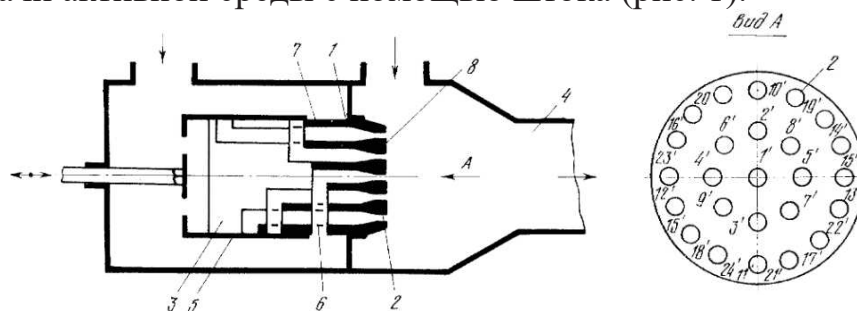


КОНСТРУКЦИОННОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРОСТРУЙНЫХ ЭЖЕКТОРНЫХ ВАКУУМ-НАСОСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КАПРОЛАКТАМА

Пароструйные эжекторные вакуум-насосы широко используются в химической промышленности за счет простоты технического устройства и наличия активной (эжектирующей) среды, образующейся в технологическом процессе, например, получения капролактама.

Работы, направленные на повышение эффективности струйных аппаратов путём увеличения количества сопел, как правило, представлены в виде патентов на изобретения. В [1] предложен эжектор, состоящий из сопел, каждое из которых направляет поток в свою камеру смешения и диффузор, при этом сопла соединены общей приёмной камерой. Решение является интересным с точки зрения увеличения площади рабочей струи эжектора и расхода подсосываемой смеси. Подобное решение позволяет уменьшить геометрические размеры сопла и диффузора при сохранении параметров функционирования, но при этом, является достаточно сложным в исполнении.

В работе [2] предложено решение, при котором эжектор состоит из нескольких параллельно расположенных сопел и одной камеры смешения с диффузором. Согласно заявленным характеристикам, данная конструкция расширяет диапазон работы устройства путём регулирования подачи активной среды с помощью штока (рис. 1).



1 – многоствольное активное сопло; 2 – стволы; 3 – корпус; 4 – камера смешения;
5 – гильза для осевого перемещения; 6 – входные отверстия стволлов;
7 – боковая поверхность корпуса; 8 – срез сопла.

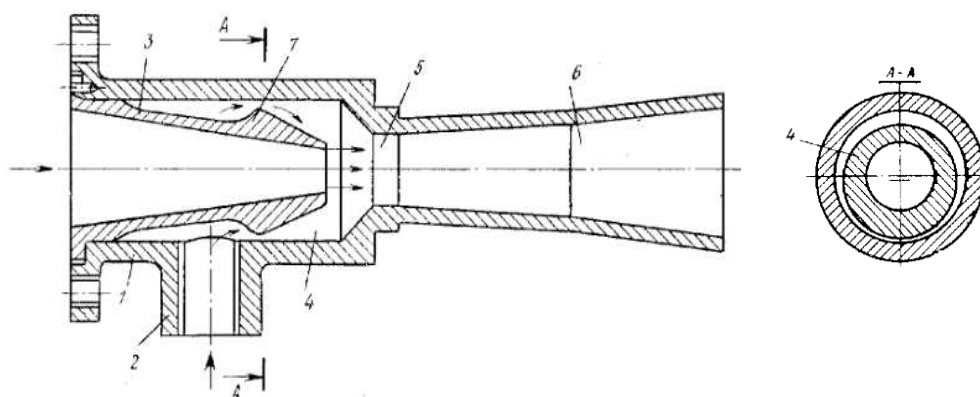
Рисунок 1 – Газовый эжектор с многоствольным активным соплом

При этом не ясно как обеспечивается соосность сопел и камеры смешения с диффузором. Данный эжектор обладает высокой производительностью, но малой степенью сжатия.

Известны работы по исследованию изобарической формы приёмных камер эжектора, эффективность применения данных камер показана Александровым [3].

Под изобарической приёмной камерой понимается приёмная камера, выходное сечение сопла и входное сечение камеры смешения в которых совпадают. К этому направлению разработок относится также ряд работ, направленных на интенсификацию процесса перемешивания потоков и выравнивание эпюр скоростей.

В [4] разработана конструкция эжектора с нанесением выступа на наружную поверхность сопла (рис. 2). Предложенное конструктивное решение способствует снижению аэродинамических потерь во входном и срединном отсеках приёмной камеры, соответственно. Снижение аэродинамических потерь приводит к повышению коэффициента инжекции.

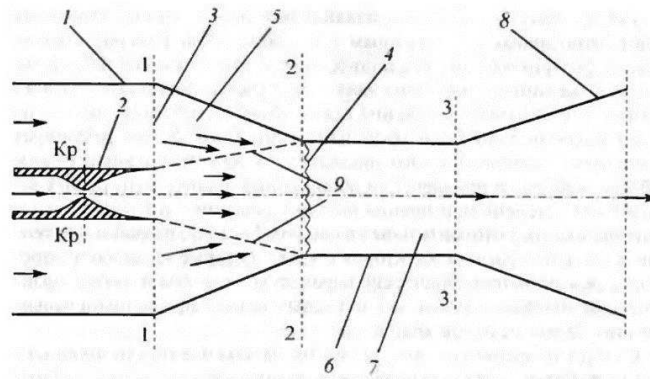


1 – корпус; 2 – патрубок подвода пассивной среды; 3 – сопло;
4 – приемная камера; 5 – камера смешения; 6 – диффузор;
7 – выступ, расположенный эксцентрично относительно оси сопла.

Рисунок 2 – Газоструйный эжектор

В ряде работ рассмотрено влияние формы камеры смешения диффузора на интенсивность перемешивания потока и характеристику эжектора.

В работах [5–7], например, показано, что наличие конфузорной части камеры смешения (рис. 3) повышает коэффициент инжекции по сравнению с цилиндрической камерой смешения. Эта разработка применена всеми заводами-изготовителями пароструйных эжекторов. Широкомасштабные экспериментальные исследования эжекторов с такой формой камеры смешения проведены Соколовым, Берманом [5, 8]. Показано, что камеры смешения подобной формы работают на расчётных характеристиках в широком диапазоне параметров, т.к. в процессе эксплуатации могут изменяться расходы и температуры подсосываемой газовой смеси, а также температуры циркуляционной воды.



1 – подводящий участок; 2 – сопло для высоконапорного газа;
 3 – сопло для низконапорного газа; 4 – прямой скачок; 5 – начальный участок;
 6 – горловина; 7 – выходной участок; 8 – диффузор; 9 – граница струй.

Рисунок 3 – Схема эжектора с суживающейся камерой смешения

В то же время в ряде современных зарубежных работ [9, 10] предлагается описывать форму камеру смешения эжектора сложными математическими функциями. Так в [10] профиль камеры смешения описывается кривыми Безье второго порядка, исходя из условия постоянства значения момента импульса струи по длине камеры смешения. При этом площадь сечения данной камеры непрерывно уменьшается по ходу струи, а участок перехода от камеры смешения к диффузору представляет собой критическое сечение. Данный метод совершенствования эжекторов может рассматривать как перспективный, однако он требует дополнительных исследований, так как был опробован для эжектора, предназначенного для работы в одном фиксированном режиме.

По данным [11] с увеличением расстояния между соплом и диффузором расход эжектируемого воздуха при постоянном давлении всасывания на рабочем участке характеристики эжектора (пологий участок) возрастает, тогда как противодавление и степень сжатия уменьшаются. Если расстояние между соплом и диффузором приближается к минимально возможному расстоянию, то уменьшение производительности эжектора не сопровождается ростом противодавления или степени сжатия. С другой стороны, если сопло слишком удалено от диффузора, то при давлениях, близких к давлению всасывания ненагруженного эжектора, работа аппарата становится неустойчивой.

Интерес представляет исследование [12], в котором кроме известной формы сечения критического сечения сопла «окружность» рассмотрены такие формы как «эллипс», «квадрат», «крестообразная» форма и другие. В результате численного моделирования установлено, что сопло с «крестообразной» формой критического сечения обладает наибольшим коэффициентом инжекции за счёт интенсификации процесса перемешивания в камере смешения.

Можно выделить несколько основных параметров, определяющих оптимизацию процессов в струйном аппарате, ведущих к конструкционному совершенствованию парожеткторной установки.

К таким параметрам относятся:

- геометрические параметры и осевое положение сопла;
- формы приёмных камер, камер смешения, диффузора.

Отдельным современным направлением совершенствования струйных аппаратов эжекторов является численное моделирование газодинамических процессов, протекающих внутри эжекторов. Целью этих исследований было не только изучение фундаментальных основ газодинамики и теплообмена, но и условий работы эжекторов при различных геометрических характеристиках сопла и диффузора, а также условий эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газоструйный эжектор: № 183318 РФ. Оpubл. 17.06.1966.
2. Газоструйный эжектор: № 987205 РФ. Оpubл. 17.01.1983.
3. Александров В.Ю. Оптимальные эжекторы. – М.: Машиностроение, 2012. – 136 с.
4. Газоструйный эжектор: № 661150 РФ. Оpubл. 05.05.1979.
5. Соколов Е.Я. Струйные аппараты – М.: Энергоатомиздат, 1989. 352 с.
6. Белевич А.И. Конструкции и характеристики пароструйных эжекторов турбин ТЭС и АЭС // Сборник трудов ВТИ. – М.: Энергоатомиздат. – 1985 г. – С. 42–48.
7. Цегельский В.Г. Струйные аппараты. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 576 с.