

# ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОСТРУЙНОГО АППАРАТА С ДИАФРАГМЕННЫМИ СОПЛАМИ И СОПЛАМИ ЛАВАЛЯ

УДК 622.279

**М.А. Сулейманов**, ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (Москва, РФ), [suleymanov.makhsud@gmail.com](mailto:suleymanov.makhsud@gmail.com)

**О.А. Цой**, ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», [tsoy.oshka@gmail.com](mailto:tsoy.oshka@gmail.com)

На сегодняшний день бóльшая часть месторождений природного газа характеризуется уменьшающейся добычей и осложненными условиями эксплуатации скважин. Это связано, в частности, с падением устьевого давления по сравнению с линейным давлением в системе сбора и подготовки скважинной продукции и поступлением значительного количества воды. Некоторые проблемы можно решить с помощью устьевых газоструйных аппаратов, которые позволяют продлить искусственное фонтанирование газовой скважины путем снижения противодействия на ее устье. Одновременное увеличение скорости потока скважинной продукции обеспечивает эффективный вынос поступающей воды с забоя. В качестве рабочего потока в насосе можно использовать газ из соседней скважины с более высоким устьевым давлением или из системы поддержания пластового давления.

Цель настоящей работы – изучение эффективности газоструйного аппарата и поиск оптимальных в отношении поставленных задач параметров его конфигурации. Приведены результаты комплексных экспериментальных исследований параметров откачки газа струей газа высокого давления газоструйными аппаратами с диафрагменными соплами и соплами Лавалья. Эмпирическим путем определена оптимальная конструкция газоструйного аппарата с цилиндрической камерой смешения для каждого типа сопла.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** СТРУЙНЫЙ АППАРАТ, ГАЗОСТРУЙНЫЙ АППАРАТ, ДИАФРАГМЕННОЕ СОПЛО, СОПЛО ЛАВАЛЯ, КАМЕРА СМЕШЕНИЯ.

Газоструйный аппарат (ГА) представляет собой равнофазный струйный аппарат (СА), в котором рабочий и эжектируемый потоки – это упругая среда (газ). Первое теоретическое описание протекающих в СА процессов основано на определении притока давления в проточной части и полной потери энергии при смешивании двух потоков с известными параметрами [1]. Однако с помощью данной теории невозможно провести корректный расчет СА в практических целях ввиду отсутствия рекомендаций по выбору рациональных геометрических характеристик и по оценке напорно-энергетических зависимостей [2]. Авторы [3] учитывают процессы газовой динамики в применении к теории газовых машин

и аппаратов и теории одномерных газовых течений, на которой базируются методы расчета лопаточных машин, реактивных двигателей, аэродинамических труб, эжекторов и испытательных стендов. В работах [4–6] сопоставлены модели процессов в ГА различной конструкции в целях оптимизации размеров проточных частей и увеличения коэффициента полезного действия (КПД) аппарата.

Вышеперечисленные методики расчета ГА очень громоздки и зачастую сложны для применения. В них практически отсутствует подтвержденная экспериментально информация об оптимальных размерах проточных частей ГА, а имеющиеся данные противоречивы. Например, авторы [2] рекомендуют выбирать длину камеры

смешения (КС) ГА, равную 6–8 ее диаметрам, тогда как в [4] – от 8 до 12 диаметров.

В нефтегазовой промышленности для расчета ГА применяют разработанную в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» методику, основанную на уравнениях [2, 4]. Режим работы ГА характеризуют безразмерными коэффициентами: степенью расширения, которая представляет собой отношение давления перед соплом ( $P_{раб}$ ) к давлению в приемной камере (ПК) ( $P_{пр}$ ), и степенью сжатия – отношение давления на выходе СА ( $P_{см}$ ) к давлению в ПК.

На сегодняшний день успешно прошли опытно-промысловые испытания технологической схемы снижения устьевого давления газовых скважин с применением ГА [7].

**M.A. Suleymanov**, National University of Oil and Gas «Gubkin University» (Moscow, the Russian Federation), [suleymanov.makhsud@gmail.com](mailto:suleymanov.makhsud@gmail.com)

**O.A. Tsoy**, National University of Oil and Gas «Gubkin University», [tsoy.oshka@gmail.com](mailto:tsoy.oshka@gmail.com)

### Examination of a gas-jet device with diaphragm and convergent-divergent nozzles

The current state of natural gas fields is characterized by production decline and complicated operating conditions. These issues are particularly associated with wellhead pressure drop compared to the pressure in the system for gathering and treatment of well products, as well as with large water inflow. Some issues can be resolved using wellhead gas-jet devices that make it possible to extend the artificial blow-out by reducing the wellhead backpressure. A simultaneous increase in well product flow rate ensures the effective production of bottom-hole water. It is proposed to utilize gas from a neighboring well (with higher wellhead pressure) or formation pressure maintenance system as the working flow in the pump.

The study aims to research the effectiveness of the gas-jet device and its optimal design concerning the tasks in hand. The paper presents the results of an integrated experimental study of the performance of gas-jet devices with diaphragm and convergent-divergent nozzles for gas pumping by the high-pressure gas flow. Empirical results have revealed that the optimal design of a gas-jet device for each type of nozzles is with a cylindrical mixing chamber.

**KEYWORDS:** JET DEVICE, GAS-JET DEVICE, DIAPHRAGM NOZZLE, CONVERGENT-DIVERGENT NOZZLE, MIXING CHAMBER.

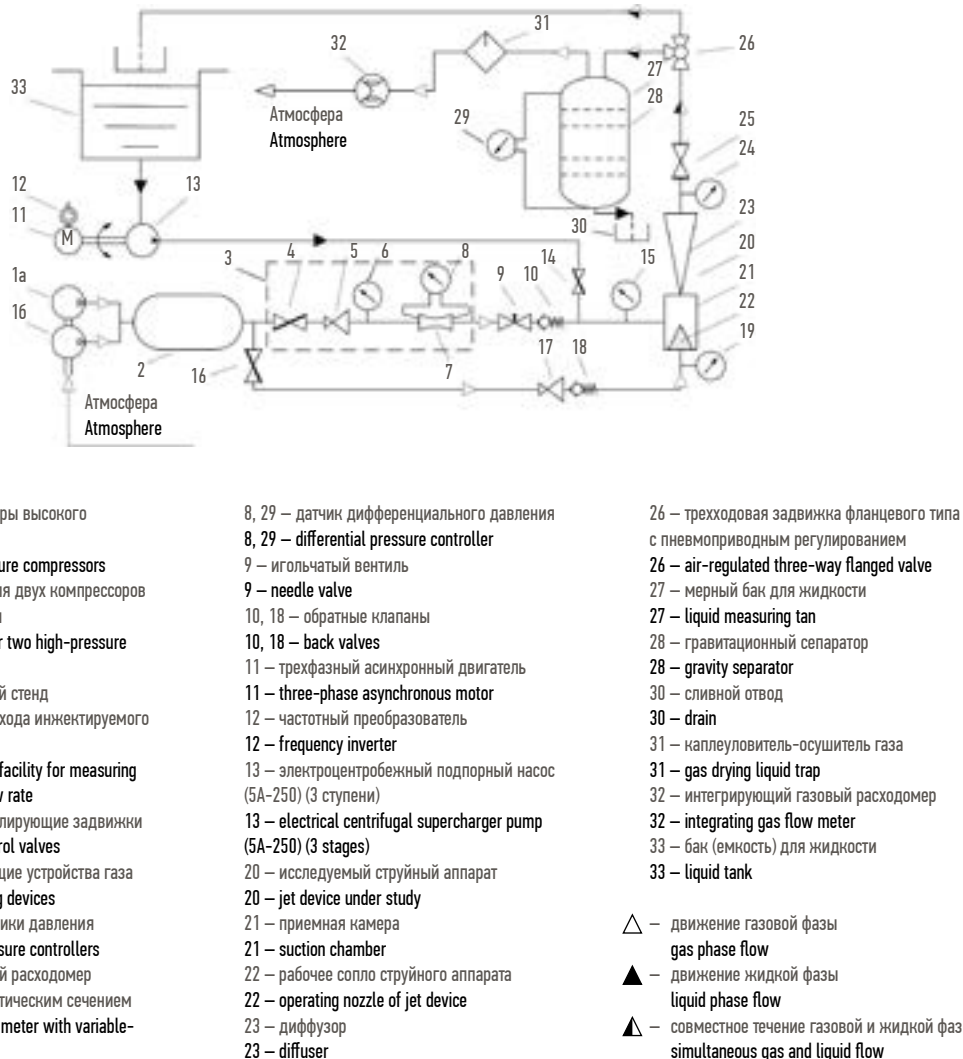


Рис. 1. Схема испытательного стенда для исследования струйного аппарата  
Fig. 1. PFD of the jet device test facility

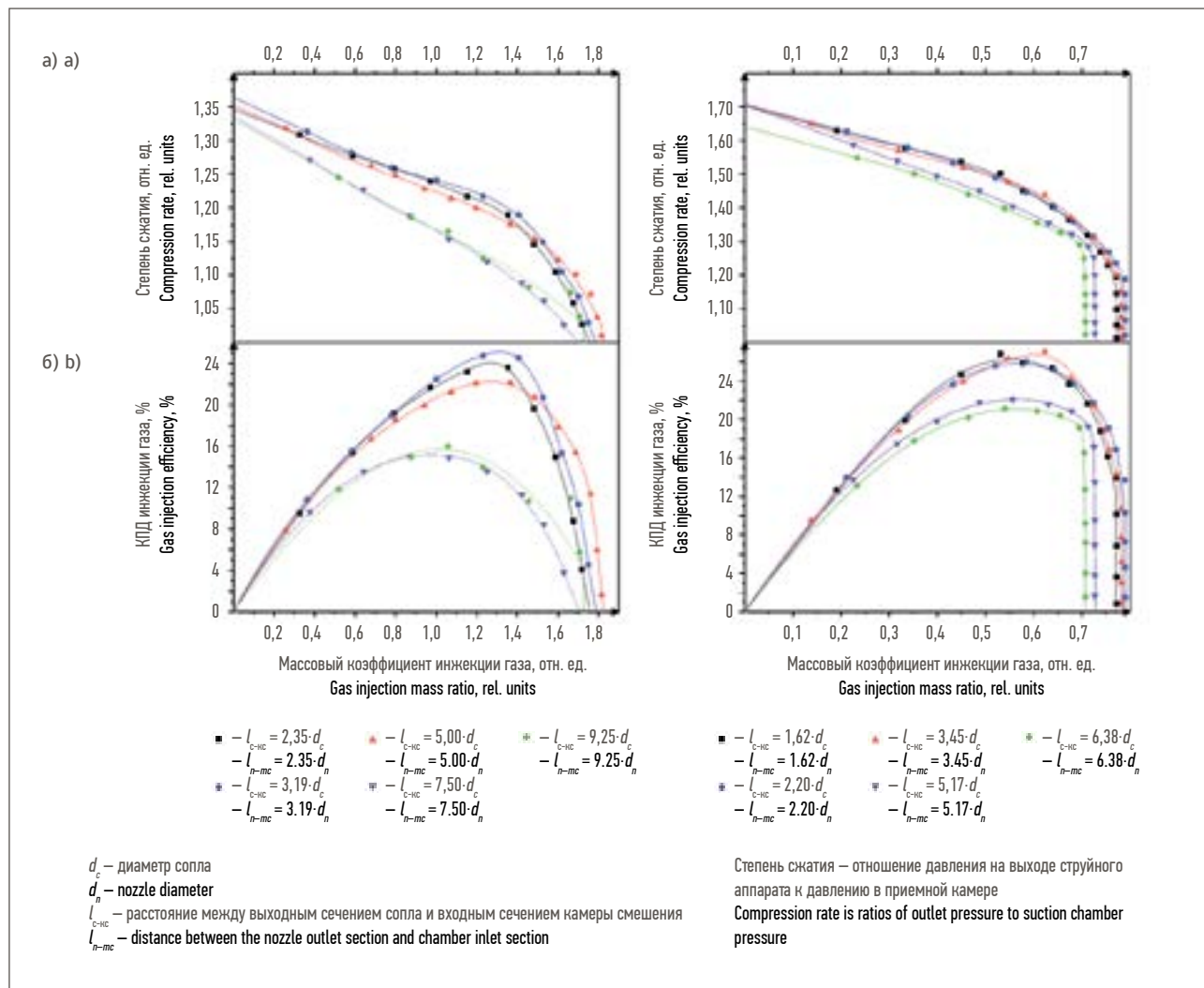


Рис. 2. Напорные и энергетические характеристики работы газоструйного аппарата с камерой смешения диаметром 6,2 мм при рабочем давлении (давлении перед соплом) 0,7 МПа, степени расширения 4 с диафрагменным соплом диаметром: а) 2,0 мм; б) 2,9 мм

Fig. 2. Head-capacity and power curves of the gas-jet device with 6.2 mm mixing chamber at 0.7 MPa operating pressure (before-nozzle pressure), expansion ratio=4, with diaphragm nozzle: a) 2.0 mm in diameter; b) 2.9 mm in diameter

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на модифицированном стенде (рис. 1) в лаборатории кафедры разработки и эксплуатации нефтяных месторождений ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина». Данный стенд позволяет использовать в качестве эжектируемой среды газ, жидкость и их смесь, а также изменять значения давления рабочего, пассивного и смешанного потоков. Два компрессора высокого давления 1а, 1б обеспечивают высокий расход газа как для рабочего, так и для пассивного потоков и в сочетании с редуцирующими устройствами 5, 17 позволяют получить

необходимый диапазон давлений. Частотный преобразователь 12 дает возможность ступенчато изменять обороты вала электродвигателя, тем самым регулировать давление инжектируемой жидкости. Конфигурацию приведенной конструкции СА можно модифицировать, заменяя исследуемые сопла, КС и диффузоры, а также регулировать расстояние между выходными сечениями сопла и КС за счет резьбового соединения гайки для установки сменных сопел. Блочная конструкция КС и диффузора позволяет варьировать их длину (для КС – от 5 до 33 калибров).

Методика измерения напорно-энергетических характеристик ГА заключалась в следующем. После открытия регулирующей задвижки 16 и установки значения давления рабочего потока на манометре 19 редуцирующим устройством газа 17 рабочий поток поступал в сопло и далее в КС. При этом в ПК среда была разряжена (манометр 15). Далее открывали регулирующую задвижку 4 и игольчатый вентиль 9 и редуцирующим устройством газа 5 устанавливали величину давления пассивного потока на манометре 15 так, чтобы обеспечить необходимую степень расширения ( $P_{раб}/P_{пв}$ ). Пассивный поток поступал

Таблица 1. Коэффициент корреляции зависимости КПД от геометрических параметров газоструйного аппарата  
Table 1. Correlation coefficient of efficiency dependence on the geometry of a gas-jet device

$\frac{f_{КС}}{f_c} \cdot \frac{f_{mc}}{f_n}$	$\frac{l_{c-КС}}{d_c}$	$\frac{l_{c-КС}}{d_c} \cdot \frac{l_{n-mc}}{d_n}$	$\frac{d_c}{l_{c-КС}}$	$d_n^{l_{c-КС}}$	$\frac{l_{c-КС}^{d_n}}{l_{n-mc}^{d_n}}$	$\frac{l_{c-КС}}{(f_{КС}/f_c)}$	$\frac{l_{c-КС}}{f_c} \cdot \frac{f_{mc}}{f_n}$	$\frac{(f_{КС}/f_c)}{l_{c-КС}}$
Диафрагменные сопла Diaphragm nozzles								
-0,50	-0,93	-0,49	0,76	-0,11	-0,11	-0,24	-0,95	0,32
Сопла Лавалья Convergent-divergent nozzles								
-0,21	-0,91	-0,86	0,83	-0,48	-0,59	-0,68	-0,79	0,55

\* Примечание. d – диаметр; f – площадь сечения; l – расстояние; КС – камера смешения; с – сопло.  
\* Note. d – diameter; f – section area; l – distance; mc – mixing chamber; n – nozzle.

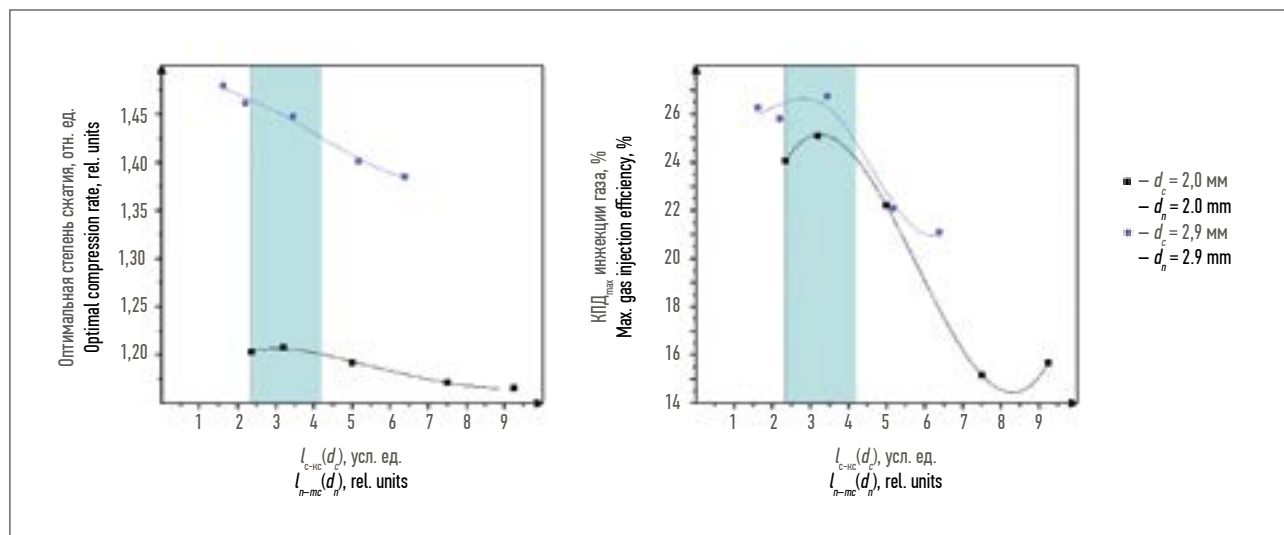


Рис. 3. Напорные и энергетические характеристики работы газоструйного аппарата с диафрагменными соплами  
Fig. 3. Head-capacity and power curves of the gas-jet device with diaphragm nozzles

в ПК, где подхватывался струей рабочего потока. В ГА происходил энергообмен между рабочей и инжектируемой средами, в результате чего образовывался смешанный поток, который проходил через регулируемую задвижку 25 и сбрасывался в емкость для жидкости 33. Регулирующей задвижкой 25 устанавливали требуемую степень сжатия ( $P_{см}/P_{пр}$ ). После того как ГА выходил на стационарный режим, трехходовую задвижку переводили в положение для направления смешанного потока в мерный бак для жидкости 27 и сбрасывания газа в атмосферу. Параметры работы СА фиксировали, трехходовую кран переключали в прежнее положение и регули-

рующей задвижкой 25 повышали давление смеси на манометре 24, тем самым устанавливая больший уровень степени сжатия. При этом необходимо было убедиться в том, что значения давления на манометрах 19 ( $P_{раб}$ ) и 15 ( $P_{пр}$ ) оставались постоянными. Трехходовой кран снова переводили в мерный бак и фиксировали новый набор данных. Процедуру повторяли несколько раз до тех пор, пока расход пассивного газа не приближался к нулю. Исследовали ГА с цилиндрической КС и диффузором длиной 100 мм (угол раскрытия 9°). В качестве рабочего сопла использовали диафрагменные сопла и сопла Лавалья.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ**

*Влияние расстояния от выходного сечения рабочего сопла до входного сечения в КС на работу ГА*

Для повышения КПД необходимо найти оптимальное расстояние от выходного сечения сопла до входа в КС. При удалении рабочего сопла от КС увеличивается площадь сечения расширяющейся струи на ее входе, которое может оказаться больше сечения КС, и, следовательно, внешняя часть струи не будет проходить в КС, образуя турбулизацию (завихрения) в ПК аппарата. В результате эффективность СА падает за счет энергетических потерь, возникающих вследствие завихрений. Для конических сопел согласно

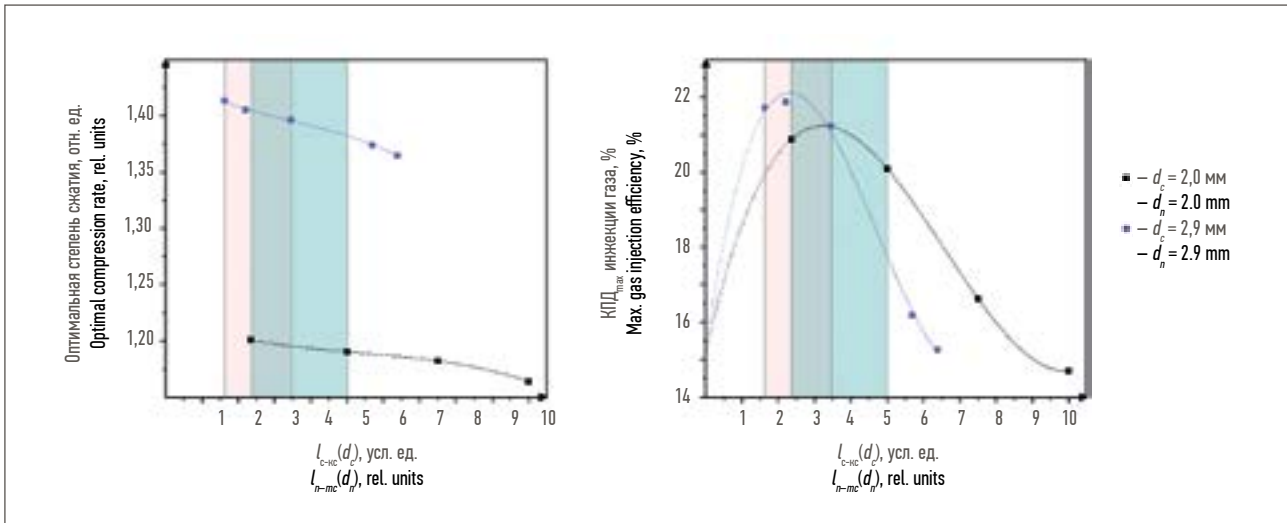


Рис. 4. Напорные и энергетические характеристики работы газоструйного аппарата с соплами Лаваля  
Fig. 4. Head-capacity and power curves of the gas-jet device with convergent-divergent nozzles

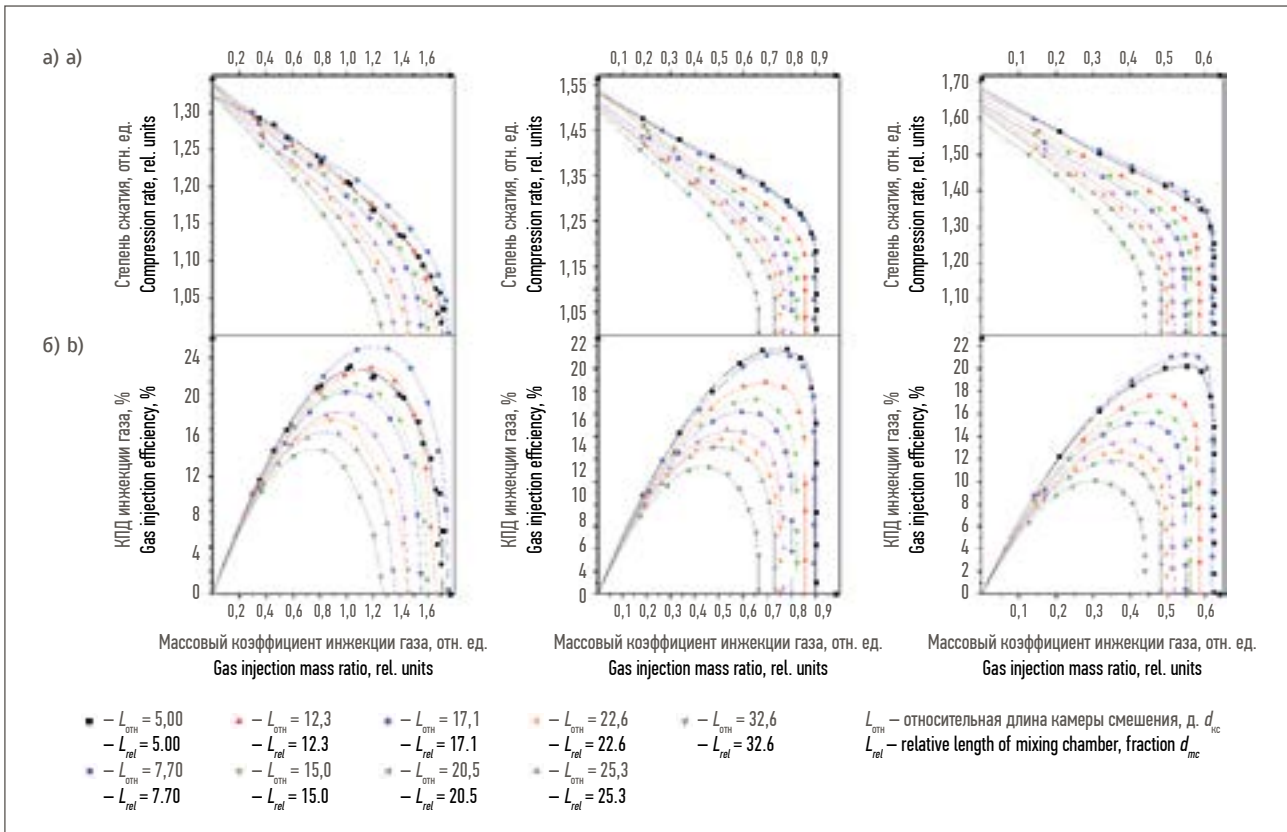


Рис. 5. Напорные и энергетические характеристики работы газоструйного аппарата с соплами Лаваля диаметром:  
а) 2,0 мм; б) 2,6 мм; в) 2,9 мм  
Fig. 5. Head-capacity and power curves of the gas-jet device with convergent-divergent nozzles: а) 2.0 mm in diameter;  
б) 2.6 mm in diameter; в) 2.9 mm in diameter

[4, 8, 9] рекомендуется, чтобы расстояние между выходным сечением сопла и входным сечением КС было равно или стремилось к нулю:  $l_{c-кв} \cong 0$ . Результаты изучения этого вопроса для диафрагменных

сопел и сопел Лаваля в литературе не представлены, поэтому в настоящей работе исследованы только они.

Согласно полученным экспериментальным данным (рис. 2)

с увеличением критического диаметра диафрагменных сопел расширяется область кавитационной работы ГА. С уменьшением расстояния от выходного сечения сопла до входного сечения КС на-

Таблица 2. Оптимальная конфигурация газоструйных аппаратов  
Table 2. Optimal design of gas-jet devices

Виды сопел Nozzle types	Параметры Parameters	
	Относительное расстояние от выходного сечения сопла до входного сечения КС ( $l_{c-кc}/d_{кc}$ ) Relative distance between the nozzle outlet section and MC inlet section ( $l_{n-mc}/d_{mc}$ )	Относительная длина камеры смешения ( $l_{кc}/d_{кc}$ ) Relative length of mixing chamber ( $l_{mc}/d_{mc}$ )
Диафрагменные сопла Diaphragm nozzles	2,35–4,20	6,5–9,0
Сопла Лавала Convergent-divergent nozzles	2,35–5 ( $d_r^* = 3,1$ )	6,5–9,0
	1,62–3,45 ( $d_r = 2,14$ )	

\* *Примечание.*  $d_r$  – отношение диаметра камеры смешения к критическому диаметру сопла.  
\* *Note.*  $d_r$  – Ratio of mixing chamber diameter to nozzle throat diameter.

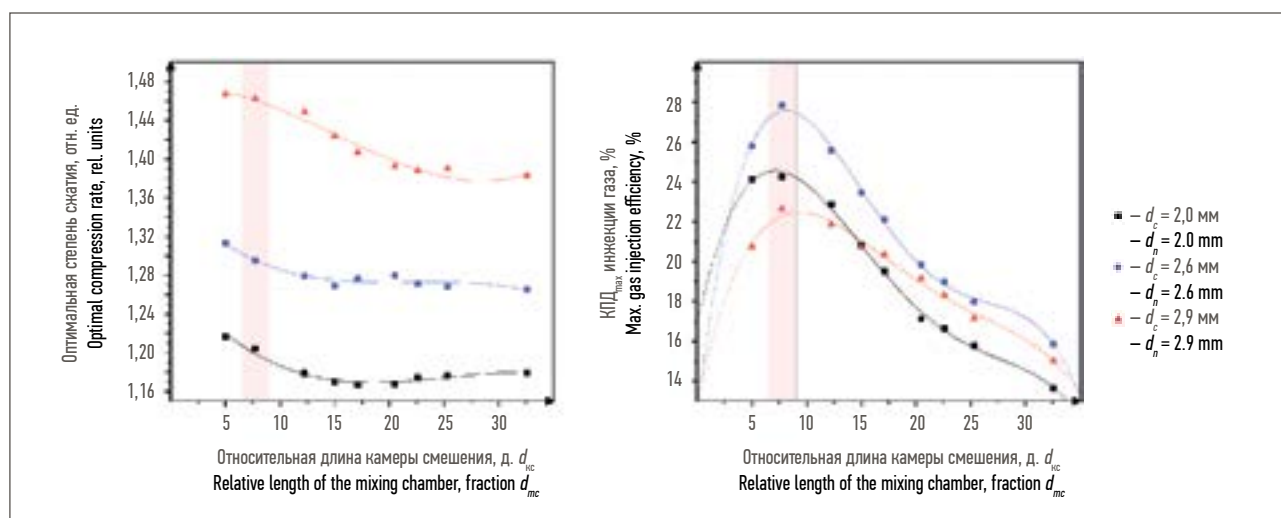


Рис. 6. Напорные и энергетические характеристики работы газоструйного аппарата с диафрагменными соплами  
Fig. 6. Head-capacity and power curves of the gas-jet device with diaphragm nozzles

блюдается значительный рост КПД при слабовыраженных изменениях напора ГА. В обоих случаях увеличивается массовый коэффициент инжекции, поскольку смешение сред сопровождается меньшими энергетическими потерями.

Для обезразмеривания расстояния от выходного сечения сопла до входного сечения КС различные исследователи используют разные геометрические параметры СА: в [2] это диаметр КС, у других авторов – диаметр сопла ( $d$ ). Для того чтобы доказательно обосновать выбор геометрического параметра, в настоящей работе провели линейный корреляционный анализ Пирсона КПД, который позволил установить взаимосвязь между КПД СА и геометрическими параметрами

аппарата для обоих типов сопел (табл. 1). Согласно полученным результатам при обезразмеривании расстояния от выходного сечения рабочего сопла до входного сечения КС можно рекомендовать использовать диаметр сопла.

Для удобства анализа данных напорно-энергетические характеристики работы ГА перестроили в координатах  $f = (l_{c-кc}(d_c); (P_{см}/P_{пр})_{opt})$  и  $f = (l_{c-кc}(d_c); КПД_{max})$  (рис. 3, 4). После обработки полученных результатов путем однофакторного дисперсионного анализа с уровнем значимости  $\alpha = 0,05$  и распределением Фишера определили оптимальный диапазон расстояния до КС: для диафрагменных сопел –  $l_{c-кc} = 2,35-4,2 \cdot d_c$ ; для сопел Лавала –  $l_{c-кc} = 2,35-5 \cdot d_c$  при  $d_r = 3,1$

( $d_r$  – отношение диаметра КС к критическому диаметру сопла) и  $l_{c-кc} = 1,62-3,45 \cdot d_c$  при  $d_r = 2,14$ . Отсюда следует, что с увеличением критического сечения сопла Лавала рекомендуется устанавливать его ближе КС.

*Влияние длины проточной части ГА на характеристики его работы*

Немаловажную роль в определении эффективности работы СА играет размер и форма КС. Ее основная цель – перемешивание и выравнивание скоростей рабочего и инжектируемого потоков.

Изначально КС имела форму цилиндра с длиной в 1,0–1,5 ее диаметра [10]. Согласно более детальным исследованиям [2, 11–13] для выравнивания поля скоростей

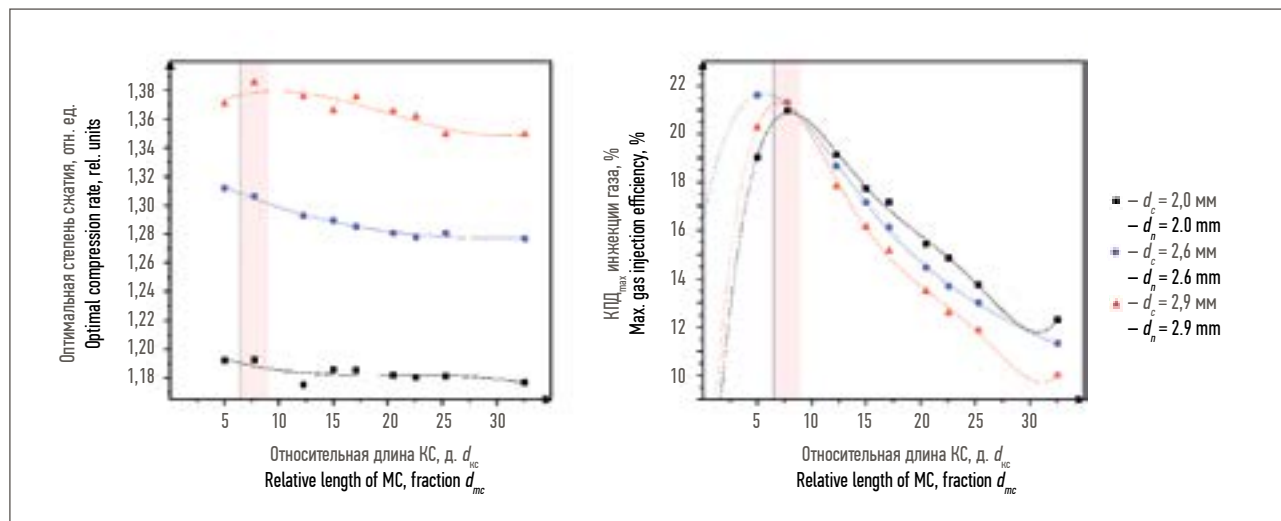


Рис. 7. Напорные и энергетические характеристики работы газоструйного аппарата с соплами Лавала  
Fig. 7. Head-capacity and power curves of the gas-jet device with convergent-divergent nozzles

активного и пассивного потоков длина КС должна составлять 6–8 ее диаметров. Такие параметры в [2] рекомендуют для всех типов СА. Отмечается, что при увеличении длины КС процесс перемешивания и выравнивания скоростей заканчивается задолго до выходного сечения и доля энергии смешанного потока тратится на преодоление трения о стенку оставшейся части. При короткой КС перемешивание не происходит там полностью, оно продолжается в диффузоре, на что тратится больше энергии.

На графиках (рис. 5) виден широкий спектр напорно-энергетических характеристик с общей чертой: все они сходятся в начале координат. С уменьшением относительной длины КС  $L_{отн}(d_{кс})$  до определенного значения:

- повышается максимальная величина КПД ГА;
- увеличивается напор;
- расширяется кавитационная область работы аппарата;
- растет массовый коэффициент инжекции.

Также необходимо заметить, что с уменьшением этого параметра до определенного значения увеличивается кавитационная об-



ласть работы тем значительнее, чем больше диаметр сопла.

Однако, начиная с  $L_{отн}(d_{кс}) = 7,70 \cdot d_{кс}$  для диафрагменных сопел диаметром 2,0 и 2,6 мм, а для сопел диаметром 2,9 мм – с  $L_{отн}(d_{кс}) = 12,3 \cdot d_{кс}$ , режим работы СА нарушается и его эффективность падает. Это можно объяснить тем, что при малой относительной длине КС энергообмен между активным и пассивным потоками не успевает завершиться в КС и продолжается в диффузоре.

На рис. 6, 7 графики перестроены в координатах  $f = (L_{отн}; КПД_{max})$  и  $f = (L_{отн}; (P_{см}/P_{пр})_{opt})$ . Экспериментальные данные экстраполировали полиномами пятой степени. Для всех функций коэффициент корреляции составил больше 0,95,

а их адекватность подтверждается критерием Фишера:  $F_{факт} \geq F_{теор}$ . Также провели однофакторный дисперсионный анализ с уровнем значимости  $\alpha = 0,05$  и распределением Фишера. На основании экспериментальных исследований и анализа полученных данных можно сделать вывод о том, что для сопел Лавала, как и для диафрагменных сопел, оптимальная длина КС лежит в пределах 6,5–9,0 ее диаметров.

## ВЫВОДЫ

В настоящей работе определена оптимальная конфигурация СА с цилиндрической КС при откачке газовой фазы струей высоконапорного газа и использовании диафрагменных сопел и сопел Лавала (табл. 2). Однако для широкого внедрения ГА для добычи газа и газового конденсата необходимо накопить большой массив экспериментальных данных по эжектированию газа в присутствии жидкой фазы (газожидкостных смесей). Перспективным направлением в увеличении эффективности ГА можно считать использование многоствольных сопел, увеличивающих площадь контакта рабочего и эжектируемого потоков. ■

## ЛИТЕРАТУРА

1. Zeuner G. Lokomotiven-Blasrohr. Zürich: Meyer & Zeller, 1863.
2. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. М.: Госэнергоиздат, 1989.
3. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. Ч. 1. М.: Наука, 1991.

- Александров В.Ю., Климовский К.К. Оптимальные эжекторы (теория и расчет). М.: Машиностроение, 2012.
- Васильев Ю.Н. Теория сверхзвукового газового эжектора с цилиндрической камерой смешения // Лопаточные машины и струйные аппараты. М.: Машиностроение, 1967. С. 171–235.
- Аркадов Ю.К. Новые газовые эжекторы и эжекционные процессы. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.
- Fedorov A., Ibatulin A. Increasing of operation efficiency of low pressure gas wells by using of gas-jet device's // Proc. SPE Russian Petroleum Technol. Conf. Moscow: SPE, 2018. SPE 191733-18RPTC-RU.
- Цегельский В.Г. К теории газовых эжекторов с цилиндрической и конической камерами смешения // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2012. № 2 (623). С. 46–71.
- Fedorov A.E., Verbitsky V.S., Goridko K.A. Experimental studies and analysis of gas-jet device's operation characteristics for oil and gas production in abnormal operating conditions // Proc. SPE Russian Technol. Conf Exhibition. Moscow: SPE, 2016. SPE 181956-RU.
- Ржаницын Н.А. Водоструйные насосы (гидроэлеваторы). М.: ГОНТИ, 1938.
- Подвидз Л.Г., Кирилловский Ю.Л. Расчет струйных насосов и установок // Труды ВНИИГидромаш. 1968. № 38. С. 44–96.
- Каменев П.Н. Смешение потоков. М.: ГОНТИ, 1936.
- Цепляев Ю.А., Захарченко И.П., Каган Я.М. Применение струйных насосов для добычи нефти // Нефтяное хозяйство. 1987. № 9. С. 34–36.

#### REFERENCES

- Zeuner G. *Lokomotiven-Blasrohr*. Zürich: Meyer & Zeller; 1863. (In German)
- Sokolov EYa, Zinger NM. *Jet Devices*. Moscow: Gosenergoizdat; 1989. (In Russian)
- Abramovich GN. *Applied Gas Dynamics*. Part 1. Moscow: Nauka; 1991. (In Russian)
- Aleksandrov VYu, Klimovskiy KK. *Optimal Ejectors (Theory and Calculation)*. Moscow: Mashinostroyeniye; 2012. (In Russian)
- Vasilyev YuN. Theory of a supersonic gas ejector with a cylindrical mixing chamber. In: Kolosov MA (ed.) *Impeller Machines and Jet Devices*. Moscow: Mashinostroyeniye; 1967. p. 171–235. (In Russian)
- Arkadov YuK. *New Gas Ejectors and Ejection Processes*. Moscow: FIZMATLIT; 2001. (In Russian)
- Fedorov A, Ibatulin A. Increasing of operation efficiency of low pressure gas wells by using of gas-jet device's. In: Society of Petroleum Engineers (SPE) *Proceedings of SPE Russian Petroleum Technology Conference, 15–17 October, Moscow, Russia*. Moscow: SPE; 2018.
- Tsegelskiy VG. On the theory of gas ejectors having cylindrical and conical mixing chambers. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering = Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Mashinostroyeniye*. 2012; 623(2): 46–71. (In Russian)
- Fedorov AE, Verbitsky VS, Goridko KA. Experimental studies and analysis of gas-jet device's operation characteristics for oil and gas production in abnormal operating conditions. In: *SPE Proceedings of SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition, 24–26 October, Moscow, Russia*. Moscow: SPE; 2016.
- Rzhanitsyn NA. *Water-Jet Pumps (Hydraulic Elevators)*. Moscow: GONTI; 1938. (In Russian)
- Podvidz LG, Kirillovskiy YuL. Calculation of jet pumps and facilities. In: *Proceedings of VNIIGidromash*. Vol. 38. 1968; p. 44–96. (In Russian)
- Kamenev PN. *Flow Mixing*. Moscow: GONTI; 1936. (In Russian)
- Tseplyaev YuA, Zakharchenko IP, Kagan YaM. Application of jet pumps for oil production. *Oil Industry = Neftyanoe khozaystvo*. 1987; (9): 34–36. (In Russian)

ОРГАНИЗАТОР



УФА, РОССИЯ  
14–16 АПРЕЛЯ  
**2020**  
ОТЕЛЬ CROWNE PLAZA

СРЕДИ КЛЮЧЕВЫХ  
УЧАСТНИКОВ



БАШНЕФТЬ

СПОНСОРЫ:

**Axens**  
Powering integrated solutions

**Honeywell**  
UOP

## Russia & CIS BBTC

14-я Конференция и выставка  
России и стран СНГ по технологиям  
переработки нефтяных остатков

#### КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ КОНФЕРЕНЦИЙ

- Обзор отрасли и рынков
- Как оставаться конкурентоспособным в современных условиях
- Последствия IMO 2020
- Инновации
- Обзор технологий и процессов
- Растущее значение интеграции с нефтехимией
- Существующие и будущие проекты



В церемонии открытия примет участие вице-президент  
по нефтепереработке «РОСНЕФТЬ» Александр Романов.

Зарегистрируйтесь на  
[www.europetro.ru](http://www.europetro.ru)  
+7 (495) 517-77-09  
[moscow@europetro.com](mailto:moscow@europetro.com)

## RU-CAT

2-я Конференция  
России и стран СНГ  
по технологиям катализа

- Обзор рынка катализаторов
- Катализаторы для технологий ФКК
- Катализаторы для комплексов гидропроцессинга
- Производство топлив и ароматических углеводородов
- Катализаторы для нефтегазохимических производств
- Управление катализаторами, НИР, методы анализа и разработка катализаторов

#### 2 ЭКСКУРСИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯ:

- «Башнефть-Уфанефтехим»
- ООО «РН-Кат», специализированный завод ПАО НК «Роснефть» по производству катализаторов в Стерлитамаке