

© 2006 Н.И. Лиманова, Р.А. Диденко, И.А. Лиманов, А.В. Чирков, П.А. Шишкин

Самарский государственный аэрокосмический университет

Сопло является элементом водоструйного элеватора (эжектора) водяной отопительной системы. Уменьшение расхода теплоносителя и температуры на входе элеватора компенсируется увеличением диаметра площади отверстия сопла и восстановлением расхода теплоносителя и температуры на выходе элеватора. Сопло выполнено из никелид титанового сплава, обладающего эффектом “памяти”.

Известен способ смешения и сжатия сред в струйном аппарате для формирования окончательного количества состава смеси с заданными выходными параметрами [1], который может использоваться в системах водяного отопления. Аппарат содержит сопло для подачи активной среды, первый патрубок подачи основной пассивной среды, второй патрубок (один или несколько для различных компонентов в смеси) для подачи остальных компонентов пассивной среды.

Активная среда поступает в сопло, в котором в процессе расширения достигает скорости течения, близкой к скорости звука в этой среде. Пассивная среда подводится к первому патрубку и затем к потоку активной среды на выходе из сопла, где в результате формируется мелкодисперсионная гомогенная структура потока, и течение становится двухфазным сверхзвуковым с большой кинетической энергией при глубоком вакууме в потоке. В эту зону и вводят через второй патрубок (или несколько патрубков) остальные компоненты управляющей пассивной среды и окончательно сформировывают требуемый количественный состав смеси на выходе аппарата.

Изменение давления смеси и ее расход осуществляется, например, регулирующим вентилем на выходе из аппарата или непосредственно у потребителя.

Недостатком такого аппарата является наличие нескольких патрубков и регулирующего вентиля.

Известны системы отопления с циркулярно-смесительным насосом, включенным в общую обратную магистраль для повышения давления воды в наружном теплопроводе [2].

Смешение воды может осуществляться и без местного насоса. В этом случае смеси-

тельная установка оборудуется водоструйным элеватором.

Водоструйный элеватор получил распространение как дешевый, простой и надежный в эксплуатации аппарат. Он сконструирован так, что подсасывает охлажденную воду для смешения с высокотемпературной водой и передает часть давления, создаваемого сетевым насосом на тепловой станции, в систему отопления для обеспечения циркуляции воды.

Водоструйный элеватор (рис. 1) состоит из конусообразного сопла, через которое со значительной скоростью протекает высокотемпературная вода при температуре t_1 в количестве G_1 ; камеры всасывания, куда поступает охлажденная вода при температуре t_0 в количестве G_0 ; смесительного конуса и горловины, где происходят смешения и выравнивание скорости движения воды, и диффузора.

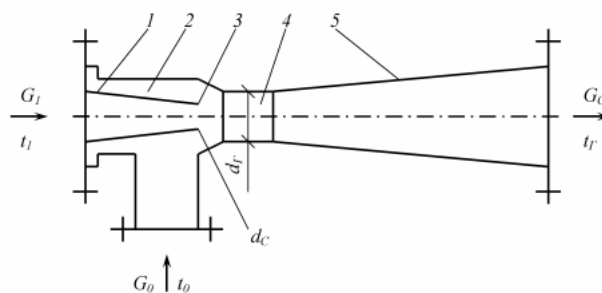


Рис. 1. Принципиальная схема водоструйного элеватора: 1 – сопло; 2 – камера всасывания; 3 – смесительный конус; 4 – горловина; 5 – диффузор

Вокруг струи воды, вытекающей из отверстия сопла с высокой скоростью, создается зона пониженного давления, благодаря чему охлажденная вода перемещается из обратной магистрали системы в камеру всасывания. В горловине струя смешанной воды движется с меньшей, чем в отверстии сопла,

но еще со значительной скоростью. В диффузоре при постепенном увеличении площади поперечного сечения по его длине гидродинамическое давление падает, а гидростатическое – нарастает. За счет разности гидростатического давления в конце диффузора и в камере всасывания элеватора создается циркуляционное давление, необходимое для циркуляции воды в системе отопления.

Одним из недостатков водоструйного элеватора является низкий КПД. Достигая наивысшего значения (43%) при малом коэффициенте смешения и особой форме камеры всасывания, гидростатический КПД стандартного элеватора практически при высокотемпературной воде близок к 10%. Следовательно, в этом случае разность давления в наружных теплопроводах на вводе их в здание должна не менее чем в 10 раз превышать циркуляционное давление Δp_H , необходимое для циркуляции в системе отопления. Это условие значительно ограничивает давление, передаваемое водоструйным элеватором в систему из наружной тепловой сети.

Другой недостаток элеватора – прекращение циркуляции воды в системе отопления при аварии в наружной тепловой сети, что ускоряет охлаждение отапливаемых помещений и замерзание воды в системе.

Еще один недостаток элеватора – постоянство коэффициента смешения, исключаящее местное качественно регулирование (изменение температуры t_T) системы отопления. Понятно, что при постоянном соотношении в элеваторе между G_0 и G_1 температура t_T , с которой вода поступает в местную систему отопления, определяется уровнем температуры t_1 , поддерживаемым на тепловой станции для всей системы теплоснабжения, и может не соответствовать теплопотребности конкретного здания. Для устранения этого недостатка необходимо изменить соотношение в элеваторе между G_0 и G_1 , делая сопло сменным, или применяя автоматическое регулирование площади отверстия сопла элеватора. Схема водоструйного элеватора “с регулируемым соплом” дана на рис.2. Такие элеваторы, применяемые в настоящее время, позволяют в определенных пределах изменять коэффициент смешения для получения воды с температурой t_T , необходимой для местной системы отопления,

т.е. осуществлять требуемое качественно-количественное регулирование.

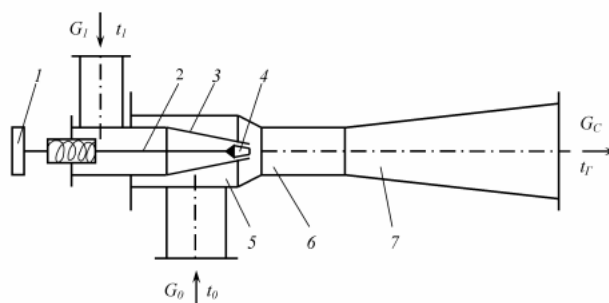


Рис. 2. Схема водоструйного элеватора с регулируемым соплом: 1 – механизм для перемещения регулирующей иглы; 2 – шток регулирующей иглы; 3 – сопло; 4 – регулирующая игла; 5 – камера всасывания; 6 – горловина; 7 – диффузор

Диаметр горловины водоструйного элеватора d_T , см, вычисляют по формуле

$$d_T = 1,55 G_C^{0,5} / \Delta p_H^{0,25}, \quad (1)$$

где G_C – расход воды в системе отопления, т/ч; Δp_H – насосное циркуляционное давление для системы, кПа.

После выбора стандартного элеватора, имеющего диаметр горловины, ближайший к полученному по расчету, определяют диаметр сопла по формуле, приведенной в справочниках, или исходя из приблизительной зависимости

$$d_C = \frac{d_T}{1 + u}. \quad (2)$$

При известном диаметре сопла d_C , см, находят необходимую для действия элеватора разность давления в наружных теплопроводах при вводе их в здание Δp_T , кПа:

$$\Delta p_T = 6,3 G_1^2 / d_C^4, \quad (3)$$

где G_1 – расход высокотемпературной воды, т/ч.

При применении элеватора часто приходится определять располагаемую разность давления Δp_H для гидравлического расчета системы отопления, исходя из разности давления в наружных теплопроводах Δp_T в месте присоединения ответвления к проектируемому зданию. Насосное циркуляционное давление Δp_H , передаваемое элеватором в систему отопления, можно рассчитать в этом случае по формуле (при коэффициенте расхода сопла элеватора, равном 0,95)

$$\Delta p_H = \frac{0,75(\Delta p_T - \Delta p_{отв})}{1 + 2u + 0,21u^2}, \quad (4)$$

где Δp_{OTB} – потери давления в ответвлении от точки присоединения к наружным теплопроводам до элеватора.

Недостатками описанных систем водяного отопления являются наличие смесительного насоса, применение сменного сопла, а также наличие подвижных элементов в регулирующей игле, что усложняет и удорожает устройство.

Разработанное сопло с эффектом “памяти” устраняет описанные недостатки [3]. Оно выполнено из никелид титанового (TiNi) сплава в отожженном состоянии в интервале превращения с большим коэффициентом линейного расширения ($\bar{\alpha} = 132 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$) в температурном диапазоне до 200°C [4].

Из формулы (3) видно, что вслед за изменением по какой-либо причине Δp_T в наружных теплопроводах изменяется и расход G_I , а также расход воды в системе G_C , связанный с расходом G_I через коэффициент смешения элеватора u :

$$G_C = (1 + u)G_I. \quad (5)$$

Изменение давления и расхода в процессе эксплуатации, не предусмотренное расчетом, вызывает разрегулирование системы отопления, т.е. неравномерную теплоотдачу отдельных отопительных приборов. В водоструйном элеваторе (рис.1) с регулируемым соплом, обладающим эффектом “памяти” коэффициент смешения не является постоянным, он осуществляет качественное регулирование в системе отопления.

При снижении температуры t_I диаметр площади отверстия сопла d_C увеличивается,

увеличивается расход высокотемпературной воды G_I , а также увеличивается расход воды G_C и температуры t_T в системе отопления.

Таким образом, разработанный водоструйный элеватор с регулируемым соплом обладающим эффектом “памяти” прост по конструкции и автоматически обеспечивает устойчивую естественную циркуляцию воды с заданным расходом и температурой в системе водяного отопления особенно концевых зданий.

Работа представляет интерес для одной из конверсионных авиационных программ.

Сопло с эффектом “памяти” может найти самостоятельное применение в совершенствовании технологии двигателестроения при окончательной электрохимической размерной обработке лопаток газотурбинных двигателей.

Список литературы

1. Патент 2027917 РФ МПК F04F 5/02, Способ смешения и сжатия сред в струйном аппарате/ Лунев В.Г., Лунев С.В. Оpubл. 1995, бюл.№3.
2. Богословский В.Н., Сканапи А.Н. Отопление. Москва. – Стройиздат, 1991, 735с.: ил.
3. Патент 50282 РФ МПК F24D 3/00 Система водяного отопления/ Лиманова Н.И., Диденко Р.А., Лиманов И.А., Чирков А.В., Шишкин П.А. Оpubл. 2005, бюл.№36.
4. Корнилов И.И., Белоусов О.К., Качур Е.В. Никелид титана и другие сплавы с эффектом “памяти”. – М.: Наука, 1977, 80с.: ил.

NOZZLE WITH A PROPERTY OF SHAPE MEMORY

© 2006 N.I. Limanova, R.A. Didenko, I.A. Limanov, A.V. Chirkov, P.A. Shishkin

Samara State Aerospace University

Nozzle is a part of a water-jet ejector, which is included to water heating. In recompense for the flow rate and temperature of heat-transfer agent decreasing the nozzle section area will expand. This results in increasing temperature and flow rate up to the initial level. Nozzle is made of nickel-titanium alloy that has a property of shape memory.