для конкретной автоматической планетарной коробки передач KATE R932 были внесены технические предложения по замене некоторых дисковых фрикционных элементов управления на несинхронизированные зубчатые муфты. Полученные в ходе исследования

ния результаты были учтены при проектировании автоматической коробки передач KATE R932.

Работа прошла апробацию на научно-практических и научно-технических конференциях, а результаты исследований, проведенных в ходе ее подготовки, опубликованы в 8 печатных работах, рекомендованных перечнем ВАК РФ к кандидатским диссертациям.

Теоретические положения и практические рекомендации, изложенные в диссертации, могут быть использованы в учебном процессе подготовки студентов технических ВУЗов, а также при проектировании перспективных автоматических коробок передач ТС.

### **Общее содержание диссертационной работы.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Содержание работы изложено на 120 страницах машинописного текста, включающих 78 рисунков, 17 таблиц, список использованных источников из 59 наименований и 2 приложения на дополнительных 24 страницах.

В первой главе проведен анализ работ, в основном зарубежных, посвященных повышению эффективности системы «двигатель внутреннего сгорания - автоматическая коробка передач». Выявлены основные направления развития автоматических коробок передач, рассмотрены основные достоинства и недостатки известных способов снижения потерь мощности в АКП и выделен самый современный. Следует отметить, что ввиду новизны темы исследования, работы, посвященные вопросам синхронизации зубчатых муфт, используемых в автоматических коробках передач в качестве элементов управления, практически отсутствуют.

Во второй главе представлены результаты анализа принципиальной возможности синхронизации угловых скоростей звеньев, соединяемых элементами управления автоматической планетарной коробки передач (на примере АКП KATE R932) в случае использования несинхронизированных зубчатых муфт.

Составлена имитационная математическая модель, для дальнейшей оценки динамических процессов, происходящих в системе «двигатель - трансмиссия – внешняя среда» во время переключений передач с помощью зубчатых муфт.

В третьей главе представлена программа проведения экспериментального исследования, определены оцениваемые характеристики и режимы проведения испытаний. Для экспериментального подтверждения теоретических выводов, полученных во второй главе и валидации имитационной модели подготовлен специальный трансмиссионный испытательный стенд Axiline, оснащенный комплексом информационно-измерительной аппаратуры. Проведен анализ результатов теоретического и экспериментального исследования.

В четвертой главе проведен анализ переходных процессов, возникающих во время переключений передач с помощью зубчатых муфт, с точки зрения обеспечения требуемого качества переключения передач.

Общие выводы по диссертации полностью отражают суть и результаты выполненных автором исследований.

#### **Замечания по диссертационной работе.**

1. Синхронизация звеньев зубчатых муфт, возможна только при условии разрыва потока мощности, хотя одним из основных традиционных преимуществ АКП является отсутствие разрыва потока мощности при переключении передач, за счет чего существенно снижаются нагрузки на узлы трансмиссии и повышается безопасность и проходимость (для внедорожных ТС);
2. Приведенные в работе расчеты динамических характеристик движения автомобиля показали, что без принудительного воздействия на частоту вращения ДВС дополнительным устройством, невозможно добиться требуемых показателей качества переключений, что усложняет конструкцию АКП или всего силового агрегата;
3. Наличие режимов переключения передач с неполной синхронизацией звеньев зубчатых муфт сопровождается возникновением динамических нагрузок,

что приводит к необходимости дополнительной проверки узла на долговечность.

### **Заключение.**

Рассматриваемая диссертация Нагайцева М.М. является завершенной научно-квалификационной работой. Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор – Нагайцев Максим Максимович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины.

Диссертация и отзыв рассмотрены, а отзыв единогласно утвержден на заседании кафедры «Автомобили» от «30» августа 2017 г., протокол №18.

Зав. кафедрой «Автомобили» МАДИ  
Д.т.н., профессор



Иванов А.М.

### Справочные данные:

Иванов Андрей Михайлович,  
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой  
«Автомобили»,  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Московский автомобильно-  
дорожный государственный технический  
университет (МАДИ)»,  
125319, Москва, Ленинградский проспект, 64.  
8 (499) 155-03-84, ivanov-am@madi.ru

Жанказиев Султан Владимирович,  
д.т.н., профессор, проректор по научной  
работе,  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Московский автомобильно-  
дорожный государственный технический  
университет (МАДИ)»,  
125319, Москва, Ленинградский проспект, 64.  
8 (499) 346-01-68, nauka@madi.ru