**Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0078 от 5 июня 2014 г. Тема проекта: Разработка научно-технических решений в области создания систем утилизации тепла с прямым преобразованием энергии для двигателей высокоскоростных наземных транспортных средств.**

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 05.06.2014 № 14.577.21.0078 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 4 «Экспериментальные исследования поставленных перед пни задач» в период с 01.01.2016 по 30.06.2016 были выполнены следующие работы:

1. Разработана Программа и методики исследовательских испытаний макета термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания 0078.564212.100-01 ПМ, которая содержит:

- общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний;

- требования безопасности при подготовке объекта испытаний к испытаниям, проведении испытаний и при выполнении работ по завершению испытаний;

- программу испытаний, описывающую определяемые показатели и точность их измерений;

- описание режимов испытаний;

- методы испытаний по отдельным пунктам программы испытаний;

- требования к отчетности по результатам испытаний.

2. Проведены экспериментальные исследования для исследования особенностей работы и доводки макета термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания.

На начальной стадии проведения экспериментальных исследований был выполнен контроль плоскостности поверхностей теплообменников доработанного термоэлектрического генератора 0078.301182.100-01, который производился с помощью измерительной системы для контроля формы Hommel tester form 4004 Центра коллективного пользования «Наукоёмкие технологии в машиностроении» (ЦКП «НТМ») Университета машиностроения (МАМИ).

Теплообменники доработанного термоэлектрического генератора 0078.301182.100-01 соответствуют требованиям скорректированной эскизной конструкторской документации в части допускаемых отклонений от плоскостности.

Экспериментальные исследования для исследования особенностей работы и доводки макета термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания показали следующие результаты:

- максимальная температура контактируемых отработавших газов составила 726°С, что соответствует требованиям пункта 4.1.5 ТЗ Соглашения (не менее 300°С);

- эффективная электрическая мощность макета термоэлектрического генератора составила 1079,8 Вт, что соответствует требованиям пункта 4.1.6 ТЗ Соглашения (не менее 1000 Вт);

- аэродинамическое сопротивление макета термоэлектрического генератора составило 24,0 мм.рт.ст. что соответствует требованиям пункта 4.1.7 ТЗ Соглашения (не более 30 мм.рт.ст.);

- количество энергии, рассеиваемой двигателем внутреннего сгорания, преобразованной в электроэнергию составило 21,5%, что соответствует требованиям пунктов 4.1.1 и 4.1.5 ТЗ Соглашения (до 20 %).

3. Сопоставлены результаты анализа научно-информационных источников и результаты теоретических и экспериментальныхисследований.

Анализ научно-информационных источников показал, что в настоящее время ведутся активные исследования по тематике настоящей ПНИ, тем самым подтвердив актуальность дальнейших исследований. На основании разработанной концепции термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания, а также с учетом результатов теоретических исследований, была разработана конструкция и изготовлен макет термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания. Результаты исследовательских испытаний, в целом, соответствуют характеристикам термоэлектрического генератора, полученным на основании моделирования при аналогичных начальных условиях.

4. За счет внебюджетных средств, привлеченных Индустриальным партнером, проведены мероприятия по подготовке и реализации экспериментальных исследований для исследования особенностей работы и доводки макета термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания, которые включили в себя:

- корректировку эскизной конструкторской документации на макет термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания 0078.564212.100-01;

- доработку макета термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания 0078.564212.100-01;

- работы по тестовому запуску и проверке термоэлектрического генератора как в режиме холостого хода, так и под нагрузкой, по результатам которых были добавлены диоды Шоттки в схему включения с целью устранения паразитных уравнительных токов в параллельных ветвях термоэлектрического генератора.

5. За счет внебюджетных средств, привлеченных Индустриальным партнером проведён анализ адекватности разработанной математической модели на основе экспериментальных исследований.

Разработанная имитационная математическая модель термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания позволяет рассчитать:

- эффективную электрическую мощность макета термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания (расхождение результатов математического моделирования и исследовательских испытаний не превысило 6%);

- аэродинамическое сопротивление макета термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания (расхождение результатов математического моделирования и исследовательских испытаний не превысило 5,8%).

Разработанная имитационная математическая модель удовлетворяет требованиям, установленным техническим заданием Соглашения о предоставлении субсидии от «05» июня 2014 года № 14.577.21.0078 и пригодна для проведения расчетных исследований термоэлектрических генераторов для автомобильных двигателей внутреннего сгорания, ориентированных на использование в системе выпуска отработавших газов.

6. За счет внебюджетных средств, привлеченных Индустриальным партнером, выполнена оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем, которая показала их соответствие прототипам термоэлектрических генераторов разработанных мировыми производителями в части повышения топливной экономичности и превосходство в части выходной электрической мощности.

Разработан макет термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания, обладающий следующими расчетными показателями:

- работоспособность при максимальной температуре контактируемых отработавших газов не менее 300°С;

- преобразование тепловой энергии, рассеиваемой ДВС на номинальном режиме работы, в электроэнергию мощностью не менее 1 кВт;

- аэродинамическое сопротивление, создаваемое макетом термоэлектрического генератора, на номинальном режиме работы двигателя внутреннего сгорания не более 30 мм.рт.ст.

Актуальность разработки систем утилизации тепла с прямым преобразованием энергии для двигателей высокоскоростных наземных транспортных средств обусловлена тем, что в последние годы ведущие мировые исследовательские центры принимают активное участие в исследовании и создании энергоблоков на базе термоэлектрических элементов, интегрируемых в системы выпуска отработавших газов автомобильных двигателей. Однако, на данный момент результаты выполненных работ в вышеописанной тематике носят лишь теоретический и экспериментальный характер. Учитывая факт отставания российских исследователей в области создания термоэлектрогенераторов и отсутствие на территории РФ задела по данному научному направлению, очевидна актуальность выбранной тематики и возможность достижения научно-технических результатов, превосходящих мировой уровень.

При этом были получены следующие научно-технические результаты в соответствии с техническим заданием и планом-графиком соглашения № 14.516.11.0078 от 05.06.2014:

1. Промежуточный отчет о ПНИ по этапу 4.

2. Программа и методики исследовательских испытаний макета термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания 0078.564212.100-01 ПМ.

3. Протоколы исследовательских испытаний макета термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания.

В качестве научной новизны разработанных технических решений можно выделить совершенствование экономических и экологических параметров двигателей внутреннего сгорания, основанных на прямом преобразовании тепловой энергии отработавших газов в электрическую путем использования современных термоэлектрических преобразователей.

Таким образом, задачи четвёртого этапа работ по выполнению прикладных научных исследований решены в полном объёме.

Работа по этапу 4 выполнена в полном объеме в соответствии с утвержденным техническим заданием и планом-графиком соглашения № 14.516.11.0078 от 05.06.2014 о предоставлении субсидии при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Дальнейшее продолжение работы считается целесообразным.