

установлено в следующих интервалах значений pH: 6,0–10,0 для аммиачных и 7,2–12,0 щелочных сред. При этом максимальная степень извлечения составила 99,8 и 99,6 % (остаточная концентрация металла в растворе после осаждения – 0,11 и 0,18 мг/л соответственно).

Методом насыщения показано, что в процессе осаждения реагент образует с ионами меди(II) комплекс состава  $[Cu]:[R] = 1:2$ . Комплексы с найденным соотношением выделены при pH 7,0 и pH 9,0 для аммиачных и щелочных сред соответственно. Выделенные комплексы – кристаллические осадки зеленого (аммиачная среда) и темно-зеленого (щелочная среда) цвета. Данные элементного анализа и ИК–спектроско-

пии служат доказательством образования комплексов состава  $ML_2$ .

При исследовании ионной флотации с октаноилгидразоном ацетона установлено, что в щелочных средах диапазон значений  $pH_{равн.}$  максимального извлечения Cu (II) шире, чем в аммиачных (рис. 1). Очевидно, это обусловлено конкурирующей реакцией образования аммиачных комплексов Cu (II) при увеличении концентрации аммиака. Максимальная степень флотации составила 99,3 % ( $C_{ост.}$  0,37 мг/л) в аммиачной среде и 99,6 % ( $C_{ост.}$  0,18 мг/л) в щелочной.

Проведенные исследования показали перспективность использования октаноилгидразона ацетона в процессах ионной флотации меди.

### Список литературы

1. Чеканова Л.Г., Радушев А.В., Ельчицева Ю.Б., Муксинова Д.А. Гидразоны ацетона – потенциальные собиратели для ионной флотации цветных металлов // *Химическая технология*. – 2011. – Т. 12. – № 2. – С. 117–122.
2. Doyle F.M. Ion flotation – its potential for hydrometallurgical operations // *International Journal of Mineral Processing*. – 2003. – Vol. 72. – № 1–4. – P. 387–399.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВОГО ЭЖЕКТОРА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

А. А. Савлук, Д. А. Савлук  
Научный руководитель – к.т.н., доцент ОМШ И. А. Лысак

Томский политехнический университет  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
aas293@tpu.ru

В настоящее время сложные системы, содержащие газовые эжекторы, широко используются во многих областях техники и промышленности, включая авиационную, нефтегазовую и химическую. В процессе эксплуатации, системы для преобразования энергии, рециркуляции топливных элементов, холодильных циклов, повышения давления низконапорных потоков, энергии которых не хватает для участия в технологическом процессе, таких как, например, процессы распыления, часто находятся в нестационарных условиях. Эжекторы предназначены для увеличения полного давления газового потока при воздействии другого, более высоконапорного потока. Передача энергии от одного потока к другому происходит путем их турбулентного смешения. Эжектор – это тип вакуумного насо-

са, который производит вакуум с помощью эффекта Вентури, когда рабочая среда истекает через сопло. Высокая скорость потока приводит к низкому давлению в ней согласно принципу Бернулли, тем самым создавая разрежение и втягивая газ из окружающего пространства. Устройство имеет простую конструкцию (рис. 1).

На производительность эжектора существенное влияние оказывают условия эксплуатации и конструкции. Для определенных условий существует только одна конфигурация сопла [1, 2]. Следовательно, в технологиях преобразования энергии наиболее перспективными являются эжекторы, оснащенные регулируемыми соплами, которые можно настраивать на расчетную точку для получения высокой производительности в переменных условиях эксплуатации

[3, 4]. Регулируемая площадь сечения сопла позволяет управлять газодинамическими характеристиками потоков.

Например, в работе [5] представлено исследование эксплуатационных характеристик эжектора с изменяемой площадью сопла на основе анализа экспериментальных данных, и показана возможность увеличения эффективности системы с таким эжектором по сравнению с традиционными.

Эффективные эжекторные системы востребованы и находят все большее применение в

областях добычи, транспортировки, хранения и переработки углеводородного сырья, а также в установках преобразования энергии, получаемой из возобновляемых источников и системах рекуперации энергии [6].

Таким образом разработка методов и подходов контроля геометрических параметров газовых эжекторов, таких как диаметр сопла и его вылет в приемной камере и их оптимизация с целью повышения производительности является актуальной задачей современного машиностроения.

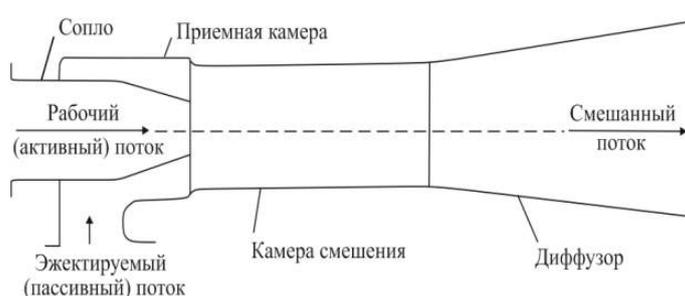


Рис. 1. Схема газового эжектора

### Список литературы

1. Singhal G., Dawar A.L., Subbarao P.M.V. Application of profiled ejector in chemical lasers // *Appl. Therm. Eng.* – 2008. – 28. – 1333–1341.
2. Sun D.W., Eames I.W. Recent developments in the design theories and applications of ejectors-A review // *J. Inst. Energy.* – 1995. – 68. – 65–79.
3. Zhang Z., Feng X., Tian D., Yang J., Chang L. Progress in ejector-expansion vapor compression refrigeration and heat pump systems // *Energy Convers. Manag.* – 2020. – 207. – 112529.
4. Yan J., Li R., Wang C. Optimization of Three Key Geometries of a Steam Ejector under Varied Primary Nozzle Geometries // *Entropy.* – 2022. – 25. – 15.
5. Li C., Yan J., Li Y., Cai W., Lin C., Chen H. Experimental study on a multi-evaporator refrigeration system with variable area ratio ejector // *Appl. Therm. Eng.* – 2016. – 102. – 196–203.
6. Zhang H., Zhao H., Zhang X. et al. Performance Improvement of Two-Phase Steam Ejector based on CFD Techniques, Response Surface Methodology and Genetic Algorithm // *J. Therm. Sci.* – 2024. – <https://doi.org/10.1007/s11630-024-1923-2>.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВОГО ЭЖЕКТОРА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Д. А. Савлук, А. А. Савлук

Научный руководитель – к.т.н., доцент ОмШ И. А. Лысак

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

dab47@tpu.ru

Эжекторные устройства на сегодняшний день имеют всё большее применение и активно интегрируются в сложные системы, предназна-

ченные для преобразования энергии в нестационарных условиях, которые применяются в экологически чистой и ресурсосберегающей