

УДК 629.73.004.82:532.525.6

А.В. ГАЙДАЧУК, А.М. ГРУШЕНКО, Т.П. НАБОКИНА

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МОТОКОМПРЕССОРНЫХ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Предложена классификация нашедших широкое применение термогазоструйных технологий и оборудования как частных реализаций мотокомпрессорных воздушно-реактивных двигателей (МК ВРД). Такой подход позволяет использовать накопленные знания в области МК ВРД для исследования и расчетов параметров газоструйного оборудования. Предложена классификация МК ВРД технологического назначения, которая подразделяет газоструйное оборудование на две группы. Они характеризуются выходными технологическими параметрами $T_{СВГС} = \dot{m} \times P_K^$ и $T_{ДВГС} = \dot{m} \times W_C$ в зависимости от характера истечения продуктов сгорания из сопла.*

Ключевые слова: мотокомпрессорные воздушно-реактивные двигатели, сверхзвуковые газовые струи, дозвуковые газовые струи, термогазоструйные технологии и оборудование.

Введение

Мотокомпрессорные воздушно-реактивные двигатели давно известны и применяются в качестве энергосиловых установок уникальных и специфических летательных аппаратов [1]. Существует также технологическая ниша применения МК ВРД в различных областях деятельности человека. Так высокоскоростные высокоэнтальпийные струи продуктов сгорания, полученные при сжигании углеводородных топлив в воздухе, предварительно сжатом с помощью компрессора с независимым приводом, широко применяются для добычи и обработки гранита [2]; для технологических операций продувки и просушки в дорожно-строительных работах, в различного рода парогазовых и термогазообразивных очистителях [3], при утилизационной резке аэрокосмической техники [4], а также для реализации целого ряда полезных и эффективных технологий, научно-практическая разработка которых не прекращается в лаборатории «Энергия» Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», в лабораториях МГТУ им. Баумана и Государственного аэрокосмического университета (г. Самара, Россия). Несмотря на многообразие технологических применений источников сверхзвуковых высокотемпературных газовых струй (СВГС) и дозвуковых высокотемпературных газовых струй (ДВГС), базирующихся на энергетически независимой мотокомпрессорной части, их объединяет общий признак – они представляют собой не что иное, как наземный вариант МК ВРД. При этом конструктивно они могут существенно отличаться от последних, что продиктовано условиями и целями их при-

менения, а термогазодинамические принципы их функционирования в основном идентичны. Выходные же параметры авиационных МК ВРД в зависимости от условий и скорости полета летательных аппаратов также коррелируют с условиями технологического применения МК ВРД – в некоторых случаях необходима сверхзвуковая высокотемпературная струя (добыча и обработка гранита, термогазоабразивная очистка), что соответствует характерным высокоскоростным режимам полета ЛА, а получение дозвуковых высокотемпературных струй соответствует небольшим скоростям полета ЛА, оснащенного МК ВРД.

Формулирование проблемы. Многообразие технологически ориентированных МК ВРД требует систематизации и обобщения подходов к их проектированию, выбору параметров мотокомпрессорной части, камеры сгорания, сопла.

Кроме того, экономическая и коммерческая эффективность применения технологических МК ВРД породили терминологическую путаницу в позиционировании данных устройств. В научных публикациях стали встречаться термины «огневое копье», «огневая пушка» и другие, которые не могут характеризовать исследуемые объекты и происходящие в них процессы и пригодны лишь для рекламных и научно-популярных изданий. Даже в названиях квалификационных работ, посвященных исследованию термогазоструйных устройств и защищаемых по специальности 05.07.05, изобилует терминология, не соответствующая данной специальности, в то время как позиционирование любого термогазоструйного устройства, как МК ВРД технологического назначения, снимает проблему соответ-

ствия диссертационной работы шифру специальности 05.07.05.

Таким образом, проблематика настоящей работы состоит в классификации технологических МК ВРД в зависимости от их назначения, а также систематизации и обобщении их основных параметров.

Классификация МК ВРД технологического назначения

Технологические МК ВРД в зависимости от особенностей и свойств объектов их воздействия могут быть разделены на две группы:

– с высокой концентрацией (фокусированием) энергии в СВГС на выходе ее из сопла;

– с высокой тепловой мощностью ДВГС на выходе ее из сопла и низкой концентрацией энергии струи.

В первом случае высокая концентрация энергии достигается за счет относительно высокого полного давления P_K^* на выходе из компрессорной части МК ВРД $P_K^* = 0,5...1,3$ МПа. Это позволяет сфокусировать тепловую энергию, которая выделилась при сгорании углеводородного топлива при $\alpha_{ок} = 1,0...1,2$ в СВГС. Удельный тепловой поток, реализуемый в таких струях при их истечении через сопло критического перепада, составляет $q = (1,05...2,95)10^7 \frac{Вт}{м^2}$. Такая концентрация энергии обуславливает возможность реализации следующих технологий:

– добыча блочного гранита из массивов гранитных карьеров, при этом тепловая мощность МК ВРД должна быть не ниже $N_T = 300$ кВт, что обусловлено особенностями выемки блоков [2];

– скульптурная обработка и термообработка гранитных изделий, тепловая мощность МК ВРД при этом не бывает ниже $N_T = 100$ кВт, что обусловлено особенностями и размерами кристаллической структуры большинства гранитов;

– парогазогенерации для тушения пожаров, обеззараживания различных объектов; работают при повышенных P_K^* , что позволяет обеспечить дальность парогазовой струи и повысить эффективность указанных технологий; тепловая мощность при этом может колебаться в широком диапазоне $N_T \approx 100...500$ кВт, в зависимости от характеристик объекта воздействия.

Другие технологические МК ВРД сведены в классификацию, представленную на рис. 1. Следует отметить, что классификация является неполной и

открытой, может дополняться по мере появления новых технологий. Основным технологическим параметром, который обеспечивает реализацию технологий, основанных на СВГС, является технологический параметр

$$T_{СВГС} = \dot{m} \cdot P_K^*,$$

где \dot{m} – расход продуктов сгорания; P_K^* – давление в камере сгорания МК ВРД.

Величина \dot{m} характеризует тепловую мощность МК ВРД при заданной величине $\alpha_{ок}$, а P_K^* – концентрацию энергии СВГС.

МК ВРД с дозвуковым истечением продуктов сгорания из сопла используются в качестве теплогенераторов, а также для просушки и продувки асфальтобетонных покрытий в процессе их ремонта. Основным технологическим параметром, определяющим эффективность процессов, является,

$$T_{ДВГС} = \dot{m} \cdot W_C,$$

где W_C – скорость истечения ДВГС из сопла МК ВРД.

Очевидно, чем выше скорость W_C , при прочих равных условиях, тем эффективнее используется тепловая энергия, прямо пропорционально зависящая от \dot{m} . Этот параметр актуален в теплообменных устройствах, при просушке и продувке технологических объектов.

Последнее применение особенно актуально для дорожно-ремонтных работ. В этом случае реализуется приемлемое сочетание тепловой мощности струи и ее скорости. Увеличение W_C способствует интенсификации процессов теплообмена с преградой (сушке покрытия), а кинетическая энергия струи обеспечивает метательное действие, за счет которого с ремонтируемого участка удаляются твердые частицы, пыль и вода, оптимальное сочетание F_C и W_C требует дополнительных исследований.

Заключение

Рассмотрение так называемого термогазо-струйного оборудования и инструментов различного назначения как частных случаев реализации мотокомпрессорных воздушно-реактивных двигателей позволяет осуществлять расчеты входных и выходных параметров такого оборудования, базируясь на накопленном опыте расчета МК ВРД, обеспечить единообразие терминологии, максимально приблизив ее к общепринятой в аэрокосмической области знаний. Для МК ВРД с характерным сверхзвуковым и дозвуковым истечением продуктов сгорания введены соответственно технологические параметры:

$$T_{СВГС} = \dot{m} \cdot P_K^* \text{ и } T_{ДВГС} = \dot{m} \cdot W_C.$$

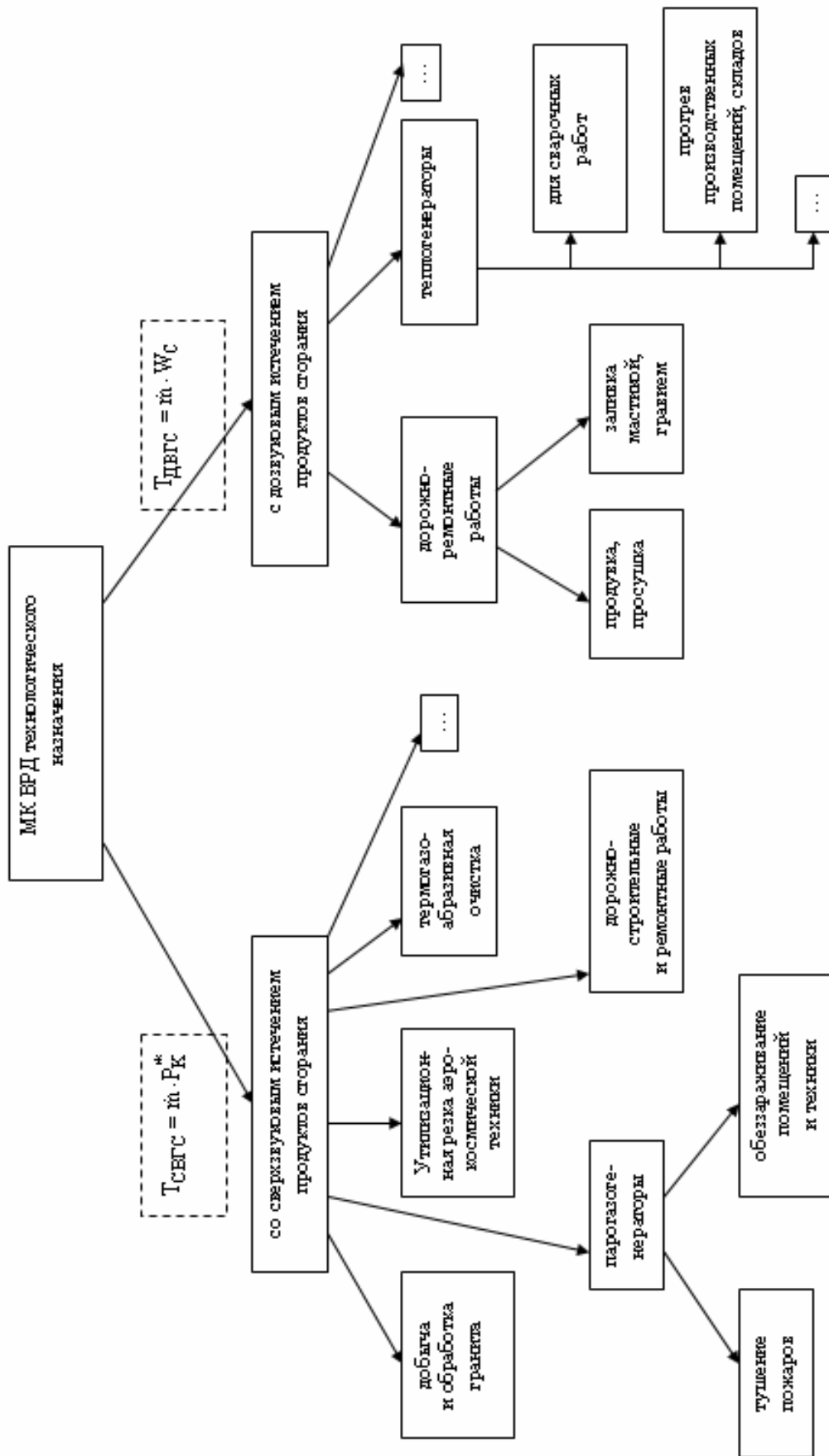


Рис. 1. Классификация МК ВРД технологического назначения

Параметр $T_{СВГС}$ характеризует степень фокусировки тепловой энергии, а $T_{ДВГС}$ определяет степень распределенности тепловой энергии по поверхности обрабатываемого объекта или, что тоже самое, степень трансформации тепловой энергии струи в ее скоростной напор.

Литература

1. *Теория реактивных двигателей. Рабочий процесс и характеристики / Под ред. академика Б.С. Стечкина.* – М.: Госд. изд-во оборонной промышленности, 1958. – 534 с.

2. *Карасев Ю.Г. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня: учебное пособие / Ю.Г. Карасев, Н.Т. Бакка.* – СПб., 1997. – 428 с.

3. *Кисель В. Сверхзвуковая струя / В. Кисель, Ю. Евдокименко, В. Кадыров // ММ. Деньги и технологии.* – 2000. – № 3 (5). – С. 52-55.

4. *Набокина Т.П. Влияние режимных параметров ЖРД МТ на процессы разупрочнения алюминиевых сплавов в зоне воздействия сверхзвуковой газовой струи / Т.П. Набокина, А.В. Гайдачук, А.М. Грушенко // Авиационно-космическая техника и технология: научно-технический журнал.* – 2007. – № 7 (43). – С. 78-80.

Поступила в редакцию 19.05.2010

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф., проф. кафедры А.В. Бастеев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МОТОКОМПРЕСОРНИХ ПОВІТРЯНО-РЕАКТИВНИХ ДВИГУНІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

О.В. Гайдачук, О.М. Грушенко, Т.П. Набокина

Запропонована класифікація термогазоструменевих технологій і устаткування як окремих реалізацій мотокомпресорних повітряно-реактивних двигунів (МК ПРД). Такий підхід дозволяє використовувати накопичені знання в області МК ПРД для дослідження і розрахунків параметрів газоструменевих устаткування. Запропонована класифікація МК ПРД технологічного призначення, яка підрозділяє газоструменеве устаткування на дві групи. Вони характеризуються вихідними технологічними параметрами $T_{НВГС} = \dot{m} \cdot P_K^*$ та $T_{ДВГС} = \dot{m} \cdot W_C$ залежно від характеру витікання продуктів згорання з сопла.

Ключові слова: мотокомпресорні повітряно-реактивні двигуни, надзвукові газові струмені, дозвукові газові струмені, термогазоструменеві технології та устаткування.

CALCULATION OF TECHNOLOGICAL MOTOCOMPRESSOR AEROJET ENGINES PARAMETERS

A.V. Gaydachuk, A.M. Grushenko, T.P. Nabokina

Systematization of hightemperature gas-streams technologies and equipment as private realization of motocompressor aerojet engines (MC AJE) are offered. Such approach allows to use the accumulated knowledge in area of MC AJE for research and calculations of gas-streams equipment parameters. Classification of technological MC AJE, which subdivides a gas-streams equipment into two groups, is offered. They are characterized by technological out parameters $T_{SSGS} = \dot{m} \cdot P_C^*$ and $T_{SbSGS} = \dot{m} \cdot W_C$ depending on character of expiration of combustion products from a nozzle.

Key words: motocompressor aerojet engines, supersonic gas streams, subsonic gas streams, hightemperature gas-streams technologies and equipment.

Гайдачук Александр Витальевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой ракетных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: a.gaydachuk@khai.edu.

Грушенко Александр Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедры ракетных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: aagrushenko@mail.ru.

Набокина Татьяна Петровна – инженер 1-й категории кафедры ракетных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: ttabokina@ukr.net.