

Предложенная модель рабочего процесса струйного аппарата на предельном режиме работы получена теоретическим путем, что позволяет качественно правильно оценить потери при торможении сверхзвуковой недорасширенной струи газа, рассчитать максимально возможное разрежение и геометрические параметры тракта эжектора в зависимости от величины полных давлений активного рабочего тела и окружающей среды, в которую происходит истечение. Для более точного количественного согласования расчетных и экспериментальных данных вязкие потери в газодинамическом тракте могут быть легко учтены с помощью известных [3] эмпирических соотношений.

Список литературы

1. Васильев Ю.Н. Теория двухфазного газожидкостного эжектора с цилиндрической камерой смешения: Сб. "Лопаточные машины и струйные аппараты". Вып. 5. - М.: Машиностроение, 1971. - с. 175 - 261.
2. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. Изд. 2-е. - М.: Энергия, 1970. - 288 с.
3. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 367 с.
4. Борисенко А.И. Газовая динамика двигателей. - М.: ОБОРОНГИЗ, 1962. - 794 с.



РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА МОДЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МНОГОФАЗНОГО СТРУЙНОГО АППАРАТА

Первышин А.Н., Винокуров М.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В работе [1] предложена модель рабочего процесса многофазного струйного аппарата технологической установки на базе ракетной камеры. Установка предназначена для решения широкого спектра технологических задач, к числу которых можно отнести резку материалов, нанесение износостойких и коррозионно-стойких покрытий, струйно-абразивную обработку и ряд других.

Активное рабочее тело струйного аппарата представляет собой высокотемпературную сверхзвуковую струю продуктов сгорания ракетного топлива, свойства которой определяются по методике [2]. Пассивным рабочим телом, в общем случае, является многофазная смесь компонентов, в состав которой входят сыпучий ингредиент (абразив, напыляемый материал и т.п.), жидкость (вода для пылегашения и теплозащиты газодинамического тракта) и транспортирующий газ. Для описания свойств такого рабочего тела использован подход, достаточно подробно изложенный в [3].

Основные соотношения между константами и параметрами состояния многофазной смеси и входящих в ее состав исходных компонентов определяются уравнениями состояния, адиабаты, Майера, а также уравнениями сохранения энергии и импульса.

В данной работе представлены результаты параметрического исследования модели [1], выполненные применительно к решению трех частных технологических задач, отличающихся друг от друга фазовым состоянием пассивного рабочего тела. Рассмотрены варианты использования технологической установки в качестве:

- струйного вакуумного насоса (пассивное рабочее тело - газ);
- парогазогенератора (пассивное рабочее тело - жидкость);
- струйно-абразивного аппарата (пассивное рабочее тело - сыпучий материал).

В качестве активного рабочего тела предполагалось использование продуктов сгорания двух топливных композиций:

"метан + кислород";

"метан + воздух"

Задача 1. Струйный вакуумный насос.

Решается задача вакуумирования емкости сверхзвуковой высокотемпературной струей продуктов сгорания топлива. Пассивным (откачиваемым) рабочим телом является воздух. В качестве активного рабочего тела рассмотрены варианты использования продуктов сгорания двух топливных композиций: "метан+кислород" (коэффициент избытка окислителя 0.7) и "метан+воздух" (коэффициент избытка окислителя 1.0). Давление в камере сгорания газогенератора задавалось равным 500 КПа. Давление окружающей среды - 100 КПа.

На рис. 1 приведены зависимости давления вакуумирования от массового коэффициента эжекции. Полученные результаты расчетов имеют характерный для газоструйных эжекторов вид. При убывании коэффициента эжекции до нуля, давление откачивания опускается до некоторого предельного значения (давление запитания), величина которого определяется полным давлением, температурой и составом активного рабочего тела. При этом более высокоэнергетическое рабо-

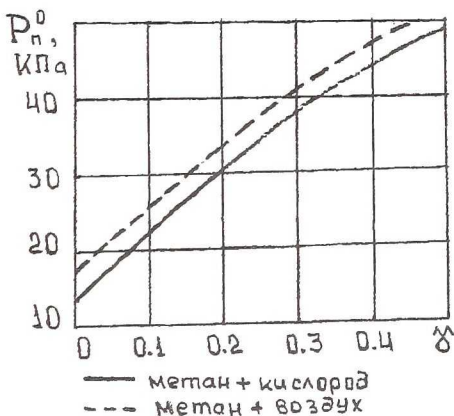


Рис. 1. Зависимость давления вакуумирования P_n^0 от массового коэффициента эжекции γ

чее тело, как видно из рис. 1, обеспечивает больший коэффициент эжекции при одинаковом давлении вакуумирования. Широкое использование технологической установки для этой цели вряд ли будет оправдано по экономическим соображениям, однако может быть полезным в качестве дополнительной функции, особенно при эксплуатации в автономных условиях.

Задача 2. Парогазогенератор.

Задача актуальна при очистке крупногабаритных конструкций от органических загрязнений, в частности нефтяных емкостей, трубопроводов и т. п., когда определяющими параметрами являются температура и скорость рабочего тела. Присутствие водяного пара в его составе с одной стороны облегчает регулировку этих параметров, а с другой - обеспечивает удаление продуктов очистки конденсатом, образующимся после взаимодействия струи с объектом.

Решения получены для тех же топливных композиций, что и в предыдущей задаче. Пассивным рабочим телом является вода.

Зависимость скорости истечения и температуры смеси продуктов сгорания топлива и водяного пара от массового коэффициента эжекции γ показана на рис. 2.

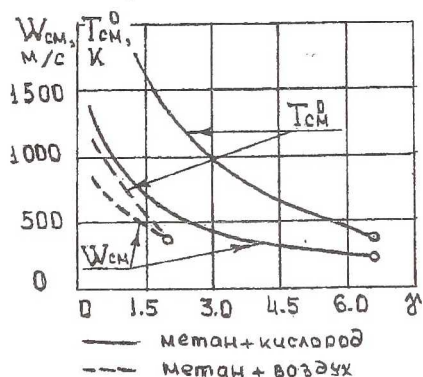


Рис. 2. Зависимость скорости истечения $W_{см}$ и температуры $T_{см}^0$ смеси продуктов сгорания топлива и водяного пара от массового коэффициента эжекции γ

В зависимости от количества водяного пара в составе рабочего тела, определяемого коэффициентом эжекции, температура и скорость смеси меняются от некоторых минимальных значений, соответствующих полному испарению всей воды ($T_{см}^0 = 100^\circ\text{C}$), до своих максимальных значений, соответствующих параметрам струи продуктов сгорания топлива, истекающей из газогенератора при $\gamma = 0$.

При этом использование в качестве окислителя кислорода, несмотря на его более высокую

стоимость, позволит более чем в 3 раза поднять производительность установки по пару или, при необходимости, существенно увеличить температуру и скорость струи по сравнению с воздухом.

Задача 3. Струйно-абразивный аппарат.

Задача может быть интересна как сама по себе, так и в качестве сопутствующей технологической операции при использовании технологической установки для газопламенного напыления материалов.

Сочетание высокоскоростного абразивного и теплового воздействия на объект может оказаться незаменимым для решения отдельных производственных задач.

Результаты расчетов, представленные на рис. 3, получены для случая использования в качестве пассивного рабочего тела сыпучего материала с характерной насыпной плотностью песка. Параметры газогенератора и топливные композиции те же, что и в предыдущих задачах.

Отличительной особенностью полученных данных от результатов решения предыдущих задач является большой диапазон изменения коэффициента эжекции от нуля до нескольких десятков единиц, который является типичным для пневмотранспорта. Это объясняется малой величиной удельной технической работы, передаваемой пассивному рабочему телу и отсутствием затрат тепла на парообразование.

Безусловно, представленные в данной работе результаты численного анализа модели рабочего процесса многофазного струйного аппарата дают лишь предельные характеристики технологической установки в рамках принятых допущений. Однако эта информация может оказаться полезной на стадии проектирования и анализа схемных решений, а также на этапе испытаний и доводки при оценке уровня эффективности созданного оборудования.

Список литературы

1. Первышин А.Н., Винокуров М.В. Модель рабочего процесса многофазного струйного аппарата технологической установки на базе ракетной камеры. В настоящем сборнике.
2. Алемасов В.Е. и др. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания. Том 1. Методы расчета / Под ред. Глушко В.П. - М.: - ВИНТИ - 266 с.
3. Васильев Ю.Н. Теория двухфазного газожидкостного эжектора с цилиндрической камерой смешения. Сб. "Лопаточные машины и струйные аппараты". Вып. 5. - М.: Машиностроение, 1971. - с. 175 - 261.

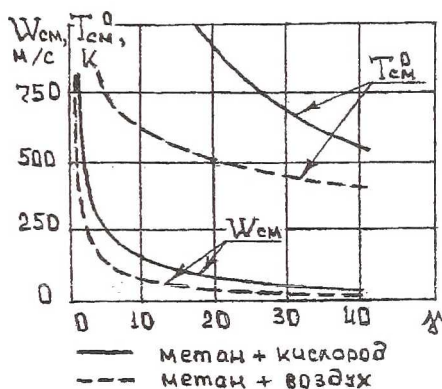


Рис. 3. Зависимость скорости истечения $W_{см}$ и температуры $T_{см}$ смеси продуктов сгорания топлива и сыпучего материала от массового коэффициента эжекции γ