

Приведена оценка состояния проводимых в России и странах запада исследований в области разработки и создания термоакустических двигателей. Приведенные данные свидетельствуют о том, что, несмотря на достаточно большое количество публикаций с физической точки зрения указанные системы изучены не достаточно полно.

В заключительной части доклада обозначены перспективы развития термоакустических двигателей и их использование в аэрокосмической отрасли.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009–2013 годы (госконтракт № 14.740.11.0528).

УДК 621.486

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛИКА ТЕРМОАКУСТИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЧАСТИ НА ОСНОВАНИИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Крючков А.Н., Воротников Г.В., Зиновьев Е.А

Самарский государственный аэрокосмический университет

Kruchkov A.N., Vorotnikov G.V., Zynovyev E.A. Thermoacoustic generator, consisting of a thermoacoustic travelling-wave engine and linear alternator 1S102MA, is being considered. Parametric analysis is carried out by method electroacoustic analogy for the design optimization. Authors received different device-performance dependencies for analysis of apparatus behavior.

Термоакустические генераторы – энергетические преобразователи, служащие для конвертации тепловой энергии любого происхождения в электрическую по средством акустических волн.

Рассмотрен термоакустический генератор, состоящий из термоакустического двигателя на основе бегущей волны и линейного электрогенератора 1S102MA производства США. Приведено обоснование выбранной схемы установки, описание основных конструктивных узлов. Термодинамический узел термоакустического двигателя, включающий теплообменники, регенератор и буферную трубку, выполнен на основании анализа зарубежных аналогов. Величина пор регенератора рассчитана исходя из глубины вязкого и термического проникновения для обеспечения максимального термического контакта рабочего тела с пористой средой.

Для параметрического исследования поведения установки создана математическая модель термоакустического генератора, основанная на методе электроакустических аналогий. Основные элементы акустической цепи представлены сосредоточенными элементами: инерционностями, податливостями

и резистивностями. Описана математическая модель электрического генератора, как электроакустического четырёхполюсника, получено выражение для моделирования генератора как акустической нагрузки. Получена зависимость к.п.д. линейного электрогенератора от акустической мощности и электрической нагрузки при максимальном ходе поршня.

Обоснована необходимость настройки системы на рабочую точку. Получены выражения для внутреннего к.п.д. установки, зависимости мощности электрогенератора от хода его поршня, амплитуды давления, частоты. Определён диапазон параметров, в котором расположена оптимальная рабочая точка. На основании полученных зависимостей проведен анализ поведения установки в диапазоне частот при различной геометрии термоакустического двигателя.

Приведены частные рекомендации по созданию системы настройки на рабочую точку. Не прибегая к энергетическим уравнениям, выполнена начальная оценка эффективности установки исходя из оценки ожидаемых потерь.

Предлагаемая методика эффективна на начальных этапах проектирования термоакустических систем. Она позволяет выполнить качественную оценку влияния различных параметров на характеристики установки.

На основании приведённого анализа разработана конструкторская документация на экспериментальный термоакустический генератор с расчётным к.п.д. 20% .

УДК 621.453

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДКАМЕРЫ НА ПРОЦЕССЫ ГАЗИФИКАЦИИ И ГАЗОФАЗНОГО СМЕШЕНИЯ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ЖРДМТ

Сулинов А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

THEORETICAL INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF PRE-CHAMBER DESIGNED ON THE PROCESSES OF GASIFICATION AND MIXING IN THE GAS PHASE IN THE COMBUSTION CHAMBER LIQUID-PROPELLANT ROCKET ENGINE OF SMALL THRUST

Sulinov A.V. Samara state aerospace university (national research university), Samara. The mathematical model is developed and carried out a theoretical study of the effect of pre-chamber designed on the processes of gasification and mixing in gas-phase products of incomplete combustion of fuel in the combustion chamber liquid-propellant rocket engine of small thrust.

Одним из путей интенсификации внутрикамерного рабочего процесса жидкостных ракетных двигателей малой тяги (ЖРДМТ), в том числе и на двухкомпонентном самовоспламеняющемся жидком ракетном топливе (СЖРТ), является применение в двигателях данного типа предкамерных устройств [1]. Однако в настоящее время отсутствуют какие-либо данные по оценке возможности их применения, рекомендации по выбору конструктивных и режимных параметров предкамеры.

В настоящей работе приводятся результаты теоретического исследования по интенсификации с помощью предкамеры основных лимитирующих стадий протекания рабочего процесса в камере сгорания: газификации жидкофазных промежуточных продуктов (ЖФПП) и испарения непрореагировавших компонентов топлива за счет организации эффективного их вторичного дробления, а также газофазного смешения и устранения крупномасштабной неравномерности соотношения компонентов топлива по сечению путем активной турбулизации газофазных промежуточных продуктов (ГФПП).

Для проведения теоретического исследования по влиянию предкамеры на указанные процессы была разработана математическая модель процессов газификации и газофазного смешения продуктов неполного сгорания топлива в камере сгорания ЖРДМТ при использовании предкамеры.

При моделировании процесса газификации жидкофазных продуктов учитывались особенности движения капель и газового потока на выходе из предкамеры, газификации этих продуктов и возможности вторичного дробления капель. В модели жидкая фаза рассматривалась в виде капель, равномерно распределенных по поперечному сечению предкамеры.

Массовая скорость газификации капли определялась при предположении малых скоростей газофазных химических реакций, отсутствии влияния фронта пламени на процесс и при условии, что температура газофазных продуктов значительно превышает температуру жидкофазных.

В математической модели процесс вторичного дробления капель жидкофазных продуктов рассматривался без учета влияния