

**Соглашение о предоставлении субсидии № 14.574.21.0144 от 26 сентября 2017 г. Тема проекта: Разработка научно-технических решений и создание термоакустического модуля для снижения акустического воздействия автомобильного двигателя внутреннего сгорания на окружающую среду.**

В ходе проведения прикладных научных исследований на этапе 1 по Соглашению о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г. № 14.574.21.0144 по теме «Разработка научно-технических решений и создание термоакустического модуля для снижения акустического воздействия автомобильного двигателя внутреннего сгорания на окружающую среду» получены следующие научно-технические результаты:

1. Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему, исследуемую в рамках ПНИ.

Проведенный аналитический обзор показал, что в настоящее время ведутся активные исследования по тематике настоящей ПНИ, тем самым подтвердив актуальность дальнейших исследований.

2. Проведены патентные исследования в соответствии ГОСТ Р 15.011-96.

Было рассмотрено 50 патентов, выданных в 2000-2017 гг., и использован широкий круг источников патентной и другой научно-технической информации, включающий информационные ресурсы Роспатента, Европейского патентного ведомства, Патентного агентства США, Всемирной организации интеллектуальной собственности и др.

Патентный поиск был проведен по всем предметам поиска и источникам информации, предусмотренным регламентом. Регламент при поиске оставался неизменным. Патентные исследования позволили выявить технический уровень разработки и основные тенденции развития в этой области.

В ходе проведения патентных исследований был выполнен предварительный анализ выбранной конструкции макета термоакустического модуля автомобильного двигателя.

Проведенный анализ показал, что для обеспечения выполнения требований технического задания необходимо выполнить комплекс исследований, включающий в себя как теоретические, так и экспериментальные.

3. Определены и обоснованы направления исследований и разработок, выполняемых по проекту.

При разработке макета ТАМАД важное значение имеют его исследования в составе экспериментальной установки, поскольку полученные результаты позволяют установить особенности осуществления теплообменных процессов в теплообменной части макета. Полученные экспериментальные данные позволяют создать базу для проведения корректировки математической модели ТАМАД, которая проводится с целью повышения ее адекватности при расчете типовых теплообменных аппаратов.

4. Проведена сравнительная оценка вариантов возможных решений с учетом результатов прогнозных исследований, а также выбор и обоснование оптимального варианта для решения поставленных задач.

Для предварительного анализа выбранной конструкции ТАМАД были проведены:

- анализ конструкции ТАМАД и его составных частей;
- анализ компоновочных решений;
- математическое моделирование газодинамических процессов в ТАМАД.

В результате проведения сравнительной оценки установлены технические решения, которые целесообразно использовать в конструкции макета ТАМАД для решения поставленных задач.

5. Обоснованы оптимальные проектно-компоновочные решения для термоакустического модуля автомобильного двигателя, предназначенного для снижения уровня шума транспортного средства.

Принятые проектно-компоновочные решения направлены на оптимизацию теплообменных свойств, массогабаритных показателей и технологических качеств макета и состоят в использовании разъемной конструкции корпуса с отдельными теплообменниками, имеющими овальное поперечное сечение. Также выбранная форма впускного и выпускного коллекторов с углом конуса около  $55^\circ$  обеспечивает приемлемый компромисс между габаритными размерами, аэродинамическим сопротивлением и равномерностью распределения потока ОГ при рабочих значениях расхода и температуры ОГ. Для интенсификация теплообмена и увеличение площади теплообменной поверхности без увеличения габаритных размеров используется пеномедь.

6. Разработана имитационная математическая модель термоакустического модуля автомобильного двигателя.

Математическая модель позволяет проводить расчетные исследования для определения исходных параметров макета ТАМАД, моделировать физические процессы, для расчета теплообмена, геометрических параметров и характеристик макета в части аэродинамического сопротивления его проточной части.

7. Проведены расчетные исследования и определены исходные технические параметры макета термоакустического модуля автомобильного двигателя.

Расчетные исследования позволили определить коэффициент теплопередачи, равный  $267,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  и необходимую площадь теплообменной поверхности со стороны внешней поверхности теплообменных труб, которая составила  $0,517 \text{ м}^2$ .

С учетом полученных значений и принятых компоновочных решений рассчитана длина теплообменных труб, которая составила  $0,102 \text{ м}$ . Таким

образом, общая длина теплообменной части, выполненной из 3 отдельных теплообменников, составляет 0,306 м, что является высоким показателем для теплообменных аппаратов этого типа.

8. Разработана программа и методика термометрирования системы выпуска отработавших газов поршневого автомобильного двигателя.

Программа и методика (ПМ) включает в себя общие положения и общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний. В ПМ представлены требования безопасности, которые необходимо выполнять во время проведения испытаний и работ, связанных с обслуживанием объекта исследований и экспериментальной установки. ПМ содержит программу испытаний и описание режимов и методов проведения испытаний, а также перечень используемых средств проведения испытаний.

9. Разработана эскизная конструкторская документация на оснастку для термометрирования системы выпуска отработавших газов поршневого автомобильного двигателя включающая:

- чертеж общего вида, сборочный чертеж, рабочие чертежи деталей в соответствии с ГОСТ 2.109-73.

10 Изготовлена оснастка для термометрирования системы выпуска отработавших газов поршневого автомобильного двигателя, которая включает следующие компоненты:

- элементы выпускной системы, предназначенные для установки контрольно-измерительной аппаратуры;

- датчики температуры отработавших газов;

- датчики давления отработавших газов.

11. Проведено термометрирование системы выпуска отработавших газов поршневого автомобильного двигателя.

В результате проведения термометрирования в 5 точках системы выпуска ОГ получено объективное представление о распределении температуры и давления ОГ в системе выпуска поршневого автомобильного двигателя.

Результаты термометрирования системы выпуска ОГ могут быть использованы для определения места расположения макета термоакустического модуля в системе выпуска отработавших газов и применяться в качестве исходных данных для проведения расчетных исследований макета.

12. Определен технический облик и состав экспериментальной установки для исследования термоакустического модуля автомобильного двигателя, которая включает в себя:

- автомобильный двигатель;
- систему охлаждения;
- программно-аппаратный комплекс по управлению экспериментальной установкой.

13. Проведено графическое трехмерное моделирование макета термоакустического модуля автомобильного двигателя, которое позволило оценить взаимодействие компонентов, входящих в состав макета, получить подробную информацию о конструкции и компоновке макета, его габаритных и присоединительных размерах.

14. Проведено графическое трехмерное моделирование экспериментальной установки для исследования термоакустического модуля автомобильного двигателя, что позволило определить взаимодействие компонентов и систем, входящих в состав установки, получить подробную информацию об устройстве, конструкции, компоновке установки и ее габаритных и присоединительных размерах.

15. Разработана эскизная конструкторская документация на макет термоакустического модуля автомобильного двигателя, включающая:

- схему комбинированную принципиальную в соответствии с ГОСТ 2.701-2008;
- чертеж общего вида, сборочный чертеж, рабочие чертежи деталей в соответствии с ГОСТ 2.109-73.

16. Разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальную установку для проведения исследований макета термоакустического модуля автомобильного двигателя, включающая:

- схему комбинированную принципиальную в соответствии с ГОСТ 2.701-2008;
- схему комбинированную соединений в соответствии с ГОСТ 2.701-2008;
- чертеж общего вида, сборочный чертеж, рабочие чертежи деталей в соответствии с ГОСТ 2.109-73.

17. Разработана эксплуатационная документация на макет термоакустического модуля автомобильного двигателя, включающая:

- инструкцию по эксплуатации;
- формуляр в соответствии с ГОСТ 2.601-2006 и ГОСТ 2.610-2006.

18. Разработана эксплуатационная документация на экспериментальную установку для проведения исследований макета термоакустического модуля автомобильного двигателя, включающая:

- инструкцию по эксплуатации;
- формуляр в соответствии с ГОСТ 2.601-2006 и ГОСТ 2.610-2006.

Полученные научно-технические результаты отражены в докладе «Сравнительный анализ систем снижения акустического воздействия отработавших газов транспортных двигателей» международной научно - практической конференции «Новые технологии в промышленности, науке и образовании».

Так же полученные научно-технические результаты отражены в статье Khripach, N. A., Lezhnev, L. Y., Neverov, V. A., Ivanov, D. A., & Papkin, B. A. (2017). Comparative analysis of EG noise suppression systems. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(10), 1536-1553, которая опубликована в 2017 году в издании, индексируемом в базе данных Scopus.

В рамках работ по этапу 1 подана заявка № 2017146813 от 28.12.2017 года на полезную модель «Теплообменник для охлаждения отработавших газов двигателя внутреннего сгорания», РФ.

Таким образом, задачи первого этапа прикладных научных исследований решены в полном объеме.

Прикладные научные исследования на этапе 1 по теме «Разработка научно-технических решений и создание термоакустического модуля для снижения акустического воздействия автомобильного двигателя внутреннего сгорания на окружающую среду» по Соглашению о предоставлении субсидии от «26» сентября 2017 г. № 14.574.21.0144 соответствуют техническому заданию, плану-графику исполнения обязательств и выполнены в полном объеме и в установленные сроки.