

6. Реутов Н.Н. Гидродинамическое состояние металла и его влияние на микроструктуру центробежных отливок//Литейное производство, 1959. № 6. С.22-27.

7. Соколов В.И. Центрифугирование. М.:Химия, 1976.-408 с.

8. Браун Б. Описание теплообмена в нагреваемом паром горизонтальном вращающемся сушильном цилиндре/Пер. с нем. языка ВЦП №В-31076. М.: ВЧП н.т. литературы и документации, 1980.-222 с.

9. Кутателадзе С.С., Боршанский В.М. Справочник по теплопередаче. М.:Госэнергоиздат, 1959.-414 с.

10. Тарасов Ф.М. Тонкослойные теплообменные аппараты. М.-Л.: Машиностроение, 1964.-363 с.

УДК 621.578:532.516

Е.Л.Каспир, Л.К.Алимова

ВИХРЕВОЙ ГАЗОЖИДКОСТНЫЙ ЭЖЕКТОР С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ КАМЕРОЙ СМЕШЕНИЯ

Известные конструкции газожидкостных или жидкостно-газовых эжекторов имеют сравнительно низкий КПД, который определяется потерями энергии при смешении первичного и вторичного потоков, а также потерями энергии рабочего потока на трение в камере смешения. Причем, как отмечается в работе [1], потери на трение в камере смешения составляют более 10...15 % от общих потерь энергии.

Одним из наиболее перспективных направлений в разработке эжекторов с повышенным КПД в настоящее время является закрутка центральной струи рабочей жидкости, что при условии ее высокой тангенциальной скорости способствует хорошему смешению двух потоков на малом осевом расстоянии и, как следствие этого, повышению коэффициента эжекции.

Изучение роли степени закрутки активного рабочего потока на эжеционные способности вихревого жидкостно-газового эжектора, а также влияния на эффективность процесса эжекции отношения площадей поперечного сечения камеры смешения и сопла, расположения среза сопла относительно начала камеры смешения и некоторых других геометрических размеров показало, что выбор их оптимальных значений позволяет увеличить коэффициент эжекции по сравнению с их осевыми аналогами в 1,5-2 раза [2].

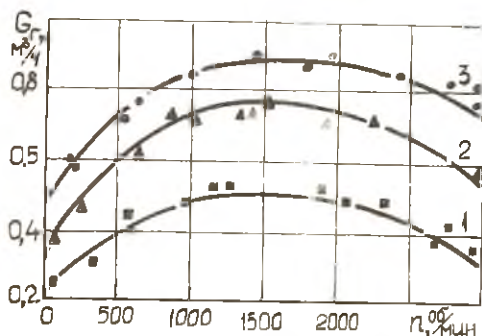
С целью дальнейшего повышения КПД вихревых жидкостно-газовых эжекторов был разработан и исследован эжектор с геометрическими размерами, соответствующими рекомендациям работы [2], в котором камера смешения, с целью снижения в ней гидравлических потерь энергии на трение, имела возможность вращаться в подшипниковых опорах от внешнего привода [3].

В экспериментах использовался эжектор с диаметром активного сопла, равным 14 мм, и диаметром камеры смешения, равным 24 мм.

Оценка эффективности работы эжектора с вращающейся камерой смешения проводилась в сопоставлении с работой того же эжектора без вращения камеры смешения.

Расход активной жидкости, в качестве которой использовалась обычная водопроводная вода, в опытах варьировался в пределах от 1,5 до 3 м³/ч при избыточном давлении 0,15 МПа.

В качестве переменного параметра в испытаниях была скорость вращения камеры смешения, которая изменялась в пределах от 0 до 3000 об/мин и измерялась строботометром СТ-5. Представленные на рис. 1 зависимости объемного расхода эжектируемого газа получены при заданной степени закрутки жидкости в сопле с геометрической характеристикой $A = 0,45$. Гео-



Р и с. 1. Зависимость объемного расхода газа (воздуха) от скорости вращения камеры смешения эжектора при постоянных расходах жидкости: 1 - $G_{ж} = 1,5$ м³/ч; 2 - $G_{ж} = 2,0$ м³/ч; 3 - $G_{ж} = 2,6$ м³/ч

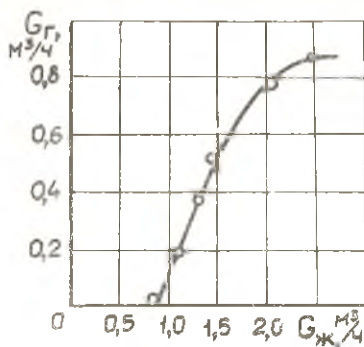
метрическая характеристика завихрителя для полуограниченного недифрагмированного сопла определялась как отношение площади его поперечного сечения к суммарной площади сечения двух тангенциальных щелей. Из представленных на рис. 1 данных видно, что с ростом скорости вращения камеры смешения до 1200 об/мин объемный расход эжектируемого газа увеличивается в 2 - 2,5 раза. Дальнейшее повышение скорости вращения до 2300 об/мин практически не влияет на эжектирующие способности аппарата. При увеличении скорости вращения камеры смешения до 3000 об/мин объем эжектируемого газа резко снижается. Диапазон скорости вращения камеры смешения, способствующий наибольшему увеличению эжекционных способностей устройства,

определяемый критерием $g/\omega^2 R$, где g - ускорение силы тяжести, ω - угловая скорость в радианах, R - радиус камеры смещения, располагается в интервале $0,13 \leq g/\omega^2 R \leq 0,3$. Как было показано в работе [4], в этой области вращения цилиндрического канала в пленке жидкости возникает максимально развитая ячеистая структура течения. Причину увеличения эжектирующей способности аппарата с вращающейся камерой смещения можно объяснить следующим образом.

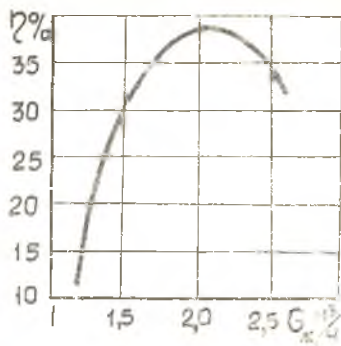
Возникающие на свободной поверхности закрученной пленки жидкости вторичные течения в виде волн и ячеек способствуют более интенсивному захвату газа и его транспортировке на выход из эжектора. Этот эффект усиливается за счет вращения камеры смещения, поскольку при этом вследствие центробежного разделения потока в его приосевой области создается разрежение, обеспечивающее дополнительный подсос газа. В аппарате предварительно закрученная в сопле рабочая жидкость попадает на вращающуюся поверхность камеры смещения без заметного удара, что снижает ее гидравлические потери на трение о стенку. Этому способствует также тот факт, что пленка жидкости на стенке под действием центробежного давления приобретает дополнительную скорость в осевом направлении. Здесь уместно отметить, что значительное увеличение скорости вращения камеры смещения подавляет ячеисто-волновую структуру течения пленки жидкости, что и приводит к снижению эжекционных способностей аппарата [4].

Особенностью рассмотренных вихревых эжекторов является то, что они устойчиво функционируют при низких давлениях рабочей жидкости. Это происходит потому, что в этих устройствах эжекционные способности обеспечиваются не за счет скорости движения отдельных капель разбрызгиваемой жидкости, а за счет эжекции газа сплошной поверхностью пленочного факела жидкости, выходящей из вихревого сопла. На рис.2 представлена зависимость объемного расхода эжектируемого газа от объемного расхода рабочей жидкости для аппарата с оптимальной геометрической характеристикой ($A = 0,4 \dots 0,5$) и при вращении камеры смещения с установленной в экспериментах оптимальной скоростью ($n = 1220$ об/мин). С использованием этих данных на рис.3 построен график зависимости коэффициента эжекции, определяемого как $\eta = G_r / G_{ж} \cdot 100\%$, от расхода рабочей жидкости, где G_r и $G_{ж}$ соответственно объемный расход эжектируемого газа и объемный расход рабочей жидкости.

Результаты проведенного исследования показывают, что вращение камеры смещения газожидкостного эжектора в оптимальном режиме поз-



Р и с. 2. Зависимость объемного расхода эжектируемого газа от объемного расхода жидкости: $A = 0,45$; $n = 1220$ об/мин



Р и с. 3. Зависимость коэффициента эжекции эжектора от расхода рабочей жидкости при оптимальных A и n

воляет увеличить КПД аппарата в 2,5...3 раза по сравнению со струйными аналогами и довести его в целом до 35-37 %.

Библиографический список

1. Васильев Ю.Н. Теория газожидкостного эжектора с цилиндрической камерой смешения//Лопаточные машины и струйные аппараты. М.:Машиностроение, 1971. Вып. 5. С.175-261.
2. Алимова Л.К., Амирханов Р.Ш., Каспер Г.А., Каспин Е.Д. Вихревой жидкостно-газовый эжектор//Вихревой эффект и его промышленное применение. Куйбышев:КуАИ, 1981. С.203-205.
3. Д.с. 1164472 (СССР). Способ работы жидкостно-газового эжектора /Е.Д.Каспин, В.А.Резник. Опубл. в Б.И. 1985. Бул. № 24.
4. Алимов Р.З., Каспин Е.Д. Ячеистая форма течения вращающихся чликов или слоев жидкости.-Деп. в ВИНТИ, 1983. № 2919-83. Дек.-1983.