

УДК 621.527

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК

© 2011 Е.А. Гришина

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Поступила в редакцию 11.03.2011

В статье приводится обзор современных промышленных аппаратов, основанных на эффектах эжекции, кавитации, вихревого движения. Выявлены факторы, которые обеспечивают повышенные показатели надежности установок с гидрогазодинамическими устройствами.

Ключевые слова: газодинамика, эжекция, кавитация, вихревое движение, струйные аппараты

В современных условиях вопросы повышения надежности потенциально опасных для окружающей среды объектов приобретают первостепенное значение. Наиболее перспективными в данном направлении представляются аппараты, построенные с использованием струйных газодинамических эффектов. Фундаментальные исследования струйных течений [1-7] (одно- и многофазных), а также кавитационных и волновых явлений в потоках привели к разработке гидроструйных насосов нового поколения, гидродинамических кавитационных смесителей, оригинальных аэродинамических устройств запирающих технологических отверстий в реакторах и печах.

Основной энергетической характеристикой любого струйного аппарата является зависимость относительного повышения напора пассивного потока от коэффициента эжекции α (отношение расходов эжектируемого и активного потоков) (рис. 1).

$$\frac{\Delta H_{52}}{\Delta H_{12}} = \frac{H_5 - H_2}{H_1 - H_2}$$

где H_i – напоры в соответствующем расчетном сечении [2, 3]. Огибающая таких характеристик соответствует наиболее эффективному режиму работы струйного аппарата и ограничивает зону физически осуществимых режимов его работы [1, 2]. При проектировании новых аппаратов следует стремиться к тому, чтобы рабочая точка лежала на данной огибающей кривой. На этом основаны методы расчета оптимальных струйных насосов. Дальнейшее совершенствование многофазных аппаратов данного типа ведется по пути инициирования

прыжка перемешивания и удержания его в пределах рабочей камеры, что позволяет минимизировать габаритные размеры и повысить эффективность работы струйного насоса.

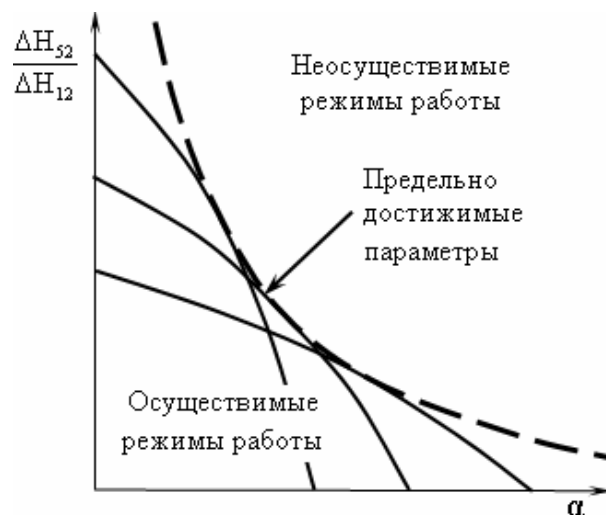


Рис. 1. Экстремальные характеристики струйных аппаратов

Гидроструйные насосы нового поколения созданы для систем напорного гидротранспорта, смазки мощных перекачивающих агрегатов, вакуумирования паротурбинных энергоблоков. Их применение позволило упростить эксплуатацию гидросистем, снизить на 10-30% расходы рабочей среды и энергии, повысить устойчивость работы гидросистем [4, 8]. Гидроструйные насосы нового поколения используют для удаления и нагнетания загрязненных и агрессивных жидкостей, газожидкостных смесей, отсоса и компрессии газов, получения и транспортирования многокомпонентных смесей жидкости с твердыми сыпучими, жидкими и газообразными средами. Разработан новый метод выбора и расчета гидроструйных насосов, позволяющий реализовать предельно достижимые параметры аппаратов.

Гришина Елена Александровна, старший преподаватель кафедры гидравлики и гидроневмосистем. E-mail: ggps@susu.ac.ru

Предложены оригинальные конструкции, защищенные авторскими свидетельствами и патентами РФ [9-11].

Одна их подобных конструкций, оснащенная побудителем распада активной струи, представлена на рис. 2 [9]. Особенностью данной конструкции является центральное тело 8 в виде стержня с профилированной площадкой 9, размещенное в камере смешения 3, которое отклоняет и дробит центральную струю, в результате чего интенсифицируется процесс распада струй активного потока. Радиальные перегородки 10 вместе с цилиндрической стенкой 15 выполняют функцию опоры стержня 8, инициируют формирование скачков перемешивания и снижают пульсации давления. Профилированное кольцо 12, отклоняет часть периферийных струй от осевого движения к центру. Это вызывает их более ранний распад и столкновение с другими струями активного потока. В итоге сокращается длина камеры смешения, снижаются потери на трение и перемешивание сред. Кроме того, повышается КПД аппарата, его надежность и устойчивость в работе за счет удержания прыжка перемешивания на границе камеры смешения 3 и диффузора 4.

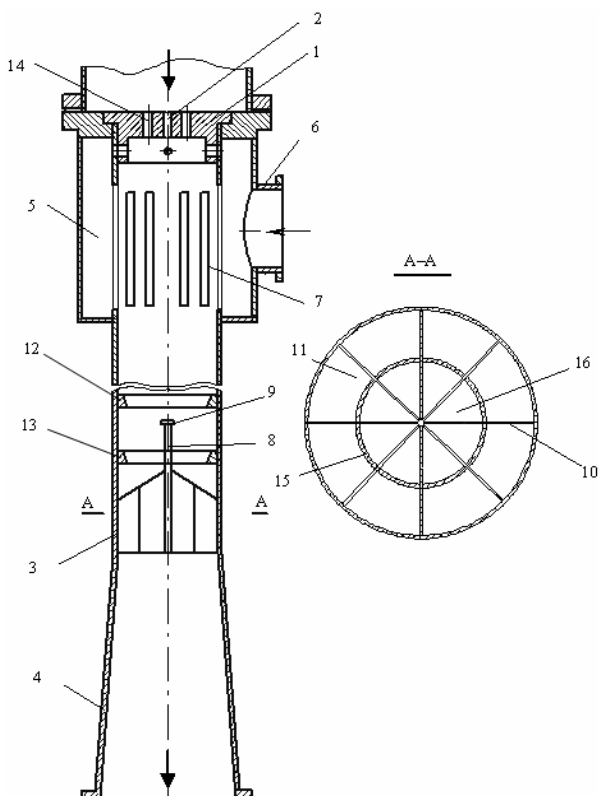


Рис. 2. Струйный насос с отклоняющими элементами:

1 – сопловое устройство; 2 – центральное отверстие; 3 – камера смешения; 4 – диффузор; 5 – камера приемная; 6 – патрубок подвода эжектируемого газа; 7 – радиальные прорези; 8 – центральное тело; 9 – профилированная площадка; 10 – радиальные перегородки; 11, 16 – канал; 12, 13 – отклоняющие элементы; 14 – периферийные отверстия; 15 – цилиндрическая стенка

При определенных условиях струйные насосы начинают работать в условиях кавитации, что приводит к срыву основных энергетических характеристик работы (см. рис. 1) и снижению коэффициента эжекции аппарата. Тем не менее, кавитация является мощным энергетическим процессом, оказывающим существенное влияние на рабочие среды. Это используется в конструкциях кавитационных смесителей, обладающих высокой производительностью и надежностью [5, 6]. Струйные кавитаторы позволяют эффективно смешивать исходные компоненты (работа при нулевых коэффициентах эжекции), а также производить подмешивание к основному потоку различных присадок (малые коэффициента эжекции). На рис. 3 приведена принципиальная схема смесителя кавитационного типа, предназначенного для получения высокодисперсных эмульсий, приготовления смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), введения различных присадок в жидкие топлива и эмульсии, подмешивания в мазут подтоварной воды, отработанных масел, СОЖ и других отходов производства [12]. В нем использована принципиально новая технология кавитационного смешения многокомпонентной среды с использованием ударного воздействия прыжка перемешивания на смесь компонентов, что позволяет получить конечный продукт, обладающий высокой агрегативной и седиментационной устойчивостью.

Исходные компоненты для перемешивания подаются к патрубок 1, затем проходят сопловой диск 2 в виде системы высокоскоростных струй, в пограничном слое которых возникает локальная кавитация, способствующая интенсивному перемешиванию. При необходимости в образующуюся эмульсию добавляются различные присадки через боковой патрубок. Процесс завершается ударным воздействием в прыжке перемешивания, формируемом и удерживаемом в конце рабочей камеры 3 за счет стабилизирующих канавок 4. Аппарат обладает высокой степенью надежности и значительной производительностью по сравнению с механическими смесительными устройствами. Осуществлен ряд проектов по внедрению подобных аппаратов в различные отрасли промышленности, в том числе энергетика (системы топливоподачи ТЭС), нефтедобывающая промышленность, металлообработка. Оригинальная конструкция смесителя защищена патентом РФ.

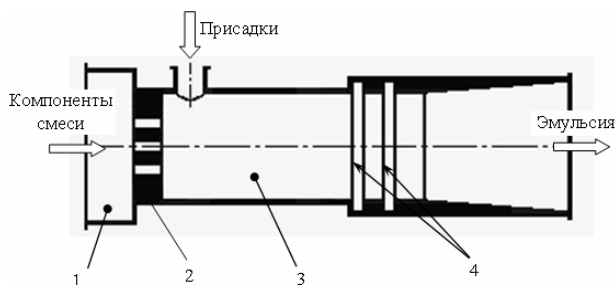


Рис. 3. Кавитационный смеситель

Работа струйных аппаратов с нулевыми и малыми коэффициентами эжекции представляют интерес и при отсутствии кавитации в потоке. В частности, в таких условиях работают пневмозатворы – высоконадежные устройства струйного типа, предотвращающие выбросы агрессивных газов в окружающую среду через технологические отверстия. Они применяются в ряде отраслей промышленности (металлургия, химическое производство и т.д.) для проведения процессов плавления сыпучих материалов, химического синтеза в реакторах с избыточным давлением и т.д. Пневмозатворы позволяют заменить механические запорные устройства, которые зачастую не обеспечивают герметичность изолируемого объема, имеют сложную конструкцию и склонны к периодическим выходам из строя. В основе работы пневмозатворов лежат аэродинамические эффекты эжекции и вихреобразования [13, 14].

Принципиальная схема струйно-вихревого пневмозатвора показана на рис. 4 [7]. Сыпучий материал по загрузочной трубе поступает в печь. Одновременно поток газа под давлением подается в кольцевую полость, образованную соплом и загрузочной трубой. На выходе сопла с помощью направляющих лопаток формируется кольцевая закрученная струя газа с параметрами, необходимыми для запирания рабочей зоны реактора. При этом осевая составляющая скорости потока предупреждает встречные токи агрессивных газов из печи в область загрузки, а тангенциальная составляющая формирует вихрь во внутренней области кольцевой струи и циркуляционное течение во внешней области струи. В результате обеспечивается наиболее эффективное запираение с минимальным расходом энергии, так как перепад давлений, исключая выброс агрессивных газов, создается за счет суммы перепада давлений, вызванного собственно вихрем, и перепада от циркуляционного течения газа.

Рабочий процесс струйно-эжекционного пневмозатвора (рис. 5) основан на аэродинамическом эффекте эжекции. Устройство состоит из конического патрубка загрузки 1, наружный профиль нижней части которого образует

кольцевое сопло 2. Канал подвода активного воздуха 3 расположен в нижней части пневмозатвора. Активный воздух поступает через кольцевой зазор, образованный кожухом 4 и проточной частью аппарата, состоящей из рабочей камеры 5 и диффузора (на рисунке не показан). Представленная конструкция струйно-эжекционного пневмозатвора позволяет повысить герметичность теплообменных аппаратов и улучшить условия труда при эксплуатации подобных агрегатов. Аппарат этого типа был испытан в промышленных условиях на предприятии сернокислотного производства при модернизации узла загрузки серного колчедана в печь с противодавлением.

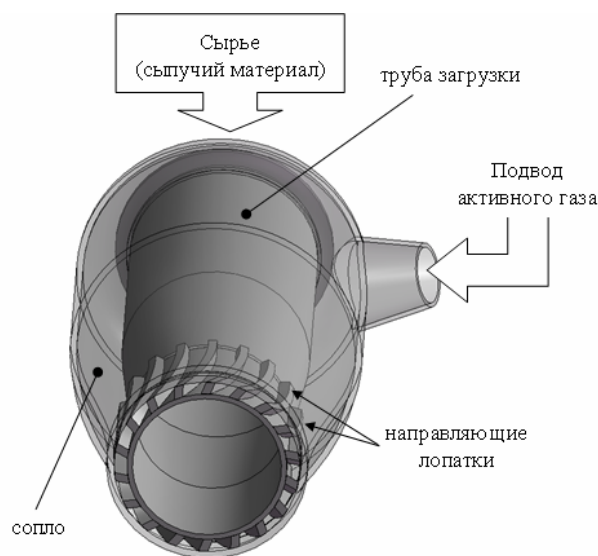


Рис. 4. Вихревой пневмозатвор

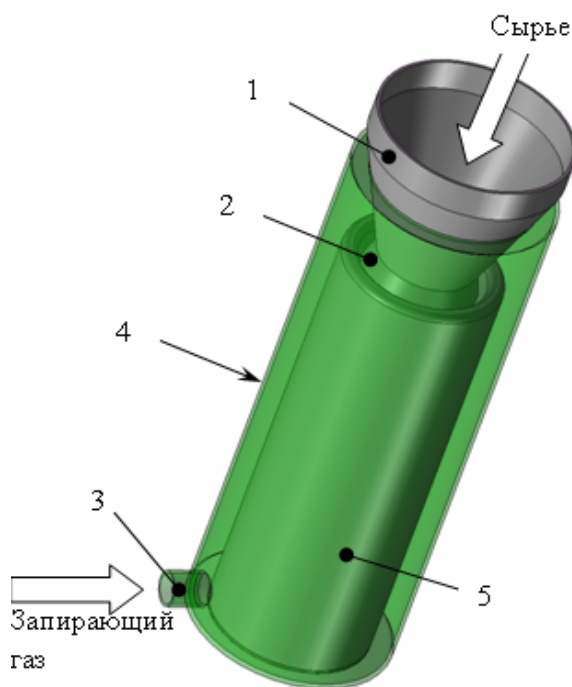


Рис. 5. Струйно-эжекционный пневмозатвор

Выводы: многочисленные исследования аппаратов, использующих гидроаэродинамические эффекты эжекции, кавитации, вихревого движения показывают большую сложность протекающих в них процессов, что сдерживает оптимизацию таких устройств и их более широкое внедрение в промышленности. Однако эти эффекты обладают большими потенциальными возможностями, пока еще до конца не раскрытыми. Отсюда следует необходимость более детального изучения процессов аналитическими и экспериментальными методами и формирования на их основе методик расчета и проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Подвидз, Л.Г.* Расчет струйных насосов и установок / *Л.Г. Подвидз, Ю.Л. Кирилловский* // Труды ВНИИгидромаша. 1968. Вып. 38. С. 44-97.
2. *Спиридонов, Е.К.* Исследование характеристик водовоздушного эжектора / *Е.К. Спиридонов* // Известия вузов. Серия «Машиностроение». 1989. №2. С. 56-61.
3. *Спиридонов, Е.К.* Теоретические положения оптимального синтеза жидкостно-газовых струйных аппаратов и систем на их основе / *Е.К. Спиридонов* // Наука и технологии: Труды XXIII Российской школы. – М.: Изд-во РАН, 2003. С. 414-431.
4. *Spiridonov, E.K.* Calculation and Design of liquid-gas ejectors / *E.K. Spiridonov* // International Conference. Rotating Equipment. Pump Users International Forum Proceedings, Dusseldorf, 2008. P. 250-260.
5. *Спиридонов, Е.К.* Экспериментальные исследования рабочего процесса кавитационного смесителя / *Е.К. Спиридонов, А.А. Пантюхин* // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2007. Вып. 10. №25 (97). С. 89-97.
6. *Прохасько, Л.С.* Применение гидродинамических кавитационных устройств при утилизации ГСМ / *Л.С. Прохасько, Е.К. Спиридонов* // Конструирование и эксплуатация наземных транспортных машин: Сборник трудов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. С. 147-150.
7. *Гришина, Е.А.* Математическая модель вихревого пневмозатвора / *Е.А. Гришина, Е.К. Спиридонов, А.В. Подзерко* // Наука ЮУрГУ: материалы 61-й научной конференции. Секции технических наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. Т.1. С. 227-230.
8. *Спиридонов, Е.К.* Промышленные жидкостно-газовые струйные насосы / *Е.К. Спиридонов* // Тяжелое машиностроение. 2005. №10. С. 6-10.
9. Пат. 2070670 Российская Федерация, МПК F04F 5/02, Жидкостногазовый эжектор / *Е.К. Спиридонов, А.В. Воронков*. – №94026814/06; заявл. 18.07.94; опубл. 20.12.96, бюл. №35.
10. Пат. 2072454 Российская Федерация, МПК F04F 5/02, Жидкостногазовый эжектор / *Е.К. Спиридонов*. – №94037902/06; заявл. 22.09.94; опубл. 27.01.97, бюл. №3.
11. Пат. 2132003 Российская Федерация, МПК F04F 5/04, Жидкостногазовый эжектор / *Е.К. Спиридонов, А.В. Подзерко, С.И. Густов* и др. – №97112286/06; заявл. 23.07.97; опубл. 20.06.99, бюл. №17.
12. Пат. 2158627 Российская Федерация, МПК 7B01F 5/08, Смеситель кавитационного типа / *Е.К. Спиридонов, Л.С. Прохасько, В.С. Боковиков, А.Х. Валиев*. – №99105906/12; заявл. 23.03.99; опубл. 10.11.00, бюл. №31.
13. А.с. 1788414 А1 СССР, МКИ F 27 В 15/08. Устройство для загрузки сыпучих материалов в печь / *Е.К. Спиридонов, О.В. Нохрин, А.А. Левинцов* и др. – №4814847/33; заявл. 17.04.90; опубл. 15.01.93, бюл. № 2.
14. Пат. на п.м. 90547 Российская Федерация, МПК F27B 15/08. Эжекционный пневмозатвор устройства для загрузки сыпучих материалов / *Е.К. Спиридонов, Е.А. Гришина, А.В. Подзерко*. – № 2009136364/22; заявл. 30.09.2009; опубл. 10.01.2010, бюл. № 1. – 2 с.

USE OF GASDYNAMIC EFFECTS FOR INCREASE THE RELIABILITY OF INDUSTRIAL EQUIPMENT

© 2011 E.A. Grishina

South Ural State University, Chelyabinsk

In article the review of the modern industrial devices based on ejection effects, cavitation, vortical motion is resulted. Factors which provide the raised indicators of reliability at equipment with hydrogasdynamic devices are revealed.

Key words: *gasdynamics, ejection, cavitation, vortical motion, jet devices*