

УДК 621.694

**Ю.А. Сазонов**, д.т.н., профессор, e-mail: ysaz60@mail.ru, **Е.С. Казакова**, e-mail: kazakovaelena77@mail.ru; **Т.Н. Димаев**, e-mail: team-ka@mail.ru, кафедра машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

## ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОПОТОЧНЫХ ЭЖЕКТОРОВ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ДОБЫЧЕ И ПЕРЕКАЧКЕ НЕФТИ И ГАЗА

*Одно из перспективных направлений развития струйных насосов и эжекторных установок связано с применением многопоточных струйных систем. Уникальные свойства многопоточного эжектора могут быть востребованы в таких областях, как технологии водогазового воздействия на продуктивные пласты; мультифазные насосные установки; техника и технологии для одновременно-раздельной эксплуатации нефтяных пластов.*

Для исследования многопоточных эжекторов широко используются новые возможности компьютерного моделирования. Численные эксперименты позволяют ускорить внедрение новых разработок, поскольку отпадает необходимость в дорогостоящих и длительных стендовых испытаниях. Расчетами подтверждены возможности применения одного многопоточного насоса вместо двух или трех обычных насосов, что весьма интересно с практической точки зрения, при одновременно-раздельной эксплуатации нескольких продуктивных пластов.

Интерес к изучению и практическому использованию эжекторов обусловлен уникальными свойствами этого оборудования. Обычно упоминают малые габаритные размеры и отсутствие подвижных деталей у эжектора. В нефтяной промышленности проявляется особенно ярко способность эжектора перекачивать и жидкость, и газ, и

газожидкостные смеси. Но есть еще одно уникальное свойство у эжектора, которое пока остается недостаточно изученным. Один специальный эжектор способен выполнять функции двух или трех эжекторов или струйных насосов. Теоретически показано, что это число можеткратно увеличиваться, например от двух до двенадцати. Какова же практическая сторона вопроса?

При использовании эжекторов в технологическую систему добавляют дополнительные силовые насосы для перекачки рабочей жидкости и подачи этой жидкости в сопло эжектора. Также в гидравлической системе могут использовать сепараторы для подготовки рабочей жидкости. Нужны станции управления для силовых насосов и разветвленная трубопроводная система для обвязки оборудования в единую систему. И кажется логичным, если при рассмотрении альтернативных вариантов стремятся уменьшить массу,

габариты и стоимость применяемого оборудования. Здесь можно вернуться к рассмотрению специального эжектора и его уникального свойства. Многопоточный эжектор при прочих равных условиях позволяет кратное уменьшить количество дополнительных силовых насосов, соответственно с уменьшением количества станций управления, при уменьшении габаритов, массы и стоимости оборудования. При этом упрощается система управления, что отражается на повышении эффективности и безопасности всей гидравлической системы. На рисунке 1 представлены для примера две схемы, равноценные по давлению и производительности, но отличающиеся по конструкции; на схеме а) – показана гидравлическая система с двумя однопоточными эжекторами; на схеме б) – видим систему с одним многопоточным эжектором. В многопоточном эжекторе имеется два или более входных каналов для рабочей среды (или два и более

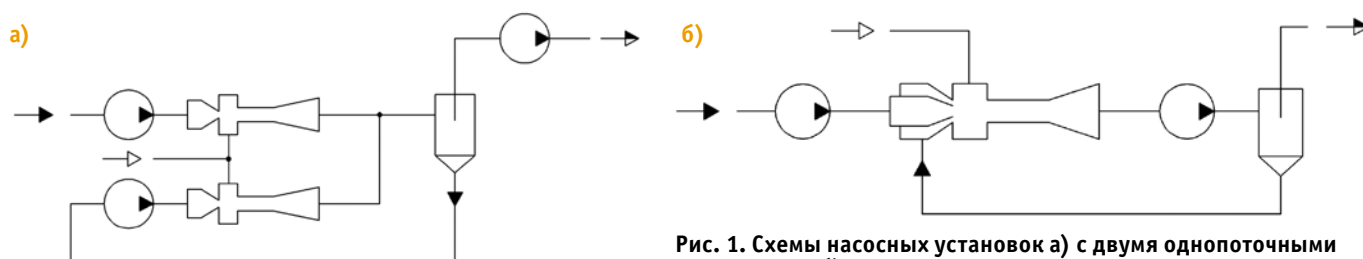


Рис. 1. Схемы насосных установок а) с двумя однопоточными эжекторами, б) с одним многопоточным эжектором

входных каналов для перекачиваемой среды), через входные каналы потоки поступают в общую камеру смешения. В многопоточном эжекторе значения давления на входе в каждый канал различаются между собой, и в этом принципиальное отличие от известных схем, когда один общий поток рабочей жидкости просто делят между несколькими параллельными каналами в сопловом аппарате. Для работы многопоточного эжектора можно использовать сочетание различных силовых насосов, отличающихся друг от друга не только по давлению, но и по принципу действия (насосы объемного или динамического типа). При этом возможности новой насосной системы существенно расширяются.

Проводимые теоретические исследования и стендовые испытания [1–4] позволили наметить наиболее интересные на сегодняшний день направления развития многопоточных эжекторов: 1 – система с эжектором для предварительного сжатия газа в установках для водогазового воздействия на продуктивные пласты; 2 – первая ступень сжатия газожидкостных смесей при

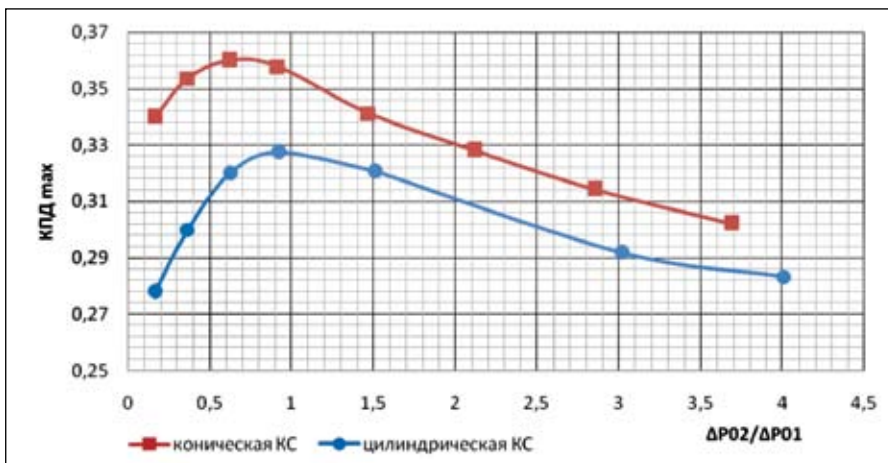


Рис. 2. Результаты компьютерного моделирования многопоточного эжектора

использовании эжектора и многоступенчатого центробежного насоса в качестве мультифазного насоса в системе сбора нефти и газа; 3 – эжектор (или один специальный струйный насос) для одновременно-раздельной эксплуатации двух пластов (рассматриваются также аналогичные задачи для трех, четырех пластов).

С использованием компьютерного моделирования рассмотрены варианты многопоточного эжектора с цилиндрической и конической камерой смешения

(КС). В первую очередь анализировали работу эжектора в режиме струйного насоса. Оценивалась эффективность эжектора при различных значениях перепада давления в центральном канале и в кольцевом канале специального сопла: ΔP01; ΔP02. Полученные зависимости КПД от перепадов давления указывают на наличие широкого диапазона регулирования у многопоточного эжектора, что отражено на рисунке 2. Трехмерная эпюра скоростей на выходе специального сопла может иметь



**КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ  
ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ |  
ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ | ИНЖИНИРИНГ |  
СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ | АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ |



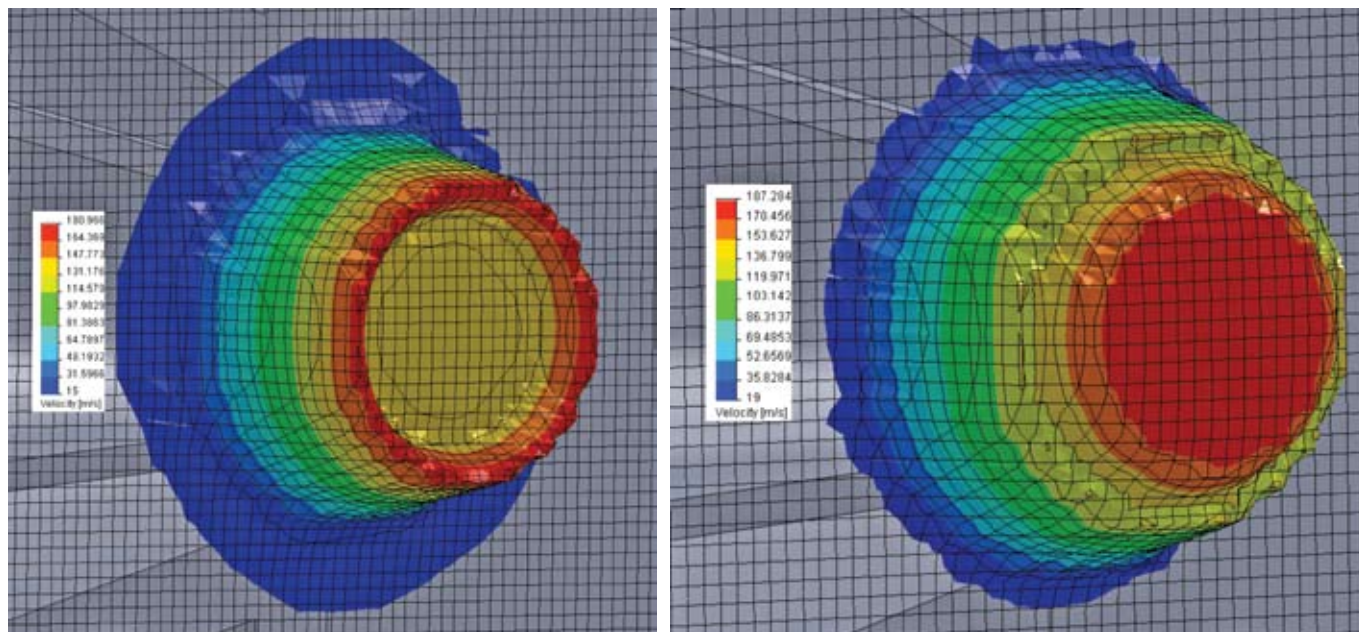
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО,  
ПОСТАВКА, ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ:**

- Оборудование для измерения продукции скважин
- Оборудование для систем поддержания пластового давления
- Оборудование для систем подготовки и перекачки нефти, воды и газа
- Блочно-модульные автоматизированные установки предварительного сброса, подготовки и закачки пластовой воды
- Аппаратура управления
- Запасные части к буровым насосам
- Запасные части к измерительному оборудованию
- Узлы учета (коммерческие и оперативные) нефти, нефтепродуктов, газа и воды
- Противопожарное оборудование
- Запорная и трубопроводная арматура

**ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫЕ УСЛУГИ:**

- Монтаж, пуско-наладка
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание
- Капитальный ремонт и модернизация АГЗУ
- Техническое обслуживание
- Определение газового фактора на опорных скважинах месторождений
- Строительство инженерных систем кустовых площадок
- АСУ ТП

**ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ  
ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**



а)  $\Delta P_{01} < \Delta P_{02}$

б)  $\Delta P_{01} > \Delta P_{02}$

Рис. 3. Результаты компьютерного моделирования многопоточного эжектора

самую различную форму, на рисунках 3а, 3б представлены примеры с такими эпюрами.

Особый интерес представляет задача одновременно-раздельной эксплуатации двух и более пластов с применением многопоточного эжектора. Один такой эжектор может выполнять функции двух и более скважинных насосов. При этом можно обеспечить возможность для замены эжектора без подъема из скважины насосно-компрессорных труб и пакеров. Спуск и подъем специального эжектора можно проводить с применением известной технологии при изменении направления циркуляции жидкости в скважине, как это делается

при использовании классических струйных насосов.

В современных условиях компьютерные технологии можно рассматривать и как дополнительный инструмент для математизации изобретательской, научной и конструкторской работы. Оптимизация поисковых работ в этих областях имеет важнейшее значение [4]. Весьма важна разработка практических принципов взаимной адаптации человека с новейшей техникой и условиями труда, создание теории и методов синтеза и применение эффективных компьютеризованных систем адаптивного взаимодействия людей между собой и с ЭВМ по принципу гибридного интеллекта [5, 6].

В заключение можно сделать следующие основные выводы. Компьютерное моделирование открывает новые возможности для развития гидравлических машин и струйной техники в частности. Весьма перспективными видятся работы по созданию, исследованию и практическому использованию многопоточных эжекторов, в том числе при решении задач по добыче и перекачке нефти и газа. Наиболее интересные на сегодняшний день направления развития многопоточных эжекторов – это технологии водогазового воздействия на продуктивные пласты; мультифазные насосные установки; техника и технологии для одновременно-раздельной эксплуатации нефтяных пластов.

### Литература:

1. Компьютерное моделирование динамических насосов и поиск новых технических решений // Сазонов Ю.А., Димаев Т.Н., Казакова Е.С.; Балака А.Ю. // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса, ВНИИОЭНГ, №4, август, 2011. – С. 18–21.
2. Патент на полезную модель № 112960. Струйная насосная установка // Сазонов Ю.А., Ивановский В.Н., Заякин В.И., Димаев Т.Н., Казакова Е.С. – Опубликовано 27.01.2012, бюл. №3.
3. Компьютерное моделирование эжекторных установок для технологии водогазового воздействия на пласт // Сазонов Ю.А., Муленко В.В., Казакова Е.С., Димаев Т.Н., Балака А.Ю. / Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии / Сборник материалов пятой Всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург: ОГУ, 2011. – С. 372–377.
4. Сазонов Ю.А. Разработка методологических основ конструирования насосно-эжекторных установок для условий нефтегазовой промышленности // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2010. – 394 с.
5. Сеченов М.Д. Гибридные интеллектуальные человеко-машинные вычислительные системы и когнитивные процессы // <http://www.neuch.ru/referat/85264.html>.
6. Бухаров М.Н. Системы гибридного интеллекта: Взгляд в будущее // Серия «Перспективные технологии на службе человеку». – М.: Научтехлитиздат, 2005. – 352 с.

**Ключевые слова:** эжектор, струйный насос, добыча нефти, численный эксперимент, компьютерное моделирование, одновременно-раздельная эксплуатация, водогазовое воздействие.

ufi  
Approved  
Event



OGU

16-я УЗБЕКИСТАНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ

# НЕФТЬ И ГАЗ

15 - 17  
МАЯ 2012

Ташкент  
Узбекистан



[www.ogu-expo.ru](http://www.ogu-expo.ru)

**ВЕДУЩЕЕ НЕФТЕГАЗОВОЕ  
МЕРОПРИЯТИЕ УЗБЕКИСТАНА**



**ITE MOSCOW**  
+7 (495) 935 7350, 788 5585  
[oil-gas@ite-expo.ru](mailto:oil-gas@ite-expo.ru)

**ITE GROUP PLC**  
+44 (0) 207 596 5000  
[oilgas@ite-exhibitions.com](mailto:oilgas@ite-exhibitions.com)