

№4 2019

научно-технический и производственный

# ГОРНЫЙ

## ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

### Қазақстанның кен журналы



ISSN 2227-4766



0 4

9 772227 476197

® статья на правах рекламы  
 ⓘ информационное сообщение

- 3** Колонка редактора
- 4** Новая технология взрывных работ: ЭВВ безопасно и эффективно ®  
*Стагурова О.В.*
- 6** Системы взвешивания для подземных ПДМ и самосвалов ®  
*Кожемяко И.*
- 8** Колымский флагман ®  
 По материалам форума Minex Kazakhstan 2019
- 10** *Иргалиев А.*  
 Национальный банк данных минеральных ресурсов Республики Казахстан  
 Геодезия
- 14** *Әбен А., Жақыпбек Ы., Әсетқызы А.*  
 Изучение важности строительства метрополитена в мегаполисе для улучшения пассажиропотока и создания его геодезической опорной сети
- 19** *Аймбетова Г.А., Пычуева Н.Ю.*  
 Применение РСА интерферометрии для мониторинга склоновых геодинамических процессов  
 Геотехнология
- 24** *Куандыков Т.А., Кожевников А.А., Калиев Б.З.*  
 Эффективное воздействие на призабойную зону пласта гидравлическими импульсами
- 29** *Мырзахметов Б.А., Сладковский А.В., Токтамисова С.М.*  
 Испытательный стенд для проведения экспериментальных исследований комбинированной насосной установки  
 Переработка полезных ископаемых
- 32** *Samet R.S., Akimbekov N.Sh., Zhaksybayeva A.S., Zhubanova A.A.*  
 Interpretation of metagenomic analysis of sulfur bacteria in brown coal samples from Kazakhstan  
 Металлургия
- 37** *Курмансейтов М.Б., Койшина Г.М.*  
 Шойынды металл бұйымдарының бет қабатында қалыптасқан болаттың қабатың қалыңдығын, көміртегінің мөлшеріне және процесінің көрсеткіштеріне тәуелді болуын болжайтын математикалық моделдер  
 Геоинформатика
- 42** *Алтаева А.А., Имансакипова Б.Б., Чернов А.В., Кидирбаев Б.*  
 Повышение эффективности геоинформационных систем на основе использования технологий Big Data  
 Юбилей
- 48** *Битимбаев М.Ж., Крупник Л.А., Рысбеков К.Б.*  
 Источник знаний и творец профессий отважных – наш КазГМИ – КазПТИ – КазНТУ – КазНИТУ  
 Промышленная безопасность
- 52** *Абылкасымов А.Т.*  
 Нарушение требований правил обеспечения промышленной безопасности на складе взрывчатых материалов ТОО «Фирма «Взрывтехнологии»
- 55** Сведения об авторах
- 56** Требования к оформлению статей

**Поправка.**

Приносим свои извинения. В №3 2019 г. на стр. 18 приведены неверные сведения об авторах. Следует читать:

Author 1	Name&Surname: <i>Los V.L.</i>
	Company: <i>Academy of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan)</i>
	Work position: <i>Chief Researcher</i>
	Scientific degree: <i>Doctor of Geological-Mineralogical Sciences</i>
	Contacts: <i>v los@mail.ru</i>
Author 2	Name&Surname: <i>Uzhkenov B.S.</i>
	Company: <i>Academy of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan)</i>
	Work position: <i>President</i>
	Scientific degree: <i>Doctor of Geological-Mineralogical Sciences</i>
	Contacts: <i>amr_rk@mail.ru</i>

Статья посвящается 85-летию Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева – Satbayev University

Код МРНТИ 52.13.19; 52.47.19; 55.39.37

Б.А. Мырзахметов, А.В. Сладковский, С.М. Токтамисова

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан)

## ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМБИНИРОВАННОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

Мақала «ЭОТС+АС» тандемды қондырғының сипаттамаларын зерттеу үшін жасалған эксперименталды қондырғының ерекше құрылымдық жасауын талқылауға арналған. Стендтің принципалды сұлбасы келтірілген. Жұмысшы және инъекцияланатын сұйықтықтың шығыны мен қысымын өлшеуге арналған аппаратуралы бөлігі сипатталған. Шартты ағынды сораптың арынды-энергетикалық сипаттамалары белірген.

Статья посвящена обсуждению особенностей конструктивного исполнения экспериментальной установки для исследования характеристик тандемной установки «ЭЦН+СН». Предложена принципиальная схема стенда. Описана аппаратурная часть для измерения расходных составляющих рабочей и инжектируемой жидкостей и давления. Представлены формы напорно-энергетических характеристик условного струйного аппарата.

**Түйінді сөздер:** тандемды сорапты қондырғы, стенд, ағынды сорап, электрортандемтік сорап, құбыржолы, өнімділік, арын, Вентури сопласы, уранды өндіру.

**Ключевые слова:** тандемная насосная установка, стенд, струйный аппарат, электроцентробежный насос, трубопровод, бак, производительность, напор, сопло Вентури, добыча урана.

При откачке продуктивного раствора из скважин погружными электроцентробежными насосами имеется ряд сложностей: погружные насосы работают в сложных условиях, что приводит к их частому выходу из строя, меняющиеся характеристики продуктивных растворов, необходимая производительность насоса также неблагоприятно сказываются на режиме эксплуатации погружного насоса. В то же время имеются струйные аппараты, которые менее чувствительны к указанным факторам. Поэтому логично использовать тандемную установку, которая бы обеспечила эффективную и устойчивую работу агрегата. С этой целью необходимо смоделировать функционирование такой установки и экспериментально проверить ее работу на продуктивном растворе при добыче урана с учетом особенностей его характеристик.

Рассматриваемая комбинированная насосная установка состоит из электроцентробежного и струйного насосов (ЭЦН + СН), работающих в тандеме для откачки продуктивного раствора при добыче урана методом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ). Данная комбинация насосов достаточно успешно применяется в нефтегазовой промышленности, но для добычи урана методом ПСВ не находила применения [1].

Для проведения физических экспериментов с динамическими насосами в КазНИТУ им. К.И. Сатпаева сконструирован испытательный стенд. Для исследования параметров совместной работы тандемной установки «ЭЦН+СН». Экспериментальный стенд разработан на основе выполненного расчетного моделирования комбинированной насосной установки, по результатам которого были определены основные конструктивные размеры струйного аппарата (СА), обеспечивающие его совместную работу с ЭЦН<sup>1</sup> [2, 3].

Стенд, представленный на рис. 1, содержит следующие элементы: бак 1 для жидкости, подпорный

ЭЦН 2, струйный аппарат 3, ЭЦН 4, полочный гравитационный сепаратор 5, система распределительных трубопроводов, регулировочных вентилях и задвижек – 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, а также контрольно-измерительная аппаратура – расходомеры жидкости (13, 14, 15), датчики давления и температуры.

Для испытания используются ЭЦН с подачей до 6-8 м<sup>3</sup>/ч и рабочим давлением до 0,4-0,6 МПа. Для обеспечения работы струйного аппарата 3 в режиме насоса из подпорного ЭЦН 2 к нему подается жидкость из бака 1. Жидкость из ЭЦН 2 поступает в высоконапорное сопло струйного аппарата 3 и инжектирует жидкость, подаваемую ЭЦН 4 из бака 1 под давлением 0,15...0,2 МПа. При проведении подобных экспериментов необходимо учитывать, что давление жидкости в промышленных трубопроводах значительно выше атмосферного.

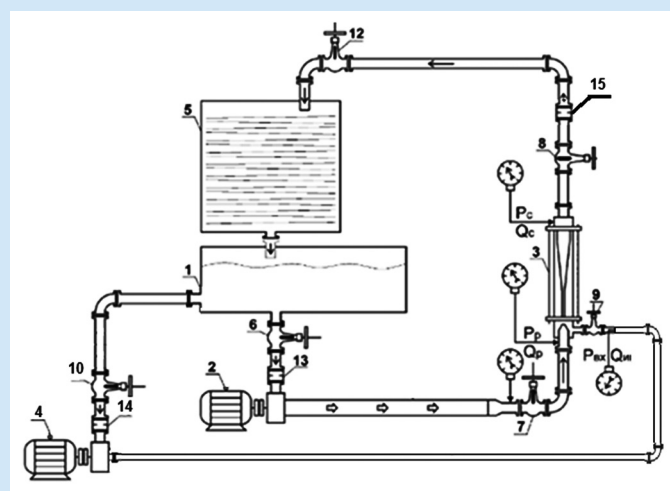


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки для исследования характеристик тандемной установки «ЭЦН+СН».

<sup>1</sup>Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.



Рис. 2. Ультразвуковой расходомер TUF-2000M.

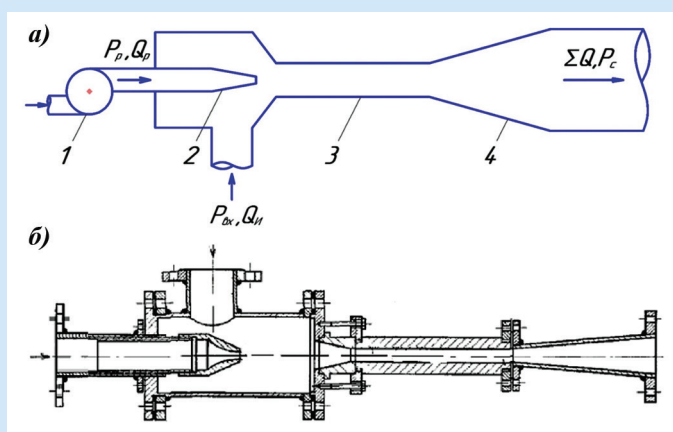


Рис. 3. Принципиальная схема струйного насоса (а) и разрез разборной модели струйного аппарата (б): 1 – ЭЦН; 2 – высоконапорное сопло; 3 – камера смешения; 4 – диффузор;  $P_p, Q_p$  – давление и расход рабочей жидкости у входа в СН;  $P_{эж}, Q_{эж}$  – давление и расход эжектируемой жидкости у входа в СН;  $P_c, \Sigma Q$  – давление и суммарный расход продуктивной жидкости на выходе из СН.

Поэтому будут проведены эксперименты, когда в приемную камеру струйного аппарата вода будет подаваться под давлением 0,2...0,3 МПа.

Для определения расхода рабочей жидкости  $Q_p$ , нагнетаемой в сопло, и эжектируемой жидкости  $Q_{эж}$  применяется ультразвуковой расходомер TUF-2000M (рис. 2), разработанный для измерения скорости движения жидкости в закрытом трубопроводе. Расходомер TUF-2000M использует два приемных датчика, которые функционируют как ультразвуковой передатчик и приемник. Эти устройства крепятся на внешней стороне герметичного трубопровода на установленном расстоянии друг от друга. Датчики (преобразователи) могут быть установлены методом V (V-метод), когда звук пересекает трубопровод дважды, методом W (W-метод), когда звук пересекает трубопровод четырежды, или методом Z (Z-метод), когда преобразователи устанавливаются

на трубопроводе в точности один напротив другого и звук пересекает трубу единожды.

Тарировка расходомера воды осуществляется по перепаду давлений на сопле Вентури, устанавливаемом на линии сброса. Предельная относительная погрешность измерения расхода воды соплом Вентури составляет 1,56%.

Давления перед высоконапорным соплом струйного аппарата  $P_p$  (рис. 3), на выходе из диффузора  $P_c$  и в приемной камере аппарата  $P_{эж}$  измеряются цифровыми и манометрическими датчиками давления. Различные по подаче и давлению режимы работы создаются посредством регулирующих задвижек и вентиляей.

На основе полученных данных можно рассчитать параметры, характеризующие эффективность работы струйного аппарата, такие как:

- относительный перепад давления:

$$dP_c/dP_p = (P_c - P_{эж}) / (P_p - P_{эж}),$$

- коэффициент полезного действия:

$$\eta = (P_{эж} \times U_{эж}) / (P_p - P_c) \times \ln(P_c/P_{эж}),$$

- коэффициент инжекции жидкости:

$$U_{эж} = Q_{эж} / Q_p,$$

где по результатам исследований для каждой конструкции струйного аппарата будут построены графики зависимости относительного перепада давления  $dP_c/dP_p$  и коэффициента полезного действия (КПД) от коэффициента инжекции струи.

На рис. 4 представлены напорно-энергетические характеристики условного струйного аппарата при подаче воды в приемную камеру под давлением. Как показали результаты моделирования, создание дополнительного подпора в приемной камере струйного аппарата приводит к значительному росту его инжектирующей способности, КПД и расширению напорной характеристики струйного аппарата в область более высоких значений коэффициента инжекции. Полученные характеристики могут быть использованы в методике подбора струйных аппаратов (в составе тандемных установок) к скважинам различного назначения<sup>2-3</sup> [4, 5].

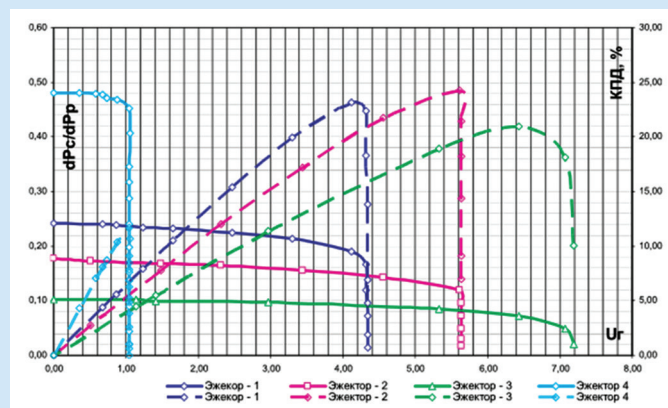


Рис. 4. Напорно-энергетические характеристики условного струйного аппарата.

<sup>2</sup>Детков В.П. Аэрированные суспензии для цементирования скважин. – М.: Недра, 1991. – 175 с.

<sup>3</sup>Донец К.Г. Гидроприводные струйные компрессорные установки. – М.: Недра, 1990. – 174 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мырзахметов Б.А., Токтамисова С.М. Перспективы применения струйных насосных установок для скважинной добычи растворов урана. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2017. – №7. – С. 40-43.
2. Мырзахметов Б.А., Султабаев А.Е., Токтамисова С.М., Майкенов Е.Б. Моделирование скважинной тандемной насосной установки для откачки урана при подземном скважинном выщелачивании. // Сб. трудов Межд. научно-практ. конференции «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях индустрии 4.0». – Алматы: КазННТУ, 2019 (14-15 марта). – С. 421-426.
3. Солдатов А.М., Тимофеев А.И., Сокорев Н.В. Расчет высоконапорного жидкостно-газового эжектора для приготовления двухфазных смесей. // В сб.: Нефтепромысловое дело. Бурение нефтяных и газовых скважин, добыча нефти. – Куйбышев: КПТИ, 1975. – Вып. 2 – С. 143-149.
4. Дроздов А.Н. Обобщение характеристик жидкостно-газовых эжекторов. // Экспресс-информация: сер. «Техника и технология добычи нефти и обустройство нефтяных месторождений». – М.: ВНИИОЭНГ, 1991. – №9. – С. 18-22.
5. Дроздов А.Н., Егоров Ю.А., Телков В.П. и др. Технология и техника водогазового воздействия на нефтяные пласты // Территория нефтегаз, 2006. – №2. – С. 54-59.

«Gornyi zhurnal Kazakhstan» / «Mining journal of Kazakhstan»	
<b>Title</b>	<i>Test stand for conducting experimental researches of combined pumping installation</i>
<b>Author 1</b>	Name&Surname: Myrzakhmetov B.
	Company: Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I.Satpayev» (Almaty, Kazakhstan)
	Work position: Professor at department of «Technological machines and equipment»
	Scientific Degree: Candidate of Technical Sciences
Contacts: myrzakhmetov_ba@mail.ru	
<b>Author 2</b>	Name&Surname: Sladkowski A.
	Company: Silesian University of Technology (Katowice, Poland)
	Work position: Full professor and Head of the Department of «Logistics and Transport Technologies»
	Scientific Degree: Doctor of Technical Sciences
Contacts: aleksander.sladkowski@polsl.pl	
<b>Author 3</b>	Name&Surname: Toktamissova S.
	Company: Noncommercial Joint-Stock Company «Kazakh National Research University after K.I.Satpayev» (Almaty, Kazakhstan)
	Work position: Assistant teacher at department of «Technological machines and equipment»
	Scientific Degree: Master of engineering and technology
Contacts: salta.mahmood@gmail.com	
<b>Abstract</b>	The article is devoted to the discussion of the design features of the experimental setup for the study of the characteristics of the tandem installation «ECP + JP». The stand was developed on the basis of the computational simulation of the combined pumping unit, the results of which determined the main structural dimensions of the jet apparatus, ensuring its cooperation with the ECP. A schematic diagram of the stand is proposed. The instrumental part for measuring the consumable components of the working and injected fluid and pressure is described. The forms of pressure-energy characteristics of the conventional jet apparatus are presented. The obtained characteristics can be used in the method of selection of jet apparatus (as part of tandem installations) to wells for various purposes.
<b>Key words</b>	tandem pumping unit, stand, jet apparatus, electric centrifugal pump, pipeline, tank, productivity, pressure, Venturi nozzle, uranium mining.
<b>Reference</b>	1. Myrzakhmetov B.A., Toktamissova S.M. Perspektivy primeneniya struynykh nasosnykh ustanovok dlya skvazhinnoy dobychi rastvorov urana (Perspectives of application of jet pump units for well production of uranium solutions). // Gornyi zhurnal Kazakhstan = Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2017. – №7. – Pages 40-43. 2. Myrzakhmetov B.A., Sul'tabaev A.Y., Toktamissova S.M., Maikenov E.B. Modelirovanie skvazhinnoy tandemnoy nasosnoy ustanovki dlya otkachki urana pri podzemnom skvazhinnom vyshchelachivanii (Simulation of a borehole tandem pumping unit for pumping uranium during underground borehole leaching). // Sbornik trudov Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ratsional'noe ispol'zovanie mineral'nogo i tekhnogenno go syr'ya v usloviyakh industrii 4.0» = Collection of works of International scientific-practical conference «The rational use of mineral and technogenic raw materials in industry 4.0». – Almaty: KazNITU, 2019 (March 14-15). – Pages 421-426. 3. Soldatov A.M., Timofeev A.I., Sokorev N.V. Raschet vysokonapornogo zhidkostno-gazovogo ezhektora dlya prigotovleniya dvukhfaznykh smesey (Calculation of high-pressure liquid-gas ejector for the preparation of two-phase mixtures). // V sbornike Neftpromyslovoe delo. Burenie neftyanykh i gazovykh skvazhin, dobycha nefiti = In the collection: Oilfield business. Drilling of oil and gas wells, oil production. – Kuibyshev: KPТИ, 1975. – Issue 2 – Pages 143-149. 4. Drozdov A.N. Obobshchenie kharakteristik zhidkostno-gazovykh ezhektorov. (Generalization of characteristics of liquid-gas ejectors). // Ekspres-informatsiya: ser. «Tekhnika i tekhnologiya dobychi nefiti i obustroystvo neftyanykh mestorozhdeniy» = Express information: series «Technique and technology of oil production and construction of oil fields». – Moscow: VNIIOENG, 1991. – №9. – Pages 18-22. 5. Drozdov A.N., Egorov Yu.A., Telkov V.P. and others. Tekhnologiya i tekhnika vodogazovogo vozdeystviya na neftyanye plasty (Technology and technology of water-gas impact on oil reservoirs). // Territoriya neftegaz = Oil and gas area, 2006. – №2. – Pages 54-59.