

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ
ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

3 (423)

МАМЫР – МАУСЫМ 2017 ж.
МАЙ – ИЮНЬ 2017 г.
MAY – JUNE 2017

ЖУРНАЛ 1940 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1940 г.
THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940.

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы

э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғыстан)
Беспәев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Бұлат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.Х. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология мен техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18, <http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыра көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р

д. э. н., профессор, член-корреспондент НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.Х. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Казахстан)
Кожаметов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

<http://наука-нанрк.kz/geology-technical.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

E d i t o r i n c h i e f

doctor of Economics, professor, corresponding member of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.Kh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kenzhaliyev B.K. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoyev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 3, Number 423 (2017), 143 – 150

B. T. Ratov, B. V. Fedorov, B. F. Sabirov, D. R. Korgasbekov

NAE Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

**RESEARCH PARAMETERS OF AN EJECTOR KNOT OF DEVICE
FOR CORING FROM DEEP WELL**

Abstract. In this paper was described about construction of the stand for laboratory researches parameters of a circular ejector pump to improve the construction knot for coring from oil wells. The ejector pump supports to realize reverse flow in the core receiver and prevent self-jamming of core.

Providing for coring device to reduce the thickness of bottomhole is equipped nozzles and mixing chambers. The dependencies are installed between the sizes of circular and slit sections of nozzle equal area on the differential pressure in the ejector, and the dependence of the ejection coefficient are installed ratio of cross sections of the mixing chambers and corresponding nozzle devices.

During pumping out fluid with the same flow rate through out of the circular and slit nozzle having a same cross-sectional areas, the slit nozzle has loss pressure 5-10 per cent more than the circular nozzle has, however using of the slit nozzle enables the drill to form a ring culling of smaller width, which reduces the energy consumption the core drilling-out.

The necessary (equivalent to the slit nozzle) nozzle diameter was determined experimentally in a circular ejector according to the differential pressure at different flow workflow. The impact ratio of areas of chambers the displacement F_{chd} and nozzle F_n was used on the ejection coefficient F_e and differential pressure. It was established that the quantity of the circular ejector F_e has a maximum at $F_{chd} / F_n \approx 2,8$, a differential pressure decreases with increasing ratio. The dependencies allow to determine the main design parameters of the core drill, equip it with a circular ejector and improve core recovery in drilling of fractured rocks.

Keywords: core, ejector pump, drilling head, konfuzor, diffuser, fitting, drilling mud

УДК 622.24.658.58.

Б. Т. Ратов, Б. В. Федоров, Б. Ф. Сабиров, Д. Р. КоргасбековНАО Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,
Алматы, Казахстан**ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЖЕКТОРНОГО УЗЛА
УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТБОРА КЕРНА ИЗ ГЛУБОКИХ СКВАЖИН**

Аннотация. Приведено описание конструкции станда для лабораторных исследований параметров кольцевого эжекторного насоса с целью определения перспектив оснащения этим конструктивным узлом снаряда для отбора керна из нефтегазовых скважин. Эжекторный насос обеспечит реализацию обратного потока в керноприемнике и предотвратит самозаклинивание керна.

В кольцевом эжекторном насосе при оснащении его керноотборочным снарядом для уменьшения толщины выбуриваемого кольцевого забоя предусмотрены сопла и камеры смешения щелевой формы. Установлены зависимости между размерами сечения круглого и щелевого сопла одинаковой площади от перепада давления в эжекторе, а также зависимость коэффициента эжекции от соотношения поперечных сечений щелевых камер смешения и соответствующих сопловых аппаратов.

При прокачивании жидкости с одинаковым расходом через щелевое и круглое сопло, с имеющим одинаковые площади поперечных сечений, потери давления в щелевом сопле будут на 5-10% больше в срав-

нении с круглой, однако применение щелевого сопла позволит буровому снаряду формировать кольцевой забой меньшей ширины, что уменьшит энергоемкость выбуривания керна.

Экспериментально определен необходимый (эквивалентный щелевому соплу) диаметр сопла в кольцевом эжекторе в зависимости от перепада давления при различных расходах рабочего потока. Использовано влияние соотношения площадей камер смещения $F_{\text{ксм}}$ и сопла $F_{\text{кс}}$ на коэффициент эжекции F_3 и перепад давления. Установлено, что для кольцевого эжектора величина F_3 имеет максимум при $F_{\text{ксм}} / F_{\text{кс}} \approx 2,8$, а перепад давления падает с увеличением упомянутого соотношения. Экспериментально найденные зависимости позволяют определить основные конструктивные параметры колонкового бурового снаряда, оснастить его кольцевым эжектором и повысить вынос керна при бурении трещиноватых пород.

Ключевые слова: керн, эжекторный насос, бурголовка, конфузор, диффузор, штуцер, буровой раствор.

Введение. Условия отбора керна из нефтегазовых скважин отличаются от опробования при поисково-разведочном бурении на твердые полезные ископаемые. Эти различия заключаются в большем диаметре и глубине нефтегазовых скважин, увеличения ширины формируемого кольцевого забоя, что требует больших расходов бурового раствора и давления его нагнетания для исключения зашламования скважины.

Для возбуждения обратного потока в снарядах для отбора керна из нефтегазовых скважин предлагается оснастить упомянутые снаряды кольцевым эжекторным насосом. Такая форма последнего предлагалась ранее, в технических решениях, направленных на усиление притока флюидов из слабонапорных пластов [1]. В пользу такого предложения говорит сама форма эжектора, дающая возможность без проблем пропускать керн. Для проведения экспериментов был изготовлен специальный стенд, имитирующий предлагаемый колонковый снаряд и показанный на рисунке 1. Поперечные размеры стенда-имитатора (диаметр корпуса и внутренний диаметр керноприемника) соответствуют бурголовке КАП 138/52. Основным узлом стенда является кольцевой эжектор, состоящий из двух колец 1 и 2, отстоящих друг от друга на определенном расстоянии и скрепленных шестью каналами 3, предназначенными для подвода промывочной жидкости (рисунки 1, 2). В нижнем кольце 2 размещены шесть сопловых аппаратов 4 со щелевыми соплами 5 (рисунок 1), а в верхнем кольце 1 – согласно с соплами такой же щелевой формы, шесть аппаратов смещения, состоящих из конфузоров 6, смесителей 7 и диффузоров 8.

Стенд снабжен имитаторами керна разной длины (от 0,2 м до 1,6 м). На наружной трубе 15, имитирующей стенки скважины, на расстоянии 1,4 м выполнены два отверстия, в которые вставлены штуцеры В и С для подсоединения трубок дифференциальных манометров (на рисунке 1 не показаны). На боковой поверхности трубы – имитатора 15 размещены по образующей шесть сквозных штуцеров 20 для установки манометров с целью замера давления эжектируемого потока, движущегося по кольцевому каналу между имитатором керна 19 и колонковой трубой 12. Кроме того, вмонтированной штуцер 21 служит для установки манометра, измеряющего давление жидкости в нижней кольцевой камере перед поступлением потока в сопла, и штуцер 23 для монтажа манометра, измеряющего давление жидкости после того, как она пройдет через сопловые аппараты. Для имитации гидростатического давления бурового раствора в скважине служит запорный вентиль 23.

Задачей исследований на первом этапе является установление связи между диаметрами сопел кольцевого эжектора и перепадом давления в струйном насосе при различных расходах рабочего потока, а также выявление закономерностей, связывающий расходы рабочего и эжектируемого потоков и перепад давления в эжекторе. Для исследования упомянутых параметров частично использована методика, приведенная в работах [2, 3].

Измерения проводились на стенде (рисунок 1), в нагнетательную линию которого подавалась промывочная жидкость с помощью бурового насоса 11 ГрИ, измеряющего подачу до 7 л/с (на первом этапе в качестве промывочной жидкости использовалась техническая вода). Жидкость, пройдя нагнетательную магистраль и переходник 11, через каналы 10 подводится к кольцевому эжектору и через каналы 3 попадает в кольцевую полость, расположенную ниже диска 2. Далее жидкость под давлением с большой скоростью выбрасывается через шесть щелевых сопел 5 в приемную камеру, размещенную между дисками 1 и 2. В результате пониженного давления вокруг вытекающих из сопел струй в эту зону подсасывается (эжектируется) через систему отверстий «в» жидкость, находящаяся внутри керноприемника 12 (рисунок 2). Таким образом формируется

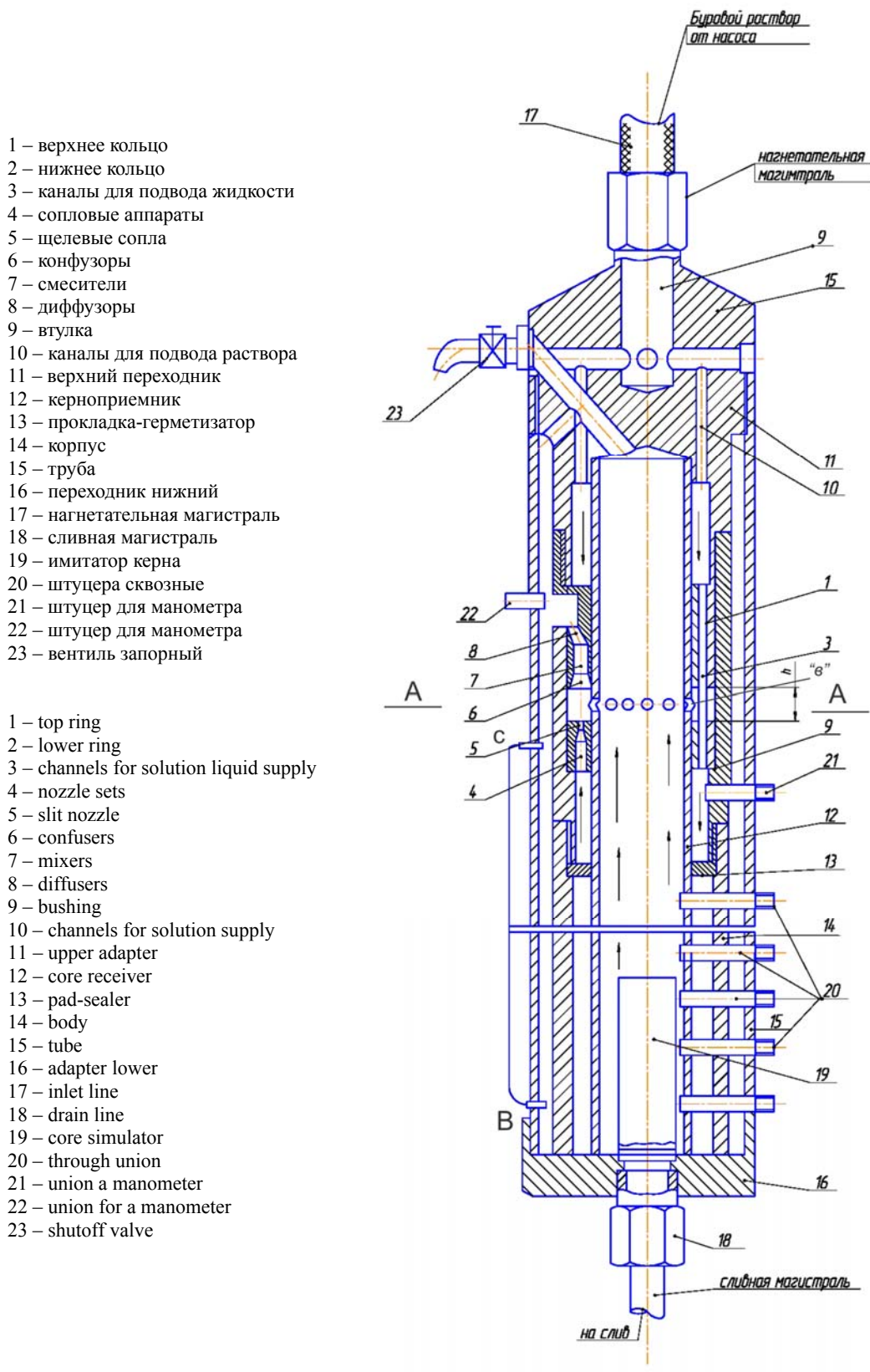


Рисунок 1 – Экспериментальный стенд для исследования параметров кольцевого эжектора (разрез COB на рисунке 2)

Figure 1 – Experimental stand for the study of the parameters of the circular ejector (section COB in the figure 2)

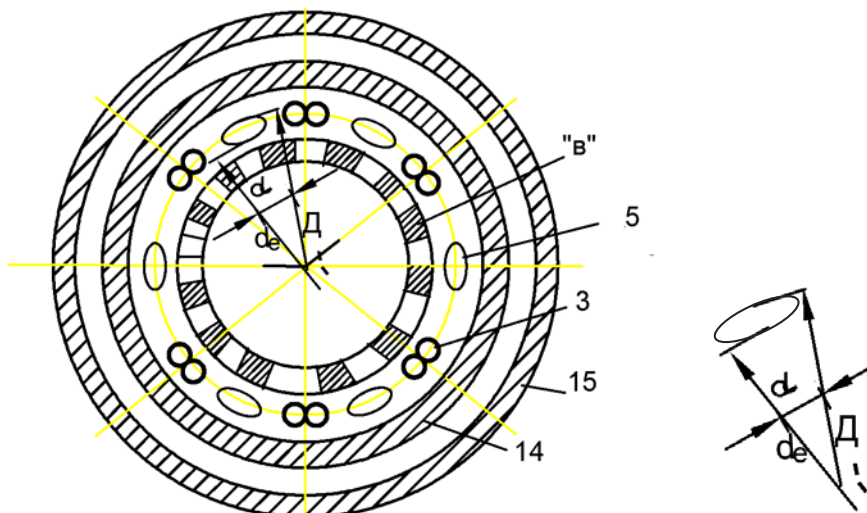


Рисунок 2 – Поперечный разрез экспериментального стенда по А-А (на рисунке 1)

Figure 2 – Cross-section of experimental stand for AA (in the figure 1)

смешанный поток, состоящий из рабочей и эжектируемой жидкости, который направляется в конфузторы 6, камеры смешения 7 и через диффузоры 8 выбрасывается в пространство корпусом 14 и имитатором стенок скважины 15.

При течении жидкости в кольцевом пространстве между имитатором стенок скважины и корпусом устройства происходило некоторое падение давления смешанного потока. Наряду с ростом смешанного расхода $Q_{см} = Q_p + Q_э$ ($Q_p, Q_э$ – соответственно расходы рабочего и эжекторного потоков). Его расход $Q_{см}$ измерялся по разности давлений в точках В и С дифференциальным манометром.

В связи с требованиями ограничения поперечных размеров кольцевого эжектора сопловые аппараты и соответствующие им камеры смешения выполнены щелевыми. Для дальнейших исследований введено понятие «эквивалентный диаметр сопла», т.е. такой диаметр $d_э$, при котором площадь сечения сопла круглой формы равна площади сечения щелевого сопла.

Щелевое сопло представляет по форме кольцевой сектор с углом α , ограниченный наружной и внутренней окружностью диаметром D и d (рисунок 2).

Приравняв площади щелевого круглого сопел и зная эквивалентный диаметр круглого сопла $d_э$ и конструктивные размеры. D и d , можно определить угол сектора кольцевого щелевого сопла и назначив диаметры $D_с$ и $d_с$ по конструктивным соображениям определять угол α по формуле:

$$\alpha = \frac{180[2d_э^2 - (D_с - d_с)^2]}{D_с^2 - d_с^2} \quad (1)$$

Расход промывочной жидкости измерялся электромагнитным расходомером ЭМР-2, имеющим следующие пределы измерений: расход – 0- 16.6 л/с, рабочее давление – до 20 МПа, погрешность измерения – 2.5%. Расходомер вмонтирован в нагнетательную магистраль экспериментального стенда (на рисунке 1 не показан). Расход смешанного потока жидкости, измерялся дифманометром по разности давлений в точках В и С (рисунок 1) при движении промывочной жидкости в кольцевом пространстве между имитатором скважины 15 и корпусом. 14.

Для измерения давления бурового раствора использован индикатор Д и Д-1, имеющий пределы измерения давления 0-25МПа, основную погрешность – $\pm 2.5\%$.

Первоначально проводилась экспериментальная проверка зависимости диаметра сопла $d_{ск}$ круглой формы от перепада давления ΔP_p рабочего потока в кольцевом эжекторном аппарате. Зависимость получена из известной формулы [4]:

$$V_p = \frac{Q_p}{F_{ск}} = \mu \sqrt{\frac{2\Delta P_p}{\rho_p}}, \quad (2)$$

где V_p – скорость рабочего потока при выходе из сопла кольцевого эжекторного аппарата; Q_p – расход рабочего потока, протекающего через одно сопло кольцевого эжектора; при одинаковых диаметрах сопел $Q_p = \frac{Q_p^0}{n}$ (Q_p^0 – общий расход жидкости, подводимой к эжектору; n – число сопел в кольцевом эжекторе); $F_{ск}$ – площадь поперечного сечения сопла круглой формы; μ – коэффициент расхода: $\mu \approx 0,95$ [4]; ΔP_p – перепад давления в сопле; ρ_p – плотность бурового раствора;

Подставив вместо $F_{ск}$ его значение ($F_{ск} = \frac{\pi d_s^2}{4}$) в (2) и разрешив его значение относительно d_s , после преобразований получим:

$$d_{ск} = \frac{2 \sqrt{Q_p \sqrt{\rho_p}}}{\sqrt{\pi \mu \sqrt{2 \Delta P_p}}}, \text{ м} \quad (3)$$

На рисунке 3 приведены зависимости диаметра сопла d_s от перепада ΔP_p давления в кольцевом эжекторе при различных расходах Q_p рабочего потока, прокачиваемого через каждое сопло. Зависимости построены с учетом формулы (3). На этом же графике кружками обозначены точки, соответствующие диаметру сопла, полученного по данным измерений расхода Q и перепада давления в кольцевом эжекторе.

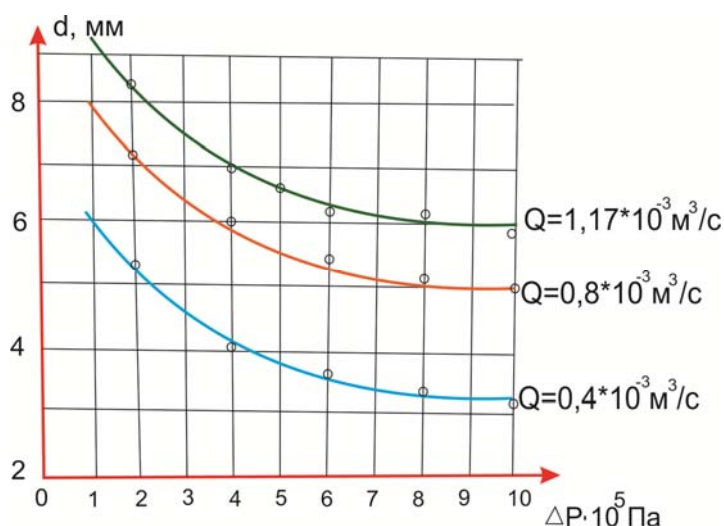


Рисунок 3 – Зависимость диаметра сопла $d_{ск}$ от перепада давления в кольцевом эжекторе при различных расходах Q_p рабочего потока

Picture 3 – Dependence of nozzle diameter d_n on the differential pressure in the circular ejector at different flow Q_w of workflow

Расчеты относительной ошибки в определении $d_{ск}$ составляют $\delta d_{ск} = \frac{\Delta d_{ск}}{d_{ск}} \pm (0,048 \div 0,049)$ т.е. около 5%, т.е. относительная ошибка в определении d_s достаточно мала, что свидетельствует о целесообразности использования формул (3) для расчета диаметра сопла в многосопловом кольцевом эжекторе.

При дальнейших экспериментальных исследованиях устанавливалось правомерность использования формул (1, 2) для расчета щелевого сопла (рисунок 3) через эквивалентный диаметр d_s . С этой целью были проведены замеры перепада давления при прокачивании жидкости через щелевое сопло, имеющее площадь поперечного сечения такое же, как сопло с круглым поперечным сечением. Измерения проводились на стенде (рисунок 1) при прокачивании рабочего потока общим расходом 7 л/с. При этом через каждое сопло 6-соплового кольцевого эжектора прокачивалось $Q = 7/6 = 1,17$ л/с. Перепад давления регистрировался манометрами 21 и 22 (рисунок 1). Результаты опытов представлены на рисунке 4. Из приведенных зависимостей следует, что при прокачивании жидкости через щелевое сопло, имеющее ту же площадь поперечного сечения, что и круглое сопло ($d_{ск} = d_s$), требуется больше давления. Например, при $d_{ск} = d_s = 10$ мм (рисунок 4) для прокачивания жидкости с одинаковым расходом $Q_p = 1,17$ л/с требуется в случае круглого сопла – $\Delta P = 0,8$ МПа,

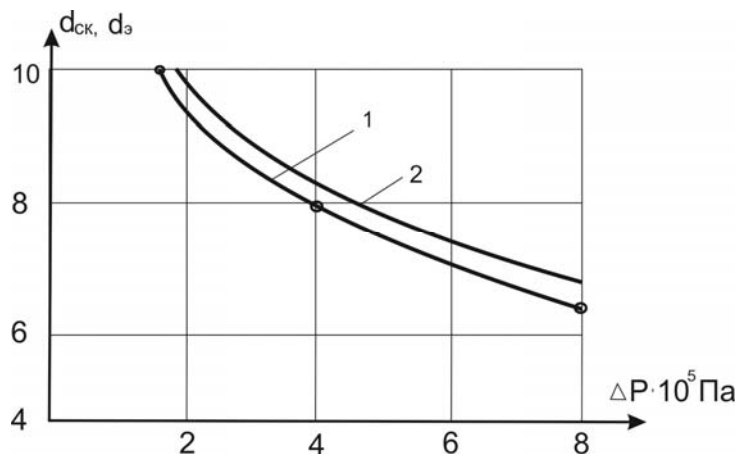


Рисунок 4 – Зависимость диаметра $d_{\text{ск}}$ круглого сопла и щелевого сопла эквивалентного диаметра $d_{\text{э}}$ от перепада давления ΔP при прокачивании жидкости через кольцевой эжектор с постоянным расходом $Q = 7 \text{ л/с}$:
1 – кривая для круглого сопла диаметром $d_{\text{ск}}$; 2 – кривая для щелевого сопла с эквивалентным диаметром $d_{\text{э}}$

Figure 4 – Dependence of diameter d_n the circular nozzle and slit nozzle of an equivalent diameter d_e on the differential pressure ΔP at pumping fluid through the circular ejector with constant debit $Q = 7 \text{ l/s}$:
1 – line for a circular nozzle with a diameter d_n ; 2 – line for a slit nozzle with an equivalent diameter d_e

щелевого сопла $\Delta P = 0,9 \text{ МПа}$. Такая разница объясняется тем, что хотя площади сечений у обоих сопел равны, у щелевого сопла поверхность по его контуру больше, чем боковая поверхность круглого сопла. Поэтому при использовании щелевого сопла затраты энергии на трение при прокачивании жидкости будут больше. Кроме того, любой плоский поток, прокачиваемый через щелевое сопло, стремится после прокачки занять цилиндрическую форму, обладающую наименьшими энергетическими затратами.

Таким образом, чтобы воспользоваться в полной мере понятием «эквивалентный диаметр щелевого сопла» введено соотношение:

$$d_{\text{э}} = k d_{\text{ск}},$$

где $k=1,05 \div 1,06$.

С учетом этого соотношения, используя формулы (1), (2) определяются геометрические размеры щелевого сопла.

Ранее проведенными исследованиями установлена важность соотношения площадей поперечных сечений камеры смешения и сопла $F_{\text{см}} / F_{\text{ск}}$.

Для установления зависимости перепада давления ΔP в приемной камере и коэффициента эжекции $K_{\text{э}}$ от упомянутого соотношения в нижнем диске 2 (рисунок 1) были выполнены шесть щелевых сопел с эквивалентным диаметром $d_{\text{э}} = 8 \text{ мм}$ ($F_{\text{ск}} = 78,5 \text{ мм}^2$) каждое, а в верхнем диске 1 были последовательно выполнено шесть камер смешения с различной площадью поперечного сечения (начиная с меньшей площади), что аозволяло провести опыты при следующих соотношениях $F_{\text{см}}^{\text{III}} / F_{\text{ск}} = 2; 2,75; 3; 3,25; 3,5$. Опыты проводились последовательно, т.е. первоначально камеры смешения выполнялись меньшего размера, затем после проведения опыта камеры смешения расширялись до следующего размера и т.д. до самого большого размера щелевой камеры смешения.

Расход рабочего потока Q_p измерялся расходомером ЭМР-2 в нагнетательной линии экспериментального стенда, а расход смешанного потока – с помощью дифманометров, установленных в точках В и С (рисунок 1). Результаты опытов приведены на рисунке 5.

Из рисунка 5 следует, что с увеличением отношения $F_{\text{см}}^{\text{III}} / F_{\text{ск}}^{\text{III}}$ перепад давления в камере смешения, естественно снижается. В отличие от ранее приведенных исследований для круглых эжекторов максимум коэффициента эжекции $K_{\text{э}}$ зарегистрирован при $\frac{F_{\text{см}}^{\text{III}}}{F_{\text{ск}}^{\text{III}}} = 2,8$, при котором $K_{\text{э}} = 0,9$.

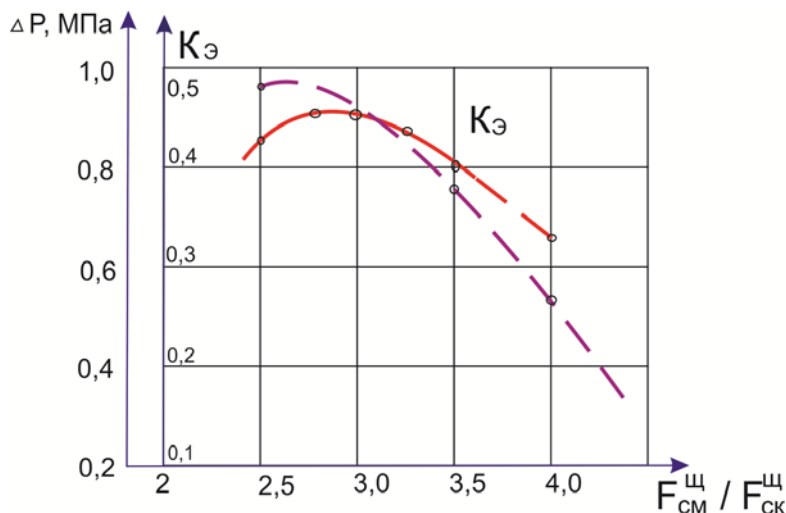


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента эжекции $K_{э}$ и перепада давления $\Delta P_{см}$ в приемной камере от соотношения $F_{см}^{щ}/F_{ск}^{щ}$ (эквивалентный диаметр щелевого сопла $d_e = 10$ мм)

Picture 5 – Dependence of the ejection coefficient C_e and differential pressure $\Delta P_{см}$ in the receiving chamber of the ratio F_{sm}^s/F_n (an equivalent diameter of a slit nozzle $d_e = 10$ mm)

Выводы.

1. Показано, что наиболее экономичным и наиболее рациональным с точки зрения конструктивного оформления устройства для отбора керна в трещиноватых породах является его оснащение эжекторным насосом кольцевого типа.

2. Расчет потерь давления при работе кольцевого эжектора незначительно (на 5-10%) превышает потери давления круглого эжектора аналогичной производительности. Вместе с тем, при оформлении конструкции буровой колонковый снаряд, оснащенный таким эжекторным насосом, позволяет уменьшить толщину разрушаемого кольцевого забоя и снизить частоту заклинивания керна.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Федоров Б.В., Оржанов Е.Т. и др. Предварительный патент Республики Казахстан на изобретение № 16326 Эжекторное устройство для промывки скважины освоения нефтяных пластов. Зарегистрирован в госреестре 27.07.2005 г.
- [2] Кудайкулов С.К. Бурение скважин в сложных условиях снарядами со съёмными керноприемниками (ССК). – Алматы: Научно-издательский центр КазНТУ, 2010.
- [3] Богданов В., Каз-Оглы А.А., Майер О.Ф. и др. Методические рекомендации по технологии бурения комплексами ССК на месторождениях Западного Узбекистана. – Л.: ВИТР, 1984.
- [4] Леонов Е.Г., Исаев В.И. Гидроаэромеханика в бурении. – М.: Недра, 1987.

REFERENCES

- [1] Fedorov B.V., Orzhanov E.T. i dr. Predvaritel'nyj patent Respubliki Kazahstan na izobretenie №16326 Jezhektornoe ustrojstvo dlja promyvki skvazhiny osvoenija neftjanyh plastov. Zaregistrirovan v gosreestre 27.07.2005.
- [2] Kudajkulov S.K. Burenje skvazhin v slozhnyh uslovijah snarjadami so semnymi kernopriemnikami (SSK). Almaty: Nauchno-izdatel'skij centr KazNTU, 2010.
- [3] Bogdanov V., Kaz-Ogly A.A., Majer O.F. i dr. Metodicheskie rekomendacii po tehnologii burenija kompleksami SSK na mestorozhdenijah Zapadnogo Uzbekistana. L.: VITR, 1984.
- [4] Leonov E.G., Isaev V.I. Gidroaeromehanika v burenii. M.: Nedra, 1987.

Б. Т. Ратов, Б. В. Федоров, Б. Ф. Сабилов, Д. Р. Қорғасбеков

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті КеАҚ, Алматы, Қазақстан

**ТЕРЕҢ ҰҢҒЫМАЛАРДАН КЕРН АЛУ ҮШІН
ЭЖЕКТОРЛЫ ЖЕЛІНІҢ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

Аннотация. Осы жұмыста мұнайгаз ұңғымаларынан керн алу үшін арналған снарядтың конструктивті желісін жетілдіру мақсатында, сақиналы эжекторлы сораптың көрсеткіштерін зерттеуге арналған стендтің құрылымдық сипаттамасы келтірілген. Эжекторлы сорап кернқабылдағыштағы кері ағыстың түзілуін қамтамасыз етеді және керн ұстап қалуын болдырмайды.

Сақиналы эжекторлы сорапта керн алғыш снарядпен жабдықталған бұрғыланатын сақиналы ұңғы түбінің қалыңдығын азайту үшін шүмек (сопло) және қуысты қалыптағы араласу камерасы қарастырылды. Эжектордағы қысымның түсуінен бірдей көлемдегі дөңгелек және қуысты шүмектер қимасының өлшемдері арасындағы тәуелділік орнатылған, және қуысты камерасының көлденең қимасы мен шүмек (сопло) қатынасынан эжекторлық коэффициентінің тәуелділігі анықталған.

Көлденең қимасының бірдей алаңы бар, қуысты тесік және дөңгелек шүмегі арқылы бірдей шығынмен сұйықтық айдағанда, қуысты шүмектің қысымының жоғалуы дөңгелек шүмекпен салыстырғанда 5-10 пайызы көп болады, бірақ қуысты шүмекті қолдану, бұрғылау снарядына кіші енді сақиналы ұңғы түбін қалыптастыруға мүмкіндік жасауы, керн қазудың энергия жиынтығын азайтады.

Жұмысшы ағынның әртүрлі жұмсалыуымен қысымның түсу тәуелділігіне байланысты, сақиналы эжекторда шүмектің керекті диаметрі эксперименталды анықталды. Эжекция коэффициенті және қысым түсуіне, араласу камерасы $F_{КСМ}$ мен $F_{КС}$ шүмектің алаңдарының өзара қатынастық әсер етуі пайдаланылды. Сақиналы эжектор үшін F_0 шамасы $F_{КСМ} / F_{КС} \approx 2,8$, кезінде жоғары мәнінде болады, ал қысымның түсуі, жоғарыда айтылған өзара қатынастың көбеюімен төмен түседі. Эксперименталды жолмен табылған тәуелділіктер, колонкалы бұрғылау снарядтарының негізгі конструктивтік параметрлерін табуға мүмкіндік береді әрі сақиналы эжектормен жабдықтау және жарықшақты тау жыныстарын бұрғылау кезінде керн шығаруды жоғарлату болып табылады.

Түйін сөздер: керн, эжекторлы сорап, бұрғылау басы, конфузор, диффузор, штуцер, бұрғылау ерітіндісі.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/e4ditors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

Верстка *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 06.06.2017.

Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

18,9 п.л. Тираж 300. Заказ 3.