

Оригинальная статья / Original article

УДК 622.276.6

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2541-9455-2018-41-3-62-77>

ОБОРУДОВАНИЕ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ЦИКЛ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ПЕНОЙ НА ОСНОВЕ «КОМПОЗИТА СП»

© В.Г. Заливин^а

^аИркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

РЕЗЮМЕ. Цель. Обосновать компоновку бурового оборудования и схему поверхностной обвязки устья при бурении скважин с очисткой забоя саморазрушающейся пеной по замкнутому циркуляционному циклу. **Методы.** На основании обзора и анализа технологии и технических средств произведена разработка схем обвязки оборудования для бурения скважин пенами. Оборудование применимо для различных глубин скважин, способов получения пены для геологоразведочного бурения. Результаты разработки апробированы при бурении производственных скважин. **Результаты.** Обеспечено оптимальное регулирование расхода воздуха, пенообразователя и получение необходимого давления нагнетания пены. Разработаны специальные компрессорно-дожимные устройства, монтирующиеся на гидравлической части насосов типа 11ГРИ или НБ-4 и исполняющие роль второй ступени компрессора, которые позволяют нейтрализовать отрицательное действие вредного пространства при работе на сжимаемой среде. Приготовление пены в специальных поверхностных пеногенераторах позволяет получить пену высокого качества, более рационально расходовать пенообразующий раствор. Обусловлена возможность регулирования кратности пены при предварительном ее получении путем подбора оптимального соотношения расхода воздуха и пенообразователя или изменения конструктивных параметров пеногенератора. **Выводы.** С использованием предлагаемых технологических схем обвязки оборудования (компрессора низкого давления и бурового насоса со смонтированными на нем аэраторами, камерами сжатия, бустерами, а также компрессорами высокого давления для вспенивания общего потока) для конкретных геолого-технических условий бурения с пеной достигается оптимальный режим безаварийной проходки осложненных горизонтов с регулированием гидростатического давления.

Ключевые слова: пена саморазрушающаяся, замкнутый цикл циркуляции, обвязка оборудования для получения пен, пеногенераторы, бустеры, компрессоры, дозирующие устройства.

Информация о статье. Дата поступления 19 декабря 2017 г.; дата принятия к печати 28 августа 2018 г.; дата онлайн-размещения 28 сентября 2018 г.

Формат цитирования. Заливин В.Г. Оборудование, обеспечивающее цикл бурения скважин пеной на основе «Композита СП» // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2018. Т. 41. № 3. С. 62–77. DOI: 10.21285/2541-9455-2018-41-3-62-77

EQUIPMENT FOR WELL FOAM DRILLING BASED ON “COMPOSITE SP”

© V.G. Zalivin^а

^аIrkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russian Federation

^аЗаливин Владимир Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры нефтегазового дела,
e-mail: ZalivinVG@yandex.ru

Vladimir G. Zalivin, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Oil and Gas Business, e-mail: ZalivinVG@yandex.ru

ABSTRACT. The **purpose** of the paper is to justify the assembly of drilling equipment and the diagram of well-head surface piping when drilling wells with bottom hole cleaning by a self-destructing foam in a closed-loop circulation cycle. **Methods.** The schemes of equipment piping for foam drilling of wells have been developed on the basis of the performed review and analysis of the technology and technical means. The equipment under consideration is applicable for various depth wells, methods of foam production for exploration drilling. The development results have been tested in the drilling of production wells. **Results.** The optimal regulation of airflow, foaming agent consumption and required pressure of foam injection is provided. Special booster compressors, which are mounted on the hydraulic part of the pumps of 11GRI or NB-4 type have been developed. They operate as compressor second stage and allow to neutralize the adverse effect of the hazardous space when working on a compressible environment. Preparation of foam in special surface foam generators allows to produce the high quality foam and ensure more rational use of the foaming mud. Justification is given to the possibility to control foam expansion ratio under its preliminary production by the selection of the optimal ratio of airflow and foaming agent consumption or variation of design parameters of a foam generator. **Conclusions.** The use of the proposed technological schemes of equipment piping (a low pressure compressor and a drilling pump with mounted aerators, compression chambers, boosters, as well as high pressure compressors for general flow foaming) for specific geological and technical conditions of foam drilling allows to achieve an optimal mode of trouble-free penetration of complicated horizons with the controlled hydrostatic pressure.

Keywords: self-destructive foam, closed-loop circulation cycle, piping of foam producing equipment, foam generators, boosters, compressors, metering devices

Article info. Received 19 December 2017; accepted for publication 28 August 2018; available online 28 September 2018.

For citation. Zalivin V.G. Equipment for well foam drilling based on "Composite SP". *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sektzii nauk o Zemle Rossiiskoi akademii estestvennykh nauk. Geologiya, razvedka i razrabotka mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh* = Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits, 2018, vol. 41, no. 3, pp. 62–77. DOI: 10.21285/2541-9455-2018-41-3-62-77 (In Russian).

Введение

В ходе проведенных ранее исследований [1] разработаны составы саморазрушающихся пен для бурения по замкнутому циркуляционному циклу, методы их получения, режимно-технологические параметры бурения, технология перевода исследованных составов пен в агломерированный и экстрагированный продукт, легко приготавливаемый в стандартных условиях на буровой.

Скважинные условия, особенно при разведочном бурении, часто непредсказуемы и меняются настолько резко, что приходится оперативно корректировать параметры процесса бурения, применяя на протяжении проводки одного ствола разнообразные буровые технологические жидкости.

Применение структурированных пен обеспечивает высокие технико-экономические показатели процесса бурения, снижение его себестоимости и при уменьшении затрат времени на лик-

видацию геологических осложнений способствует сокращению сроков сооружения скважин [2].

Их использование эффективно в самых неблагоприятных для жидкостной промывки условиях [3]: при бурении по многолетнемерзлым породам, в зонах катастрофических потерь циркуляции, при затруднениях с водоснабжением в пустынной, высокогорной и труднопроходимой местности или в районах с суровым климатом.

Бурение скважин на твердые полезные ископаемые рационально осуществлять на пенах или полимерных растворах [4], однако пены более привлекательны благодаря относительно низкой стоимости и доступной технологии их производства.

Очистка забоя скважины пеной при бурении на твердые полезные ископаемые имеет следующие достоинства [5]:

1. Низкие скорости восходящего потока в затрубном пространстве и ста-

билизирующее воздействие пены на водовосприимчивые формации сводит к минимуму возможность осыпания неустойчивых пород и позволяет вести бурение в этих зонах без разрушения стенок скважины и образования каверн. Устраняется выпучивание, размыв стенок скважины и обвалов пород, естественная структура которых нарушается при смачивании водой.

2. Исключается развитие интенсивности поглощения в зоне низкого пластового давления и в зонах поглощения.

3. Увеличивается механическая скорость бурения, срок службы породоразрушающего инструмента при меньшем загрязнении горных пород и продуктивных пластов, обеспечивается значительный рост качественных и технико-экономических показателей.

4. Происходит уменьшение затрат мощности на бурение за счет снижения коэффициента трения колонны бурильных труб о горные породы.

5. Высокая несущая способность пены, в 7–10 раз превышающая несущую способность воды, обеспечивает хорошую очистку забоя скважины и дает возможность провести оценку проходимых пород по шламу.

6. Улучшается сохранность керна, снижается вероятность его самозаклинивания.

7. Исключается возможность растрескивания стенок скважины при бурении без предварительного охлаждения пены ввиду ее низкой теплопроводности.

8. Резко снижается потребление воды.

Для бурения скважин с использованием в качестве очистного агента пены на основе композита применяются серийно выпускаемые и широко используемые буровые станки, оборудование и инструмент геологоразведочного профиля, оснащенные необходимым комплектом контрольно-измерительных

приборов и аппаратуры.

Дополнительно они должны быть укомплектованы:

– источниками получения сжатого воздуха;

– устройствами дозированной подачи пенообразующего состава;

– устройствами генерирования (получения) пены;

– компрессорно-дожимными устройствами (камерами сжатия), устанавливаемыми на буровые насосы при увеличении глубины бурения скважин;

– устьевыми герметизаторами (при высоконапорном выходе пены из скважины);

– обратными клапанами для буровой колонны и других устройств, устанавливаемых в нагнетательной линии циркуляционной системы;

– дополнительными емкостями (не менее 2 м³) для приготовления пенообразующих составов;

– контрольно-измерительными приборами для контроля расхода и давления потоков воздуха и жидкости, а также определения газожидкостного состава получаемой пены.

Источники получения сжатого воздуха

В качестве источников получения сжатого воздуха в зависимости от требуемого давления, нагнетания и расхода газожидкостной смеси, необходимости применения эжекторных устройств или вытяжных вентиляторов для отвода выходящей из скважины пены и ряда других условий могут быть использованы марки передвижных компрессорных станций или стационарных компрессоров [6], используемых на геологоразведочных работах (табл. 1).

Перечисленные марки компрессоров позволяют бурить скважины с промывкой забоя пеной до глубины не более 80–150 м из-за повышения давления нагнетания.

Таблица 1

Краткая техническая характеристика компрессоров общего назначения,
используемых в геологоразведочных работах

Table 1

Brief technical characteristic of general-purpose compressors
used in geological exploration

Марка компрессорной станции	Производительность		Рабочее давление, кг/см ²	Масса, кг	Тип привода	Мощность привода, кВт
	м ³ /мин	м ³ /с				
Стационарные станции низкого давления для бурения без эжекторного удаления пены						
ЭК-16/1	2,70	0,045	8	1485	электро-двигатель	20
КТ-6	2,75	0,046		646		44
ВУ-3/86	3	0,05	8	1350		28
ВУ-3/8	3	0,05	8	622		28
КСЭ-5	5	0,083	7	560		33
ВУ-6/8	6	0,10	8	1860		40
Передвижные станции низкого давления для бурения с эжекторным удалением пены						
ИФ-51 (ЗИФ-55)	5	0,083	7	1700 (1920)	ЗД(ДВС)	81
ПКС-5М	6	0,10	7	2550	ДВС	73,5
КС-9	9	0,15	8	–		59
ЭК-9М(ДК-9М)	9(10)	0,15(0,17)	7	4000 (5200)	Э/Д(ДВС) ДВС	75
ПК-10	10	0,17	8	5000		79
ПВ-10	10	0,17	8	3200		132
НВ-10	10	0 17	8	2780		132

При бурении скважин глубиной до 1000 м и более могут быть использованы компрессоры высокого давления типа КВД-Г и АВШ-1,5/45 с производительностью 10 и 15 м³/мин и рабочим давлением 60 и 45 кгс/см² соответственно, а также компрессор ВК-25. При отсутствии таких компрессоров или невозможности их применения по другим причинам используют компрессоры низкого давления и дожимные устройства – бустеры, устанавливаемые на буровые насосы.

Дозирующие устройства

Для дозированной подачи пенообразующего состава в устройство для получения пены или прямо в нагнетательную линию рекомендуется использовать специальные дозирочные насосы с регулируемой подачей, характеристика которых приведена в табл. 2.

При отсутствии специальных дозирочных насосов можно использовать буровые плунжерные насосы со ступенчатой подачей типа НБЗ-120/40, НБЗ-63/40 и ИБ1-25/16, в которых для уменьшения подачи до 3–15 л/мин отключают один или два плунжера из трех, однако это резко ухудшает условия эксплуатации насосов и приводит к их преждевременному выходу из строя.

Пеногенерирующие устройства

Способ получения пены непосредственно в нагнетательном шланге и колонне бурильных труб за счет турбулизации в них воздушного потока и одновременной подачи пенообразующего состава приводит к образованию неоднородной пены с трудно достигаемым необходимым газожидкостным соотношением и повышению расхода пенообразователя.

Таблица 2

Краткая характеристика дозирующих насосов с регулируемой подачей
Table 2
Brief characteristic of metering pumps with a controlled feed

Марка насоса	Максимальная производительность			Предельное рабочее давление, кг/см ²	Масса, кг
	л/ч	л/мин	м ³ /с		
НД-400/16	400	6,66	0,111·10 ⁻³	16	99
НД-630/10	630	10,5	0,175·10 ⁻³	10	103
НД-1000/10	1000	16,7	0,277·10 ⁻³	10	132
НД-1600/10	1600	26,7	0,444·10 ⁻³	10	221

Анализ существующих способов и устройств для генерации пены показывает, что генерирование пены на буровой осуществляется путем перемешивания водного раствора поверхностно-активных веществ и воздуха за счет турбулизации потока при движении смеси по нагнетательному шлангу и буровой трубе или в пеногенераторах.

Эти недостатки отсутствуют при приготовлении пены в специальных поверхностных пеногенераторах, в которых получается пена высокого качества, более рационально расходуется пенообразующий раствор и появляется возможность регулирования ее кратности при предварительном получении путем подбора оптимального соотношения расхода воздуха и пенообразователя или изменения конструктивных параметров пеногенератора (рис. 1).

Компрессорно-дожимные устройства

Серийно выпускаемые легко транспортабельные компрессорные установки не удовлетворяют условиям бурения геологоразведочных скважин с промывкой пеной на глубину более 500 м в роли второй ступени компрессора.

Одной из главных причин, сдерживающих развитие метода бурения с использованием пены, является недостаток мощного насосно-компрессорного оборудования. Остродефицитными яв-

ляются серийно-выпускающиеся компрессорные установки и КПУ 16/100, КПУ 16/200, а их значительный вес в 26–28 тонн затрудняет использование в условиях геологоразведки. Еще не освоен серийный выпуск компрессорных установок на базе дизель-компрессоров высокого давления ДК-10. Поэтому для геологоразведочного бурения скважин с очисткой забоя пеной используются компрессоры низкого давления и специальные дожимные устройства, смонтированные на базе серийных буровых насосов типа 11ГР и другие, позволяющие нейтрализовать отрицательное действие вредного пространства при работе на сжимаемой среде.

Специальные компрессорно-дожимные устройства) монтируются на гидравлической части насосов типа 11ГРИ или НБ-4 и выполняют роль второй ступени компрессора. Устройство состоит из четырех цилиндров, которые все полностью или частично, в зависимости от требуемого давления нагнетания пены, устанавливаются взамен нагнетательных клапанов насоса. Между собой и с нагнетающим компрессором цилиндры соединяются быстроразборными наружными трубопроводами, а к корпусу насоса крепятся удлиненными шпильками.

Схема установки камеры сжатия приведена на рис. 2.

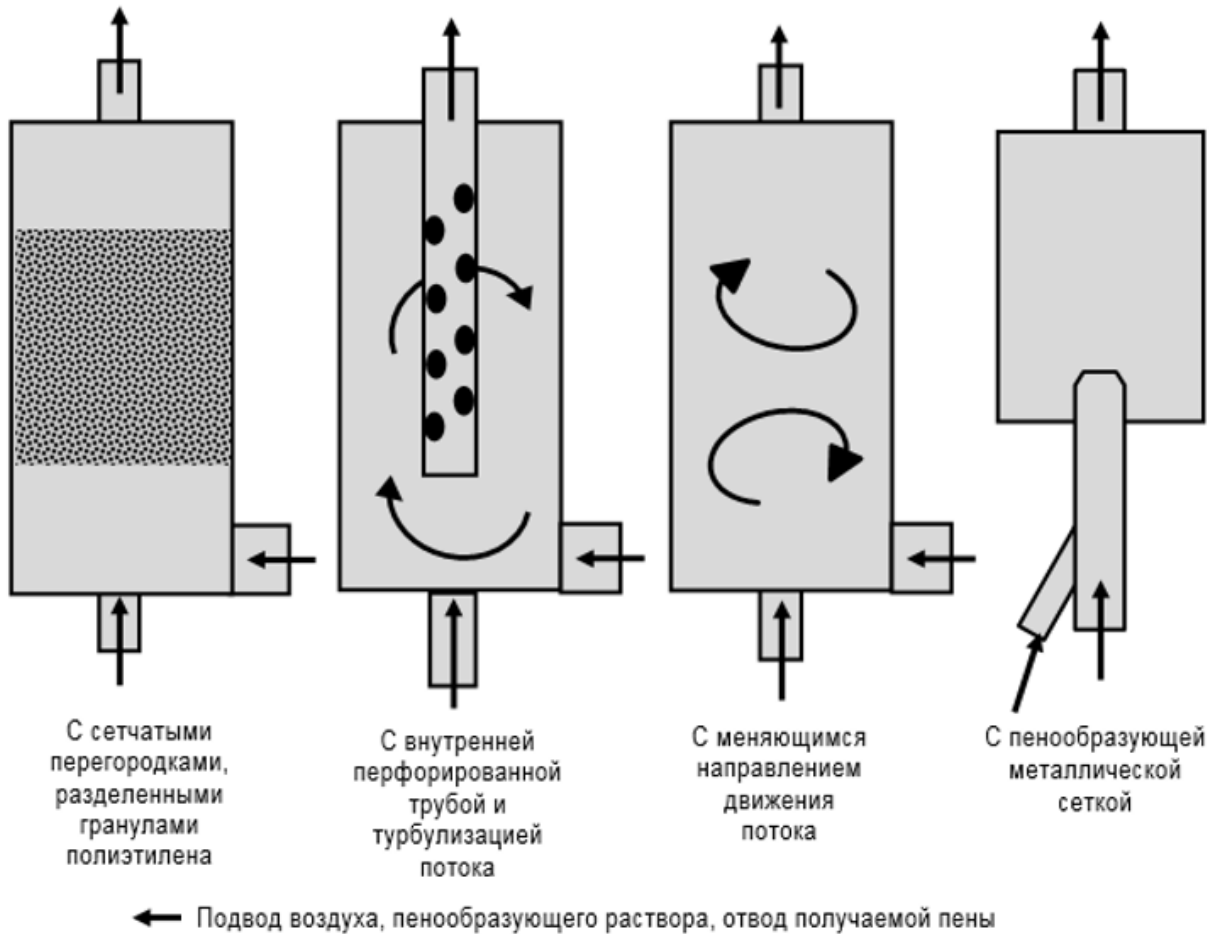


Рис. 1. Схемы пеногенераторов для бурения неглубоких скважин (до 150 м)
Fig. 1. Diagrams of foam generators for drilling shallow wells (up to 150 m)

Камеры сжатия устанавливаются в конусах, предназначенных для седел выпускных клапанов, и увеличивают объем цилиндров насоса.

Принцип работы заключается в следующем: во время такта всасывания клапан 3 закрывается, а через клапаны 2 и 4 поступает сжатый воздух и дозированный объем поверхностно-активных веществ, смешение которых происходит в камере сжатия. При обратном ходе плунжера клапаны 2 и 4 закрываются, а выпускной клапан 3 открывается и порция газожидкостной смеси поступает в нагнетательную линию под давлением, равным сумме сопротивлений в циркуляционной системе.

Компоновки низа бурильного инструмента, осевая нагрузка и частота

вращения долота те же, что и при использовании буровых растворов.

Расход пены определяется по формуле

$$Q = 0,078 \cdot V_{cp} \cdot (D^2 - d_T^2),$$

где Q – расход пены, л/с; V_{cp} – средняя скорость восходящего потока пены, м/с; D – диаметр долота, см; d_T – наружный диаметр бурильных труб, см.

Расходы газообразного (Q_B) и жидкого ($Q_{ж}$) агентов определяются по формулам

$$Q_{ж} = \frac{\pi}{4} V_{cp} \frac{(D^2 - d_T^2)(\gamma_{п} - \gamma_{в})}{\gamma_{ж} - \gamma_{в}},$$

$$Q_B = \frac{\pi}{4} V_{cp} \frac{(D^2 - d_T^2)(\gamma_{п} - \gamma_{в})}{\gamma_{ж} - \gamma_{в}},$$

где $\gamma_{ж}$, $\gamma_{в}$ и $\gamma_{п}$ – плотности жидкости, воздуха и пены соответственно, г/см³.

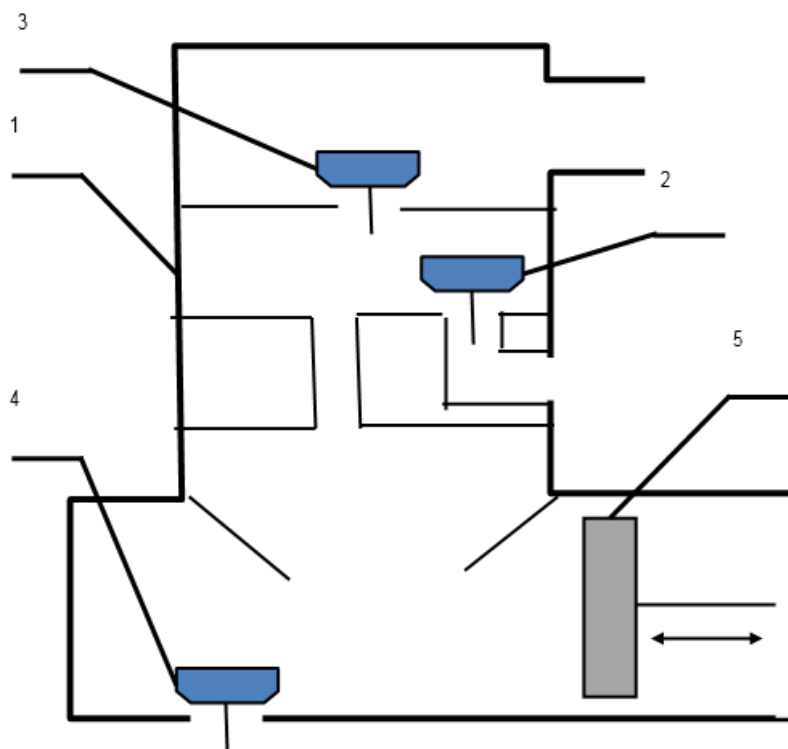


Рис. 2. Схема установки камеры сжатия КС-1:
1 – камера сжатия; 2 – воздушный обратный клапан;
3 – нагнетательный клапан; 4 – всасывающий клапан; 5 – поршень насоса
Fig. 2. Diagram of the KS-1 unit pressure chamber:
1 – pressure chamber; 2 – return air valve;
3 – injection valve; 4 – suction valve; 5 – pump piston

В основном применяют пену средней кратности с соотношением газообразной и жидкой фаз от 100:1 до 300:1 (в ряде случаев применяется пена кратностью ниже 100:1 и выше 300:1 с плотностью, изменяющейся от 32 до 960 кг/м³).

Для хорошего выноса шлама достаточна скорость 0,5–1 м/с (в зависимости от диаметра скважины). При этом улучшается устойчивость ствола скважины.

Как правило, используется в качестве пенообразователя раствор поверхностно-активных веществ 0,2–2 %-й концентрации по активному веществу.

В качестве дозированных насосов для подачи пенообразующего раствора композита в насосно-компрессорную систему могут быть использованы насосы, характеристика которых приведена в табл. 3.

В качестве насосов, подающих пенообразующий раствор, целесообразно применять насосы 1НБ-8 или НБ-73, развивающие давление до 15 кг/см² при производительности 10–25 л/мин.

Технологические схемы поверхностной обвязки

Для бурения геологоразведочных скважин с очисткой забоя пенами разработано достаточное число различных схем нагнетания и обвязки применяемого оборудования и устройств, которые зависят от многих конкретных факторов и условий бурения, в частности:

- способа, диаметра и глубины бурения;
- технических возможностей имеющихся буровых и дозировочных насосов и компрессорных установок;
- концентрации пенообразователя в пенообразующем растворе.

Таблица 3

Характеристика насосов для подачи пенообразующего раствора при использовании компрессорно-дожимных устройств

Table 3

Characteristics of pumps for foaming solution supply when using compressor-booster devices

Марка насоса	Производительность (мин.–макс.)		Максимальное давление, кгс/см ²	Мощность привода, кВт	Масса, кг
	л/мин	м ³ /с			
Гр 16/40	30–240	0,0005–0,004	40	22	550
11 ГР	222–300	0,0037–0,005	63	25	1150
НБ-1-25/16	60	0,001	16	1,5	44
НБ-4-320/63	96–240	0,0016–0,004	63	22	1250
НБ-63/40	30–60	0,005–0,001	40	3	145

Для бурения неглубоких (до 150 м) скважин и забуривания наносов сплошным забоем и твердосплавными коронками диаметром 93 и 76 мм целесооб-

разно использовать схему прямого нагнетания пены в скважину (рис. 3) [7]. При этом возможны два варианта.

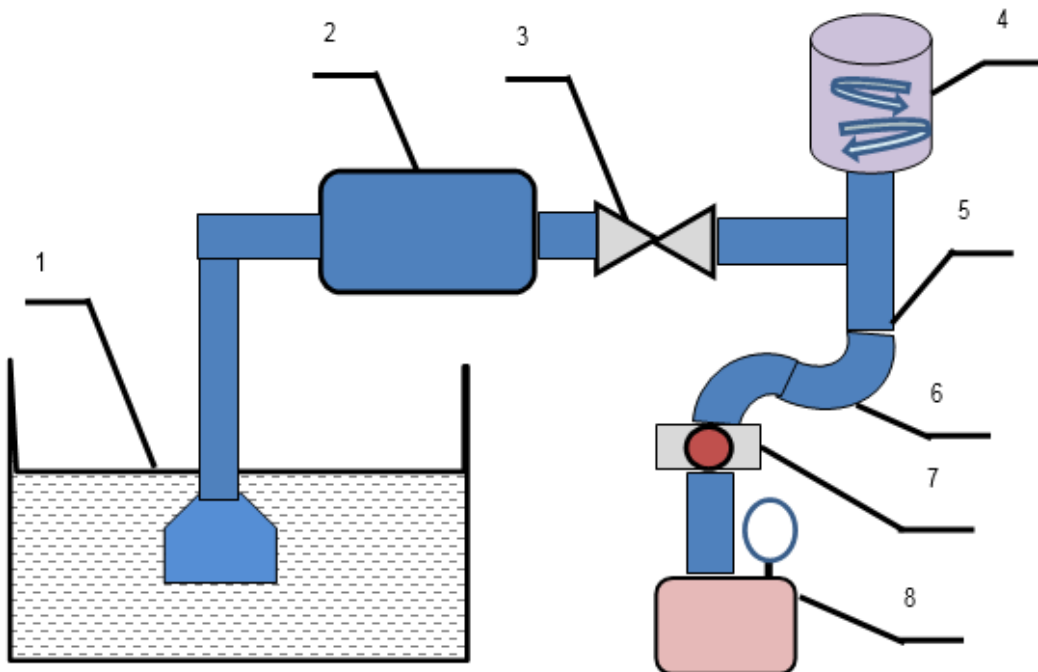


Рис. 3. Схема прямого нагнетания газожидкостной смеси:

- 1 – емкость с раствором поверхностно-активных веществ; 2 – насос дозировочный;
3 – предохранительный клапан; 4 – смеситель; 5 – штуцер для ввода воздуха;
6 – шланг подвода воздуха; 7 – обратный клапан; 8 – компрессор

Fig. 3. Diagram of gas-liquid mixture direct injection

- 1 – tank with the solution of surface active agents; 2 – metering pump;
3 – safety valve; 4 – mixer; 5 – air injection choke;
6 – air supply hose; 7 – back-pressure valve; 8 – compressor

Первый вариант: отсутствие насоса для дозированного нагнетания пенообразующего состава и невозможность применения для этого бурового насоса. В этом случае необходимо применение одного или двух герметично закрывающихся дозаторов емкостью по 0,5–1 м³, которые должны быть опрессованы на давление до 15–20 кг/см², и компрессора низкого давления. В качестве таких дозаторов могут быть использованы ресиверы от передвижных компрессорных станций. Схема поверхностной обвязки

оборудования и устья скважины при этом представлена на рис. 4.

Также используется прямое нагнетание газожидкостной смеси с использованием компрессоров низкого давления, например СО-7А или «Мидко» (производство Индия) с максимальным рабочим давлением до 10 атм. и производительностью 1 м³/мин (см. рис. 3). Все оборудование размещается на стандартном двухосном прицепе с пневмоколесным ходом, выпускаемым отечественной промышленностью.

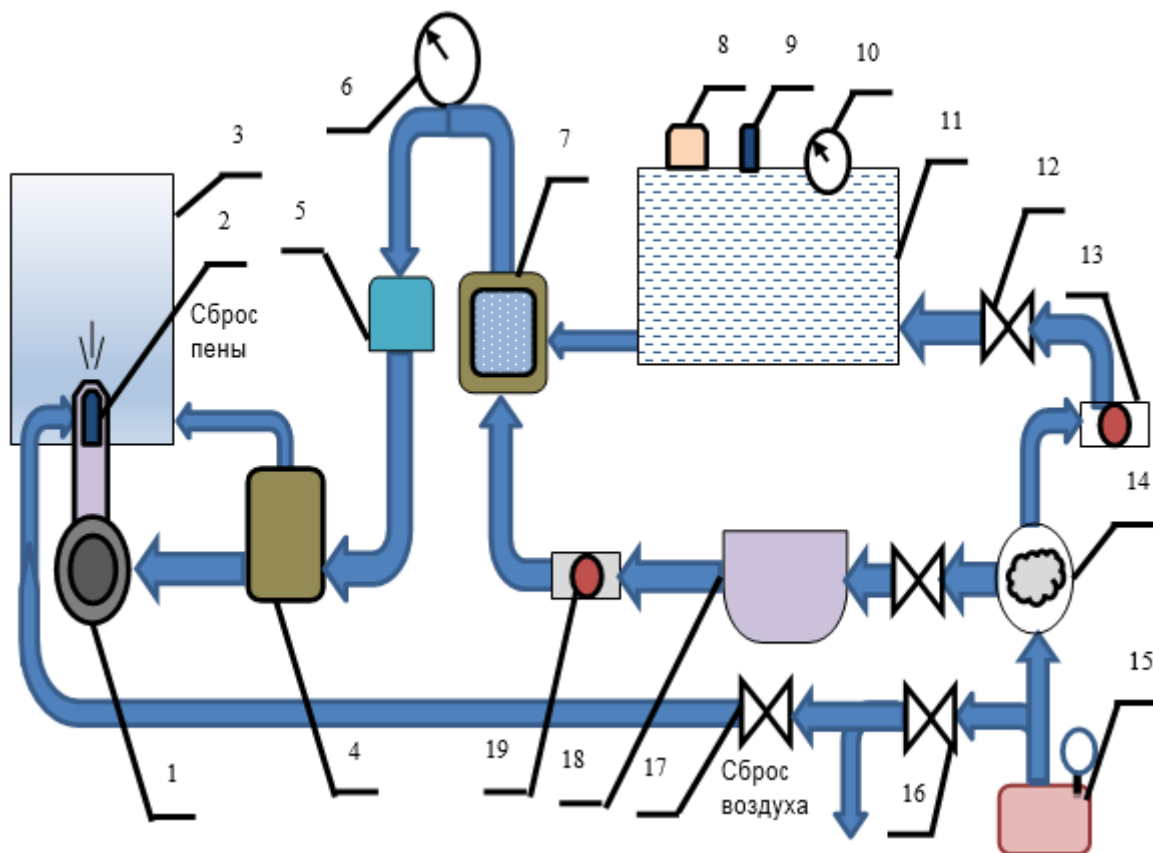


Рис. 4. Схема поверхностной обвязки устья при бурении неглубоких скважин (до 150 м) с очисткой забоя пеной на основе «Композита СП»:

1 – устье скважины; 2 – эжекторное устройство; 3 – зумпф; 4 – трехходовой кран; 5 – измеритель газожидкостного соотношения пены; 6, 10 – манометры; 7 – пеногенератор; 8 – заливная горловина; 9 – предохранительный клапан; 11 – герметически закрывающаяся емкость для композита 0,5–1 м³ (дозатор); 12, 16, 17 – вентили; 13, 19 – обратные клапаны; 14 – расходомер воздуха; 15 – компрессор; 18 – диафрагма

Fig. 4. Diagram of surface wellhead piping when drilling shallow wells (up to 150 m) with bottom hole cleaning by “Composite SP”-based foam:

1 – wellhead; 2 – ejector; 3 – dip hole; 4 – T-valve; 5 – foam gas-fluid ratio meter; 6, 10 – manometers; 7 – foam generator; 8 – filler; 9 – safety valve; 11 – hermetically closed container for the composite 0.5–1 m³ (metering unit); 12, 16, 17 – gate valves; 13, 19 – back-pressure valves; 14 – air flow meter; 15 – compressor; 18 – diaphragm

На прицеп устанавливаются и крепятся компрессор низкого давления, буровой насос НБЗ-120/40 для подачи раствора поверхностно-активных веществ и смеситель (аэратор) для более тщательного смешивания сжатого воздуха с раствором поверхностно-активных веществ.

Установка работает следующим образом. Насос из бурового агрегата прокачивает раствор пенообразователя во всасывающий коллектор насоса пеногенераторной установки. Компрессор из ресивера подает воздух в дожимные камеры, где он перемешивается с раствором пенообразователя и подается в нагнетательную линию. Необходимое давление воздуха можно отрегулировать специальным винтом, находящимся в пусковой коробке компрессора. Компрессор, автоматически включаясь и выключаясь, поддерживает необходимое давление в ресивере. Дозирующему насосу (находящемуся в буровой) обычно включают первую скорость, (можно отсоединить один плунжер для уменьшения подачи воды), а дожимному насосу – третью или четвертую скорость.

Для предотвращения попадания раствора поверхностно-активных веществ в ресивер предусмотрен обратный клапан.

Для предотвращения обратной циркуляции пены при наращивании колонны или ее подъеме в снаряде устанавливают обратные клапаны: один внизу, другой вверху. При подъеме инструмента на клапан надевают специальный переходник и сбрасывают давление пены в отводной шланг. После этого продолжают подъем.

Установка размещается около бурового агрегата так, чтобы были удобные подходы, нагнетательный шланг от вертлюг-сальника свободно доставал до дожимного насоса, а манометр и все оборудование установки были видны бурильщику.

Пенообразующий раствор готовится в емкости (зумпфе). В процессе бурения пена от устья скважины стекает в зумпф, где гасится и освобождается от шлама.

Перед началом бурения включается дозировочный насос, при этом по открытому контрольному крану необходимо убедиться, что насос дает требуемое количество жидкости. Затем перекрывается контрольный кран и включается дожимной насос и компрессор. Кран на ресивере сразу открывать полностью не следует, так как, если в нем есть избыточное давление, воздух может подбросить нагнетательные клапаны и они не попадут в свои гнезда. Когда давление нагнетания поднимется до 5–6 атм., кран можно открыть полностью.

При остановке необходимо сначала выключить дозировочный, потом дожимной насосы и компрессор. Затем открыть сбросной (контрольный) кран.

В процессе бурения необходимо внимательно следить за амперметром (или на слух контролировать затраты мощности на вращение снаряда) и манометром. При повышении затрат мощности на вращение или давления нагнетания, указывающем на прекращение циркуляции в коронке, необходимо сделать расходку.

Получение пены производится следующим образом (рис. 5). Один из всасывающих клапанов бурового насоса глушится, через клапанную крышку в это место подводится сжатый воздух. Перед клапанной крышкой ставится обратный клапан для предотвращения попадания раствора пенообразователя в воздушную магистраль и компрессор.

При работе насоса во всасывающей камере гидравлического блока насоса происходит смешивание сжатого воздуха и раствора поверхностно-активных веществ. Образовавшаяся газожидкостная смесь через нагнетательные клапаны гидравлического блока

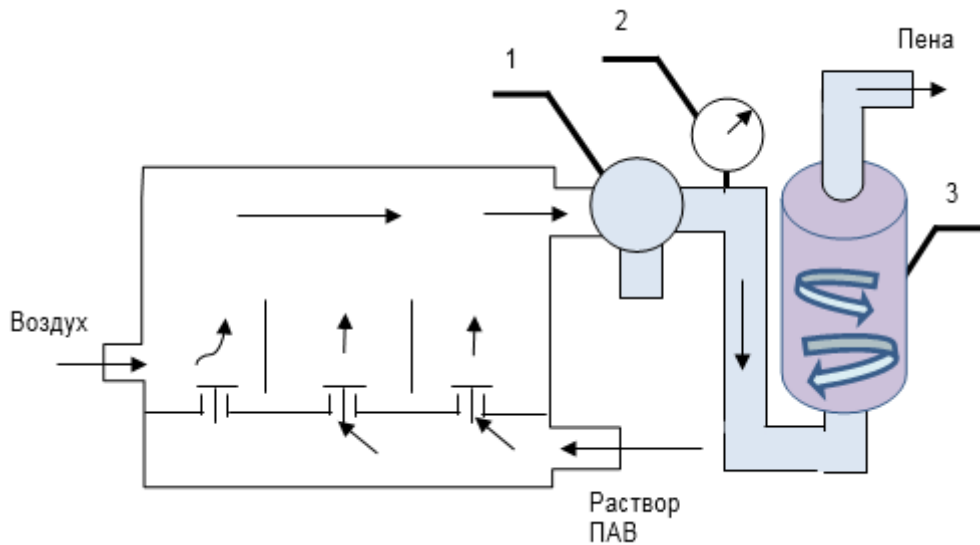


Рис. 5. Схема нагнетания газожидкостной смеси с подачей воздуха в рабочую камеру насоса:

1 – трехходовой кран; 2 – манометр; 3 – смеситель

Fig. 5. Diagram of liquid-gas mixture injection with air feed in the pump work chamber:

1 – T-valve; 2 – manometer; 3 – mixer

поступает под давлением в смеситель, где еще дополнительно перемешивается в манифольде, откуда через снаряд подается на забой для очистки и выноса шлама на поверхность. При выходе пены из скважины она поступает в зумпф-емкость.

Второй вариант: имеется дозировочный насос необходимой марки, компрессор и другое требуемое оборудование. В этом случае берется любая емкость (не менее 2 м³) для приготовления пенообразующего состава, из которой он дозировочным насосом подается в поверхностное пеногенерирующее устройство, устанавливаемое вертикально. Снизу к нему в осевом направлении подводится воздух, расход которого регулируется вентилем по показателям расходомера. Диафрагма в данном случае в нагнетательную воздушную линию не устанавливается. Получаемая пена определенного газожидкостного отношения поступает в скважину, ее расход регулируется трехходовым краном, а также подачей дозировочных насосов и компрессора. Давление нагнетания фиксируется манометром [8].

В обоих случаях в трубе, отводящей выходящую из скважины пену, желательно дополнительно монтировать эжектирующее устройство для возможно быстрого ее разрушения.

Для бурения интервалов от 150 до 500 м в зависимости от способа и диаметра бурения возможно использование компрессоров высокого давления и малой производительности (ВК-25, КВД-Г или АВШ-1,5/45) по схеме прямого нагнетания пены.

Преимущества этой схемы:

- нет необходимости установки дожимных камер;
- свободная регулировка подачи жидкости;
- в любой момент можно отключить гидравлическую или пневматическую линию;
- компрессоры КВД-Г небольшие по габаритам, имеют производительность 10 м³/ч и потребляемую мощность 4 квт, что достаточно для бурения скважин малого диаметра с отбором керна (охлаждение компрессоров водяное, принудительное).

Всю пневматическую линию можно также разместить на двухосном прицепе с пневматическими колесами, что дает возможность быстрой доставки установки к месту ведения работ. На установке монтируются также пульт управления, аварийное отключение, заземление. Для летнего варианта достаточно крыши, для зимнего нужно утепленное помещение с калорифером. Для начала работы достаточно подключить электропитание, подсоединить нагнетательный шланг к аэратору и от аэратора к буровому насосу.

Однако дефицит компрессоров высокого давления и их отсутствие в нужный момент не позволяют широко использовать этот способ получения пен и их нагнетания при бурении скважин.

Таким образом, наиболее распространенным способом приготовления и нагнетания пен при бурении геологоразведочных скважин глубиной до 1000 м и более является использование компрессоров низкого давления в компоновке с буровыми насосами [9], оснащенными дожимными устройствами, которые обеспечивают необходимое давление прокачивания (до 30 кг/см² при $H_{скв.} = 1000$ м) газожидкостных систем с удельным весом до 500 кг/м³.

Возможная схема обвязки оборудования и вспомогательных устройств при таком способе приведена на рис. 6, 7.

При этом в компоновку оборудования должны входить:

- компрессор низкого давления ПК-10 или ДК-9М, СО-7А;
- дозировочный насос МБЗ-120/40 или НД-400/16;
- дожимное устройство УКД-Н-4 (для буровых насосов МБ-4-320/63 и НБ-5-320/100) или УПБ (для насосов 11ГР, 11ГРИ, НГР- 250/50);
- обратные клапаны;
- приспособление для безопасного сбрасывания давления из колонны бу-

рильных труб при их подъеме;

- компенсатор давления дозировочного насоса (для равномерной подачи пенообразующего состава во все камеры дожимного устройства).

При бурении пенами с использованием дожимных устройств обязательна следующая последовательность выполнения операций:

- включается дозировочный насос, и камеры сжатия заполняются пенообразующим составом 0,25–1 %-го водного раствора композита;

– контроль заполнения системы осуществляется путем частичного отвинчивания контрольных пробок, установленных на камерах сжатия ниже нагнетательных клапанов

- одновременно включаются буровой насос и подача сжатого воздуха от компрессора;

– после окончания прокачивания пены выключаются все агрегаты, а на компрессоре закрывается рабочий кран на нагнетательной линии (для предотвращения попадания в него пены).

Необходимое давление нагнетания на компрессоре регулируется сбрасыванием части сжатого воздуха через кран в атмосферу или при наличии установкой в нагнетательную линию стеклянных ротаметров РМ-25 или РМ-40, работающих при давлении воздуха в системе до 0,6 МПа.

Оптимальное регулирование расхода воздуха и пенообразователя достигается следующим образом:

- при подаче воздуха во все смонтированные на насосе камеры сжатия дожимного устройства перерабатывается максимальное количество воздуха, а расход пенообразователя регулируется дозировочным насосом;

– при отключении подачи воздуха в одну из камер устройства через нагнетательную полость (клапан) насоса, с которой эта камера связана, в скважину

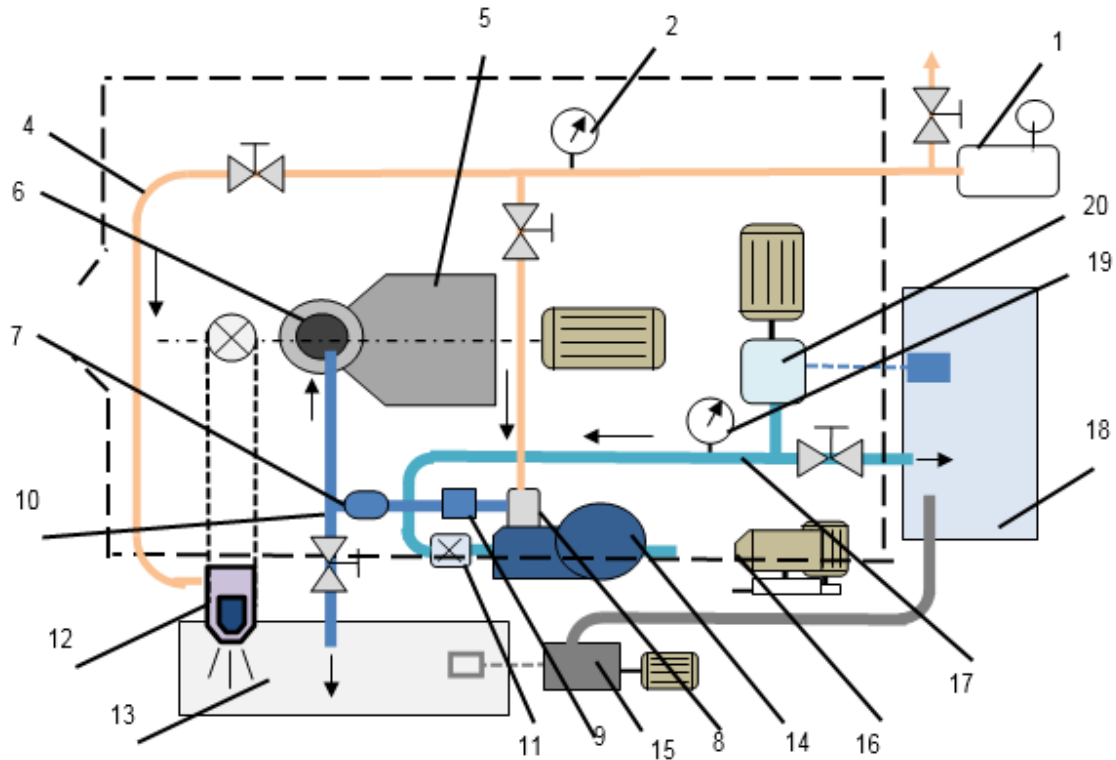


Рис. 6. Схема обвязки оборудования при бурении скважин (до 1000 м) с применением пен на основе композита:

1 – компрессор; 2, 7, 19 – манометры; 3, 4 – воздухопроводы; 5 – буровой станок; 6 – устье скважины; 8 – дожимное устройство; 9 – измеритель газожидкостного отношения пены; 10, 17 – трубопроводы; 11 – расходомер поверхностно-активных веществ; 12 – эжекторное устройство; 13, 18 – емкости для сбора пены и поверхностно-активных веществ; 14 – буровой насос; 15 – насос для перекачки поверхностно-активных веществ; 16 – дожимной насос; 20 – дозировочный насос

Fig. 6. Diagram of equipment piping when drilling wells (up to 1000 m) using composite foams:

1 – compressor; 2, 7, 19 – manometers; 3, 4 – flues; 5 – oil-rig; 6 – wellhead; 8 – booster device; 9 – liquid-gas and foam ratio meter; 10, 17 – flues; 11 – surfactant meter; 12 – ejector device; 13, 18 – tanks for foam and surfactant collection; 14 – mud pump; 15 – surfactant pump; 16 – booster pressure pump; 20 – controlled-volume pump

будет нагнетаться раствор пенообразователя, увеличивая общий его расход.

Таким образом, отключая и включая подачу воздуха в камеры сжатия дожимного устройства, можно в широких пределах регулировать подачу жидкой фазы и воздуха, добиваясь требуемого газожидкостного соотношения получаемой пены.

Возможными причинами отказов в работе дожимного устройства может быть:

– прекращение (снижение) нагнетания раствора дозированным насосом;

– нарушение герметичности клапанов.

Внешним признаком снижения подачи дожимного устройства служит значительное повышение давления на входе в воздушном или жидкостном коллекторе по сравнению с первоначальным, а также уменьшение пульсации шланга, соединенного с нагнетательным коллектором.

При длительной остановке и окончании работы с солевыми растворами дожимное устройство необходимо промыть водой, которую следует слить.

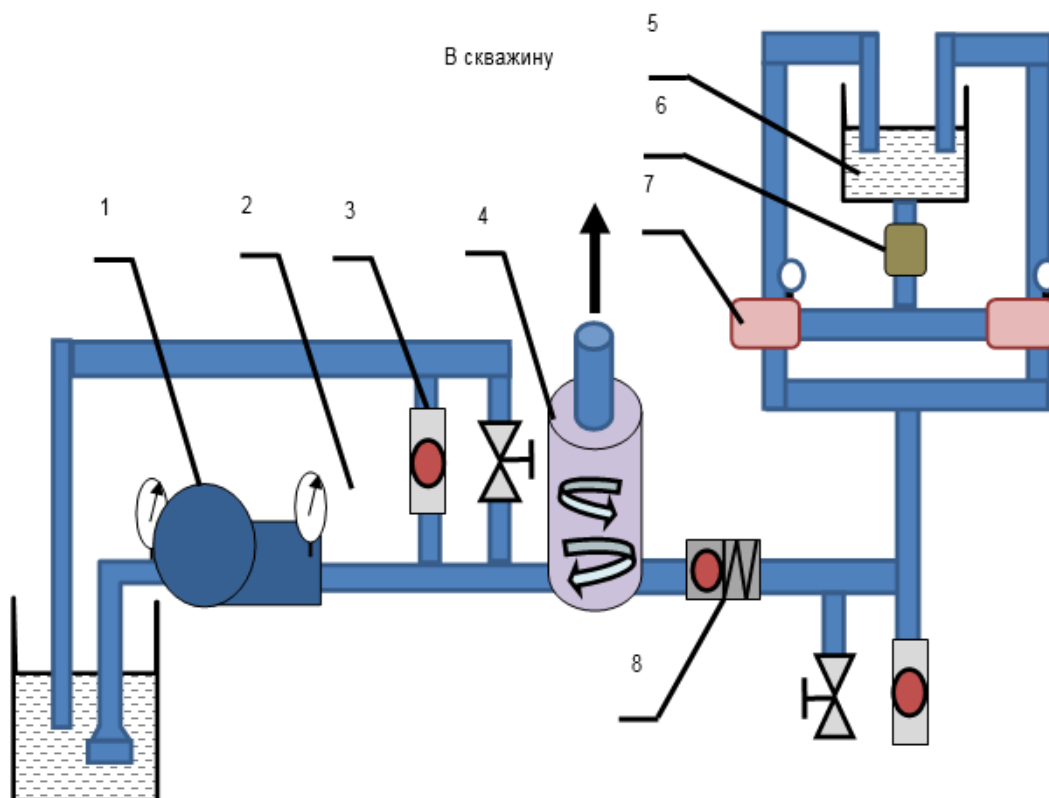


Рис. 7. Схема нагнетания газожидкостной смеси в скважину с использованием компрессора высокого давления КВД-Г:
1 – насос буровой; 2 – манометр; 3 – клапан предохранительный; 4 – смеситель;
5 – бак с водой; 6 – насос (Агидель); 7 – компрессор КВД-Г; 8 – клапан обратный

Fig. 7. Diagram of liquid-gas mixture injection in a well using a high-pressure KVD-G compressor:

1 – mud pump; 2 – manometer; 3 – safety valve; 4 – mixer;
5 – water tank; 6 – Agidel pump; 7 – KVD-G compressor; 8 – back-flow valve

При постановке на хранение обработанные поверхности, клапаны, их седла и пружины должны быть покрыты защитной смазкой.

Заключение

Предлагаемое оборудование для получения пен и схемы поверхностной обвязки устья скважин при геологоразведочном бурении позволят обеспечить оптимальное регулирование расхода воздуха, пенообразователя и получение необходимого давления нагнетания пены, то есть создать наиболее оптимальные режимы бурения на экологически чистых разрушаемых пенах.

Применение легко разрушаемых в статике пен обеспечит замкнутый цикл

циркуляции, что в первую очередь повысит культуру производства.

Предлагаемая технология не загрязняет место проведения буровых работ, снижает необоснованные затраты дорогостоящих реагентов-пеногасителей, обеспечивает повторное применение пенообразующего раствора, исключается применения дополнительных технических средств и специального оборудования для пеногашения, сокращает время сооружения скважины и себестоимость проводимых работ. При этом снижается аэрогидродинамическое давление, что облегчает отделение выбуренных частиц породы от забоя, тем самым кратно увеличивается механическая скорость бурения.

Библиографический список

1. Заливин В.Г. Технология бурения скважин на саморазрушающихся пенах // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2014. № 1 (44). С. 50–54.
2. Пат. США № 4276934. Method and device for blocking wells to extinguish fires, prohibit saltwater intrusion / W.M. Fraser. Заявл. 06.03.1980; опубл. 07.07.1981.
3. Заливин В.Г., Сапожников Ю.М. Влияние солей металлов на технологические параметры стабилизированных карбамидной смолой пен // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2011. № 2 (39). С. 177–187.
4. Яковлев А.И., Коваленко В.И. Бурение скважин с пеной на твердые полезные ископаемые. Л.: Недра, 1987. 128 с.
5. Бронзов А.С. Бурение скважин с использованием газообразных агентов. М.: Недра, 1989. 288 с.
6. Мураев Ю.Д. Газожижидкостные системы в буровых работах. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского государственного горного института, 2004. 123 с.
7. Кирсанов А.И., Крылов Г.А., Нефедов В.П. Пены и их использование в бурении // Экспресс-информация. Техника и технология геологоразведочных работ; организация производства. М.: Изд-во ВИЭМС, 1980. С. 60.
8. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Химия, 1983. 264 с.
9. Пат. № 2498036 РФ. Способ бурения скважин на саморазрушающейся пене по замкнутому циркуляционному циклу, установка и композиция саморазрушающейся пены для его осуществления / В.Г. Заливин, Н.А. Буглов. Заявл. 23.04.2012; опубл. 10.11.2013.

References

1. Zalivin V.G. Self-destructive foam-based drilling technology. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya seksii nauk o Zemle Rossiiskoi akademii estestvennykh nauk. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdenii* [Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences, Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits], 2014, no. 1 (44), pp. 50–54. (In Russian).
2. Fraser W.M. Method and device for blocking wells to extinguish fires, prohibit saltwater intrusion. Patent USSA, no. 4276934, 1981.
3. Zalivin V.G., Sapozhnikov Yu.M. Influence of metal salts on technological parameters of foams stabilized by carbamide resin. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya seksii nauk o Zemle Rossiiskoi akademii estestvennykh nauk. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdenii* [Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences, Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits], 2011, no. 2 (39), pp. 177–187. (In Russian).
4. Yakovlev A.I., Kovalenko V.I. *Burzenie skvazhin s penoi na tverdye poleznye iskopaemye* [Well drilling with foam for solid minerals]. Leningrad: Nedra Publ., 1987, 128 p. (In Russian).
5. Bronzov A.S. *Burzenie skvazhin s ispol'zovaniem gazoobraznykh agentov* [Well drilling with the use of gaseous agents]. Moscow: Nedra Publ., 1989, 288 p. (In Russian).

6. Muraev Yu.D. *Gazozhidkostnye sistemy v burovnykh rabotakh* [Gas-liquid systems in drilling operations]. Saint Petersburg: Saint-Petersburg state mining Institute named after G.V. Plekhanov Publ., 2004, 123 p. (In Russian).

7. Kirsanov A.I., Krylov G.A., Nefedov V.P. *Peny i ikh ispol'zovanie v burenii* [Foams and their application in drilling]. *Ekspress-informatsiya. Tekhnika i tekhnologiya geologorazvedochnykh работ; organizatsiya proizvodstva* [Express information. Machinery and technology of exploration, production organization]. Moscow: All-Russian research Institute of mineral raw materials named after N.M. Fedorovsky Publ., 1980, p. 60. (In Russian).

8. Tikhomirov V.K. *Peny. Teoriya i praktika ikh polucheniya i razrusheniya* [Foams. Theory and practice of their production and destruction]. Moscow: Khimiya Publ., 1983, 264 p. (In Russian).

9. Zalivin V.G., Buglov N.A. *Sposob bureniya skvazhin na samorazrushayushcheisya pene po zamknutomu tsirkulyatsionnomu tsiklu, ustanovka i kompozitsiya samorazrushayushcheisya peny dlya ego osushchestvleniya* [Well drilling method using self-destructive foam in a closed-loop circulation cycle, installation and composition of self-destructive foam for its implementation]. Patent RF, no. 2498036, 2013. (In Russian).

Критерии авторства

Заливин В.Г. написал статью, имеет на нее авторские права и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Authorship criteria

Zalivin V.G. has written the article, has all author's rights and bears the responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The author declares that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.