

АКТИВНАЯ ТЕРМОЭМИССИОННАЯ ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ГИПЕРЗВУКОВОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ИХ АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ НАГРЕВЕ И ГРАНИЦЫ ЕЁ ПРИМЕНИМОСТИ

Керножицкий В. А., Колычев А. В.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, Россия

Целью данной работы является определение границ применимости активной термоэмиссионной тепловой защиты (АТТЗ) элементов конструкции гиперзвукового летательного аппарата (ГЛА) при их аэродинамическом нагреве, а также проработка структуры конструктивного облика элементов конструкций ГЛА с АТТЗ.

Суть проблемы, которую решает АТТЗ, заключается в том, что летательные аппараты (ЛА), летящие в атмосфере с высокими (гиперзвуковыми) скоростями, очень сильно нагреваются, особенно выступающие вперед их элементы (крылья, носы и др.). Такой нагрев может привести к разрушению ЛА, частичной или полной потери технических характеристик, чего допускать нельзя. Проблема носит название «тепловой барьер».

Существует множество способов борьбы с «тепловым барьером» – тепловой защиты, которые условно можно разделить на активные и пассивные.

Однако, о создании однозначно эффективного, надежного и относительно недорогого способа тепловой защиты пока не сообщается.

В данной работе предлагается принципиально новое решения проблемы «теплого барьера». Суть решения заключается в том, что тепловая энергия аэродинамического нагрева напрямую передается электронам, находящимся в защищаемом элементе конструкции ГЛА. То есть реализуется явление термоэлектронной эмиссии. Получая энергию, электроны выходят из металла, в результате чего металл охлаждается, далее электроны осаждаются на аноде и, возвращаясь на катод через электрическую нагрузку, на которой совершают полезную работу.

Величина отводимой электронами энергии может составлять от 35% до 50% от подводимой тепловой энергии аэродинамического, КПД преобразования может достигать 5–25% (525% процентов разрушающей тепловой энергии превращается в электричество, электронное охлаждение напрямую связано с получением электричества). Удельная электрическая мощность, снимаемая с единицы внутренней поверхности защищаемого ЭК ГЛА – может достигать $5\text{--}25\text{Вт/см}^2$ (то есть с одного квадратного метра внутренней поверхности можно снимать от 50 до 250 кВт электрической энергии, что также говорит о высокой эффективности электронного охлаждения).

В процессе выполнения данной работы была разработана методика оценки величины тепловых потоков, при которых возможно функционирование АТТЗ в течение длительного промежутка времени при многократном использовании в составе ГЛА различных типов. С помощью данной методики можно соотнести возможности выполнения АТТЗ своих функций с уровнем испытываемого теплового нагрева конкретного ГЛА и различных его элементов конструкции. При этом отсутствует необходимость в применении существующих алгоритмов расчета величин подводимых тепловых потоков аэродинамического нагрева при известном уровне теплового нагрева подобных ГЛА.

На основе анализа результатов предлагается новый способ движения в атмосфере ГЛА и средств выведения полезного груза на орбиту. Выявлены аспекты функционирования ГЛА с АТТЗ на старте и на начальном этапе полета. Введено понятие «порог электрификации». Также в работе описывается предполагаемая структура построения облика ГЛА различных типов и назначений, оснащаемых АТТЗ.