

УДК 621.694

Ю.А. Сазонов, д.т.н., e-mail: ysaz60@mail.ru; **А.В. Деговцов**, к.т.н., e-mail: degovtsov.aleksey@yandex.ru; **Е.С. Казакова**, e-mail: kazakovaelena77@mail.ru; **К.И. Клименко**, кафедра машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности, РГУ нефти и газа им.И.М. Губкина

МНОГОПОТОЧНЫЙ ЭЖЕКТОР И НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СТРУЙНОЙ ТЕХНИКИ

Современные инструменты численного моделирования позволяют выйти за рамки существующего уровня техники и спрогнозировать новые направления для технического развития. Результаты компьютерного моделирования существенно расширяют имеющуюся информацию по теории однопоточного эжектора и наталкивают на следующий логичный шаг в развитии струйной техники – это создание многопоточных систем.

Численные эксперименты подтверждают возможность создания эффективных многопоточных насосных установок. Наряду со специфическими свойствами однопоточных эжекторов многопоточные машины проявляют уникальные свойства, которые могут найти практическое применение во многих областях промышленности, в том числе и при добыче и перекачке нефти. Перспективными направлениями работ, в которых могут быть востребованы уникальные свойства многопоточных систем, являются: одновременно-раздельная эксплуатация продуктивных пластов; мультифазные насосные установки для совместной перекачки нефти и газа; водогазовое воздействие на продуктивные пласты. В поисках путей для сокращения расходов на добычу и перекачку нефти

и газа и для создания энергосберегающих технологий в РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина проводятся научно-исследовательские работы, связанные с изучением эжекторов, которые способны выполнять функции струйного насоса, струйного компрессора, мультифазного насоса. С учетом долгой истории развития этого направления науки и техники может сложиться впечатление, что все основные вопросы уже достаточно подробно изучены. Однако если от своеобразной виртуальной плоскости перейти к трехмерному пространству, то можно сделать осторожный вывод, что все многообразие этой струйной техники еще только предстоит изучать. А накопленные знания найдутся в одной и той же плоскости, которая по своей сути представляет очень тонкий пласт знаний в трехмерном про-

странстве, открытом сейчас для освоения. Почему именно сейчас поднят этот вопрос? Потому что только сейчас стали доступны для широкого круга специалистов компьютерные технологии, позволяющие поменять дорогостоящие физические эксперименты на относительно дешевые численные эксперименты. Есть возможность создать своеобразный многомерный виртуальный мир струйной техники и подбирать удачные технические решения для реальной жизни с реальными производственными задачами. И есть основания утверждать, что будет из чего выбирать. В однопоточном эжекторе будем рассматривать один поток для рабочей среды, которую подают в сопло той или иной конструкции, и один поток для перекачиваемой среды, которую подают на вход камеры смешения, это может быть

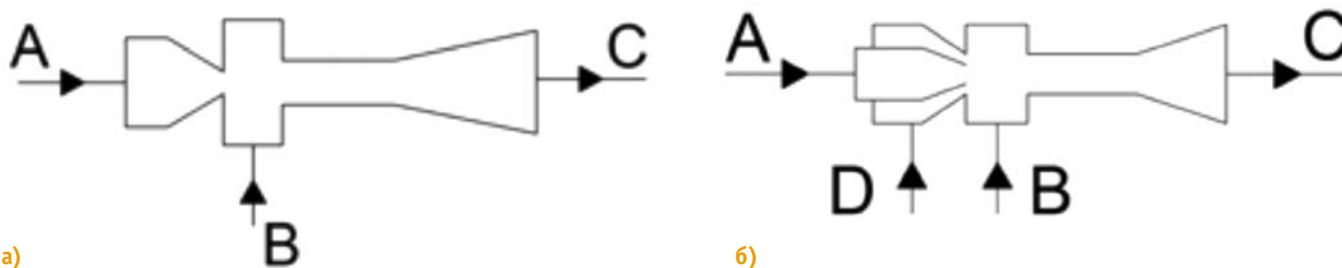


Рис. 1. Схемы: а) однопоточного ижектора; б) многопоточного ижектора

Таблица 1. Перечень тематических вопросов

№ п.п.	Рассматриваемый вопрос	Наличие информации (да/нет)	
		Однопоточный эжектор	Многopotочный эжектор
	Основы теории:		
1	Наличие формул для расчета КПД при перекачке жидкости, газа, газожидкостной смеси	да	нет
2	Наличие методик для подбора оптимального расстояния между соплом и камерой смешения	да	нет
3	Наличие методик для подбора оптимальной длины камеры смешения	да	нет
4	Наличие методик подбора диаметральных размеров сопла и камеры смешения	да	нет
5	Наличие методик для оценки влияния вязкости используемых текучих сред	да	нет
	Конструкторские работы		
6	Наличие принципиальных схем в патентной документации	да	да
7	Наличие широкой информации о практическом применении	да	нет

жидкость, или газ, или газожидкостная смесь. В многopotочном эжекторе будем рассматривать два или более потоков для перекачиваемой среды (или для рабочей среды), и важная особенность этих задач – начальные значения давления в потоках отличаются друг от друга. Но если начальные давления в потоках совпадают, то схема многopotочного эжектора может быть преобразована в схему однопоточного эжектора, и, таким образом, получается, что задача с однопоточным эжектором есть лишь частный случай от более общей задачи с многopotочным эжектором. Возможны варианты, где и для рабочей, и для перекачиваемой среды будут выделены по несколько каналов. На рисунке 1 схематично представлены варианты исполнений эжектора.

Чтобы подчеркнуть современное состояние изученности темы о многopotочном эжекторе, в таблице 1 представлены некоторые из обычных вопросов, которые рассматривают при создании струйных аппаратов.

Как видим, подтверждается принцип преемственности, и новые исследования предстоит строить на основе ранее накопленных знаний и в области однопоточного эжектора, и в области многopotочного эжектора. Пока известны только отдельные конструкторские и научные проработки по многopotочному эжектору [1,2], но главные вопросы пока даже не попали в справочники или учебники, хотя бы как возможный

вариант развития этой техники. Раньше для ответов на поставленные вопросы потребовались бы значительные затраты на исследования и постановку физических экспериментов, и главным образом по этой причине раньше финансировались только наиболее простые исследования с заранее предсказуемыми результатами. Сейчас, за счет компьютерного моделирования, без риска потерять значительные средства, есть возможность расширить область исследования струйной техники, продвигаясь в многомерном пространстве, которое занимают многopotочные машины, многopotочный эжектор в том числе.

Для перехода к многopotочному эжектору потребуется расширять и область изучения однопоточного эжектора. Так, для анализа характеристики однопоточного струйного насоса обычно ограничиваются диапазоном от точки с нулевым значением относительного расхода $q=0$, до точки с нулевым значением относительного напора $h=0$. Известны немногочисленные работы [3,4], где диапазон расширен в сторону $q=-1$. Современные численные эксперименты позволили авторам этой статьи заглянуть в область до значений $q=-2$ и в область до $h=-1$, что графически представлено на рисунке 2.

На заре развития теории струйных насосов жарко обсуждалась тема, как рассчитывать КПД струйного насоса. Для многopotочного эжектора еще только

предстоит решать эти вопросы, и весьма вероятно, что для каждой гидравлической схемы это будет отдельная теория. Сейчас ни в одном учебнике пока еще не представлены варианты исполнения многopotочного эжектора и формулы для расчета КПД, не говоря уже о более сложных вопросах.

В соответствии со схемой на рисунке 1, для однопоточного эжектора по известным данным можно записать выражение для расчета КПД (рассмотрим наиболее простой случай, работу эжектора в режиме струйного насоса, на однородных жидкостях):

$$\eta = Q_B / Q_A * (P_C - P_B) / (P_A - P_C),$$

здесь через Q обозначен объемный расход, P – давление на входе в канал с соответствующим индексом, согласно схеме.

Для многopotочного эжектора, по схеме на рисунке 1, можно предложить следующие формулы:

$$\eta = Q_B * (P_C - P_B) / (Q_A * (P_A - P_C) + Q_D * (P_D - P_C)),$$

если P_D больше или равен P_C ;

$$\eta = (Q_B * (P_C - P_B) + Q_D * (P_C - P_D)) / (Q_A * (P_A - P_C)),$$

если P_D меньше или равен P_C .

Если Q_D обращается в ноль, то рассматривается частный случай, который соответствует схеме однопоточного эжектора. Пока можно не поднимать вопрос о том, что возможны вариан-

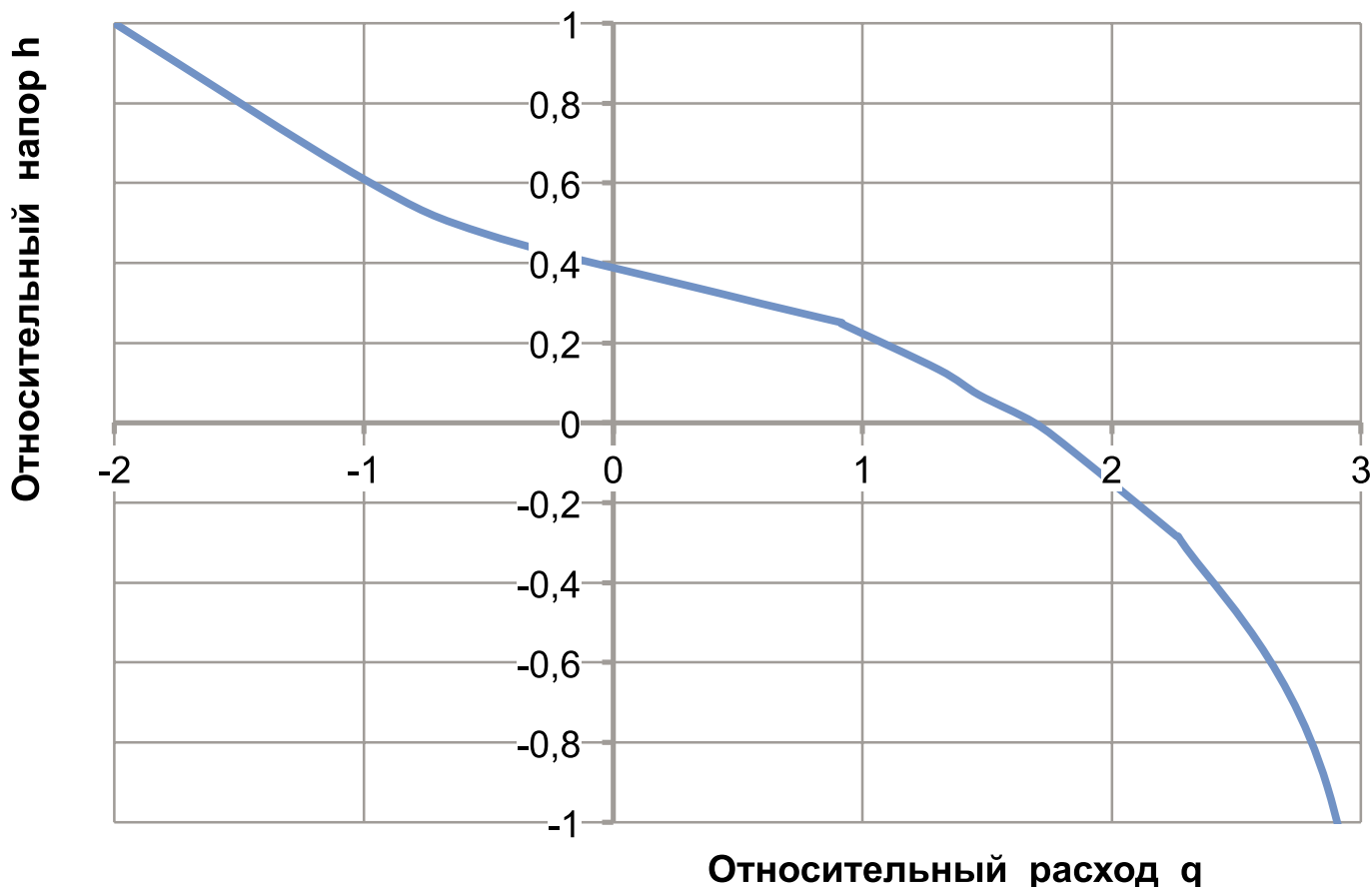


Рис. 2. Расчетная характеристика однопоточного струйного насоса

ты с несколькими каналами типа D ($D_1, D_2, D_3 \dots D_x \dots$). Но даже столь простые рассуждения показывают, что однопоточный эжектор и накопленные по этому вопросу знания являются лишь «частью» от «целого». А насколько велико это «целое»? Сегодня на этот вопрос, пожалуй, не ответит никто. Оппоненты могут задать вопрос: а зачем вообще изучать такие разнообразные варианты эжектора? Но разве не любопытно побывать в этом виртуальном мире цифр и схем? Ведь пока никто не доказал того, что там нет ничего полезного, а чтобы подобное доказать, надо было бы побывать там, по крайней

мере. Но есть и очевидные утверждения, говорящие в пользу развития этого направления техники: один многопоточный эжектор способен заменить два или три эжектора. Вот примеры, где может быть востребовано такое свойство эжектора: одновременно-раздельная эксплуатация продуктивных пластов; мультифазные насосные установки для совместной перекачки нефти и газа или для водогазового воздействия на продуктивные пласты. Один многопоточный эжектор позволяет заменить два или три обычных однопоточных эжектора, при этом уменьшается и количество трубопроводов, и количество силовых

насосов в гидравлической схеме, а это уменьшает габариты оборудования и его цену, повышается надежность работы системы управления. Теоретически возможно с применением одного многопоточного эжектора эксплуатировать и два, и три продуктивных пласта, при этом замена насоса (для ремонта или для корректировки режима работы) не потребует проведения подземного ремонта скважины. Такие уникальные возможности вполне могут заинтересовать производителей, а значит, представленное направление развития струйной техники видится весьма перспективным.

Литература:

1. US Patent 4847043. Steam-assisted jet pump. G21C 15/24. Date of patent: Jul. 11, 1989.
2. Елисеев В.Н. Разработка и исследование жидкоструйной компрессорной установки с регулируемым приводом // Дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - М: ГАНГ им. И.М. Губкина, 1997. – 149 с.
3. Брудный-Челядинов С.Ю. Теоретические и экспериментальные исследования турбобуров со струйными мультипликаторами расхода (со струйными аппаратами) для бурения глубоких скважин // Автореферат дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – М.: ВНИИБТ, 1971. – 20 с.
4. Брудный-Челядинов С.Ю., Иоаннесян Ю.Р. Некоторые вопросы теории применения струйных мультипликаторов расхода в турбобуре // Турбобуры с наклонной линией давления. Под общ. ред. Р.А. Иоаннесяна. – М.: Недра, 1969. – с. 40–55.

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