

АКТИВНАЯ ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ГИПЕРЗВУКОВОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА НОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАХ ПРИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ НАГРЕВЕ

Колычев А. В.

Балтийский Государственный Технический Университет
«ВОЕНМЕХ»

им. Д. Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург,
Россия

Для более интенсивного образования новых типов и развития высоких технологий с целью обеспечения более комфортного существования цивилизации необходим быстрый и надежный способ перемещения на околоземные орбиты и обратно различных объектов. В качестве таких объектов могут выступать экипажи станций, обслуживающий персонал орбитальных заводов и производимая им продукция, туристы, а также спутники, выведенные на нерасчетные орбиты в результате аварийных пусков существующих ракет-носителей. Например, недавно запущенные и «ГЕО-ИК-2» и «Экспресс-АМ4». Одним из основных претендентов для решения подобных задач является воздушно-космический самолет (ВКС) одно- или двух ступенчатая система выведения полезного груза на орбиту сочетающая в себе энергетику ракет-носителей и эксплуатационные свойства самолетов. Однако для разработки и создания ВКС необходимо иметь возможность многократно совершать длительный полет в атмосфере с гиперзвуковыми скоростями без потери технических характеристик летательного аппарата (ЛА), что, в свою очередь, также позволит создавать новые типы ЛА. Например, гиперзвуковые пассажирские и грузовые самолеты, которые смогут преодолевать тысячи километров расстояния за относительно короткое время.

Основной проблемой стоящей на пути разработки и создания ГЛА является проблема интенсивного теплового нагрева таких частей конструкции как носовая часть, передние кромки аэродинамических поверхностей и др. Она получила название «тепловой барьер». Тепловой нагрев происходит главным образом по причине аэродинамического торможения воздушного потока. В результате сжатия воздуха растет температура таких частей корпуса ГЛА, как носовая часть, передние кромки крыльев и оперений и др. Теплота от окружающей среды переходит к корпусу и элементам конструкции ЛА при полете в атмосфере тогда, когда на близком расстоянии от их поверхности температура газа становится выше температуры тела. Таким образом, при полете в атмосфере с гиперзвуковыми скоростями к элементам конструкции ГЛА направлены интенсивные тепловые потоки, что приводит к увеличению температуры обшивки и изменению свойств ее материалов, а это в свою очередь негативно влияет на конструкцию ГЛА.

Целью данного исследования является разработка концепции активной тепловой защиты (АТЗ) конструкции ГЛА на новом физическом принципе элементов при их аэродинамическом нагреве.

В работе предлагается активная тепловая защита (АТЗ) на новом физическом принципе, когда сами элементы конструкции ГЛА в значительной степени участвуют в процессе их охлаждения и генерирования значительных количеств электрической энергии при аэродинамическом нагреве. В основе данного способа лежит явление термоэлектронной эмиссии – испускание электронов нагретым металлом. В этом случае, нагреваемая снаружи часть конструкции ГЛА, например, оболочка крыла испускает со своей внутренней поверхности электроны, которые осаждаются на элементе из электропроводящего материала. Оболочка нагреваемой части конструкции ГЛА является катодом, а внутренний элемент из электропроводящего материала – анодом. Анод через бортовой потребитель электроэнергии соединен с катодом. Таким образом, часть тепловой энергии аэродинамического нагрева передается электронам, которые выходят с

внутренней поверхности нагреваемой части, и за счет полученной энергии могут совершать полезную работу под нагрузкой. Иными словами происходит электронное охлаждение и при этом в указанной цепи начинает протекать электрический ток.

Применение предлагаемой активной термоэмиссионной тепловой защиты (АТТЗ) приводит к техническому эффекту, который заключается в том, что температура нагреваемой части ГЛА существенно снижается, по сравнению со случаем ее отсутствия, а так же на борту ГЛА генерируется электрическая энергия, которую можно направить на обеспечение работы различных бортовых специальных систем.

Наличие на борту значительных количеств электрической энергии, позволят использовать различные системы, функционирующие на основе электроэнергии и заметно увеличивающие возможности ГЛА. К таким системам можно отнести устройства, снижающие и управляющие лобовым сопротивлением, подъемной силой корпуса ГЛА, потоком газа на входе в воздухозаборники гиперзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателях, специфические системы спасения экипажа, пассажиров и грузов, системы жизнеобеспечения, систем передачи энергии на расстояния беспроводным способом и других. Становится актуальной разработка и создание других систем, источником электроэнергии, для работы которых представляется АТТЗ. То есть, при решении проблемы аэродинамического нагрева корпуса ГЛА с помощью АТТЗ, появляется электрическая энергия в значительных количествах.

В ходе исследования накоплен существенный научный задел и получены следующие научно-технические результаты:

1. Приведен краткий анализ различных видов тепловых защит ЛА.
2. Предложен конструктивный облик АТТЗ элементов конструкции и корпуса ГЛА.
3. Разработана «легкая» методика оценки возможности установки элементов АТЗ в различные элементы конструкции различных типов ГЛА. Также проведены расчеты по возможности включения АТТЗ в состав известных типов ГЛА. Оказалось, что установка описываемой АТЗ возможна практически на любой тип ГЛА, как существующих в настоящее время, так и перспективных.

На основе данной методики в качестве примера проведен расчет выходных электрических характеристики для теплозащиты носовой части ГЛА типа Х-43А и достигаемое при этом снижение ее температуры. Таким образом, доказана возможность и высокая эффективность использования АТТЗ в составе малых ГЛА, в том числе и экспериментальных.

4. Разработана «тяжелая» методика в форме компьютерной программы на ЭВМ позволяющая с высокой точностью оценить в каждый момент времени полета заданного ГЛА степень снижения теплового воздействия на элементы конструкции с установленной АТТЗ заданной формы, распределение температур по протяженности и толщине защищаемого элемента конструкции ГЛА, характеристики генерации электричества в процессе работы АТТЗ, такие как полная электрическая мощность и КПД. При этом решаются задачи поиска конструкторских решений, позволяющих оптимизировать облик АТТЗ. Также данная методика является основой для проведения комплексной оптимизации конструктивных параметров АТТЗ. «Тяжелая» методика позволила уточнить

«легкую», подтвердив, при этом, состоятельность «легкой» методики для быстрой оценки работы АТТЗ в составе заданного ГЛА. Быстрая оценка функционирования АТТЗ упрощает процесс эскизного проектирования ГЛА с АТТЗ.

5. Произведена оценка эффективности работы АТТЗ, установленной в передних кромках крыльев «орбитера» «Space Shuttle». Получена оценка распределения температуры по поверхности передних кромок крыльев и электрические характеристики работы АТЗ, такие как пиковое значение генерируемой при функционировании АТТЗ электрической мощности и КПД, которые напрямую связаны с эффективностью работы АТЗ. Результаты расчета свидетельствует о возможности использования АТТЗ с высокой эффективностью в составе спускаемых аппаратов, в том числе и крылатых. Об

актуальности использования АТТЗ в составе средств выведения и спускаемых аппаратов можно говорить, потому что в настоящий момент активизировались работы в области создания пилотируемых космических транспортных систем нового поколения. Например, перспективный пилотируемый космический корабль (ПКК) нового поколения, разрабатываемый в РКК «Энергии», Dragon – SpaceX, спасательная капсула фирмы Boeing, Orion – Lockheed Martin и др. Также разрабатываются ПКК в Индии, Китае, Европе, Японии и Иране. Некоторые проблемы с теплозащитой имеет разрабатываемый в ГКНПЦ им. Хруничева совместно с НПО «Молния» проект многоразового ускорителя первой ступени ракеты-носителя Ангара.

6. Выделено несколько режимов работы АТТЗ в процессе полета ГЛА, и соответственно несколько расчетных случаев.

7. Предложена концепция принципиально нового летательного аппарата, движущегося в атмосфере с гиперзвуковыми скоростями основанная на принципе термоэмиссионного преобразования разрушающей тепловой энергии аэродинамического нагрева в полезную электрическую энергию, которая может быть направлена на питание бортовых систем ГЛА. Выявлен ряд преимуществ по сравнению с другими концепциями ГЛА.

8. Выявлен ряд преимуществ использования предлагаемой АТЗ в составе ГЛА, что позволяет говорить о перспективности установки АТЗ на ГЛА для защиты наиболее теплонапряженных элементов конструкции во время гиперзвукового полета.

9. Произведен анализ различных областей применения описываемой АТТЗ в областях авиационной и ракетно-космической техники.

10. В ходе исследования получен Патент на изобретение № 2404087

«Термоэмиссионный способ тепловой защиты частей летательных аппаратов при их аэродинамическом нагреве» авторов: Керножицкий В. А., Колычев А. В., Охочинский Д. М..

11. В ходе исследования получен патент на полезную модель № 95637 «Крыло гиперзвукового летательного аппарата в условиях его аэродинамического нагрева», авторов: Керножицкий В. А., Колычев А. В., Охочинский Д. М.

12. В ходе исследования получен патент на полезную модель № 80118

«Огнепреградитель». Авторы: Керножицкий В. А., Колычев А. В. и др., опубликовано 27.01.2009 Бюл. №

3.

Полученные патенты являются свидетельством Мировой новизны и высокого научно-технического уровня проводимых исследований. На данный момент исследования продолжаются. Полученные методики обладают высокой степенью оригинальности.

Данный способ тепловой защиты и его реализация отражают более высокий уровень науки и техники, и соответствуют Перечню критических технологий Российской Федерации (Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899): «Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения».

Кроме того, об актуальности проводимых исследований можно судить по проходящих в США испытательных пусках экспериментальных ГЛА – демонстраторов гиперзвуковых технологий, таких как НТВ-2 (8 августа 2011), Х-51А (13 июня 2011) и Х-37В (5 марта 2011).

Исследования в области создания и развития гиперзвуковых технологий в настоящий момент усиленно проводятся в США, Китае, Индии, Европе и России.