В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 08.09.2014 № **14.574.21.0106** с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по теме: «Разработка научно-технических решений по управлению распределением мощности в трансмиссиях грузовых автомобилей для повышения их энергоэффективности и топливной экономичности» на этапе № 2 «Разработка эскизной конструкторской документации (этап 1)» в период с 01.01.2015 по 30.06.2015 выполнены следующие работы:

разработан макет экспериментального образца комплексной системы распределения мощности (Макет 1), в составе: механизмы блокировки с зубчатыми муфтами межосевого дифференциала раздаточной коробки и межколесных дифференциалов ведущих мостов; системы управления с комплектом датчиков и пневматическим приводом исполнительных устройств.

Эскизная конструкторская документация для изготовления макета опытного образца комплексной системы распределения мощности (Макет 1, с зубчатыми муфтами блокировки дифференциалов) разработана в следующем составе:

1. Схема структурная.

2. Схема функциональная.

3. Схема соединений.

4. Схема подключений.

5. Чертежи общего вида макета.

6. Чертежи монтажные (установочные) систем пневматических, гидравлических, электрических.

7. Чертежи сборочные макета, его компонентов и систем.

8. Чертежи деталей.

9. Спецификации.

Для разработки эскизной конструкторской документации использованы следующие исходные данные:

1. Обоснованный на этапе 1 в соответствии с п. 3.3 технического задания оптимальный вариант построения системы распределения мощности в трансмиссиях грузовых автомобилей. При разработке эскизной конструкторской документации согласно обоснованному оптимальному варианту для введения жесткой кинематической связи в процессе движения автомобиля многоцелевого назначения (АМН) необходимо приложить тормозной момент к буксующим колесам и уменьшить подачу топлива для предварительного выравнивания угловых скоростей буксующих колес и последующей блокировки межосевого и межколесных дифференциалов.

2. Разработанная на этапе 1 методика определения рационального передаточного числа межосевого дифференциала АМН, обеспечивающего требуемый уровень эффективности АМН и рекомендованные на ее основании следующие передаточные отношения межосевых дифференциалов АМН КАМАЗ.

3. Установленный на этапе 1 факт, заключающийся в том, что при подтормаживании необходимо одновременно исключить буксование колеса на поверхности с худшим сцеплением и обеспечить устойчивое движение АМН.

4. Послужившая основой для разработки эскизной конструкторской документации системы распределения мощности полученная от индустриального партнера – ОАО «КАМАЗ» конструкторская документация серийно выпускаемого автомобиля.

ОАО «Камаз» предоставил электронные геометрические модели (ЭГМ) следующих узлов: мост передний; мост средний; мост задний; тормоза; карданные валы; картер редуктора проходного моста; крышка картера моста; колеса; модель установки раздаточной коробки и мостов; спецификации и сборочные чертежи раздаточной коробки, переднего, среднего и заднего мостов автомобиля.

На разрабатываемую конструкцию системы распределения мощности накладывались следующие ограничения:

минимизация изменений конструкции картеров раздаточной коробки и ведущих мостов;

применение пневматического привода механизмов блокировки;

использование серийной системы АБС/ПБС и тормозной системы;

применение в системе управления серийной CAN шины;

использование в конструкции зубчатых муфт блокировки дифференциалов серийно применяемой на ПАО «КАМАЗ» стали.

Для разработки эскизной конструкторской документации на втором этапе прикладных научных исследований решены следующие задачи:

1. На основании исходных данных и ограничений, с использованием метода конечных элементов на уникальных научных установках (УНУ) – Суперкомьютере и портативной рабочей станции выполнены расчеты на прочность и долговечность зубчатых муфт блокировки: межосевого дифференциала раздаточной коробки; межосевого дифференциала задней тележки; межколесного дифференциала. На основании результатов расчета найдены допустимые разницы скоростей вращения полумуфт при блокировании дифференциала для обеспечения их прочности и долговечности.
2. На основании результатов прочностных расчетов спроектирована система управления, позволяющая производить блокировку (с использованием пневматического привода) межколёсных и межосевых дифференциалов в процессе движения транспортного средства за счёт предварительного выравнивания угловых скоростей ведущих колёс до допустимых величин, определенных из прочностного расчета, путём приложения тормозного момента к буксующему колесу. Разработан новый алгоритм единого блока управления тормозной системой, противобуксовочной системой и блокировкой дифференциалов. Предусмотрено автоматическое управление блокировкой всех пяти дифференциалов.
3. На основании унификации и результатов прочностных расчетов и выбранных элементов системы управления приводом блокировки дифференциалов разработана эскизная конструкторская документация (КД) для изготовления макета экспериментального образца комплексной системы распределения мощности (Макет 1), в котором блокировка дифференциалов осуществляется с использованием зубчатых муфт с использованием пневматического привода. Использованы серийные ведущие мосты, раздаточная коробка, тормозные механизмы, пневматический привод тормозных механизмов, электропневмопривод блокировки дифференциалов. Выполнено оснащение раздаточной коробки и ведущих мостов оригинальными кулачковыми механизмами блокировки. Пневматический привод блокировки межосевого дифференциала заменен электропневмоприводом. В качестве тормозной системы Макета использована модифицированная тормозная система штатного полноприводного шасси. Модификация заключалась в увеличении количества датчиков угловых скоростей вращения колес и электропневмоклапанов тормозной системы с 4 до 6 шт.

Разработанная система распределения мощности обеспечивает повышение показателей энергоэффективности и топливной экономичности за счёт более полного использования сцепных свойств ведущих колёс с опорной поверхностью и снижения затрат энергии на буксование.

Разработанная система распределения мощности функционирует в следующих режимах:

1. Автоматический (AutoMode) – система анализирует полученные от различных датчиков данные, определяет режим движения автомобиля и управляет блокировкой/разблокировкой дифференциалов. Процесс непрерывен и полностью автоматизирован.

2. Ручной с частичной автоматизацией (MixedMode) – система анализирует полученные данные, определяет режим движения автомобиля и предлагант водтелю вариант управления блокировкой/разблокировкой дифференциалов. Процесс непрерывен и частично автоматизирован. Решение принимает водитель. Требует наличия на панели приборов монитора либо контрольных ламп.

3. Ручной (ManualMode) – водитель самостоятельно принимает решение о блокировке/разблокировке дифференциалов.

Разработанная система распределения мощности интегрирована с современными системами автомобильной электроники:

1. Системами активной безопасности – ESP, EBS/ABS.

2. Противобуксовочной системой – ASR.

3. Спутниковой системой навигации – GPS/ГЛОНАСС.

Система распределения мощности содержит следующие датчики:

1. Датчик частоты вращения входного вала коробки передач.

2. Датчики включения передач и блокировки в раздаточной коробке.

3. Датчики блокировки межколёсных дифференциалов.

4. Датчик блокировки дифференциала задней тележки.

5. Датчики частот вращения колёс автомобиля.

6. Датчики углов поворота управляемых колёс.

7. Для повышения точности определения начала буксования колёс датчики давления в шинах и хода подвески.

Система распределения мощности обеспечивает соответствие углового ускорения ведущих колёс автомобиля определённому угловому ускорению автомобиля, датчиком, которого является акселерометр.

Система распределения мощности обеспечивает соответствие расчётного радиуса поворота, определённого по углу поворота управляемых колёс и скоростей вращения колёс, действительному радиусу поворота, определённому по угловому ускорению автомобиля.

Система запоминает маршрут, дорожные и погодные условия на день поездки, имеет алгоритм самообучаемости.

Система имеет защиту от принудительного включения при угрозе потери управляемости, изменения вектора тяги, возникновения недопустимых динамических нагрузок в трансмиссии. Ограничения включения блокировки по углу поворота управляемых колёс определяются в ходе дорожных испытаний.

Таким образом, в разработанной комплексной системе распределения мощности использованы серийные ведущие мосты, раздаточная коробка, тормозные механизмы, пневматический привод тормозных механизмов, электропневмопривод блокировки дифференциалов. В результате выполнения проекта серийная раздаточная коробка и ведущие мосты оснащаются оригинальными кулачковыми механизмами блокировки. Пневматический привод блокировки межосевого дифференциала заменяется электропневмоприводом. Предусмотрено автоматическое управление блокировкой всех пяти дифференциалов. Разработан новый алгоритм единого блока управления тормозной системой, проитивобуксовочной системой и блокировкой дифференциалов.

С использованием результатов работ, полученных на отчетном этапе, опубликована 1 научная статья:

Анчуков В.В, Скакунов И.А., Лех И.А. Оценка эксплуатационных свойств трансмиссии автомобиля многоцелевого назначения с помощью имитационного моделирования в пакете LMS Imagine.Lab AMESim. Актуальные направления научных исследований: от теории к практике. Сборник материалов III международной научно-практической конференции, Чебоксары, 2015 (Индексируется ВИНИТИ).

По результатам работ подана заявка на полезную модель «Самоблокирующийся дифференциал» (авторы Истомин Денис Игоревич, Келлер Андрей Владимирович, Шелепов Андрей Анатольевич.

Выполненные исследования показали, что предлагаемая к разработке система распределения мощности впервые в мире решает в комплексе задачу повышения проходимости и обеспечения устойчивости серийных грузовых полноприводных автомобилей. Решение данной технической задачи является необходимым этапом развития отечественной техники.

**Перспективы практического внедрения результатов.**

Разработанная в рамках ПНИ система управления распределением мощности планируется к внедрению на всех полноприводных грузовых автомобилях КАМАЗ. Планируемый объем выпуска к 2020г. составит более 30 000 автомобилей в год.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.